

LA CIENCIA ENTRE DOS PANDEMIAS (1918–2020)

Cambios en la organización de la actividad científica y su integración en la enseñanza

HECTOR MALETTA

Fondo
Editorial



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO



CONCYTEC

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

LA CIENCIA ENTRE DOS PANDEMIAS (1918-2020)

Cambios en la organización de la actividad científica y su integración en la enseñanza.

HECTOR MALETTA

Fondo
Editorial



**UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO**



CONCYTEC
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

© Hector Maletta, 2023

De esta edición:

© Universidad del Pacífico
Jr. Gral. Luis Sánchez Cerro 2141
Lima 15072, Perú

© Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica
Avenida del Aire 485
Lima 15034, Perú

La ciencia entre dos pandemias (1918-2020). Cambios en la organización de la actividad científica y su integración en la enseñanza

Hector Maletta

1.ª edición electrónica: abril de 2023

Diseño de la carátula: Ícono Comunicadores

ISBN e: 978-9972-57-516-7

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú: 2023-03747

doi: <http://dx.doi.org/10.21678/978-9972-57-516-7>

disponible en fondoeditorial.up.edu.pe

BUP

Maletta, Hector

La ciencia entre dos pandemias (1918-2020): cambios en la organización de la actividad científica y su integración en la enseñanza / Hector Maletta. -- 1a edición. -- Lima: Universidad del Pacífico : Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica, 2023.

427 p.

1. Investigación científica -- Historia
 2. Investigación científica -- América Latina
 3. Investigación científica -- Metodología
- I. Universidad del Pacífico (Lima)

001.42

(SCDD)

La Universidad del Pacífico no se solidariza necesariamente con el contenido de los trabajos que publica. Prohibida la reproducción total o parcial de este texto por cualquier medio sin permiso de la Universidad del Pacífico.

Derechos reservados conforme a ley.

Contenido

Prefacio	9
Primera parte: Un siglo de transformaciones	11
1. La ciencia hace 100 años	13
1.1 El contexto histórico: pandemia, guerra y revolución	13
1.2 Max Weber: la ciencia como vocación	18
1.2.1 El contexto personal	18
1.2.2 La vocación científica: condiciones externas e internas	25
1.2.3 La ciencia en Alemania, 1919	25
1.2.4 Weber y la vida universitaria	28
1.2.5 La carrera docente, sus normas y sus exigencias	32
1.2.6 Las reformas universitarias y el «sistema Althoff»	36
1.2.7 Academias de ciencias e institutos imperiales	38
1.2.8 El sistema científico imperial: desarrollo y resistencias	41
1.2.9 La formación de investigadores en las universidades	43
1.2.10 Un caso ilustre e ilustrativo	52
1.2.11 Entre tanto, en Viena	56
2. Cambios en la organización de la ciencia	67
2.1 El sistema alemán y el sistema americano	68
2.2 Estados Unidos: una educación pragmática y experiencial	71
2.3 Un invento norteamericano: la universidad de investigación	74
2.4 Una americanización híbrida	81
2.5 De la ciencia artesanal a la ciencia organizada	85
2.5.1 Proyectos grandes con múltiples investigadores	86
2.5.2 El trabajo interdisciplinario: teoría y práctica	94

2.6	<i>Peer review</i> : la validación de la ciencia	103
2.6.1	La Royal Society of London, cuna de la <i>peer review</i>	104
2.6.2	La <i>peer review</i> en la era de la información	106
2.7	Una lengua en común	109
2.7.1	El lenguaje de las ciencias y las artes hasta inicios del siglo XX	109
2.7.2	El ascenso del inglés como lengua de la ciencia	111
2.8	El crecimiento cuantitativo de la ciencia	120
2.9	Bibliometría: las citas bibliográficas como indicadores de la ciencia	124
2.10	La expansión de la educación técnica y científica	127
2.11	La formación en comunicación científica	130
2.11.1	Formación en redacción científica en el ámbito de la lengua inglesa	132
2.11.2	La enseñanza de la redacción en otras lenguas europeas	136
2.11.3	La enseñanza de redacción científica en lengua española	140
3.	Obstáculos y desafíos de la ciencia	147
3.1	Problemas de la ciencia hace un siglo	147
3.1.1	La cátedra autocrática	148
3.1.2	Enseñanza e investigación	148
3.1.3	Particularismo y discriminación	149
3.1.4	El desafío de la especialización	150
3.1.5	Creciente dinamismo de la ciencia	155
3.1.6	Limitaciones de la ciencia artesanal	163
3.2	Discriminación e ideología en la ciencia	165
3.2.1	Antisemitismo en la ciencia	165
3.2.2	Discriminación hacia las mujeres en la ciencia	168
3.2.3	Marianne Weber y los derechos de la mujer	174
3.2.4	Mujeres en la ciencia: Un largo camino	176
3.2.5	Ciencia, nacionalismos e ideologías	182
3.3	La ciencia desafiada: relativismo y pseudociencia	187
3.3.1	Relativismo	188
3.3.2	Pseudociencia	193
3.3.3	Factores del rechazo a la ciencia	199
3.4	Problemas y abusos con la <i>peer review</i> y la bibliometría	203
3.4.1	Acceso libre o acceso pagado	204
3.4.2	Sesgos en la publicación: el efecto Mateo	208
3.4.3	Sesgos en la publicación: inflación de citas	212
3.4.4	Sesgos en la publicación: multiplicación y fragmentación de papers	213
3.4.5	Sesgos en la publicación: el sesgo de confirmación	214
3.4.6	<i>Publish AND perish</i> : la publicación depredadora	218
3.4.7	Fraude científico	220

3.4.8	Posibles cambios en el sistema de <i>peer review</i>	223
4.	Infecciones, epidemias y pandemias: 100 años de progreso	227
4.1	La ciencia transforma el mundo	227
4.2	Progresos en la lucha contra la enfermedad y la mortalidad	229
4.3	La ciencia ante las infecciones	237
4.4	Encuentros iniciales con los virus	241
4.5	El desarrollo de la virología en el siglo XX	245
4.6	COVID-19: vacunas, antivacunas, ideología y geopolítica	251
4.6.1	Vacunas y antivacunas	251
4.6.2	Vacunas, ideologías y geopolítica	253
4.7	La reconstrucción del virus de 1918	256
	Segunda parte: La ciencia en América Latina	263
5.	Investigación y universidad en América Latina	265
5.1	Avances parciales y retraso relativo	265
5.2	La investigación como actividad y como requisito formal	269
5.3	La tesis como obstáculo	272
5.4	Persistencia de la investigación artesanal	276
5.5	Insuficiencias en la comunicación científica	278
6.	Un enfoque integrador	287
6.1	Síntesis de problemas existentes	287
6.2	Lineamientos conceptuales	289
6.3	Los programas de investigación como concepto teórico	291
6.3.1	La actividad científica y la teoría de la ciencia	291
6.3.2	Lakatos y los programas de investigación científica	296
6.4	Programas modulares de investigación	300
6.4.1	Módulos referidos a diferentes aspectos	301
6.4.2	Módulos referidos a diferentes ámbitos de aplicación	302
6.4.3	Un macroprograma modular: la selección natural generalizada	303
6.4.4	Magnitud y alcances de los programas modulares	306
6.5	Programas modulares y organización de la investigación	308
6.6	Aprender a investigar	312
6.6.1	Principios generales	312
6.6.2	Formación teórica y práctica en investigación	313
6.6.3	La investigación como parte de los estudios de posgrado	314
6.7	Mejorar la comunicación científica	318
6.7.1	Aprender a leer: formación en búsqueda y uso de bibliografía	318
6.7.2	Aprender a escribir: formación en argumentación y redacción científica	321

6.7.3	Géneros de la comunicación científica	329
6.8	Estándares internacionales de comunicación científica	335
6.8.1	Retórica y argumentación científica	335
6.8.2	La estructura argumentativa en la redacción de textos científicos	340
6.9	Resumen sobre problemas de la comunicación científica	345
7.	Recapitulación	347
	Referencias	355

Prefacio

Este estudio sobre las transformaciones en la organización de la ciencia desde la pandemia de 1918 hasta la de 2020 continúa con una larga indagación del autor acerca de la actividad científica, desarrollada durante más dos décadas. Muchos de los temas de este libro fueron expuestos y discutidos por el autor en diversos cursos y seminarios en varias instituciones científicas de América Latina y Europa. Esa prolongada labor originó dos libros previos: *Epistemología aplicada: metodología y técnica de la producción científica* (2009) y *Hacer ciencia: teoría y práctica de la producción científica* (primera edición, 2015; edición corregida, 2019), ambos publicados en Lima por la Universidad del Pacífico. El primero (2009) se concentró en los aspectos prácticos de la producción científica, a partir de una apretada síntesis de los debates filosóficos del siglo XX sobre la naturaleza y metodología de la ciencia que culminaron en las obras de Popper y Lakatos, y ofrecía una detallada exposición metodológica orientada a estudiantes de posgrado y a la preparación de tesis. *Hacer ciencia* (2015/2019) expandió el análisis de la *teoría de la ciencia*, centrándose especialmente en desarrollos más recientes (aproximadamente desde 1970-1980). En ellos, la ciencia no es caracterizada como un acervo de conocimientos, teorías y proposiciones, es decir como un *saber*, sino como un *hacer*, como una *actividad* cuyos resultados y métodos están en permanente *evolución*.

El presente libro, siguiendo esa concepción, no se centra en un análisis filosófico sobre la validez de las teorías y métodos de la ciencia, sino en los aspectos que definen la *organización de la actividad científica*. Esta ha evolucionado desde sus humildes orígenes en siglos pasados, transformándose sustancialmente sobre todo en los últimos 100 años, con una enorme expansión de los resultados científicos y sus aplicaciones tecnológicas. En ese plano, este libro indaga en tres cuestiones:

- a) Cómo se ha transformado la organización de la actividad científica en el mundo durante los últimos 100 años, un período marcado por dos grandes pandemias, la de 1918 y la de 2020.
- b) Cuáles son los déficits o insuficiencias organizativas e institucionales de la actividad científica en América Latina, a la luz del desarrollo mundial en la materia.
- c) Qué pasos podrían darse en América Latina para que en esa región la práctica de la ciencia y la formación de científicos se acerquen a las modalidades que ha adoptado la ciencia en el mundo, a sus tendencias recientes y a sus proyecciones futuras.

Los desarrollos científicos están profundamente imbricados con los eventos y cambios sociales más amplios, por lo cual el análisis frecuentemente se relaciona con circunstancias históricas que condicionan los desarrollos científicos o son condicionadas por ellos. Una temática tan vasta presenta innumerables aristas que no se pueden examinar a fondo en un texto como este. El libro se dirige a un público interesado en la ciencia, y por ello sus análisis aparecen siempre respaldados por citas de la literatura científica relevante. Asimismo, para contribuir a alentar una indagación más amplia, en el texto de cada capítulo se indica una copiosa bibliografía actualizada adicional, que apunta hacia la eventual profundización de los distintos aspectos tratados o mencionados en el libro.

El autor está profundamente agradecido a todas las personas que le han proporcionado ideas, sugerencias y observaciones, desde los estudiantes universitarios hasta los investigadores de diversas disciplinas y los responsables de la gestión de la investigación en las instituciones bajo cuyo auspicio el autor ha tenido el privilegio de trabajar o de discutir sus ideas sobre este tema. También agradece los valiosos comentarios de los anónimos revisores del texto designados por el Fondo Editorial de la Universidad del Pacífico. La responsabilidad final del texto, por supuesto, es solo del autor.

Primera parte: Un siglo de transformaciones

Este libro examina la evolución de la actividad científica en el mundo, en especial en los países más desarrollados, durante los últimos 100 años, a fin de extraer algunas lecciones para América Latina, una región con un importante desarrollo científico que, sin embargo, presenta divergencias e insuficiencias respecto a otras latitudes, y con grandes diferencias entre los países de la región. En la primera parte, se presenta un panorama del desarrollo de la organización de la actividad científica en el mundo entre 1918 y 2020, con algunas referencias a avances ocurridos en décadas previas. En la segunda parte, se hace una breve apreciación de la situación de la ciencia y la formación de científicos en América Latina, y se formulan algunas propuestas que apuntan a superar problemas e insuficiencias en países de la región.

El enfoque del libro se centra en el estudio de la actividad científica bajo la idea de que este no consiste solo en un análisis lógico-filosófico de las teorías y proposiciones científicas: requiere también de una «ciencia de la ciencia» *basada en la evidencia empírica* acerca de la naturaleza y método de la actividad científica, y las condiciones materiales e institucionales en que ella se desarrolla. El texto no se centra en el *contenido* de la ciencia, sino en la *organización* de la actividad científica, y en sus *vínculos con la enseñanza universitaria*. Los grandes debates sobre la ciencia desarrollados a lo largo del siglo XX (examinados en Maletta, 2019) han dejado claro que los contenidos de la ciencia (sus teorías y proposiciones) son provisionales, falibles y sujetos a revisión; la ciencia es una *actividad* en un perpetuo proceso de *evolución*; no se caracteriza como un acervo de conocimientos o creencias, sino por su *método*, es decir, por los procedimientos mediante los cuales indaga, descubre, refina y, con el tiempo, abandona sus teorías y modelos. La *actividad científica*, tal como se la entiende en este libro, y en su expresión formal como *práctica institucionalizada de las disciplinas científicas*, comprende varios procesos: la *investigación científica*, la *comunicación y circulación* de los resultados científicos, la

formación de profesionales capaces de entender y practicar esas actividades, y la *administración* de dichas actividades en el *marco institucional* en que todo ello ocurre (Hamel *et al.*, 2016: 283; Laitko, 1981; Maletta, 2019: 19-28).

Las facultades cognitivas que *hacen posible* la actividad científica son las mismas que la humanidad aplica en la vida cotidiana, y han sido ejercidas durante toda la historia humana, aunque sin la formalización y sistematicidad, ni tampoco los alcances, que caracterizan a la actividad científica moderna. Convencionalmente, se considera que esta se inicia en el siglo XVII, y su mayor desarrollo ha ocurrido en los últimos dos siglos. Este libro se refiere únicamente a esa actividad científica institucionalizada, surgida en los últimos siglos a partir de la «revolución científica» iniciada en el siglo XVII. Esa «revolución científica» moderna, que tuvo diversos precursores en los siglos o milenios precedentes, se expresó notablemente en la obra de Galileo (1564-1642), y cobró sus rasgos distintivos por la introducción del método experimental, principalmente en Gran Bretaña en la obra de Francis Bacon (1561-1626), y el surgimiento en 1660 de la Royal Society, que agrupaba a los «experimentalistas» dedicados a lo que entonces se llamaba *filosofía natural*. Ese desarrollo se reforzó con la obra de Newton (1687) y el mayor interés por las ciencias empíricas originado en la Revolución Industrial en el siglo siguiente¹. La revolución científica moderna se difundió primero en Europa y se extendió luego a todo el mundo, sobre todo desde finales del siglo XIX. Ello fue acompañado por el inmenso desarrollo tecnológico resultante de los avances científicos, que en esos siglos ha transformado y sigue transformando radicalmente el mundo y la vida humana. Este libro se concentra en los últimos 100 años, a partir de los rasgos que tenía la actividad científica en las primeras dos décadas del siglo XX.

¹ Sobre la revolución científica de la era moderna, y el desarrollo de las distintas disciplinas, hay una muy extensa bibliografía, de la cual Cohen (1994) ofrece un amplio catálogo y análisis, incluyendo precursores de períodos anteriores (Antigüedad y Medioevo). También se puede revisar Lindberg y Westman (1990), Cohen (2015) y Grant (2007). Butterfield (1957) describe la evolución de la ciencia desde el Medioevo hasta 1800. Sobre las discusiones del siglo XX e inicios del XXI acerca de las características y evolución de la actividad científica, véase Maletta (2019, caps. 5, 6, 8 y 9).

1. La ciencia hace 100 años

En las primeras décadas del siglo XX, la actividad científica estaba concentrada en cuatro países: Alemania, Estados Unidos, Francia y Gran Bretaña. Había también, por cierto, desarrollos científicos significativos en otros países europeos, especialmente Austria, y también en Suiza, Italia, Países Bajos, España y los países escandinavos, y surgía una incipiente labor científica en algunos países de América Latina (como Argentina, Brasil y México) y también en Japón y Rusia; no obstante, gran parte de la actividad ocurría en aquellos cuatro países. Alemania ocupaba un lugar preponderante por su mayor avance en temas situados en la frontera de la ciencia, especialmente en Matemáticas, Física, Química y Microbiología, y también en Historia, Filosofía, Sociología y Teoría Jurídica. Gran parte de los avances en la «frontera de la ciencia» provenían de Alemania. Por eso, este examen del desarrollo de la ciencia en los últimos 100 años arranca con el retrato de la ciencia en Alemania delineado por Max Weber en su clásica conferencia de 1919 «La ciencia como vocación». Si bien el libro se centra en el período 1918-2020, algunas transformaciones de la ciencia comenzaron a concretarse desde finales del siglo XIX; por ello, este estudio a menudo se remonta a las décadas que precedieron a la pandemia de 1918. Comenzamos con el *contexto histórico y personal* en que Max Weber pronunció su conferencia.

1.1 El contexto histórico: pandemia, guerra y revolución

Pandemia. En 1918-1920, el mundo fue golpeado por una pandemia, la llamada «gripe española». La mortífera *influenza* fue el telón de fondo de los grandes eventos de ese período y causó *más víctimas que toda la Gran Guerra* (véase el recuadro).

Imágenes de la pandemia de 1918



Mascarillas en la calle y en el transporte público

Hospital de emergencia

La pandemia de 1918 causó más víctimas que la Primera Guerra Mundial

Las muertes causadas por la guerra mundial de 1914-1918 (incluyendo los militares muertos en combate, las bajas civiles, los fallecimientos de prisioneros de guerra, los de refugiados y los de desplazados) se estiman entre 16 y 20-21 millones (Westmoreland, 1999; Prost, 2014). Las cifras incluyen una porción no atribuible a la guerra, sino a la pandemia de *influenza* que empezó unos ocho meses antes del cese de hostilidades, y algunos casos dudosos (soldados y civiles muertos por enfermedades infecciosas, etc.). Pocos años después, se estimaba que la *influenza* como tal había causado unos 21 millones de muertes (Jordan, 1927), equivalentes al 1,05% de la población mundial de 1919, estimada en 1993 millones (Maddison, 2007: 241-242). Esas estimaciones incluían una probable duplicación (muertes por *influenza* entre las tropas combatientes). Cálculos más recientes dan cifras mayores. Según Patterson y Pyle (1991), la pandemia habría causado entre 24,7 y 39,3 millones de muertes. También estas cifras fueron juzgadas como subestimadas: Johnson y Mueller (1992) y Johnson (2003) estimaron la mortalidad en *por lo menos 50 millones de muertes* (como mínimo, un 2,5% de la población mundial). Habría infectado a un tercio de la humanidad (Taubenberger *et al.*, 2005: 64), unos 644 millones de personas, lo que implica una letalidad global de (al menos) un 7,5% de los infectados. Hay algunas estimaciones más bajas (Spreeuwenberg, Kroneman, & Paget, 2018; Beštić-Bronza, 2020), con cifras cercanas a las de Jordan (1927), pero las fuentes usadas (registros oficiales de muertes por *influenza*) han sido muy cuestionadas (Chandra & Christensen, 2019); el exceso de mortalidad respecto a la media histórica es mucho más fiel, pues incluye la mortalidad indirecta y los casos no diagnosticados. Según Michels (2010: 2), la disparidad entre las estimaciones se

debe también a las paupérrimas estadísticas en gran parte de Asia y África, y también en Rusia, desgarrada por la guerra civil a partir de la revolución de 1917. Chandra, Kuljanin y Wray (2012) tienen una visión similar sobre la India (*cf.* Davis, 1951; y Sharma *et al.*, 2021). También es probable un alto grado de omisión en los registros civiles de los países europeos afectados por la guerra, la desmovilización de tropas, y el reasentamiento de refugiados y desplazados. Hay, en resumen, consenso en que la pandemia causó más víctimas que la guerra, aunque las cifras varían (Davis, 2018).

No se sabe con precisión el origen geográfico de la llamada «gripe española», que, por cierto, no se originó en España. Como país neutral, España fue uno de los primeros países que informó sobre la mortífera pandemia, que atacó incluso al rey Alfonso XIII; en los países beligerantes, la censura no permitía publicar información sobre el asunto. Por esa razón, la peste fue denominada «gripe española». Los primeros casos habían sido detectados en una base militar en Kansas (Estados Unidos), y desde allí el contagio llegó a Europa con las tropas americanas que se sumaban a la guerra. Devastó las trincheras de la Gran Guerra durante 1918. Los movimientos de tropas y de población, antes y después del armisticio, la expandieron por todo el mundo. En los Estados Unidos, causó una caída de 12 años en la expectativa de vida (Guyer *et al.*, 2000: 1308-1309; Jester *et al.*, 2019; Jordan, 2019). El mundo ya había sufrido varias pandemias y epidemias de *influenza*, pero ninguna tan extensa en tiempo y espacio, ni tan letal, como la que estalló en 1918 y se extinguió en 1921.

La pandemia de 1918 ocurrió en un mundo con un nivel muy inferior al de 2020 en el grado de desarrollo científico, tecnológico, económico y social. Para la *influenza* no había vacunas ni tratamientos; no se conocía la naturaleza de la enfermedad ni su mecanismo de propagación. Tampoco se sabía que era causada por un virus; peor aún, en 1918 simplemente *se ignoraba que existiesen virus*. Aunque algunos científicos ya habían observado fenómenos que luego serían reconocidos como evidencias de la existencia de virus (véase la sección 4.4), esas tempranas observaciones no fueron interpretadas correctamente en aquel período. Esos factores, así como las características específicas de aquel virus (cuyo genoma ha sido tardíamente secuenciado en época reciente), contribuyeron a la elevada mortalidad de aquella pandemia, *13 veces más alta que en la pandemia de 2020*² (véase en el capítulo 4 una síntesis del progreso logrado entre 1918 y 2020 en relación con virus, vacunas y pandemias).

² Entre el 1.1.2020 y el 31.12.2021, la cifra de muertes con COVID-19 reportadas por los países fue de 5,42 millones, es decir, 69 muertes por 100 000 personas en la población mundial media de 2020-2021, que, según cifras de las Naciones Unidas (revisión de 2022), fue de 7840 millones. Esto en general refleja solo muertes en *casos confirmados* de COVID-19. El *exceso de mortalidad* respecto a la esperada sugiere que la cifra real fue significativamente mayor: en ese mismo período, se ha estimado un exceso de 14,9 millones de muertes (WHO, 2022), equivalentes a 190 por 100 000 en la misma población mundial. En la pandemia de 1918-1920, según la estimación de Johnson y Mueller (1992), las fatalidades fueron *al menos* 50 millones, o 2500 por 100 000, lo que es *como mínimo 13 veces más* que las 190 por 100 000 de 2020-2021.

Guerra. Octubre de 1918, en plena pandemia, fue el último mes de la Primera Guerra Mundial. El 3 de noviembre, el Imperio austrohúngaro se rindió ante Italia. Alemania estaba virtualmente derrotada, con el ejército ya vencido y además diezmado por la *influenza*, la flota naval amotinada y un clima político insurreccional. El 9 de noviembre, se anunció la abdicación del Kaiser Wilhelm II. El mero anuncio de la abdicación permitió detener las hostilidades: dos días después, el 11 de noviembre, Alemania firmó un armisticio con las potencias aliadas, poniendo fin a cuatro años de guerra.

Tiempos conmocionados y confusos: ¿Cuándo abdicó el Kaiser?

La guerra terminó tras el *anuncio* de la abdicación de Wilhelm II, pero (en una muestra de la confusión reinante) *el anuncio era falso*. El Kaiser *aún no había abdicado*. Había enviado días antes una propuesta de armisticio a las potencias victoriosas (Francia, Gran Bretaña, Italia y Estados Unidos), condicionada a seguir como rey de Prusia aunque abdicase como Kaiser de todo el Imperio alemán. Esperaba asegurar la continuidad de la monarquía, y por ello no aceptaba el pedido de abdicación total que exigían las potencias aliadas. Entre tanto, el canciller, príncipe Maximilian von Baden, enfrentaba en Berlín una apremiante situación: iniciativas de capitulación en el Parlamento, una inminente insurrección, y una situación crítica en el plano militar. Por ello, sin un documento formal de abdicación, von Baden la anunció el 9 de noviembre. Al saberlo Wilhelm II, que estaba en Bélgica, pasó a los Países Bajos al día siguiente, iniciando un exilio que duraría hasta su muerte en 1941. Envío finalmente su abdicación total *tres semanas después*, el 28 de noviembre de 1918, desde su exilio en los Países Bajos (Wilhelm II, 1922; Palmer, 1978; MacDonogh, 2000; Cecil, 2009; Rohl, 1994, 1998, 2014).

Se disolvió así el Segundo Imperio alemán, el Kaiserreich creado por el canciller Bismarck en 1871³. En el mismo mes de noviembre de 1918, Alemania se transformó en república. El proceso llevó en 1919 a la constitución de la República de Weimar, y a la firma del Tratado de Versalles, que impuso a Alemania fuertes reparaciones de guerra y la pérdida de sus colonias en África y Asia, que pasaron a ser territorios coloniales británi-

³ El Kaiserreich era una *monarquía constitucional federativa* que coaligaba varios estados regionales (*Länder*) incluyendo cuatro reinos, siete principados, seis «grandes ducados», cinco ducados y varias ciudades autónomas, además del «territorio imperial» de Alsacia-Lorena (anexado por Prusia en 1871 tras su victoria en la guerra franco-prusiana). El emperador o Kaiser era también rey de Prusia, la región más extensa e importante (Clark, 2007); su poder estaba limitado por las facultades legislativas del Parlamento, y tenía pocas atribuciones sobre los *Länder*. Desde su ascenso al trono en 1888, el segundo Kaiser, Wilhelm II, buscó fortalecer el poder central con reformas que influían sobre asuntos regionales como las universidades y las academias de ciencias, dependientes de los *Länder*, lo que es muy relevante para este libro.

cos, franceses, belgas y otros. También debió restituir a Francia la región de Alsacia-Lorena. El territorio ruso de Polonia, ocupado por Alemania en 1918 tras el armisticio con la naciente Rusia soviética, constituyó una república independiente. Alemania quedó territorialmente disminuida, económicamente arruinada, aún sin un régimen político estable, y con una enorme deuda pública causada por el costo de la guerra y las reparaciones impuestas por los vencedores.

De modo similar, y casi simultáneamente, se disolvió el *Imperio austrohúngaro*, formado en 1867 por la unión de los reinos de Austria y Hungría con otros territorios en Bohemia-Moravia y en los Balcanes. Su disolución determinó la formación de dos repúblicas (Austria y Checoslovaquia) y del Reino de Yugoslavia (que hasta 1929 se llamó *Reino de los Serbios, Croatas y Eslovenos*). El Reino de Hungría nominalmente sobrevivió, pero el trono quedó vacante bajo la autoritaria regencia de Miklós Horthy luego de ser derrotada la revolución socialista de Bela Kun, que gobernó en 1919-1920. Del mismo modo, la victoria aliada determinó el fin del *Imperio otomano*; su base principal en Asia Menor dio paso a la República de Turquía; sus territorios en Siria y Líbano pasaron a ser un protectorado francés; y Palestina, un protectorado británico.

Se derrumbaban así las estructuras políticas de los «imperios centrales», el bando perdedor de la Gran Guerra. Antes, a comienzos de 1917, otro imperio había caído con la abdicación del zar Nicolás II. Unos meses después, se instauraba en Rusia el régimen soviético, que duraría hasta 1991⁴. El viejo orden europeo se derrumbaba tras una guerra mundial, en un incierto escenario de crisis política, pandemia y revolución. Terminaba el «largo siglo XIX» (1789-1914) y empezaba el «breve siglo XX», la terrible «era de los extremos» que, para Eric Hobsbawm (1962, 1975, 1987, 1994), empezó en 1914 y terminó en 1991 con la disolución de la Unión Soviética.

Revolución. Desde la revolución rusa de 1917, crecía en toda Europa un clima revolucionario. Ante el anuncio de la abdicación del Kaiser, el 9 de noviembre de 1918 se proclamó en el parlamento (Reichstag) de Berlín un régimen parlamentario, que luego se convertiría en la República de Weimar, la que duraría solo 14 años hasta ser destruida por Hitler. Ese mismo día, el Partido Socialdemócrata Independiente de Alemania (*Unabhängige Sozialdemokratische Partei Deutschlands* o USPD), una fracción izquierdista desprendida del mayoritario Partido Socialdemócrata (*Sozialdemokratische Partei Deutschlands* o SPD), exigió en Berlín la instauración inmediata de una república, mientras los otros partidos debatían aún si formar una república o continuar en una monarquía constitucional. El grupo más radical del USPD, la *Spartakusbund* o Liga

⁴ El zar y su familia fueron asesinados en julio de 1918. El Kaiser, el zar y el rey de Gran Bretaña (George V) eran primos hermanos, pues los tres eran nietos de Victoria (1819-1901), reina de Gran Bretaña y emperatriz de la India.

Espartaco, proclamó una «república popular» y lanzó en Berlín una revolución armada⁵. Esto se inscribía en un panorama revolucionario en toda Europa. En forma espontánea desde finales de 1918 o bien respondiendo al llamado del Primer Congreso de la Internacional Comunista (Moscú, marzo de 1919) la izquierda radical de Alemania, Austria, Hungría, Italia y otros países se escindió de los preexistentes partidos socialdemócratas o similares, formando partidos independientes (socialistas o comunistas) con programas revolucionarios, los que impulsaron varias insurrecciones (Degras, 1956; Riddell, 1986-1993, vols. 2 y 3).

Como parte de la crisis generada por la derrota bélica y la abdicación del Kaiser, se derrumbaron también los regímenes que gobernaban varios reinos, principados y otras entidades integrantes del Kaiserreich. En ese proceso, simultáneamente con la insurrección berlinesa, en noviembre de 1918 se proclamó en Múnich un «Estado Popular de Baviera» (Volksstaat Bayern) tras la abdicación del monarca regional, el rey Ludwig III de Baviera. La revuelta en Berlín fue sofocada en enero de 1919; el Estado Popular de Baviera duró algo más. Su primer ministro, Kurt Eisner, fue asesinado el 21 de febrero. Poco después, una insurrección logró que el «Estado Popular» se declarase «República Soviética» (Räterepublik); bajo ese nombre subsistió hasta finales de abril, en un clima de extrema confrontación. El naciente gobierno central carecía aún de fuerzas organizadas de seguridad, y proliferaban milicias de ultraderecha nacionalista. Era un período de severa crisis política e institucional, con acciones violentas cercanas a la guerra civil, y con epicentro en Múnich.

1.2 Max Weber: la ciencia como vocación

1.2.1 El contexto personal



Max Weber

Precisamente en Múnich, en las agitadas circunstancias de la posguerra, en medio de una pandemia y una insurrección, el eminente historiador, jurista, sociólogo y economista Max Weber dictó en enero de 1919 dos importantes conferencias, auspiciadas por la Federación de Estudiantes Libres (de centroizquierda) y publicadas en julio de ese año en dos pequeños volúmenes (Weber, 1919c, 1919d). En ellas, Weber examinó dos actividades a las que, en el naciente régimen democrático, podrían dedicarse los graduados universitarios: la política y la ciencia. «La ciencia como vocación» fue dictada el 16 de enero de 1919, y «La política

⁵ Sobre la revolución de 1918-1919: Bauer y Schmidt (1985); Bauer (2006); Bosl (1969); Grau (2001, 2006a, 2006b, 2008); Hillmayr (1974); Hirschfeld, Krumeich y Renz (2018); Jones (2016); Latzin (2006); Mommsen (1998); Pohl y Grau (1995); Rhode (1956); Roos (1998); Seligmann (1989); Sepp y Bischel (2006); Tormin (1954); y Riddell (1986-1993, vol. 2).

como vocación», el 28 de ese mes. Ambas son ahora textos clásicos sobre las bases sociales y éticas de esas «vocaciones» y su papel en la sociedad moderna (Weber, 1919a, 1919b, 1922a, 1979, 1992, 2007, 2012b).

¿Cuándo dictó Max Weber su conferencia sobre la ciencia como vocación?

Ha habido considerable confusión sobre la fecha (o fechas) de «La ciencia como vocación». Muchas referencias databan las dos conferencias en 1918, como, por ejemplo, la primera versión en inglés (Gerth & Mills, 1946) o el libro de Allen (2004: 72). El error proviene de la biografía de Weber escrita por su esposa, que las ubica en 1918 (Marianne Weber, 1926, reedición de 1984: 715). También se ha fechado «La ciencia como vocación» en 1917 (Weber, 2004: xix; y Weber, 2012b: 353) o en «el invierno de 1918/1919». Ahora se sabe que Weber *dictó dos conferencias con ese título* (Mommsen & Schluchter, 1992b: 59; Schluchter, 1979a; Mommsen, 2004: 289, nota 291). La primera fue el 7 de noviembre de 1917; la fecha se conoce por la nota sobre la charla «dictada hoy», publicada ese día en la edición vespertina del diario *Münchner Neueste Nachrichten* [Últimas noticias de Múnich], a la que se añadió la crónica del evento en la edición del 9 de noviembre; fue auspiciada por la filial bávara de la Federación de Estudiantes Libres (Freistudentischen Bund, Landesverband Bayern), la misma organización que auspició las dos conferencias de 1919. El título y la fecha de la disertación de 1917 fueron establecidos por una detallada investigación (Schluchter, 1980: 236-239; Mommsen & Schluchter, 1992a: 1 y 43-46; cf. Baumgarten, 1964b; Radkau, 2009: 97, 487 y 651, nota 22). No hay versión escrita de la conferencia de 1917. «La ciencia como vocación» lleva fecha mixta (1917/1919) en las *Obras completas* (Weber, 1992).

La noche anterior a la conferencia de Weber sobre la ciencia, el 15 de enero de 1919, los jefes de la Spartakusbund, Rosa Luxemburg y Karl Liebknecht, fueron asesinados en Berlín por una milicia de ultraderecha, marcando el comienzo del fin de la insurrección «espartaquista» en la capital. En los días y meses siguientes, continuaron los disturbios, principalmente en Múnich, hasta la derrota militar (el 1 de mayo de 1919) de la fugaz «República Soviética de Baviera» (Räterepublik Bayern), supuestamente gobernada por *soviets* (*Räte*, o «consejos») de soldados y trabajadores. Las conferencias de Weber fueron así dictadas *en medio de una pandemia, una profunda crisis política y una violenta insurrección*. Sus dos charlas habían sido concebidas como inicio de un ciclo de disertaciones sobre «el trabajo intelectual como vocación» (*Geistige Arbeit als Beruf*). Se preveía que

el ciclo incluyera al menos cuatro charlas cubriendo otras «vocaciones», como las de los estudiosos o eruditos (*Gelehrten*), los educadores, los artistas, y tal vez los clérigos, que serían dictadas por otros conferenciantes (Mommsen & Schluchter, 1992b: 54). En esos conflictivos meses de 1919, esas otras charlas nunca se concretaron.

Max Weber, académico y político. Weber no solo era un académico, sino una influyente figura política e intelectual. En lo político, podría ser definido como un «socialdemócrata liberal». Se opuso a la insurrección de la Spartakusbund, al Estado Popular de Baviera y a la Räterepublik, aunque estaba relacionado con varias figuras de la izquierda radical. En una foto de 1917 que se reproduce junto a este párrafo se ve a Weber en la segunda de las «Jornadas Culturales de Lauenstein», unos seminarios de intelectuales realizados en la primavera y el otoño de 1917 en Lauenstein (Baja Sajonia), para discutir «el sentido y las tareas de nuestro tiempo», o sea el futuro de Alemania, sobre lo que hubo una «extraordinaria discordancia» (Zwer, 2017; Hübinger, 2019, cap. 16; Marianne Weber, 1926, reedición de 1984: 609; Mommsen & Schluchter, 1992b: 57; Mommsen, 1996). En el centro de la foto, y mirando a Weber, se ve al joven dramaturgo comunista Ernst Toller (1893-1939), quien a los 26 años y solo por una semana (6-12 de abril de 1919) sería presidente de la fugaz República Soviética de Baviera.

Max Weber en las Segundas Jornadas Culturales de Lauenstein (del 30/10 al 2/11 de 1917)
con Ernst Toller (centro).



Fuente: Zwer (2017: 302).

La relación de Toller con Weber prosiguió después de Lauenstein: cuando fue arrestado en 1918 por llamar a una huelga general, Weber solicitó (y obtuvo) su liberación (Blum, 1959: 18, nota 51; Marianne Weber, 1926, reedición de 1984: 613). Tras la

caída de la República Soviética el 1 de mayo de 1919, Toller fue juzgado y pasó cinco años en prisión. En 1933, ante el ascenso del nazismo, se exilió en los Estados Unidos. Se suicidó en Nueva York en mayo de 1939.

Weber también conocía al político socialista Kurt Eisner, a quien consideraba como un típico líder carismático, lo que no constituía un elogio (Hopkins, 2007). Eisner encabezó la revolución en Múnich y fue primer ministro del Estado Popular; fue asesinado en una calle de Múnich el 21 de febrero de 1919 por un aristocrático extremista de ultraderecha, menos de un mes después de las conferencias de Weber⁶. Una tercera personalidad vinculada a Weber, que integró el gabinete de Eisner, fue Lujo Brentano (1844-1931), profesor retirado de la Universidad de Múnich, cuya antigua cátedra le fue ofrecida a Weber en esos agitados días. Brentano era un teórico socialista moderado, crítico tanto de las teorías de Weber como de las de Marx; en diciembre de 1918 fue, por unos días, ministro (más exactamente «comisario del pueblo») en el Ministerio de Comercio del gabinete de Eisner. Brentano era un «socialista de cátedra» (*Kathedersozialist*), como se denominaba a los profesores que desde 1873 se agrupaban en la Asociación para la Política Social (Verein für Sozialpolitik). Weber en su juventud fue miembro de esa asociación, a la que se afilió en 1888 (Brentano, 1931; Lindenlaub, 1967; Mueller, 1982), pero en 1919 estaba conceptual y políticamente distanciado de las nacionalizaciones y otras propuestas de algunos *Kathedersozialisten* y sectores radicales del PSD. A finales de 1918, como veremos, Weber se apartó del PSD para afiliarse a un partido nuevo, el DDP.

Las dos vocaciones de Weber. En relación con las conferencias de Weber sobre la ciencia y la política como «vocaciones» es oportuno recordar que el propio Weber *sentía como propias, desde su juventud, ambas vocaciones* (Blum, 1959; Mitzman, 1971; Radkau, 2009). Weber mantuvo toda su vida una influyente actividad académica y también un activo interés por el devenir político, social y económico de Alemania. Sin embargo, durante buena parte de su vida adulta *no pudo dedicarse plenamente a ninguna de esas dos «vocaciones»*, y cuando lo hizo —casi al final de su vida— encontró insoportables los compromisos y concesiones inherentes a la vida política, y optó por refugiarse casi exclusivamente en la independencia intelectual que le otorgaba la actividad académica (Bruun, 2007).

⁶ El asesinato de Eisner ocurrió entre dos insurrecciones de ultraizquierda. Dos días antes, Eisner y su gobierno habían superado un primer intento de golpe de Estado de ultraizquierda, el llamado «complot Lotter», que proclamó una fugaz «república soviética» (Latzin, 2006). El día de su asesinato, Eisner se dirigía a la sede del Gobierno con el propósito de dimitir. Con la revuelta de Lotter y la violenta muerte de Eisner, se creó un vacío de poder en el Estado Popular hasta que, casi un mes más tarde, el 17 de marzo, se formó un nuevo e inestable Gobierno. El 7 de abril, una nueva revuelta de ultraizquierda, encabezada por Eugen Leviné, proclamó la «Segunda República Soviética de Baviera» (Zweite Räterepublik Bayern), cuyos partisanos armados tomaron militarmente la ciudad de Múnich el 13 de abril. Esta situación duró solo 18 días: las tropas que respondían al Reichstag retomaron violentamente la ciudad el 1 de mayo, a lo cual siguió un gran número de fusilamientos, entre ellos el de Leviné, condenado a muerte el 3 de junio y ejecutado el día siguiente.

Su vida como docente había sido profundamente afectada por motivos personales. A los 31 años, en 1895, había sido designado catedrático de Economía Política en la Universidad de Heidelberg (donde había cursado sus estudios). Desde 1899 en forma temporal, y desde 1904-1905 en forma más duradera, Weber había dejado sus tareas docentes regulares en la Universidad debido a sus recurrentes problemas de salud, cuya principal manifestación fue un colapso nervioso seguido por una severa depresión y una persistente agorafobia que le impedía dictar clases (Frommer & Frommer, 1998). Conservó no obstante su cátedra en Heidelberg, cuya universidad lo siguió considerando como profesor «honorario» (sin sueldo). En los años siguientes, él y su esposa vivieron básicamente de sus respectivas herencias (sobre todo la de ella), mientras él se sometía a varios tratamientos y períodos de reposo. Pese a sus problemas de salud, durante esos años escribió obras importantes, como su influyente estudio de 1904-1905 *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, revisado integralmente en 1918-1919 (Weber, 1920). Después de 1910, una gradual mejoría le permitió participar en varios encuentros y congresos y dictar conferencias. Durante la guerra, tuvo funciones administrativas como supervisor de hospitales militares; en 1918, volvió a dictar clase (en Viena); y en 1919, intervino en el diseño de la Constitución de la República y en las negociaciones del Tratado de Paz de Versalles. Escribió en esa época numerosos artículos sobre política y otros temas (Weber, 1921, 1984, 1988).

Su retorno a la docencia (como un «período de prueba») se concretó en el verano de 1918, casi al final de la guerra, cuando aceptó dictar un curso de Economía Política en la Universidad de Viena (capital del vecino Imperio austrohúngaro), su primer curso universitario en muchos años. En las semanas que siguieron al armisticio, viajó a varias ciudades alemanas para dictar conferencias académicas o políticas, y para decidirse entre un retorno a su antigua cátedra de Heidelberg o la aceptación de alguna de las ofertas alternativas de trabajo como catedrático que le proponían, entre otras, las universidades de Gotinga y de Múnich (Mommsen & Schluchter, 1992: 12). A comienzos de 1919, se decidió por Múnich, capital de Baviera, pese al complejo escenario político de la ciudad. Renunció a su cátedra vienesa poco después de dictar sus dos conferencias en Múnich en enero de 1919, y en abril (en los convulsionados días finales de la «república soviética de Baviera») fue nombrado profesor ordinario en la Universidad Ludwig-Maximilian de esa ciudad, como titular de la cátedra (entonces vacante) que había sido ocupada por Lujo Brentano. Su cátedra tendría una amplia cobertura temática (Ciencia Social, Historia Económica y Economía Política) que coincidía con la concepción transdisciplinaria de Weber sobre las ciencias sociales, con enfoque histórico y varias facetas entrelazadas (económica, política, jurídica, social y cultural).

En la esfera política, durante los años precedentes, Weber había escrito diversos artículos, había dictado varias conferencias sobre política alemana y había participado en congresos y seminarios sobre esos temas, tanto durante la guerra como después de ella (Weber, 1921, 1984, 1988, 2016b; Zwer, 2017). Como hemos mencionado antes, se

había afiliado el 21 de noviembre de 1918 a un nuevo partido «liberal de izquierda», el Partido Democrático Alemán (Deutsche Demokratische Partei o DDP), que acababa de escindir del gobernante Partido Social Demócrata, con el cual hasta entonces Weber se identificaba. Pese a no ser candidato, participó activamente en la campaña electoral del DDP para la elección de la Asamblea Nacional Constituyente (la que luego asumió también la función parlamentaria de la naciente República de Weimar). Las elecciones tuvieron lugar el 19 de enero, *entre la primera y la segunda de sus conferencias* sobre las vocaciones académica y política. En esas elecciones (las primeras con participación femenina), el DDP obtuvo 75 diputados (Mayer, 1944: 74; Parkin, 2002: 15), entre ellos Marianne, la esposa de Weber, que fue electa como diputada entre las pocas mujeres que por primera vez pudieron ser candidatas en Alemania. Luego de las elecciones, Weber se alejó de la militancia activa, aunque hasta 2020 continuó siendo miembro de la dirección del DDP (Lepsius, 1977; Marianne Weber, 1926; Mayer, 1944; Mommsen, 1959/2004; Weber, 1921, 1994, 2008).

Aparte del dictado de clases en su nueva cátedra, también retomó en ese período el trabajo de preparación de su obra magna, *Economía y sociedad* (*Wirtschaft und Gesellschaft*), interrumpida desde 1914 y que finalmente quedaría inconclusa. El renovado interés de Weber en la preparación de su obra más importante se advierte en el tema de su curso del verano de 1918 en Viena, definido por él como «Economía y sociedad: crítica positiva de la concepción materialista de la historia» (Mommsen & Schluchter, 1992: 12-13). Sus cursos en la Universidad de Múnich en 1919-1920 versaron sobre el mismo tema, en el cual estaba trabajando intensamente⁷. En los meses siguientes a sus conferencias de enero, Weber dictó clases en Múnich y trabajó en sus escritos inconclusos y en varios artículos de análisis cultural y político (Weber, 1921, 1984, 1988, 2008; Marianne Weber, 1926; Roth, 1977; Tribe, 2019); continuó su actividad política aunque en funciones no estrictamente partidarias: como ya se ha mencionado, colaboró con la comisión encargada de preparar el proyecto de constitución de la nueva república, y también integró como asesor la legación alemana en las conversaciones previas a la firma del Tratado de Versalles. De esta descripción se infiere que sus intereses en 1918-1919 (como en toda su vida) abarcaban *tanto la ciencia como la política*, con su retorno tentativo a la docencia y su fugaz incursión en la actividad partidaria que nunca había intentado antes. ***En suma, en sus conferencias de 1919, Weber hablaba también sobre sí mismo y sobre dos «vocaciones» cercanas a su propia vida.***

⁷ *Economía y sociedad* fue publicada póstumamente y en forma parcial por su esposa Marianne (Weber, 1922b); la edición crítica completa apareció mucho después en los tomos 22 (2009), 23 (2013) y 24 (2009) de sus *Obras completas* (MWG). Sobre ese largo proceso de elaboración y publicación, véanse las introducciones de esos tres volúmenes de las MWG, el artículo de Baier *et al.*, 2000, y la detallada historia editorial de la obra y sus versiones en inglés en Tribe (2019: 1-73). Las primeras traducciones, basadas en Weber (1922b), fueron en español (Weber, 1944) y en inglés (Weber, 1947); sobre los defectos de la edición de 1922 y de las primeras traducciones, cf. Morcillo Laiz (2012) y Tribe (2019).

Weber percibía nítidamente una tensión entre la actividad científica, necesariamente independiente y crítica, y las exigencias y compromisos que exigía la militancia política. Por ello, a raíz de disidencias programáticas y para salvaguardar su independencia intelectual en su nueva cátedra, renunció como miembro de la dirección del DDP y se distanció del partido en abril de 1920, para concentrarse en su labor académica. Su vocación científica prevalecía así sobre su vocación política (Radkau, 2009: 513-514), aunque la política lo perseguiría hasta el aula: sus clases fueron reiteradamente acosadas por grupos de ultraderecha. Véanse Hanke, Scaff y Whimster (2020: xxviii); Lassman y Spairs (1994: x); y los recuerdos de Immanuel Birnbaum (1963), quien en 1919 presidía la filial bávara de la Federación de Estudiantes Libres, la organización que auspició las conferencias de Weber.

La cuarta ola. Luego de tres «olas» en 1918-1919, la intensidad de la «gripe española» había amenguado, pero en los primeros meses de 1920 hubo una «cuarta ola» muy fuerte, concentrada sobre todo en el nordeste de los Estados Unidos, en Sudamérica (donde duró hasta 1921; cf. el caso de Chile en López & Beltrán, 2013: 209), y en ciertas partes de Europa, incluyendo Alemania (Kupperberg, 2008: 82; Barry, 2005: 390-391; Potter, 1998; Ansart *et al.*, 2009; *The Guardian*, 2020)⁸. Esa cuarta ola fue (en varios sitios) localmente más fuerte que las olas de 1918 y 1919, y causó un número apreciable de víctimas en las zonas más afectadas. En Alemania, la máxima mortalidad de esa cuarta ola fue en febrero y marzo de 1920, pero siguieron habiendo casos y muertes por varios meses más (Ansart *et al.*, 2009: 103). En Alemania había habido en 1918-1919 una incidencia y mortalidad inferiores a las de otros países europeos (Beštić-Bronza, 2020: 117; Michels, 2010). Aun así, la ola de 1920 tuvo un fuerte impacto.

El inesperado fin. Max Weber se sintió enfermo el 4 de junio de 1920. Desarrolló una neumonía y su estado se agravó rápidamente. Murió el 14 de ese mes a los 56 años, en plena actividad, como una de las víctimas más ilustres (y más tardías) de la pandemia⁹. Las valoraciones y predicciones de Weber sobre la situación y evolución futura de la ciencia y la política (tanto las positivas como las negativas) fueron en general convalidadas e incluso superadas (para bien o para mal) en las décadas siguientes. Lamentablemente, él no vivió para verlo y evaluarlo.

⁸ Referencias complementarias sobre las varias olas de la pandemia de 1918 y sus consecuencias en diferentes zonas: Crosby (1976); Kolata (2001); Potter (2001); Jernigan y Cox (2012); Monto y Webster (2012); Nicholson, Webster y Hay (1998); Phillips y Killingray (2003); Webster *et al.* (2013); Davis (2018); Taubenberger y Morens (2006); Taubenberger, Kash y Morens (2019), Hays (2005: cap. 42). Véase también el capítulo 4 de este libro.

⁹ No está formalmente probado que la muerte de Weber se debiera al virus de la pandemia (no había cómo demostrarlo en 1920), pero así se opinó entonces y en la posteridad dados sus síntomas (gripe seguida por neumonía), la coincidencia con la cuarta ola, y la gravedad y el rápido desenlace de su enfermedad (Radkau, 2009: 546 y 662, notas 237 y 238).

1.2.2 La vocación científica: condiciones externas e internas

Weber, en «La ciencia como vocación», considera primero lo que llama «las condiciones externas» (es decir, objetivas) en que se desenvolvía la labor académica, especialmente la de los jóvenes que deseaban dedicarse a la actividad intelectual y en particular a la ciencia, y se veían obligados a ingresar en una larga e incierta carrera en puestos subalternos antes de llegar (si llegaban) a ser profesores ordinarios o «catedráticos», es decir, titulares estables de una cátedra. Incluso cuando se refiere a las «condiciones internas» del joven científico, a sus aspiraciones íntimas al dedicarse a esa labor, también insiste en algunos procesos objetivos que conspiraban contra esas aspiraciones. Alemania era en 1919 uno de los países con más alto desarrollo científico en el mundo. Esa posición fue alcanzada sobre todo en la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del XX. Junto con la revisión de las apreciaciones de Weber sobre la situación de la actividad científica en su país, conviene revisar brevemente cómo estaba organizada la actividad científica alemana en esa época, y los procesos que la estaban afectando en las primeras décadas del siglo XX.

1.2.3 La ciencia en Alemania, 1919

A lo largo del siglo XIX y comienzos del XX, la ciencia estaba emergiendo como una profesión en varios países de Europa, y sobre todo en Alemania, Francia y el Reino Unido (Mendelsohn, 1964), a lo que se añadía el rápido desarrollo de la ciencia en los Estados Unidos desde el período de Reconstrucción luego de la Guerra Civil, y sobre todo en las últimas décadas del siglo XIX (Urquiola, 2020). Alemania llevaba claramente la delantera en el desarrollo científico. Cuando Weber dictó su conferencia, cerca de la mitad de las publicaciones científicas del mundo se publicaban en alemán (Ammon, 2012: 338). Si bien parte de esa producción se publicaba en Austria y Suiza, y algunas publicaciones en alemán eran de autores neerlandeses, checos o polacos, era en Alemania donde la actividad científica era más cuantiosa y más avanzada. Su núcleo central era tradicionalmente la universidad, como lo sintetiza Margit Szöllösi-Janze al describir las condiciones que reinaban hacia 1900, las que (con algunas cualificaciones) subsistían aún en 1919:

¿Dónde se producía el nuevo conocimiento científico en 1900? En Alemania, el ámbito socialmente reconocido de la producción de conocimiento era la universidad. El conocimiento científico generado en otros ámbitos era visto como mera tecnología, carente del aura prestigiosa de las instituciones académicas. (Szöllösi-Janze, 2005: 343; cf. también Szöllösi-Janze, 2002, y Wengenroth, 1997)

Si bien esta apreciación referida a 1900 seguía ampliamente vigente en 1919, ya desde finales del siglo XIX y principios del siglo XX se habían estado produciendo algunas importantes innovaciones en la organización de la ciencia en Alemania, que tendían a renovar el marco institucional de la actividad científica. Esto implicó cambios no solo en las universidades, sino también en las venerables academias de ciencias que ya existían en

Prusia y otras regiones, y en nuevas instituciones científicas por fuera de las academias y de las universidades que surgieron a comienzos del siglo XX. En el mismo año 1900 al que se refiere la cita precedente, el Kaiser (que era también rey de Prusia) forzó la admisión de las ingenierías en la principal academia de ciencias (la prusiana, con sede en Berlín).

Por otra parte, el Ministerio de Cultura de Prusia y también, a instancias del Kaiser, los de otras regiones de Alemania empezaron a intervenir activamente en la organización y financiamiento de las universidades, que dependían de las regiones. El Kaiser impulsaba estas reformas, pues toda su política apuntaba a fortalecer el Imperio frente a las regiones, imponiendo normas y políticas unificadas en todo el territorio alemán; esto afectaba a muchas áreas de gobierno, incluyendo la educación y la ciencia. La Dirección de Universidades del Ministerio de Cultura de Prusia, que entre 1882 y 1907 estuvo influida (y luego dirigida) por la importante figura de Friedrich Althoff, había introducido diversas reformas en las universidades prusianas, y el creciente poder del Kaiser presionaba a los gobiernos regionales para que esas reformas se aplicasen en todas las universidades alemanas. Las reformas reforzaban el papel de la investigación (sobre todo en ciencias naturales y medicina) y alentaban la incorporación y desarrollo de las disciplinas tecnológicas. Antes de 1919, se habían creado en ese marco varios institutos de investigación dentro de las universidades, cada uno ligado a una o varias cátedras, con la entusiasta aprobación e influencia del Kaiser, quien buscaba establecer y reforzar la superioridad de la ciencia y tecnología de Alemania en relación con las otras grandes potencias. Por otra parte, en 1911 se fundó la «Sociedad Kaiser Wilhelm para el Avance de las Ciencias» (Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften o KWG) y su brazo ejecutivo, el Instituto Kaiser Wilhelm (Kaiser-Wilhelm-Institut o KWI), con la misión de establecer *institutos de investigación autónomos* en diversas ramas de la ciencia y la tecnología. Serían institutos *imperiales*, dependerían del *Kaiser*. Pese al alto nivel de la ciencia y la tecnología en Alemania, de la conferencia de Weber y de otras fuentes se infiere claramente que en ese país (como en el resto de Europa continental) el sistema que regía la actividad científica era aún muy anticuado, sobre todo en comparación con la creciente e innovadora actividad científica en los Estados Unidos. Era una actividad dirigida centralizadamente por el sector público, sea por los gobiernos regionales o por el poder imperial. Las universidades carecían de autonomía, y de hecho no tenían la atribución de designar sus propios profesores, que eran nombrados por el respectivo gobierno a partir de una propuesta de cada universidad (la que podía incluir solo un candidato o bien, frecuentemente, una breve lista de posibles candidatos).

Una de las características del sistema, indica Weber, era que la «vocación por la ciencia» en Alemania se expresaba prácticamente en una *vocación por la docencia universitaria*; salvo excepciones, no existía en la esfera universitaria la figura del «investigador» como profesión, o como un papel específico de los profesores. Aunque se esperaba de

estos la preparación y publicación de trabajos de su especialidad, esos trabajos no necesariamente eran el fruto de una investigación empírica: podían ser también ensayos teóricos o filosóficos. Se suponía, como se infiere de lo que antecede, que los profesores se deberían dedicar tanto a la docencia como a la investigación, pero no todos lo hacían, y los que investigaban lo hacían por lo general mediante proyectos individuales y «artesanales». Los que ponían a Alemania en la cúspide del desarrollo científico en el mundo eran, en realidad, una minoría.

La investigación científica no era aún una actividad organizada, excepto en los institutos recientemente creados, que aún se limitaban solo a algunas regiones y a algunas áreas del conocimiento científico y tecnológico. En las universidades germánicas (y europeas en general), la investigación era conducida por los profesores ordinarios o catedráticos, quienes ocupaban esos cargos en forma vitalicia, y cuya tarea central era la enseñanza, ejercida mediante clases magistrales, dedicadas a la *transmisión* antes que la *producción* del conocimiento científico. La originalidad era más bien excepcional, incluso en los estudiantes de doctorado: el sistema universitario alemán tendía a desalentar la originalidad y la brillantez (Sadler, 1906: x), y esa es la visión, asaz negativa, que transmite Weber sobre las «circunstancias externas» de la vocación por la ciencia en la turbulenta Alemania de 1919.

En teoría, el «imperativo de la investigación» y la «unidad de la investigación y la docencia» eran ideales o principios conceptuales de las universidades alemanas desde el siglo XVIII, sobre todo por influencia de la Ilustración en ese siglo, y la de Alexander von Humboldt en el XIX. Sin embargo esos ideales estaban aún lejos de las exigencias previsibles derivadas del desarrollo científico e industrial. Las reformas educativas impulsadas por Wilhelm II buscaban adecuar esos ideales a las condiciones del siglo XX y a las pretensiones geopolíticas del Kaiser (Paulsen, 1885/1921, 1902, 1906; Lehmann, 1921; Pfetsch, 1974; Mendelsohn, 1964; McClelland, 1980; Turner, 1980; O'Boyle, 1983; Spinner, 1993). Pese a ese ánimo innovador, las reformas en general mantenían los rasgos centralistas y autoritarios del régimen tradicional basado en la figura del catedrático. Se habían iniciado así, como se evidencia en los párrafos precedentes, unos importantes procesos de modernización de la actividad científica alemana, pero las principales novedades ocurrían *fuera de las universidades* (en las academias de ciencias y en los institutos autónomos de la Sociedad Kaiser Wilhelm). Solo en algunas facultades de ciencias naturales y de medicina, e inicialmente solo en Prusia, se habían establecido *institutos de investigación* con presupuesto propio para fomentar la investigación a una escala mayor que lo tradicional. Muchos de los cambios no incidían directamente en la formación de los estudiantes. La designación de docentes y la dinámica de la enseñanza seguían funcionando bajo los cánones tradicionales. Más aún, había en las universidades, sobre todo fuera de Prusia, cierta resistencia a las reformas impulsadas por el poder central, es decir por el Kaiser.

1.2.4 Weber y la vida universitaria

Weber, nacido en 1864, se había formado en el sistema educativo del Segundo Imperio, y no había experimentado aún las incipientes innovaciones introducidas desde finales del siglo XIX, no solo porque eran muy recientes, sino también por su largo alejamiento de la enseñanza, y porque sus especialidades (Economía, Historia, Sociología) habían sido escasamente tocadas por las reformas. Su conferencia muestra, no obstante, que estaba al tanto de las innovaciones, como se percibe también en algunos de sus escritos de años anteriores, como por ejemplo en sus intervenciones en el Congreso de Profesores realizado en Dresde en 1911 (Weber, 2008, 2016b).

La conferencia de Weber, titulada «Wissenschaft als Beruf», expresa claramente la tensión entre las condiciones objetivas y subjetivas de la actividad académica, y entre la universidad tradicional y los cambios que ya estaban en curso. La tensión es evidente en los términos utilizados en ese título.

Cómo traducir «Beruf». La palabra «Beruf», derivada de «Ruf» (grito) y del verbo «rufen» (llamar, gritar), significa «vocación» en el sentido de un «llamado» interior, pero también «profesión», «oficio», «ocupación». Weber considera ambos aspectos, reflejando una tensión entre «*lo que debe ser*» y «*lo que es*», entre el tipo ideal (la vocación) y la realidad empírica del ejercicio profesional (Shapin, 2019; Fitzzi & Turner, 2019). Su visión de «la ciencia como vocación» implica una tensión (y posible contradicción) entre la *vocación* subjetiva y la realidad objetiva de la vida universitaria, entre *Beruf* como «vocación» y *Beruf* como «profesión». No hay en español, ni tampoco en inglés, francés o italiano, una palabra con los dos sentidos de «vocación» y «profesión». Si bien en su conferencia Weber se refiere a este tema, había incluido un análisis muy minucioso y erudito en su obra de 1904-1905 *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*, en cuya segunda edición ampliada (Weber, 1920) estaba trabajando en 1919: el significado de «Beruf» en alemán y sus antecedentes en hebreo, griego y latín son extensamente examinados sobre todo en el capítulo 3, y especialmente en la larga y erudita nota 1 de ese capítulo. Allí parte del significado inicialmente religioso de «Beruf» (el llamado a la conversión religiosa), transferido luego al llamado a la vocación sacerdotal o monástica, y luego el llamado de la Providencia al oficio o profesión de cada uno, lo que desembocó luego en el sentido moderno como oficio o medio de vida.

El título de las conferencias de Weber (Wissenschaft als Beruf) es traducido habitualmente vertiendo *Beruf* como «vocación», pero hay algunas excepciones. Algunos traductores separan ambos significados, como Ronald Speirs en Weber (1994): «The profession and vocation of politics» o Hans H. Bruun en Weber (2012b): «Science as a profession and vocation». Damion Searls (Weber, 2020) traduce «Beruf» como «trabajo»: «The scholar's work» (traducible como «El trabajo del académico» o «El trabajo del intelectual»), sin mencionar la vocación como llamado, y sin distinguir entre la «ciencia»

y otros trabajos intelectuales. En este libro, seguimos el criterio del traductor Rodney Livingstone: «Los dos significados [profesión y vocación] se usan según sea lo más apropiado [en cada caso]» (Weber, 2004: 1, nota 1), que coincide con Bruun: «En el cuerpo del texto se usa [en cada caso] el término simple más apropiado [vocación o profesión]» (Weber, 2012b: 448, nota 352).

¿Qué significa «Wissenschaft»? El otro término del título, por su parte, no significa exactamente «ciencia» en el sentido que tiene esa palabra en español, ni se limita (como *science* en inglés) solo a las ciencias exactas y naturales: abarca las ciencias naturales, las ciencias sociales, las humanidades, y, de hecho, *todo estudio o trabajo intelectual*, incluso letras, filosofía y hasta teología (Ghosh, 2014); por ello, Derman (2012: 54, nota 28) traduce el título de la conferencia como «Scholarship as a vocation» (La actividad académica o intelectual como vocación), y Searls (Weber, 2020), como hemos visto, la vierte al inglés como «The scholar's work» (El trabajo del intelectual o del académico). Lechner (2018) compara cinco traducciones de esa conferencia, y en todas halla algún problema, sobre todo en la traducción del título. Sobre el uso weberiano de *Beruf* y de *Wissenschaft* véanse también Morcillo Laiz (2019), Lechner (2018) y Derman (2012). En el presente libro, se vierte *Wissenschaft* como «ciencia» y *Beruf* como «vocación», siguiendo el uso más común, pero recordando el sentido de esos términos en alemán. En ese idioma, las grandes divisiones de las ciencias se mencionan como *Naturwissenschaften* (ciencias naturales) y *Sozialwissenschaften* (ciencias sociales). El concepto más abarcativo de *Geisteswissenschaft* abarca todas las «humanidades» o «ciencias del espíritu» incluyendo las ciencias sociales así como las «Humanidades» en sentido amplio, en las que se incluye también la filosofía, la ética o la teología.

La universidad como ideal en Alemania. El modelo de referencia del sistema universitario alemán eran los ideales de la Ilustración y los principios organizativos impulsados por Humboldt, aplicados en las universidades germánicas hasta los primeros años del siglo XX. La concepción humboldtiana incluía el ideal de la «unidad de docentes y estudiantes» (implicando que ambos debían participar en la actividad científica, en una vaga analogía con los maestros y discípulos de la Antigüedad griega); el «imperativo de la investigación» (aunque esta se desarrollaba principalmente de modo «artesanal» mediante proyectos individuales), y la «unidad de la ciencia» (que propendía a una formación intelectual «integral», en la que el estudiante se familiarizaría con varias disciplinas, transgrediendo los límites entre ciencias naturales y ciencias humanas). Las reformas, que Weber veía como exigencias inevitables de la modernidad, implicaban que la vida académica después de esas reformas resultase «muy alejada de la vieja atmósfera histórica de las universidades alemanas» (Weber, 1979: 186). Esto para Weber no implicaba una defensa reaccionaria de esa «atmósfera histórica»: veía la modernización como inevitable y en gran parte positiva, aunque también señalaba los desafíos que ella implicaba.

Las exigencias de la ciencia moderna, entre otros efectos, llevaban a una *creciente especialización*, y por consiguiente a una formación menos integral. Por otra parte, las exigencias concretas de la investigación y de la enseñanza generaban un divorcio, o al menos una tensión, entre diferentes disciplinas. La creciente modernización conducía también a *una universidad más masiva*, con creciente peso de la docencia en las funciones de los profesores, y un aumento en la cantidad de estudiantes en cada curso, lo cual Weber consideraba negativo para la relación entre estudiantes y profesores. La «vieja atmósfera histórica de las universidades alemanas» hacía que aún en 1919 los profesores trabajasen mayoritariamente en proyectos personales, en el ámbito temático de cada cátedra, generalmente sin participación de otras cátedras, y sin recursos específicos para tener asistentes remunerados o para adquirir aparatos costosos. Dado que las investigaciones eran diseñadas y conducidas desde cada cátedra separadamente, y que cada universidad usualmente tenía solo una cátedra en cada disciplina, eran raros en las universidades los proyectos colaborativos entre disciplinas o entre diferentes universidades.

En alguna medida, todo el sistema tradicional de la ciencia estaba ya en un proceso de cambio. Desde finales del siglo XIX, en virtud de las políticas implementadas a partir de 1882 bajo el influjo de Althoff, se establecieron los «grandes institutos» que menciona Weber, limitados a alguna de las facultades de ciencias naturales y de medicina, vinculados a una o varias cátedras, con asistentes remunerados y programas de mayor envergadura (Paulsen, 1906: 218-221). Esos institutos servían no solo para las investigaciones de los profesores, sino también para familiarizar a los estudiantes con la práctica de la investigación, aunque fuese solo a través de ejercicios ilustrativos que se añadían a las clases, y no tanto a su participación directa en los proyectos de investigación. En otras facultades, notablemente en las de Economía, Ciencias Sociales y Humanidades, esos grandes institutos universitarios en general no se crearon, y las investigaciones siguieron siendo emprendimientos individuales de los profesores, en los que rara vez participaban alumnos y que solo excepcionalmente incluían a otros profesores-investigadores además del catedrático. Pero Weber augura que también en esas disciplinas el estilo «artesanal» de trabajo académico terminaría por ser transformado en forma similar, como expresión de una «americanización» general de la actividad científica:

La vida universitaria alemana se americaniza, como se americaniza nuestra vida entera en puntos muy importantes, y estoy convencido de que esta evolución ha de afectar también con el tiempo a aquellas disciplinas en las que, como hoy sucede en gran parte con la mía [la Economía], el trabajador [intelectual] posee él mismo los medios de trabajo (esencialmente la biblioteca) del mismo modo que en el pasado el artesano era el dueño de su taller. Esta evolución se encuentra en pleno desarrollo. (Weber, 1979: 185)¹⁰

¹⁰ Traducción levemente corregida a la luz de la edición definitiva (Weber, 1992: 74). Texto entre corchetes añadido. Aquí «poseer la biblioteca [de la cátedra]» no se refiere a un derecho de propiedad en sentido

Los pasajes más frecuentemente citados de las conferencias que Weber dictó en 1919 se refieren a los valores éticos que deben guiar al científico y al político, y a su visión de la ciencia y en general la modernidad como expresiones del «desencantamiento» o «desacralización» (*Entzauberung*) del mundo y de la vida social, un concepto weberiano que alude a la secularización de la vida y la cultura en los tiempos modernos. Esta es una noción muy importante en la concepción de Weber sobre el papel de la razón y la ciencia en el mundo moderno, por oposición a las culturas y religiones en que el mundo se supone gobernado por fuerzas sobrenaturales, religiosas o mágicas (Vahland, 2001; Schluchter, 2009, 2017a, 2017b; Reitter & Wellmon, 2020). En su conferencia, Weber expresa una visión «desacralizada» o «materialista» sobre las universidades alemanas, enfatizando las limitaciones objetivas (y las mezquindades) de la vida académica, y en general las *condiciones materiales e institucionales de la actividad científica* tal como existían en Alemania.

Este énfasis en las condiciones objetivas se relaciona con la tensión entre la «vocación» subjetiva por la ciencia, y la realidad objetiva de la vida profesional del científico, una dualidad implícita en el doble sentido de la palabra «*Beruf*»: vocación o profesión. Ambos aspectos no pueden escindirse. Weber se vale de la ambigüedad del término «*Beruf*» para transmitir una visión crítica sobre la organización de la investigación científica en Alemania, no solo por su carácter artesanal y su escasa integración con la enseñanza: también por su rigidez y autoritarismo, la fuerte distancia social entre profesores y estudiantes, y la frecuente caída en la mediocridad y el favoritismo. También señala, como contraste, que la vida universitaria «americana», cuyos rasgos ya se estaban introduciendo en Alemania, convertía la actividad científica en una suerte de «empresa capitalista» que chocaba con los ideales tradicionales de las universidades germánicas.

En conexión con ello, el concepto weberiano de *objetividad* de la ciencia, que obliga a separar las opiniones de los hechos, sugiere una vocación científica que analiza la realidad desde una cierta distancia analítica, centrada en la búsqueda del conocimiento, alejada de las urgencias de la práctica concreta, y por ende «desprovista de propósito»; estas exigencias de la ciencia como tal, una ciencia que aspira solo a entender la realidad, están en permanente tensión con la vocación «política» (o genéricamente «práctica») de influir sobre el curso de los acontecimientos. Turner (2012) analiza ese aspecto a partir de las diferencias conceptuales de Weber con su amigo y colega, el sociólogo Georg Simmel (otra víctima de la pandemia, a la cual sucumbió en 1918).

Las condiciones materiales que afectan a la vocación por la ciencia no pueden ser atribuidas, en la visión de Weber, a factores trascendentales o espirituales, sino a factores

jurídico, sino a la posesión física y al derecho de acceso a la biblioteca, controlado en forma exclusiva por el catedrático, aunque con su autorización podían acceder también los docentes auxiliares y los estudiantes (sobre todo los de posgrado) para estudiar un tema o para preparar sus tesis. Las bibliotecas universitarias eran naturalmente propiedad institucional, y no propiedad privada del profesor.

históricos, económicos, sociológicos e institucionales, en definitiva, a la inevitable e incómoda coexistencia de la «vocación» con la «profesión». La «profesión» científica en la universidad alemana exhibía de hecho algunas cualidades no deseables muy alejadas de su «tipo ideal», como se ve en la sección 1.2.5.

1.2.5 La carrera docente, sus normas y sus exigencias

Teniendo en cuenta estos aspectos, se comprende por qué Weber comienza por «las relaciones externas» de la «vocación por la ciencia», es decir, por las condiciones reales de la ciencia *como profesión*, es decir como una *Beruf* entendida «en el sentido más material del término»:

¿Cómo se presenta hoy la ciencia como profesión [*die Wissenschaft als Beruf*], en el sentido más material del término? Desde el punto de vista práctico, esta pregunta equivale esencialmente a esta otra: ¿cuál es hoy la situación de un graduado que ha resuelto consagrarse profesionalmente a la ciencia dentro de la Universidad? [...] Como es sabido, entre nosotros la carrera de un joven que quiera consagrarse a la profesión científica comienza normalmente por la función de *Privatdozent*. Después de haberse puesto al habla con el titular de la especialidad y haber obtenido su consentimiento, realiza su habilitación para la docencia, presentando una obra original y sometiendo a examen en una Universidad determinada. Sin salario y sin más retribución que la que resulta de los pagos de los estudiantes que se matriculen en sus clases, puede dictar cursos sobre temas enmarcados en los límites de su *venia legendi* (Weber, 1979: 180; traducción levemente modificada a la luz de la edición crítica del original en Weber, 1992).

El rasgo más saliente de la carrera docente en Alemania y en otros países europeos a comienzos del siglo XX era, como señala Weber, la obligación de pasar por una etapa, a menudo prolongada, de instructor o «docente privado» (*Privatdozent*) sin remuneración y sin independencia intelectual. Esa etapa se iniciaba luego de obtener el doctorado. Los doctores que aspiraban a una carrera académica debían obtener una *habilitación*, que requería presentar una segunda tesis o publicaciones equivalentes, y ello podía insumir uno o más años. La habilitación otorgaba una *venia legendi* o «licencia para enseñar» en una determinada disciplina. Ello no implicaba el acceso inmediato a un puesto remunerado: solo autorizaba para ser nombrado como «instructor» o «docente privado». Estos solo podían dictar clases adicionales o complementarias a las del profesor, sin remuneración fija. El cargo ofrecía al instructor la *posibilidad* de ser con el tiempo designado como profesor, lo cual no siempre ocurría, y sobre todo no ocurría inmediatamente, pues el desempeño en el cargo de instructor servía como base para la eventual selección de los candidatos para cargos de profesor. Los instructores se sometían así a un largo período de cuasi servidumbre sin sueldo. Los catedráticos dictaban semanalmente sus clases magistrales, y los *Privatdozenten* tenían el resto de la semana para dictar clases independientes, profundizando temas específicos a cambio de modestos pagos de los estudiantes que

asistían a sus clases. Algunos ayudaban también al profesor en sus investigaciones, pero sin influencia en su diseño¹¹.

La designación como «docente privado», por otra parte, no era automática: dependía no solo de la previa habilitación, sino también del juicio del catedrático y de la facultad acerca de cada candidato, y acerca de la necesidad o conveniencia de nombrar nuevos instructores, considerando el número de instructores existentes y el número actual o esperado de estudiantes en cada cátedra. Por ello, quienes deseaban ser habilitados consultaban primero con uno o más catedráticos para determinar si su futura habilitación en alguna de esas cátedras podría traducirse en seguida en un cargo de instructor. Tenían título doctoral, pero aún no eran profesores (ni mucho menos investigadores); eran instructores *privados*: no formaban parte del personal de la universidad y no se les pagaba un sueldo; solo cobraban unos módicos honorarios pagados por los estudiantes que acudían a sus clases complementarias¹².

El proceso de habilitación (que aún existe en la actualidad en Alemania y otros países europeos) era similar en 1919 a un segundo doctorado o a un ciclo de investigación posdoctoral; requería de un examen oral, una clase pública frente a estudiantes y profesores, y la presentación de una nueva tesis u otras publicaciones científicas en la especialidad o disciplina correspondiente. Esos trabajos de investigación tenían que ser preparados entre la obtención del título doctoral y la habilitación (es decir, generalmente, sin un puesto formal como investigador o como asistente de investigación). Era frecuente que pasara al menos un año, y más frecuentemente dos o más años, antes de que un nuevo doctor cumpliera con los requerimientos para la habilitación, y varios años más hasta que pudiese aspirar a cubrir una vacante de profesor resultante del retiro o muerte de un catedrático¹³.

¹¹ Sobre el estatus y funciones de los *Privatdozenten*, véanse Daudé (1896), Paulsen (1906: 177-184) y Eulenburg (1908). Sobre las universidades alemanas, cf. Paulsen (1885/1921) y Paulsen (1902 o 1906). Esta última obra es un panorama general de la enseñanza superior en Alemania. Paulsen (1885/1921) es una detallada historia de las universidades alemanas hasta 1880, reeditada en 1896 con datos hasta 1891, y ampliada en la tercera edición (póstuma) con un apéndice de Rudolf Lehmann (1921) que describe cambios ocurridos hasta el inicio de la Gran Guerra (Paulsen había fallecido en 1908).

¹² En Medicina y Ciencias Naturales, algunos estudiantes de doctorado y algunos doctores podían trabajar como asistentes de investigación remunerados en algunos de los «grandes institutos» creados dentro o fuera de las universidades desde finales del siglo XIX, pero esto no regía en todas las especialidades ni en todas las universidades. Además, esos institutos eran pocos, y muchos de ellos no contaban con un presupuesto suficiente que permitiera contratar los asistentes de investigación que sus investigaciones requerían, o pagarles un sueldo adecuado.

¹³ Se puede tomar como ejemplo el caso de Weber: en 1882, a los 18 años, ingresó en la Universidad de Heidelberg; cinco años después (donde se incluye un año de servicio militar), completó los cursos; se doctoró en Derecho en 1889 (a sus 25 años) con una tesis sobre las sociedades comerciales europeas en la Edad Media (Weber, 1889); tres años después, en 1892, obtuvo su habilitación para la docencia con una nueva tesis, completada y publicada el año anterior, sobre el Derecho Agrario en la antigua Roma (Weber, 1891; Hanke *et al.*, 2020: xx). Solo entonces fue designado como instructor. Se convirtió en profesor ordinario en Heidelberg en 1895, a los 31 años, ocho años después de egresar de sus estudios de grado, seis años después de su doctorado y tres años después de su habilitación; su caso fue visto, en esa época, como un ascenso muy

Este proceso muestra, además, que aunque se exigían tesis y publicaciones académicas, la carrera que se ofrecía a los graduados era básicamente una carrera *docente*, que exigía trabajar ardua y gratuitamente durante varios años. Como señala Weber (1979: 190), la capacidad para la docencia solo «por casualidad» coincidía con la capacidad para hacer investigación. Dada la primacía de la docencia como criterio, las clases dictadas por los instructores (y su capacidad para atraer estudiantes) servían como indicación de su talento para la enseñanza, y por consiguiente para convertirse con el tiempo en profesores; los *instructores privados* eran un auténtico «semillero» de profesores. Paulsen (1906: 182) escribe al respecto: «La institución de los *Privatdozenten* les da a las Facultades la posibilidad de hacer una primera selección para los cargos académicos. La *venia legendi* les confiere el derecho de ingresar a la categoría de la que saldrán los futuros profesores».

Para acceder a una cátedra, en ese sistema, los jóvenes doctores «habilitados» por una determinada cátedra debían pasar por una etapa de trabajo subalterno y no remunerado dentro de esa cátedra, el que podía prolongarse por varios años. Los alumnos inscriptos en sus clases pagaban una modesta suma que luego era transferida al respectivo instructor. Para obtener esos modestos ingresos, cada uno de estos debía competir con otros de su misma condición, cada uno tratando de atraer un número suficiente de estudiantes. Las facultades, además, para evitar un «exceso» de instructores respecto a la demanda, procuraban «mantener dentro de límites estrechos el número de instructores en cada disciplina, de acuerdo con las necesidades de la enseñanza» (Weber, 1992: 72, nota 3 de los editores Mommsen y Schluchter); esta política aliviaba pero no eliminaba la sorda competencia entre los instructores, cada uno buscando que sus clases sean lo más concurridas que fuese posible, a fin de aumentar sus magros ingresos y también para ser considerados más favorablemente como potenciales profesores, como lo expresa Paulsen en el pasaje antes citado.

Los aspirantes a la carrera docente pasaban usualmente varios años como instructores hasta obtener un puesto de profesor (por lo general, como profesores *asociados*, subordinados al catedrático en lo laboral y en lo intelectual, antes de ser nombrados como profesores ordinarios o catedráticos). Durante ese proceso, los jóvenes doctores solo podían dictar esas clases paralelas o supletorias posteriores a su habilitación, sin una remuneración adecuada ni recursos de presupuesto que les permitieran cubrir los gastos inherentes a un proyecto de investigación. Como profesores asociados, tenían una remuneración, pero la orientación de sus clases debía contar con el acuerdo intelectual del catedrático. Durante ese largo *cursum honorum*, sus tareas de enseñanza no solían dejarles tiempo suficiente para hacer investigación. Por otro lado, los instructores no eran entrenados formalmente en los métodos y técnicas de investigación. Habían escrito su tesis doctoral sin ninguna formación o experiencia específica en investigación; en sus estudios universitarios solo

rápido: otros esperaban varios años para ser profesores asociados, y más años aún para ser catedráticos.

habían estado expuestos a las clases magistrales de los catedráticos y quizá a las clases de los instructores, sin participar en proyectos de investigación ni integrarse al trabajo de investigación de los profesores. Tenían que hacer una investigación para su tesis doctoral, y otra para su habilitación, pero no recibían previamente un entrenamiento práctico para ello. Tampoco realizaban la investigación de sus tesis dentro del grupo de trabajo de un proyecto dirigido por algún profesor. La tesis doctoral y el trabajo de habilitación eran así emprendimientos individuales no integrados en procesos más amplios de investigación, y no precedidos por una práctica sostenida de actividades de investigación.

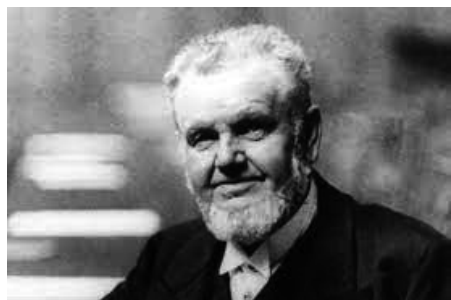
El principal ámbito de comunicación entre profesores y estudiantes en lo que atañe a actividades de investigación eran los «seminarios» organizados por algunos profesores con la finalidad de familiarizar a los estudiantes (y a los graduados que preparaban su tesis doctoral) con las investigaciones o desarrollos teóricos en que esos profesores trabajaban (Paulsen, 1906: 212-215). Si bien su alcance no era universal, pues no todos los catedráticos los organizaban, a los seminarios se los concebía como parte importante en la formación de investigadores: «El estudiante solo puede ser introducido en la investigación científica por el método de la cooperación. Y ese es el verdadero propósito de los seminarios; son los semilleros de la investigación científica» (Paulsen 1906: 212). Esos propósitos no siempre coincidían con la realidad. Los seminarios no eran en realidad una instancia de cooperación o colaboración entre profesores, instructores y estudiantes de posgrado; solían consistir en clases magistrales de los catedráticos, sin efectiva participación de los estudiantes excepto algunas preguntas al final de cada exposición. Weber en este aspecto era muy crítico de las universidades alemanas, sobre todo después de su visita de 1904 a varias universidades de los Estados Unidos, lo que dejó en él una profunda impresión (Scaff, 2011). En su conferencia de 1919, planteó claramente el contraste entre las universidades de ambos países, y consideró la incipiente «americanización» de las universidades alemanas como un inevitable (y en general positivo) proceso de modernización, cuya necesidad derivaba de las características económicas, técnicas y sociológicas de la sociedad industrial.

Los pagos de los estudiantes a los docentes auxiliares eran muy modestos, y por lo general insuficientes para cubrir las necesidades personales del docente. Weber subraya que con ese régimen el inicio de la carrera docente solo era posible para jóvenes de las clases más pudientes. Algunos debían realizar además alguna tarea remunerada fuera de la universidad (como le ocurrió a Einstein con su puesto subalterno en la oficina de patentes de Suiza), lo cual complicaba mucho más las posibilidades de progreso en la carrera académica. Esto es corroborado por los estudios específicos que analizaron el estatus jurídico y las condiciones objetivas de trabajo de esos docentes subalternos, como Daudé (1896) y Eulenburg (1908), y por investigaciones históricas más recientes como las de Busch (1959, 1963). Eulenburg confirma la apreciación de Weber de que esos instructores (como parte del personal subalterno de las universidades) procedían en su mayoría de familias situadas en los más altos niveles de ingreso (Eulenburg, 1908: 17-

18). Solo después de un tiempo (generalmente prolongado) como instructores podían los «habilitados» acceder a un puesto remunerado, primero como profesores asociados, y más tarde como profesores ordinarios. Un estudiante sin medios económicos propios no podría sostenerse por tanto tiempo en un cargo sin remuneración (especialmente si deseaba formar una familia). Por eso, la selección de profesores, según Weber, era «plutocrática». No seleccionaba necesariamente a los más capaces, sino en principio a los más pudientes y, según Sadler (1906), principalmente a los que no eran particularmente brillantes o innovadores. En la carrera docente de Alemania, un talento excepcional estaba objetivamente desaconsejado, pues por lo general se prefería a los que eran capaces de trabajar concienzudamente pero sin imaginación ni creatividad.

1.2.6 Las reformas universitarias y el «sistema Althoff»

El joven Kaiser Wilhelm II, que asumió el trono en 1888 a la edad de 29 años, tenía un fuerte interés en desarrollar la ciencia y la tecnología, y en manejar personalmente los asuntos del Estado (esto llevó en 1890 al relevo del longevo canciller Bismarck, que dominaba la política alemana y el ejercicio del gobierno desde la década de 1860). La tendencia del Kaiser a controlar directamente las actividades más importantes del Imperio, a menudo invadiendo atribuciones regionales, y su convicción de que Alemania debía alcanzar o superar a otras potencias en dominio tecnológico, y también en poderío económico y militar, motivaron diversas innovaciones en la promoción de la ciencia y la tecnología, como la creación de institutos de investigación. Así, en 1891 se fundó en Berlín el Real Instituto Prusiano de Enfermedades Infecciosas, dirigido por Robert Koch y que hoy lleva su nombre.



Friedrich Althoff (1839-1908)

Una iniciativa que tuvo gran trascendencia fue la decisión del Gobierno de Prusia de contratar en 1882 a Friedrich Althoff, por entonces funcionario del área educativa en el Gobierno de Alsacia-Lorena, una región con capital en Estrasburgo incorporada a Alemania en 1871 luego de la guerra franco-prusiana, y dependiente directamente del Kaiser. Althoff había impulsado reformas educativas de esa región desde 1872.

Esa labor innovadora en Alsacia-Lorena fue el motivo de su traslado a Berlín en 1882, y sirvió de modelo para las reformas adoptadas primero en Prusia y luego en todo el Imperio (Nebelin, 1991; Brocke, 1980, 1988, 1991a, 1991b, 1991c)¹⁴.

¹⁴ Sobre el programa de reformas y el «sistema Althoff», véanse además Sachse (1928), Backhaus (1993),

Althoff era una personalidad formidable, con gran capacidad para la gestión pública. En Berlín fue designado en el Ministerio de Cultura del reino de Prusia como «persona de referencia» en lo concerniente a temas universitarios. Años después fue nombrado formalmente como director de Asuntos Universitarios y miembro del «Consejo Privado» (*Geheimrat*) del Kaiser; esto último le permitió extender sus reformas a todo el Imperio. Luego de varias reformas en la década de 1880, con el nuevo Kaiser se lanzó en 1891 un programa integral de reforma de la educación, que impulsó en las universidades de Prusia y luego en las de toda Alemania el llamado «sistema Althoff». En ese proceso aumentó significativamente el presupuesto universitario: de 4 millones de marcos en 1871 pasó a 7,6 millones en 1881-1882, a 11,7 millones en 1897-1898, y a 16,6 millones en 1907-1908, cuando Althoff se retiró y al poco tiempo falleció (Lehmann, 1921: 704). En forma paralela, aumentó el alumnado universitario. La importancia de las reformas de Althoff es indudable:

Althoff fue quien definió las directrices en la organización de la ciencia alemana a lo largo del Segundo Imperio, primero en Estrasburgo (desde 1871 hasta 1882) y posteriormente en Berlín (desde 1882 hasta 1907). Tras la unificación del país [con la implantación del Segundo Imperio en 1871] y encargado de la configuración de un sistema científico-educativo que asegurara la posición predominante de la nueva Alemania en Europa, Althoff tuvo que hacer frente al reto de unos años donde la transición a una nueva era industrial y científico-técnica habría de traer consigo no sólo problemas desconocidos en el ámbito estatal y social, sino también en la organización y administración científica. (López Sánchez, 2003: 236)

El «sistema Althoff» dio un fuerte impulso a la investigación, en contraste con la tradicional concentración en el dictado de clases, y una más fuerte (pero no excluyente) focalización en ciencias naturales y tecnología. El carácter jerárquico de la vida académica alemana tendió a mantenerse fiel a sí mismo en los nuevos institutos, sea aquellos creados en las universidades por influjo de Althoff hasta su retiro en 1907, o los originados más tarde por su influencia indirecta, es decir los institutos creados por la Sociedad Kaiser Wilhelm desde 1911 (véase la sección 1.2.7). En ellos se otorgaba una autoridad casi ilimitada a sus directores, que eran científicos de renombre, en lo que se conoció como «el principio de Harnack» (por el primer presidente de la KWG, Adolf von Harnack), según el cual *los institutos se creaban siempre alrededor de una figura rectora dotada de mucha autoridad y amplias atribuciones*. Esto reforzó el carácter autoritario y autocrático de la organización científica alemana¹⁵.

Brocke (1996), Brocke y Laitko (1996), Laitko (1991), Lehmann (1921), Lischke (1990), Peirce y Kruger (1993), Prisching (1993), Rasch (1991), Spinner (1993), Stichweh (1994a, 1994b, 1994c, 1994d), Tenorth (2010a, 2010b), Vereeck (1991, 2001). Sobre el impacto en disciplinas específicas: Boschan (1991), Eckart (1991), Jahnke (1991), Lehmann (1921), Scholz (1991), Sieg (1991) y Zirnstein (1991). Su influencia no se limitó a Alemania: Hoflechner (1993) muestra su influjo sobre Austria-Hungría; tuvo también influencia en Suiza y en Europa del Este (Wendel, 1991).

¹⁵ Sobre Harnack, véanse Brocke y Laitko (1996: 127-224); Tenorth (2010b: 30-33); Nottmeier (2004);

1.2.7 Academias de ciencias e institutos imperiales

Aparte de las universidades, otras dos clases de instituciones estaban ligadas a la investigación científica: las **academias de ciencias**, y los **institutos imperiales de investigación** de la Sociedad Kaiser Wilhelm. Estas instituciones *no estaban integradas con las universidades*.

Las academias. La institución científica de mayor jerarquía en Alemania era la Real Academia Prusiana de Ciencias, establecida en Berlín en 1700 como Sociedad Brandemburguesa de Ciencias, a propuesta de Gottfried Leibniz, y rebautizada como Academia Prusiana de Ciencias en 1743. La institución, moldeada sobre la Académie des Sciences de Francia, fundada en el siglo XVII por Louis XIV, era básicamente una asociación de eruditos de gran prestigio que se reunían regularmente para intercambiar información y opiniones. También ha operado como organismo rector de la lengua alemana, en forma similar a la Real Academia Española. Desde 1710, incluía dos áreas o divisiones de ciencias naturales y dos de humanidades.

Desde principios del siglo XIX, la Academia Prusiana organizaba además unos grupos científicos especiales para proyectos específicos, financiados sobre todo con donativos privados. Esta actividad fue expandida por una sustancial donación de capital de una familia, y sobre todo de su titular, Elise Wentzel-Heckmann, con lo que se constituyó un fondo cuyos intereses se usarían para financiar proyectos de investigación, cada uno supervisado por una «comisión» de académicos, e implementado por científicos especialmente contratados. Este aporte amplió sustancialmente las posibilidades económicas de la academia berlinesa. Bajo ese sistema de «comisiones», se financiaron más de 50 emprendimientos de investigación en varios campos de las ciencias naturales y humanas. Cuando la academia fue reabierta en 1945, tras el fin de la Segunda Guerra Mundial, se crearon varios institutos sobre la base de las principales «comisiones» precedentes. La Academia de Berlín había funcionado con mucha autonomía desde su fundación, por lo que resultó sorprendente y más bien disruptivo que en 1900 el Kaiser Wilhelm II, también rey de Prusia, forzase a esa academia a aceptar por decreto imperial la incorporación de las ingenierías como disciplinas académicas. Esto inició una era de crecientes intervenciones estatales en las academias y en la organización de la investigación científica. Estas intervenciones crearon grandes distorsiones en el Tercer Reich (Grau, 1975; König, 1981, 1993, 2004). Luego de la derrota del nazismo, entre 1945 y 1990 la Academia de Ciencias de Berlín funcionó dentro de la República Democrática Alemana (RDA, o DDR por sus siglas en alemán), lo cual también implicó una activa intervención del Estado en la academia (Laitko, 1996), y dificultó las relaciones entre las academias situadas

Nowak y Oexle (2001); Oexle (2001); Vierhaus (2001), y la biografía escrita por su hija (Zahn-Harnack, 1936).

al este y al oeste. Tras la unificación de Alemania en 1991, la Academia de Berlín pasó a ser la principal integrante de la nueva Academia Nacional de Ciencias, con sede en Berlín, que coordina a todas las academias regionales.

Hasta 1900, las ingenierías («meras tecnologías») no formaban parte de la Academia Prusiana de Ciencias, como un reflejo de la estructura de la formación en las diferentes disciplinas: las carreras de «ciencias» (humanísticas o naturales) se cursaban en las universidades, mientras que las carreras «técnicas» o aplicadas (ingeniería, agronomía, arquitectura, profesorado de segunda enseñanza, etc.) eran competencia de las escuelas técnicas superiores (*Technische Hochschulen*). Se suponía, hasta finales del siglo XIX, que las academias debían representar a las ciencias básicas, no a las habilidades técnicas. Hasta mediados del siglo XIX, las actuales ingenierías eran esencialmente «oficios», cuyas «reglas del arte» se basaban en la tradición, y no estaban explícitamente ligadas con las correspondientes ciencias, como la Física y la Química. Los enormes avances en esas disciplinas desde mediados del siglo XIX motivaron una reformulación de las ingenierías como disciplinas científico-técnicas, es decir «ciencias aplicadas», basadas en las respectivas disciplinas básicas, con lo cual se dio a las reglas tradicionales una expresión matemática y una más rigurosa fundamentación científica.

El Kaiser quería avanzar rápidamente en tecnología, y elevar el nivel científico de las ingenierías, para contribuir a la implementación de sus planes geopolíticos sobre el destino de Alemania en el nuevo siglo, y por ello no solo forzó la inclusión de las ingenierías en la academia: también promovió políticas de largo alcance para modernizar los sistemas de investigación y de enseñanza superior, sobre todo en ciencias naturales, medicina y tecnología. La Academia de Berlín no recibió con agrado el decreto del Kaiser, en 1900, que incorporaba en la academia tres ramas de la ingeniería (König, 2004), pero finalmente esa innovación fue aceptada, y adoptada luego en otras academias. Ella no solo reflejaba el interés del Kaiser en la tecnología: también extendía las reformas del sistema científico emprendidas bajo la dirección de Althoff, que continuarían más tarde con la creación de institutos imperiales de investigación, fuera de las universidades y de las academias.

Los catedráticos más distinguidos (o mejor conectados con las autoridades) podían ser incorporados a las academias a mitad o finales de su carrera; ello constituía una distinción honorífica, pero no iba acompañado de un salario significativo; las academias no contaban en principio con recursos propios para hacer investigación; los miembros solo recibían un modesto emolumento o viático anual. Por lo general, los miembros de las academias eran catedráticos ya maduros, muchos de los cuales habían dejado de investigar antes de ser nombrados miembros vitalicios de las academias, y solo producían ensayos o consideraciones teóricas, así como artículos o libros dirigidos al gran público. En resumen, las academias como tales gozaban de mucho prestigio, pero no tenían gran importancia en la actividad científica como tal, excepto para proyectos específicos beneficiados por donativos privados. Las academias, además, tenían poca o ninguna

participación en la enseñanza de las ciencias o en la formación sistemática de nuevos investigadores. En concordancia con lo que 100 años después escribiría Margit Szöllösi-Janze (2005: 343), Paulsen afirmaba a comienzos del siglo XX:

Las universidades y no las academias son los centros del trabajo científico en Alemania. La Academia es un lugar de reunión de expertos que no tienen mucho que decirse unos a otros; cada uno trabaja para sí mismo, y los informes de resultados en las reuniones son a menudo una inútil formalidad, o quizá una carga, mientras en la universidad el maestro y el discípulo entran en una relación más vital y activa. Es dudoso que en Alemania haya alguien que considere necesario el establecimiento de tales academias, con toda la parafernalia con que las adornaba el siglo XVIII, tan amante de la pompa. Lo que ellas hacen actualmente, como la organización de proyectos científicos más amplios, podría ser hecho perfectamente por modestas comisiones o asociaciones científicas en las universidades. (Paulsen, 1906: 168)

No obstante las consideraciones de Paulsen, originalmente formuladas en 1902 (poco tiempo después de la donación Wentzel-Heckmann y del decreto imperial sobre tecnologías), las academias siguieron teniendo importancia en las décadas siguientes. Las universidades debieron reclamar fondos públicos adicionales para financiar las investigaciones de sus profesores, mientras la Academia Prusiana seguía usufructuando los intereses del fondo Wentzel-Heckmann, y otras academias hacían lo propio con los recursos públicos o donaciones privadas que podían obtener en cada región.

Los institutos imperiales de investigación. Pese a las apreciaciones de Paulsen y otros catedráticos favorables a las universidades, las rigideces del sistema universitario impulsaban crecientemente la apertura de otras instituciones de investigación, y no solo en las academias. Luego del retiro y muerte de Althoff en 1907-1908, la influencia de sus ideas perduró. Uno de sus efectos póstumos se inició en 1911, cuando el Kaiser creó la Sociedad Kaiser Wilhelm (Kaiser Wilhelm Gesellschaft o KWG), con la misión de crear institutos de investigación en diferentes disciplinas en todo el *Reich*. Estos institutos no dependerían de las universidades ni de las regiones, tampoco de las academias, sino del Gobierno imperial (MPG, s. f.; Brocke, 1996; Brocke & Laitko, 1996; Henning & Kazemi, 2011); véase lo referente a los institutos de electroquímica y del carbón en Rasch (1987 y 1988).

Dado que no pertenecían a las universidades, los institutos no tenían tareas de enseñanza, y por lo tanto no estaban involucrados en la formación de los científicos (excepto los asistentes, que aprendían en la práctica). Los institutos eran supervisados por la agencia operativa de la Sociedad, el Kaiser Wilhelm Institut (KWI). En 1919, ya existían más de una docena de estos centros públicos de investigación, creados bajo la influencia del primer presidente de la Sociedad, Adolf von Harnack (1851-1930). Solo entre 1911 y 1918 (es decir, hasta la fecha de las conferencias de Weber), la Sociedad había creado

más de una docena de institutos en diversas disciplinas y temas: Biología, Biología Marina, Hidrobiología, Química, Física, Carbón, Hierro, Aerodinámica, Cerebro, Psiquiatría, Terapia Experimental, Fisiología, Historia. Varios más fueron creados en los años de la República de Weimar, y otros se crearían posteriormente.

De este modo, la «mera tecnología», excluida hasta 1900 de las instituciones científicas más importantes, en 1900-1919 había desembarcado en las universidades, en las academias de ciencias, y en los institutos imperiales de la KWG. Ese proceso dio mayor ímpetu a la ciencia, no solo a las ciencias básicas, sino sobre todo a los desarrollos prácticos basados en la investigación científica aplicada.

La Sociedad Kaiser Wilhelm procuraba recursos públicos y donaciones privadas para financiar sus varios institutos, lo que generó muchos vínculos entre esas instituciones y las grandes empresas, así como con los ministerios del Gobierno que requerían estudios técnicos o de ciencias aplicadas. Por sus conexiones con el Gobierno y las empresas, los institutos se vieron involucrados en diversos proyectos gubernamentales, muchos de ellos en colaboración con grandes empresas. Varios institutos participaron en investigaciones militares durante las dos guerras mundiales, y algunos incluso en los espantosos «experimentos» realizados durante el nazismo sobre pacientes psiquiátricos o con prisioneros en campos de concentración. La Sociedad Kaiser Wilhelm fue disuelta después de la Segunda Guerra Mundial, al igual que algunos de sus institutos. Los restantes, y los creados desde 1945, dependen actualmente de la Sociedad Max Planck (Brocke, 1996; Brocke & Laitko, 1996). En 2022, la Sociedad incluye 91 centros e institutos, algunos fuera de Alemania (<https://www.mpg.de/institute?tab=institutes>).

1.2.8 El sistema científico imperial: desarrollo y resistencias

Cuando Weber dictó sus conferencias, ya estaba en funcionamiento el «sistema Althoff», así como los primeros institutos de la KWG, aunque sus efectos se notaban con mayor vigor en Prusia, y principalmente en ciencias naturales, medicina e ingeniería, y no tanto en humanidades y ciencias sociales, que eran las más cercanas y conocidas para Weber (y probablemente también para la mayoría de su auditorio en la conferencia de 1919). Las reformas estaban más avanzadas en Prusia, y no tanto en regiones como Baden (la región a la cual pertenecía Heidelberg, cuya universidad era el *alma mater* de Weber) o Baviera (en cuya capital, Múnich, dictó Weber sus conferencias y en cuya universidad fue nombrado catedrático en 1919). La implementación de las reformas había suscitado considerable resistencia y controversia; el contraste entre el mundo académico tradicional y las reformas impuestas por el Kaiser se notó también en las ciencias naturales, como se percibe en la correspondencia de Althoff con el influyente físico Hermann von Helmholtz (Hoffmann, 1991).

La resistencia a las reformas era mayor en humanidades y ciencias sociales (Boschan, 1991; Sieg, 1991; Jahnke, 1991). En esas controversias intervino activamente Max We-

ber con críticas al relativo descuido de las disciplinas humanísticas en la implementación de las políticas de Althoff (Spinner, 1991). En el Cuarto Congreso de Docentes Universitarios de Alemania, realizado en Dresde en 1911, Weber había criticado el carácter autoritario de Althoff y su tendencia a intervenir forzosamente en la conducción de las universidades (Weber, 2008: 116-125, 2016a: 298-393; Hanke *et al.*, 2020: xxv; Radkau, 2009: 568)¹⁶.

La acción de Althoff se tradujo en una polifacética serie de reformas. Una iniciativa relativamente menor, pero particularmente controversial en este período, sobre todo para los académicos de humanidades, fue la *reorganización de las bibliotecas universitarias* (Fabian, 1991; Schilfert, 1991). Althoff también influyó en la adopción del sistema internacional de mediciones geodésicas (Tiemann, 1991) en reemplazo del arcaico sistema alemán usado hasta entonces, enfrentando a los múltiples cultores del sistema tradicional. Las reformas de Althoff apuntaron a reforzar la función de investigación de los profesores, sobre todo en ciencias naturales y medicina. Ese proceso enfrentó diversas formas de resistencia, desde el retraso en su adopción por parte de los gobiernos regionales, hasta la reticencia de las universidades y de algunas disciplinas. La resistencia a las reformas impulsadas por Althoff evidencia no solo el rechazo de las ideas nuevas en general, sino también el rechazo al centralismo imperial prusiano y a las innovaciones impuestas «desde arriba».

Weber señala en su conferencia el contraste (desfavorable para Alemania) entre el rígido sistema germánico (también presente en las reformas de Althoff) y el carácter más descentralizado del sistema científico de los Estados Unidos. Weber ya se había referido años antes a esas diferencias entre las universidades alemanas y las norteamericanas en su exposición en el mencionado Congreso de Docentes Universitarios (Weber, 2016b). Las críticas de Weber reflejaban particularmente la recepción del sistema de Althoff en las disciplinas humanísticas.

A las cátedras (incluso algunas de las humanísticas) se les anexaron *institutos* para facilitar las labores de investigación de cada catedrático y sus eventuales colaboradores (profesores asociados e instructores), y se ampliaron los institutos ya existentes en algunas cátedras. Muchos de esos *institutos de cátedra* eran pequeños, dotados solo de una biblioteca especializada y (en ciertas disciplinas) un pequeño laboratorio, con un presupuesto muy limitado que por lo general no permitía contratar asistentes. Esos institutos de cátedra eran un territorio autocráticamente dominado por el catedrático, quien usualmente

¹⁶ En ese mismo Congreso, Weber se refirió a una de estas «intromisiones» que lo involucró personalmente cuando en 1895 aspiraba a un cargo de profesor ordinario en la Universidad de Heidelberg: Althoff se presentó a Max Weber (padre), quien era miembro del Parlamento con injerencia en el presupuesto de las universidades, y trató de influir en las decisiones parlamentarias a cambio de promover el nombramiento de Max (hijo) en el cargo al que estaba aspirando. Weber (padre) rechazó la sugerencia, y el episodio terminó creando una cierta tensión entre los Weber y el funcionario de Heidelberg encargado de las designaciones de profesores universitarios (Weber, 2008: 131-136). Weber, de todas maneras, subraya su alto aprecio de Althoff como persona afable y correcta, y también como funcionario concienzudo y eficiente.

no trabajaba en equipo con otros colegas, sea de la misma universidad o de otras. En las décadas de 1900 y 1910, además, se crearon en las universidades algunos institutos más importantes, asociados a una o varias cátedras de las facultades de ciencias naturales y de medicina. Estos «grandes institutos» tenían un presupuesto más amplio, que les permitía (entre otros gastos) contratar asistentes remunerados. A esos «grandes institutos» se refiere Weber al comparar el sistema alemán con el reinante en los Estados Unidos:

En América la carrera correspondiente comienza normalmente de una manera totalmente distinta, con el nombramiento de «*assistant*». Esto es algo similar a lo que ocurre en los grandes institutos en nuestras Facultades de Ciencias Naturales y de Medicina, donde la habilitación formal como *Privatdozent* solo la busca una minoría de los asistentes, y ello a menudo solo ocurre en una etapa tardía. (Weber, 1979: 181)

Este párrafo muestra que los profesionales adscritos a los «grandes institutos» a menudo no buscaban ser profesores, y por eso ni siquiera aspiraban a una habilitación o a un cargo docente. Los «grandes institutos» contaban con asistentes remunerados, pero esos cargos no constituían una etapa en la carrera académica (es decir, en la carrera docente): solo una minoría de los asistentes buscaba una carrera en la esfera académica. Esto implica que los «grandes institutos» no representaban un ámbito de formación de futuros profesores-investigadores, y, por otra parte, tampoco participaban en ellos los estudiantes de grado: esos estudiantes obtenían de las cátedras solo clases magistrales, más algunos ejercicios dirigidos por los instructores, y tal vez algunos seminarios especializados dictados por el profesor, a los cuales no asistían todos los estudiantes, sino solo los más interesados en la temática de las respectivas cátedras. De este modo, muchos estudiantes finalmente debían realizar sus tesis doctorales sin experiencia en investigación. Una vez doctorados y habilitados, les esperaban usualmente varios años sin sueldo, con el dictado de clases supletorias como principal actividad. La formación en investigación era débil o inexistente.

1.2.9 La formación de investigadores en las universidades

Weber, en su conferencia, se refirió básicamente a la investigación *en las universidades*, y sobre todo al proceso por el cual se formaban las nuevas generaciones de docentes (e investigadores) a través de los doctorados, las habilitaciones para la docencia, y los nombramientos de instructores y de profesores. Compara ese sistema con el de los Estados Unidos, y percibe un incipiente proceso de «americanización» en el sistema universitario alemán. Entre otros aspectos, Weber contrasta la característica «plutocrática» del modelo vigente en Alemania, que tiende a favorecer a los graduados con mayores medios económicos, con el sistema «burocrático» imperante en los Estados Unidos:

Esta diferencia [entre Alemania y los Estados Unidos] significa en la práctica que entre nosotros la carrera científica está edificada en definitiva sobre supuestos **plutocráti-**

cos, pues es muy arriesgado para un científico joven sin bienes de fortuna personal exponerse a los azares de la profesión académica. Al menos durante un cierto número de años tiene que estar en situación de sostenerse con sus propios medios, sin tener la certeza de que más tarde podrá conseguir un puesto que le permita vivir. En los Estados Unidos, por el contrario, impera el sistema **burocrático**. El muchacho recibe desde el comienzo un salario, aunque, desde luego, éste es bajo, ya que su cuantía apenas corresponde, la mayoría de las veces, a lo que percibe un obrero medianamente cualificado. En todo caso comienza con una posición aparentemente sólida, puesto que recibe un sueldo fijo. (Weber, 1979: 181-182; énfasis añadido)

Para interpretar la diferenciación weberiana entre los criterios plutocráticos y los burocráticos, es importante notar que el concepto de «burocracia», al que Weber dedicó muchos de sus escritos, no tenía para él una connotación negativa (como algo lento, complicado o ineficiente); por el contrario, se refería a una *organización racional de la división del trabajo, basada en reglas objetivas de idoneidad y eficiencia* (Du Gay, 2000). Este contraste entre el *Privatdozent* alemán y el *assistant* americano tiene también una implicación importante en cuanto a la estabilidad laboral: el asistente en los Estados Unidos y en los «grandes institutos» alemanes tenía, por cierto, un sueldo, como se indica en la cita precedente, pero eso no resolvía todos los problemas para el asistente americano ni tampoco para el asistente alemán en los «institutos»; para comenzar, ambos podían ser despedidos, mientras que el instructor alemán tenía un cargo estable:

Como sucede con nuestros asistentes, la regla [en los Estados Unidos] es, sin embargo, que [el asistente] puede ser destituido, y tiene que esperar que se le destituirá de un modo bastante despiadado si no colma las expectativas que en él se pusieron. Esto es algo que no puede sucederle a un *Privatdozent* alemán. Una vez nombrado no puede ya ser destituido. En realidad no tiene «derechos», pero sí la razonable expectativa de que, después de haber desempeñado sus funciones durante años, se le guarden ciertas consideraciones. [El instructor espera] ser tomado en cuenta incluso para el caso (con frecuencia muy importante) en que se trate de la eventual habilitación de otros *Privatdozenten*. Esta cuestión, si se debe habilitar a aquellos graduados probadamente capaces que lo soliciten o se deben tomar en consideración las «necesidades docentes» (es decir, si se debe conceder un monopolio a los *Privatdozenten* ya en funciones), constituye un penoso dilema, estrechamente conectado con esa doble faz de la profesión académica de la que en seguida hemos de ocuparnos. (Weber, 1979: 182)

El instructor alemán gozaba, pues, de estabilidad laboral aunque no recibía un sueldo fijo, ni podía obtener usualmente una remuneración digna sobre la sola base de los modestos pagos de los estudiantes. Por otra parte, no obstante su estabilidad jurídica, esos ingresos eran precarios, pues podía siempre enfrentar la competencia de otros instructores, y potencialmente quedarse sin estudiantes en sus clases. En general, tenía pocos estímulos para superarse: ni los estímulos positivos de un posible ascenso de categoría o

de un aumento de la remuneración, ni tampoco el estímulo negativo representado por la posibilidad de ser destituido si no alcanzaba un desempeño satisfactorio. Similar falta de estímulos operaba sobre los catedráticos, inamovibles desde su designación, pues todos los cargos eran *sine die*. Solo los profesores asociados tenían el aliciente de un posible ascenso a profesores ordinarios.

El principal riesgo que corría el instructor era el de quedarse sin alumnos que quisieran asistir a sus clases. Ello no implicaba ser despedido, pero era un mal antecedente para acceder a un futuro cargo de profesor. La escasez de alumnos era además un hecho económico: tener menos estudiantes implicaba menores ingresos para el instructor. La posibilidad de tener muchos estudiantes inscriptos en sus clases dependía también de la relación entre el número de estudiantes y el número de instructores en cada cátedra: la magnitud del ingreso esperado de un instructor dependía de que no hubiera «demasiados» instructores. Este peligro se conjugaba con la posibilidad de que algún nuevo instructor fuese además más brillante, y en consecuencia atrajese una cantidad de estudiantes superior al promedio. Aparte de este factor, los propios profesores tendían a favorecer a sus propios discípulos, independientemente de su calidad académica. Cuando un graduado que hizo su tesis bajo la dirección de un catedrático se presentaba como candidato para un cargo de instructor en otra cátedra o en otra universidad, ello creaba una presunción desfavorable hacia ese candidato: se pensaba que su catedrático original quería librarse de él. Dice Weber:

[El sistema hace] que el profesor ordinario interesado, por muy concienzudo que sea, prefiera a sus propios discípulos. [...]. Yo personalmente he seguido el principio de que quienes se han graduado conmigo tienen que hacer sus pruebas y habilitarse con otro profesor y en otra Universidad. El resultado [...] ha sido, sin embargo, que uno de mis mejores discípulos se ha visto rechazado en otra Universidad porque nadie quería creer allí que esa fuera la verdadera razón de que buscara en ella la habilitación. (Weber, 1979: 183)

Esta anécdota personal de Weber muestra cuán arraigado estaba el favoritismo en la designación de docentes. Ese factor, y la imposibilidad de despedir a un instructor si su trabajo no fuese satisfactorio, son elementos que contribuyen a generar una tendencia a la mediocridad en la docencia superior. Muchos rasgos del sistema universitario germánico favorecían la mediocridad y el favoritismo, y podían también sofocar prematuramente muchas «vocaciones por la ciencia». El historiador y educador británico Michael Sadler (1861-1943), en su prefacio de 1906 a la edición inglesa del libro de Paulsen (1902), formula, aunque con términos corteses, una descripción muy poco elogiosa del sistema educativo alemán, en el que medra más la mediocridad que el genio. Escribía irónicamente:

El sistema alemán aprovecha muy bien el material intelectual inferior. [...] Está tan fuertemente organizado que deja poco espacio para las individualidades brillantes, cuyas demandas fatigan fácilmente a algunas mentes pesadas y concienzudas pero carentes de imaginación e inteligencia. (Sadler, 1906: x)¹⁷

Weber también observa que los docentes auxiliares ni siquiera pueden dictar clases sobre cualquier tema de la disciplina, ni mucho menos «invadir» los temas predilectos del catedrático:

En principio tiene derecho a dictar clases sobre todos los temas de su especialidad, pero esto sería considerado como una inaudita falta de consideración [...] y generalmente es el titular quien dicta las «grandes» lecciones, en tanto que el *Privatdozent* se ocupa de los temas secundarios. (Weber, 1979: 183)

La única ventaja que Weber otorga a este sistema es que el instructor «aunque sea, en parte, contra su voluntad [...] tiene así libertad para dedicarse al trabajo científico durante sus años de juventud» (Weber, 1979: 183). El ejercicio de esta posibilidad, sin embargo, dependía de la iniciativa y recursos del joven docente, pues su cargo no prevía una «dedicación al trabajo científico» en el tiempo que le dejaban las clases que debía preparar y dictar. Weber contrasta este sistema con el «americano»:

En América el principio [que se aplica] es fundamentalmente diferente. Como [el asistente] recibe un sueldo, es justamente durante sus primeros años cuando más abrumado de trabajo se encuentra el joven docente. [...] Son las autoridades de la especialidad las que determinan el programa y el *assistant* tiene que ceñirse a él, como entre nosotros sucede con los asistentes de los institutos. (Weber, 1979: 183-184)

Esta última referencia ilumina mejor el carácter de los institutos que ya entonces estaban surgiendo en Alemania. El llamado «sistema americano» empezaba a manifestarse en Alemania a través de esos «grandes institutos»; Weber se refiere explícitamente solo a los institutos creados dentro de la Universidad, que son los que podían influir sobre la «vocación por la ciencia» de los estudiantes:

Podemos ver ahora con claridad cómo la reciente ampliación de la Universidad para acoger en su seno nuevas ramas de la ciencia se está haciendo entre nosotros siguiendo patrones americanos. Los grandes institutos de Medicina o de Ciencias Naturales se han convertido en empresas de «capitalismo de Estado». No pueden realizar su labor sin medios de gran envergadura y con esto se produce en ellos la misma situación que

¹⁷ El sistema alemán, escribe Sadler, favorece «plodding and conscientious minds». El adjetivo «*plodding*» que Sadler usa en este pasaje no tiene traducción exacta al español, por lo cual nuestra traducción no es literal. El término viene del verbo «*to plod*», «caminar lenta y pesadamente», y suele ser usado como equivalente a «pesado» o «rutinario». El *Oxford English Dictionary* (OED) define como «*plodding*» a quien es «thorough and hard-working but lacking in imagination or intelligence» (<https://languages.oup.com/dictionaries/>), es decir, minucioso y muy trabajador, pero sin imaginación ni inteligencia.

en todos aquellos lugares en los que interviene la empresa capitalista: la «separación del trabajador y los medios de producción». El trabajador, en nuestro caso el asistente, está vinculado a los medios de trabajo que el Estado pone a su disposición. En consecuencia es tan poco independiente frente al director del Instituto como el empleado de una fábrica frente al [director] de ésta, pues el director del Instituto piensa, con entera buena fe, que éste es suyo, y actúa como si efectivamente lo fuera. Su situación es frecuentemente tan precaria como cualquier otra existencia «proletaroides», como le ocurre también al *assistant* de la Universidad americana. (Weber, 1979: 184-185)

El concepto de «proletaroides» (que algunas traducciones vierten como «cuasi proletario», por ejemplo, Weber, 2012b) lo toma Weber del libro *El proletariado* de Werner Sombart (1906: 5-6), quien aplica el término en primer lugar a los trabajadores asalariados *que no son empleados por empresas capitalistas* (lo que incluye, entre otros, a los docentes universitarios), y también (como grupo intermedio) a los «autónomos que no tienen nada» (*selbständige «Habenichtse»*), es decir, que carecen del capital necesario para ser realmente independientes. Muchos de estos «proletaroides» estarían incluidos en la categoría que en tiempos recientes ha sido denominada «el precariado» (Standing, 2011).

La frase de Weber sobre la separación entre el trabajador científico y sus medios de producción aplica intencionadamente al «trabajador científico» la caracterización de Marx referida a los trabajadores asalariados en general, que en el sistema capitalista no son dueños de los medios de producción con que trabajan. En 1919, época de revoluciones socialistas en toda Europa e incluso en Múnich, la frase sobre la separación del trabajador científico y sus medios de producción tenía fuerte resonancia en el público universitario que asistía a las conferencias de Weber¹⁸. Este concepto marxiano era también usado por otros autores alemanes, como el citado Werner Sombart (1902, 1906). Los trabajadores científicos, como antes los obreros industriales, comenzaban en efecto a estar sujetos a exigencias de productividad y a prioridades frecuentemente ajenas. Este proceso de «americanización», que en 1919 estaba en sus fases iniciales, Weber lo veía como algo propio del desarrollo capitalista, que inevitablemente se seguiría expandiendo en el futuro. El proceso de transformación de la actividad científica «artesanal» en una actividad «industrial» en gran escala se desarrollaría, según preveía Weber, no solo en Ciencias Naturales o Medicina, sino en todas las disciplinas, y en el conjunto de la vida social futura, como ya se podía entrever en aquella primera posguerra del siglo XX; *cf.* al respecto el pasaje ya citado de Weber (1979: 185). Como todos los logros del capitalismo, este cambio en la organización y la práctica de la ciencia tiene aspectos positivos

¹⁸ En 1919, el contexto político y personal sugiere, según Morcillo Laiz (2019), que Weber con sus conferencias estaba tratando de atraer al público universitario joven, que en Múnich era mayoritariamente de izquierda y del que se había alejado por su ausencia de las aulas y su rechazo a la nacionalización o «socialización» (*Sozialisierung*) de los medios de producción que proponía la izquierda del Partido Socialdemócrata. Según Morcillo Laiz, esa intención política de Weber no tuvo éxito, pese a lo cual sus conferencias y clases fueron atacadas por militantes de la ultraderecha nacionalista.

y negativos que no era fácil separar; sobrevivían en él, asimismo, elementos del pasado, como el favoritismo y factores análogos que Weber engloba como «azar» o «casualidad»:

Las ventajas técnicas [de esta evolución] son indudables, como lo son las de toda empresa capitalista y burocratizada. El nuevo «espíritu», sin embargo, está muy alejado de la vieja atmósfera histórica de las Universidades alemanas. En lo interno y en lo externo, existe un inmenso abismo entre el jefe de una empresa universitaria capitalista de este género y el habitual profesor ordinario de viejo estilo. Esta diferencia afecta también a la actitud interna, aunque no quiero insistir más sobre esto. En lo interno como en lo externo, la vieja concepción de la Universidad se ha vuelto ficticia. Se ha conservado, sin embargo, e incluso se ha intensificado, un elemento peculiar de la carrera académica: la cuestión de si un *Privatdozent* o un asistente tendrán alguna vez oportunidad de ocupar un puesto de profesor ordinario o de director de un instituto [es una cuestión que] sigue dependiendo del azar. Ciertamente no impera sólo la casualidad, pero ella tiene una influencia inusualmente poderosa. (Weber, 1979: 185-186)

Este párrafo contiene varias ideas dignas de ser destacadas. Primero, el contraste entre el nuevo «espíritu» surgido de la modernización institucional de la ciencia, y «la vieja atmósfera histórica de las universidades alemanas». Weber percibe las «ventajas técnicas» de la modernización, pero señala los cambios de mentalidad y de relaciones sociales que ese proceso implica. En segundo lugar, esos cambios ocurren «en lo interno y en lo externo», en la «vocación» y en la «profesión» de los científicos. Tercero, el nuevo tipo de catedrático es retratado como «jefe de una empresa universitaria capitalista», muy diferente del «habitual profesor ordinario de viejo estilo», con lo cual *«en lo interno como en lo externo la vieja concepción de la Universidad se ha vuelto ficticia»*. Queda implícito que, como ocurre en otros ámbitos, la Universidad se vería obligada a ajustar su organización, su «concepción» de sí misma, y su «estilo», para adecuarlos a las nuevas realidades. En cuarto lugar, el «azar» era en Alemania un factor muy importante en la carrera académica, que afectaba las chances de convertirse en profesor o en director de un instituto, y Weber prevé que ese factor seguirá vigente en el futuro pese a la «americanización» que ya se estaba produciendo.

La influencia del «azar» o la «casualidad» es aquí más bien un eufemismo de Weber para aludir al favoritismo y otros factores no meritocráticos que existían en las universidades alemanas. Uno de esos factores es la influencia de la política, ya que en Alemania era el Estado (el gobierno regional) el que designaba a los profesores a partir de una «lista corta» de candidatos preseleccionados por la facultad correspondiente de cada universidad. El propio Weber confiesa que la «casualidad» (aludiendo a las conexiones políticas de su familia) jugó a su favor en las primeras etapas de su carrera académica, mientras que otros colegas no tenían la misma «suerte», aunque probablemente en su caso haya influido también su extraordinario talento, que ya era evidente en su juventud, cuando se convirtió en profesor ordinario a los 31 años:

Estoy más calificado para hablar así porque yo personalmente tengo que agradecer a ciertas puras casualidades el haber sido nombrado muy joven como profesor ordinario de una materia [Economía] en la que otros colegas mayores que yo habían producido para entonces obras más importantes que la mía. En virtud de esta experiencia creo tener una sensibilidad muy aguda para percibir el inmerecido destino de muchos a los que la casualidad les ha jugado y juega en sentido contrario y que, pese a su capacidad, no llegan a ocupar el puesto que merecen, por obra de este sistema de selección. (Weber, 1979: 186)

Weber en este aspecto dice con ironía: «Sería un error responsabilizar a las inferioridades personales [de los funcionarios] de las facultades o los ministerios por el hecho de que tantas mediocridades desempeñen un papel destacado en las universidades». Cita dos ejemplos de elecciones poco transparentes (la del papa por el cónclave, y las primarias presidenciales en los Estados Unidos), y destaca que en ellas no suele ser elegido el candidato «favorito» o el «mejor», sino el segundo o el tercero. Weber sugiere que lo mismo pasa en las universidades:

Esto es algo que depende de las leyes de la colaboración humana, que es en este caso la colaboración de [...] la Facultad que propone y el Ministerio [que designa]. [...] Esas leyes también rigen en [...] las corporaciones universitarias; puede ser motivo de asombro que, pese a todo, el número de nombramientos acertados sea tan elevado. Lo que es seguro es que sólo los mediocres acomodaticios o los arribistas tienen posibilidades de ser nombrados cuando en los nombramientos interviene, por motivos políticos, el Parlamento, como sucede en algunos países, o el monarca o un dirigente revolucionario, como sucedía antes y sigue sucediendo ahora entre nosotros. (Weber, 1979: 186-187; traducción levemente corregida)

La referencia de Weber a «la Facultad que propone y el Ministerio [que designa]» alude al régimen que imperaba en Alemania para la designación de profesores: las facultades conducían el proceso de selección de candidatos para las cátedras vacantes, tras lo cual elevaban al Ministerio de Educación (o de Cultura) de la respectiva región una «lista corta» de los candidatos mejor evaluados, entre los cuales el Gobierno escogía al que ocuparía la cátedra. Las universidades, en consecuencia, no eran totalmente autónomas en la designación de profesores, lo cual abría una puerta para la intromisión política; aun cuando en general se respetaban los órdenes de mérito indicados por las universidades, el Gobierno podía nombrar a cualquiera de los integrantes de la «lista corta». Weber considera como un motivo de asombro que «pese a todo el número de nombramientos acertados sea tan elevado». En otros pasajes de su conferencia, como hemos visto, surge claramente que esos nombramientos usualmente reflejaban una buena capacidad docente (entendida como facilidad para impartir clases magistrales), la que solo «por casualidad» coincidía con la aptitud para la investigación. Además de la influencia del favoritismo o la suerte, Weber subraya que la modernización del sistema científico tendría otras

consecuencias. El antiguo «espíritu» de las universidades alemanas, al que alude Weber (1979: 186), estaba constituido por los principios tradicionales en el ordenamiento del saber y de la antigua vida universitaria. Esos ideales, en las décadas precedentes, habían sido afectados por la implantación del llamado «sistema Althoff», que implicó una mayor incorporación de la ciencia moderna y la tecnología en las universidades, con énfasis en la investigación, y la creación de entidades dedicadas solo a la investigación en las universidades, las academias o los institutos imperiales.

Las universidades, como se ha señalado antes, no dependían del Imperio, es decir del Kaiser, sino de las autoridades regionales. Prusia (cuyo rey era el propio Kaiser) representaba dos tercios del territorio de Alemania y un 60 por ciento de su población, de modo que las reformas de Althoff afectaron directamente a gran parte de las universidades del país, pero no se aplicaron automáticamente en las ubicadas fuera de Prusia, pese a la presión del Kaiser (y del propio Althoff) para que siguieran las modalidades impuestas en Prusia. Las universidades situadas fuera de Prusia crearon en su mayoría algunos institutos de investigación en las facultades de ciencias naturales y de medicina, pero por lo demás continuaron con su sistema tradicional, sin dar tanto énfasis a las actividades de investigación, excepto en regiones donde las autoridades locales impulsaban por su parte similares reformas. Algunas regiones, por ello, siguieron centradas en la enseñanza de grado y con un alto nivel de rigidez, lo que se prestaba al favoritismo y la mediocridad, y a una menor presencia de la investigación científica moderna: véase, por ejemplo, Brocke (1980, 1991a) sobre las características del sistema tradicional y el alcance de las reformas de Althoff, y Eulenburg (1908) sobre el personal subalterno de la enseñanza que él consideraba como la «progenie» del mundo académico, destinados a reemplazar a los catedráticos a medida que estos se van retirando de sus funciones. Así lo expresan Mommsen y Schluchter en la edición crítica de las *Obras completas* de Weber, como editores de *Wissenschaft als Beruf*, en una nota referida al citado pasaje de Weber:

La organización universitaria alemana se basaba en la idea de la unidad de la ciencia, la unidad de investigación y enseñanza, y la unidad de profesores y estudiantes. La unidad organizativa más pequeña era la cátedra, cuyo propietario, el profesor, debía asegurarse de que su asignatura estuviera adecuadamente representada en la investigación y la docencia. Con el cambio de siglo comenzó, especialmente en Prusia bajo la dirección de Friedrich Althoff, una expansión sistemática de las universidades hacia grandes emprendimientos científicos. Así, el principio de la representación de las áreas temáticas individuales por un profesor titular se vio cada vez más socavado. Este desarrollo se intensificó mediante la intervención de la burocracia estatal en la autonomía de la universidad, la participación financiera de donantes privados en importantes proyectos científicos, y el establecimiento de institutos científicos y de investigación independientes de la universidad, como los del Instituto Kaiser Wilhelm. (Weber, 1992: 75, nota 7)

La existencia de esta situación en las universidades no prusianas (como las de Heidelberg y Múnich, en las que Weber fue profesor) solo se veía moderada por la aparición de grandes institutos en las facultades de ciencias naturales y de medicina, a los cuales alude Weber en su conferencia, y (desde 1911) por la aparición de los institutos creados por la Sociedad Kaiser Wilhelm fuera de las universidades. El surgimiento de las «universidades de investigación» en los Estados Unidos, al que se hace referencia en la sección 2.3, fue influido por las reformas de Althoff en Prusia (Brocke, 1991d), pero la modernización del sistema científico alemán, con su carácter centralizado y jerárquico, fue muy diferente del sistema descentralizado y competitivo que se desarrolló en los Estados Unidos.

En las universidades alemanas, como en otros países europeos, los estudiantes seguían carreras universitarias de cuatro o cinco años después de unos 13 años de educación primaria y secundaria, y de un examen comprensivo que acreditaba su «madurez» para los estudios universitarios. Un examen similar sigue vigente en Alemania y otros países de Europa. Ese examen de madurez en Alemania se llama *Abitur*, mientras que la denominación *Matura* se usa en otros países de lengua germánica como Austria o Suiza¹⁹. Ese examen, instituido en Alemania en 1788, cubre todas las materias del secundario, y habilita para entrar a la universidad. La preparación para ese examen comprensivo a menudo requiere (y requería hace un siglo) un período adicional de estudio individual o asistido. En los sistemas educativos europeos de 1919, los estudios universitarios se materializaban en un plan de estudios rígido, es decir, una serie de «materias» obligatorias enseñadas en cursos dictados mediante clases magistrales, sea por el catedrático o (si los había) por profesores asociados, reforzadas a veces por clases supletorias, pagadas por los estudiantes y dictadas por los instructores. Planes de estudio que siguen este modelo, aunque en forma más flexible, subsisten hasta la actualidad en Europa (y en los países de América Latina, cuyos sistemas se basaron en los europeos).

En el sistema alemán (y europeo continental) de 1919, y aun el de hoy, se obtenía a los 24-26 años un título profesional universitario equivalente a una licenciatura en una determinada disciplina. Después de esa etapa existía el grado de *doctor*, raramente obtenido antes de los 28-29 años. En épocas relativamente más cercanas (últimas décadas del siglo XX), se ha restablecido la maestría, el grado medieval de «magíster», que luego de la Edad Media había desaparecido en Alemania y otros países europeos. Para el doctorado no había propiamente un *ciclo de estudio* en 1919: se exigía solo una tesis, cuya preparación podía insumir dos, tres o más años. Por su parte, los egresados de secundaria que no eran juzgados aptos para ingresar a la universidad, sea por no haber aprobado el *Abitur* o por haber obtenido en ese examen unas calificaciones mediocres o muy desiguales,

¹⁹ El término *Abitur* proviene del latín «*abiturus*», que significa «el que se va» o (en una escuela) «el que egresa». El *Abitur* era (y sigue siendo) una certificación de haber egresado de la escuela secundaria tras aprobar todo su plan de estudios.

eran derivados a escuelas técnicas o politécnicas, instituciones terciarias no universitarias donde se estudiaban carreras «prácticas» (agrónomo, ingeniero, farmacéutico, contador, etc.). Estos profesionales podían luego aspirar a un doctorado universitario, pero usualmente con alguna dificultad.

1.2.10 Un caso ilustre e ilustrativo

El caso de un joven brillante y excéntrico, quien no pudo ingresar a la universidad sino solo a una politécnica, puede mostrar cómo funcionaban (y cómo excepcionalmente podían ser esquivadas) las normas de ese sistema. El adolescente Albert Einstein, no muy bien valorado debido a su errático desempeño durante sus incompletos estudios secundarios en Múnich, los completó en un instituto de segunda categoría en la pequeña localidad de Aarau (Suiza), y a los 17 años (1896) rindió el examen postsecundario de madurez (llamado *Matura* en Suiza), con calificaciones desiguales en las varias materias (sobresalientes en Matemática y Física, regulares o bajas en Lengua y Humanidades). Con esos desalentadores resultados, *no pudo ingresar en la universidad*, donde se exigían buenas calificaciones en *todas* las disciplinas. Estudió en cambio de 1897 a 1900 en la Escuela Politécnica de Zúrich, de la que egresó a los 21 años con un diploma de profesor de Matemática y Física para la enseñanza secundaria. Con ese diploma buscó en vano, durante tres años, un cargo docente estable en un colegio secundario, pero solo logró un par de encargos temporarios. En julio de 1902, recomendado por el padre de su amigo y matemático Marcel Grossmann (Isaacson, 2007: cap. 4), fue nombrado en un puesto auxiliar («técnico de tercera clase») en la oficina suiza de patentes en la capital, Berna. Con esa base económica, se casó con su pareja, Mileva Marić, con quien ya tenía una hija²⁰.

En paralelo, ya en 1900 había enviado su primer artículo científico a los prestigiosos *Annalen der Physik*, sin haber aún asistido a ninguna universidad y por supuesto sin tener un título doctoral. Ese trabajo llamó la atención de Max Planck, editor de la sección de Física Teórica en esa importante revista, en la que el *paper* fue publicado en 1901, cuando Einstein tenía solo 22 años. A finales de 1900, pese a ser egresado de una politécnica, había sido aceptado como aspirante al doctorado en la Universidad de Zúrich. Con muchas dificultades, con una hija prematrimonial nacida en 1902, y otro hijo nacido en 1904, y trabajando como empleado público subalterno para ganarse la vida, preparó por su cuenta su tesis doctoral, que defendió exitosamente en 1905. Obtuvo así su doctorado en Física en la Universidad de Zúrich, que le fue entregado formalmente en enero de 1906. El año en que defendió su tesis, 1905, fue también su «año milagroso» (*annus mirabilis*), en el que además publicó en los *Annalen der Physik* sus cuatro famosos

²⁰ Mileva viajó a su país natal (Serbia) para dar a luz a su hija Lieserl, cuyo destino es incierto: aparentemente falleció o fue dada en adopción en 1903. Zackheim (1999) estima que falleció en septiembre de 1903.

artículos sobre la teoría especial de la relatividad y otros temas, por uno de los cuales (sobre el efecto fotoeléctrico) obtendría el Premio Nobel de Física de 1921.

En 1907, solicitó en la Universidad de Berna su habilitación para la docencia, presentando como fundamento su tesis doctoral y los 17 *papers* que había publicado hasta ese momento, pero *su solicitud fue rechazada* por no presentar su documentación completa: faltaban una carta solicitando formalmente su habilitación, y un plan concreto de investigación. Einstein completó su presentación y finalmente, en enero de 1908, obtuvo su habilitación y un puesto de instructor no remunerado. Dictó en tal carácter algunas clases en la Universidad de Berna, aunque con pocos alumnos (Pais, 2005: 185-187). No podía dedicar mucho tiempo a ese cargo docente, pues (por razones económicas) debía seguir trabajando en la oficina de patentes, donde lo habían ascendido a «técnico de segunda clase» luego de su doctorado. Su trabajo, no obstante, comenzaba a ser conocido y apreciado, y ello le granjeó galardones y ofertas de trabajo académico. A mediados de 1909 le fue conferido un doctorado *honoris causa* de la Universidad de Ginebra, y a finales de ese año fue designado como profesor asociado en la Universidad de Zúrich²¹. Era un cargo más bien precario, usualmente con fuerte carga docente, que en el caso de Einstein ni siquiera contaba inicialmente con una partida presupuestaria para pagarle su sueldo.

Su precoz doctorado *honoris causa*, otorgado apenas dos años y medio después de su graduación, y su nombramiento casi inmediato como profesor asociado reflejaban el interés del mundo académico suizo para retenerlo en el país (Einstein había renunciado en 1896 a la ciudadanía alemana, y en 1901 se le había concedido la ciudadanía suiza). Esas distinciones, que no implicaban erogaciones económicas, no tuvieron mucho éxito. A finales de 1910, por decreto especial del emperador austrohúngaro Franz Joseph, Einstein fue designado como catedrático de Física Teórica (y director del respectivo instituto) en la Universidad Carolingia de Praga. Poco después de mudarse con su familia a la ciudad de Praga, su relación matrimonial se volvió más conflictiva, y como consecuencia su esposa Mileva regresó a Suiza con su hijo mayor Hans Albert de seis años y su segundo hijo recién nacido, Edward. Deseoso de estar con su familia, al poco tiempo Einstein aceptó la oferta de un cargo de profesor ordinario en la *Politécnica de Zúrich en la que se había graduado*, y allí regresó a comienzos de 1911, abandonando la prestigiosa Universidad de Praga por un puesto en un instituto técnico no universitario. Ese retorno, de todos modos, no pudo salvar su matrimonio, que poco después acabó en divorcio (más tarde, se casó de nuevo, con su prima Elsa).

²¹ El cargo se denomina en alemán *ausserordentlicher Professor*, literalmente «profesor extraordinario». Ese cargo es normalmente (en varios países de Europa continental) el paso previo a una eventual designación como profesor *ordinario* o catedrático. Así, en el caso de Einstein o de otros, la palabra «extraordinario» no alude a su extraordinario talento ni a alguna razón excepcional para su nombramiento, sino al hecho de que era designado *profesor asociado* de una cátedra.

Entre tanto, su renombre crecía, alimentado por la repercusión de sus trabajos de 1905 y una incesante sucesión de nuevos *papers*. Pronto lo convocó la prestigiosa Universidad de Berlín. Ello ocurrió en 1913, cuando Max Planck (1858-1947), el más importante físico alemán en esos años, había sido designado rector de esa universidad. En tal carácter, Planck viajó a Zúrich acompañado por el distinguido catedrático Walther Nernst (director del Instituto de Química Física de Berlín y futuro Premio Nobel de Química en 1920), para proponerle a Einstein que retornase a Alemania con un importante nombramiento como profesor ordinario en Berlín. También se incluyó en la oferta una designación como miembro de la Academia Prusiana de Ciencias (una institución de la que Planck era en ese momento secretario y virtual director); la academia excepcionalmente le pagaría un atractivo salario adicional. Además, Einstein tendría un cargo paralelo como director del Instituto de Física Kaiser Wilhelm, que se anunciaba como de inminente creación por la Sociedad Kaiser Wilhelm, aunque, en los hechos, su creación no se produjo hasta 1917, y no tuvo instalaciones propias hasta 1938, años después de que Einstein dejara Alemania; por ello, durante los años en que Einstein fue director sus tareas eran básicamente administrativas y de obtención de fondos para proyectos de investigación.

Einstein aceptó la oferta de Max Planck, y fue así nombrado catedrático en la Universidad Humboldt de Berlín²². Así terminaron sus años de «académico vagabundo» (Isaacson, 2007, cap. 8) que lo habían llevado de Zúrich a Berna, de Berna a Praga, de Praga a Zúrich, y de allí a Berlín. Regresó así a su nativa Alemania, a cuya ciudadanía había renunciado años antes; se instaló en Berlín en abril de 1914, siempre como ciudadano suizo, pocos meses antes de que el Kaiser desatase la Primera Guerra Mundial, que llevaría en 1919 al derrumbe de la monarquía y a la desaparición del Imperio alemán. Los cargos en Berlín permitieron a Einstein dedicarse solo a la investigación, pues su cátedra no implicaba obligaciones docentes, algo muy poco común. Pese a no estar obligado a enseñar, sin embargo, Einstein dictaba frecuentemente clases, cada vez más concurridas en los años siguientes debido a la repercusión de sus trabajos, y luego a su Premio Nobel de 1921, sus varios doctorados *honoris causa* y su enorme prestigio como eminente científico. Mantuvo sus cargos en Berlín hasta 1933, alternándolos con períodos de profesor visitante en la Universidad de Leiden (Países Bajos) y frecuentes viajes al exterior como invitado (Levenson, 2003). Ante el inminente ascenso de Hitler al poder, Einstein (que estaba en medio de un viaje a Gran Bretaña y Estados Unidos) renunció a

²² La Universidad de Berlín, hoy «Universidad Humboldt», aún no se llamaba «Humboldt». Todavía su nombre oficial era «Universität Friedrich Wilhelm» (por el rey de Prusia que la fundó en 1809) y era conocida como «Universität unter den Linden» (Universidad bajo los Tilos) por su sede principal en el número 6 de la avenida Unter den Linden (Tenorth, 2010a). Desde 1949, se llama Universidad Humboldt, no solo por el naturalista Alexander von Humboldt (1769-1859), sino también por su hermano, el lingüista y filósofo Wilhelm von Humboldt (1767-1835), un doble homenaje a la visión humboldtiana de unidad de la «ciencia» (*Wissenschaft*), abarcando las ciencias naturales, las sociales y las humanidades.

sus cargos al inicio de 1933 y ya no regresó a Alemania. Se afincó en los Estados Unidos con un puesto en el Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Princeton, hasta su muerte en 1955.

Todos estos cargos y privilegios le fueron acordados a Einstein excepcionalmente, merced a la trascendencia de sus *papers*, antes que por sus méritos como docente. Su producción escrita fue considerable desde su primer artículo publicado en 1901. Pese a trabajar en Berna durante ocho horas diarias de lunes a sábado en la oficina de patentes, publicó otros 31 importantes artículos científicos desde 1903 hasta 1909; otros 22 *papers* fueron publicados en sus «años de vagabundaje», entre 1910 y 1914. Durante su permanencia en Berlín, desde 1914 hasta finales de 1932, publicó otros 76 artículos de investigación (y varios más sobre temas sociales y políticos). Exiliado en los Estados Unidos desde 1933, siguió publicando *papers* hasta poco antes de su muerte. Dejó en total más de 300 publicaciones. A diferencia de cualquier científico alemán de comienzos del siglo XX, *su carrera no se centró en la docencia, sino casi exclusivamente en la investigación*. Por ser sus trabajos puramente teóricos, era una tarea solitaria; no requerían asistentes, coautores ni colaboradores, aunque se basaban en resultados experimentales o motivaban nuevos experimentos. Era un estilo «artesanal», pero con fuerte respaldo empírico y en estrecha relación con otros científicos (Staley, 2008b).

Einstein, merced a sus *papers*, a su salario en la oficina de patentes, y luego a sus sucesivos cargos como profesor en Berna, Praga, Zúrich y Berlín, evitó el destino habitual de los jóvenes científicos que debían apoyar a los catedráticos en la enseñanza sin un sueldo fijo, antes de poder convertirse en profesores²³. Einstein, como excepción, se libró de esa espera: fue designado como profesor mucho más rápidamente que la mayoría de sus colegas, desempeñándose sucesivamente en Berna (1909), Praga (1910), Zúrich (1911) y Berlín (1914), *gracias a los múltiples trabajos publicados a partir de sus investigaciones, y al carácter fuertemente innovador de esas publicaciones*. Era una época de grandes innovaciones en Física, un campo en que él era una «estrella en ascenso», pero sus ideas no siempre eran aceptadas o comprendidas. Contaba solo con el apoyo de algunos científicos destacados, especialmente Max Planck, que era entonces el más importante físico alemán (Heilbron, 1986), la máxima autoridad de la Universidad de Berlín y de la Academia Prusiana de Ciencias, y el director editorial de la sección de Física Teórica en *Annalen der Physik*, la prestigiosa revista en la que Einstein publicó sus principales trabajos. Su carrera seguía así un patrón particularmente novedoso, no basado en la docencia, sino en la investigación.

²³ Sobre las vicisitudes del joven Einstein, véanse Calaprice, Kennefick & Schulmann (2015); Fölsing (1997); Gutfreund & Renn (2015); Isaacson (2007); Pais (2005), Howard & Stachel (2000) y Stachel (2002). Sobre su labor en el Instituto de Física Kaiser Wilhelm, véase Kant (1996). Sobre otros científicos de su época que fundamentaron o inspiraron su obra, o corroboraron sus predicciones, véase Staley (2008b).

1.2.11 Entre tanto, en Viena

Las universidades del Imperio austrohúngaro, y en especial la de su capital, Viena, tenían una estructura y un nivel académico similares a los de Alemania, pero allí no se habían realizado los cambios impulsados por el Kaiser (e implementados por Althoff) en el *Reich* alemán. De hecho, la Universidad de Viena continuó manteniendo (con excepciones) sus estructuras y hábitos tradicionales, al menos hasta la década de 1930; luego fue ocupada y subvertida por el nacionalsocialismo, y solo se pudo modernizar en las décadas que siguieron a la Segunda Guerra Mundial.

En la ciudad de Viena había hasta la década de 1930 (antes y después de la Gran Guerra, y antes de la anexión de Austria al Tercer Reich) una intensa vida intelectual, pero ella en su mayor parte no estaba centrada en la universidad, sino sobre todo en los «círculos» y «coloquios» que funcionaban informalmente en la ciudad, dirigidos por catedráticos o por otros intelectuales y científicos (Sigmund, 1998, 2015, 2017; Edmonds, 2020: cap. 7). Entre ellos, se destacó el célebre «Círculo de Viena» (Wiener Kreis), que originó la escuela epistemológica del empirismo lógico, cuya labor merece un análisis especial en el marco de este libro por su extraordinaria importancia en el marco del desarrollo de la ciencia en el siglo XX (Uebel & Limbeck-Lilienau, 2021). También fue muy importante el *Mathematische Kolloquium* orientado por Karl Menger (Menger, 1998a, 1998b). Estos círculos, aunque informales, llegaron a publicar sus propias revistas. El Círculo de Viena tomó a su cargo la revista *Annalen der Philosophie*, la rebautizó *Erkenntnis* (Conocimiento), y comenzó a publicarla en forma independiente, aunque durante la complicada década de 1930 la revista era de hecho editada en Turquía (Stadler, 1992: 364). Por su parte, el Coloquio Matemático de Menger publicaba *Ergebnisse* (Resultados). Menger (1998a) es una recopilación de los principales trabajos allí publicados y los comentarios de diversos matemáticos, economistas, físicos y filósofos de décadas posteriores; Menger (1994) reproduce los recuerdos del propio Menger (quien murió en 1985) sobre su relación con el Coloquio. Otro foco de intensa actividad en Viena era el movimiento psicoanalítico orientado por Sigmund Freud (1856-1939), quien coordinaba un círculo de psiquiatras y otros intelectuales interesados en ese enfoque; el Círculo de Viena y también Popper criticaron las teorías freudianas por contener elementos «metafísicos» y no generar predicciones refutables (Grünbaum, 1984, 1993), pero todos compartían la rica atmósfera intelectual de Viena.

Florece además en la ciudad una intensa vida artística y literaria con fuerte presencia de movimientos de vanguardia, aunque también en este aspecto todo ello ocurría fuera de las aulas universitarias: *cf.*, por ejemplo, los círculos literarios en los que participaba el escritor Robert Musil, relacionado con los filósofos empiristas del Círculo de Viena (Arslan, 2014). Por otro lado, la opinión pública en Viena era mayoritariamente de izquierda; en el período en que la ciudad fue gobernada por el SDAP, o Partido

Socialdemócrata de los Trabajadores (1919-1934), se la llamaba popularmente «Viena Roja» (*Rote Wien*); el resto de Austria era de tendencia muy conservadora, lo que favoreció el desarrollo de tendencias fascistas en esas zonas. El Gobierno socialista en Viena terminó en 1934, cuando comenzó el Gobierno nacionalista de Engelbert Dollfuss, quien disolvió el Congreso y declaró ilegal al SDAP, poniendo fin a la «Primera República» en Austria. Estos y otros eventos (como el asesinato de Moritz Schlick, director del Círculo de Viena, en 1936) llevaron a la disolución de ese y otros círculos y al exilio de muchos intelectuales, todo ello acelerado por la anexión de Austria al Tercer Reich en 1938.

Ernst Mach, precursor e inspirador. En las Ciencias Exactas y Naturales, la figura más importante en el Imperio austrohúngaro de finales del siglo XIX fue sin duda Ernst Mach (1838-1916), un físico experimental que enseñó e investigó en la Universidad de Praga (1867-1895) y en la de Viena desde 1895. Fue un precursor del empirismo lógico del Círculo de Viena, y del enfoque científico-empírico de la Epistemología en general, y de la Epistemología Evolucionaria que Popper sugirió hacia 1970 y que surgió en la década de 1980 (Maletta, 2019: 187-190). En Praga, la labor de Mach se centró fuertemente en Física experimental, sobre todo respecto del calor y del sonido (Mach, 1883, 1886). Mach adoptó una posición filosófica radicalmente empirista, según la cual los únicos conceptos científicamente válidos son aquellos que son solo una representación abreviada de los datos empírico-sensoriales. En el período final de su labor docente en Viena, encabezó una de las primeras cátedras de historia y filosofía de la ciencia desde 1895 hasta 1901, fecha en que se retiró de la enseñanza, pero continuó activo en investigación y en su relación con algunos de sus discípulos.

Los exalumnos y seguidores de Mach dieron origen a un pequeño círculo que se reunió regularmente entre 1907 y 1914, y que se considera como antecesor de dos agrupaciones que más tarde fueron muy importantes en la historia del positivismo lógico: el Círculo de Viena y la Asociación Ernst Mach (Stadler, 1992: 364, 1997, 2019; Arslan, 2014: 94; Mulder, 1968). Ese grupo de discípulos es considerado como un «primer» Círculo de Viena; sus principales miembros integraron también el «segundo» y más conocido Círculo de Viena en la década de 1920, incluidos los físicos Philipp Frank (1884-1966), Hans Hahn (1879-1934) y Otto Neurath (1882-1945), así como Richard von Mises (1883-1953). Desde que asumió su cátedra vienesa en 1895, Mach había ampliado su temática dictando un nuevo curso anual sobre la «Historia y Filosofía de las Ciencias Inductivas», lo que reflejaba su interés en las cuestiones epistemológicas con especial referencia a las ciencias naturales, un tema que lo ocupaba desde sus años en Praga; sus principales obras sobre ese tema en sus años de Viena fueron el libro *Conocimiento y error* (Mach, 1905) y su artículo sobre la formación de conceptos científicos a partir de datos empíricos «sensoriales» (Mach, 1910).

Mach adoptó, desde su época de profesor en Praga, una concepción estrictamente empirista, según la cual los conceptos válidos de la ciencia solo podían ser aquellos que fuesen reconducibles a datos *sensoriales*. Su teoría del conocimiento se basaba en las *sensaciones* como fenómenos psicofísicos *elementales*. Inicialmente, esta idea la refería Mach a datos sensoriales *directos*, lo cual lo obligaba a negar la validez de todo concepto referido a entes inobservables, como los átomos o los campos electromagnéticos; posteriormente, relajó esta concepción al aceptar conceptos basados solo *indirectamente* en percepciones sensoriales, por ejemplo, al aceptar la conclusión de Einstein en 1905 según la cual las fluctuaciones estadísticas (observables) de las partículas en un líquido, o algunos fenómenos eléctricos, proveen prueba empírica de la existencia de los átomos (inobservables). La noción de que los conceptos de las ciencias naturales solo pueden ser «abreviaturas» de datos sensoriales se vincula con su estudio de las sensaciones, que liga la Física con la Psicología y con el estudio de la percepción (Stadler, 2019; Blackmore, 1972, 1992; Pojman, 2020)²⁴.

Un aspecto complementario del pensamiento de Mach fue su idea de la «economía de la Naturaleza» y la concomitante «economía de la ciencia», entendiendo economía en el sentido de «frugalidad» que resulta de «economizar» recursos empíricos y supuestos teóricos. En lo que respecta a la ciencia, los conceptos deberían formarse de manera frugal, sin incorporar ideas que no estén presentes en los datos empíricos observacionales o en los resultados experimentales. Las leyes científicas, para Mach, no son sino formas de sistematizar los resultados experimentales, y su única expresión legítima consiste en relacionar conceptos estrictamente basados en los datos empíricos. Esta «frugalidad conceptual» de la ciencia recuerda a la parsimonia impuesta por la «navaja de Ockham» que, desde el Medioevo, aconseja no multiplicar innecesariamente los supuestos o los conceptos; en el caso de Mach, aparece en el contexto de sus estudios sobre percepción e inferencia, y consiguientemente sobre la relación entre procesos psicofísicos en los seres humanos y en otros animales (Mach, 1886, 1905, 1910).

Mach, precursor de una epistemología evolucionaria. Esa base psicofísica o biológica del conocimiento guarda correspondencia con la concepción más amplia de Mach sobre las *bases evolucionarias de la ciencia* (Mach, 1883, 1886, 1896, 1905, 1910; Wolters,

²⁴ La concepción de Mach es considerada en general como «materialista» por oponerse a conceptos «metafísicos» o «ideales» y basarse solo en datos sensoriales. Sin embargo, una curiosa derivación lateral ha sido la acusación de Lenin (1948) contra Mach y otros físicos y filósofos, a quienes considera como «idealistas» por (supuestamente) negar la realidad objetiva de las cosas materiales y reducirlas a conjuntos de sensaciones subjetivas. Esta argumentación de Lenin, escrita en 1908 para combatir a algunos de sus oponentes políticos, fue convertida durante la década de 1930 en doctrina oficial de la URSS por el régimen de Stalin, y (entre otras consecuencias) dio lugar al rechazo de la relatividad general de Einstein por el *establishment* científico de la Unión Soviética, expresado sobre todo por el físico ruso Vladimir Fock (Fock, 1939, 1957, 1966; Gorelik, 1993; Kremontsov, 1997; Vucinich, 2001; Kojevnikov, 2004; Martínez, 2019).

2000; Pojman, 2011; Maletta, 2019: 187-190). Esta concepción pone a la ciencia en un continuo que incluye también las más tempranas formas de actividad humana, e incluso la conducta animal. El conocimiento, entendido en un sentido amplio y general, lo veía Mach como el resultado de una *interacción entre el organismo (humano o no) y el resto de la Naturaleza*, como parte de la «economía de la supervivencia», en la cual cada organismo vive en permanente interacción con su entorno, para poder sobrevivir y reproducirse, y en ese proceso incorpora información del medio ambiente, y desarrolla adaptaciones, percepciones y respuestas que se transmiten biológicamente y (en el caso humano) también culturalmente. De este modo, el desarrollo del conocimiento tiene para Mach un origen evolucionario y pragmático.

La concepción de Mach es muy cercana a la elaborada por Popper en su madurez, cuando equiparó la evolución del conocimiento con una adquisición selectiva de información sobre el mundo, que los organismos no humanos plasman solo en su propia anatomía y fisiología, y la transmiten principalmente por medio de la heredabilidad genética; en la especie humana, la información se adquiere también como conocimiento simbólico, y su transmisión es principalmente cultural y no solo genética. Esto sugirió a Popper su idea sobre la evolución del conocimiento «desde la ameba hasta Einstein», en su artículo sobre «la evolución y el árbol del conocimiento» (Popper, 1978b: 261). Esa concepción también se relaciona con la epistemología evolucionaria que surgiría en Alemania en las décadas de 1970 y 1980 (véanse Vollmer, 1975; Mohr, 1983; Wuketits, 1984, 1990; Hooker, 1987; Radnitzky & Bartley, 1987; Hahlweg & Hooker, 1989). «En estos autores no solo aparece la selección y descarte de teorías, como en Popper, sino otros componentes de la Epistemología Evolucionaria, como la evolución de las facultades cognitivas que hacen posible la actividad científica, o la evolución de las comunidades científicas y de las instituciones sociales de la ciencia» (Maletta, 2019: 264).

La comprensión que Mach tenía del proceso evolucionario por selección natural era defectuosa (contenía, por ejemplo, elementos teleológicos o finalistas, ajenos a la teoría de Darwin y a la Biología Evolucionaria moderna); pero de todos modos su concepción del desarrollo del conocimiento (y de la ciencia como un producto de ese desarrollo) está enraizada en la evolución de las especies. Desde ese punto de vista, Mach fue un precursor no solo de la Epistemología naturalizada o científica, sino de una de sus formas más recientes, la Epistemología Evolucionaria. Sus ideas fueron también la base de la «concepción científica del mundo» y la «teoría científica del conocimiento» que sostuvo el Círculo de Viena, formado inicialmente por discípulos de Mach. Al mismo tiempo, su concepción pragmática de la ciencia fue un antecesor importante de la concepción pragmática del conocimiento y la educación desarrollada por Dewey en la primera mitad del siglo XX, y de la posterior epistemología naturalista.

De Mach al Círculo de Viena. La concepción radicalmente empirista de Mach fue un antecedente decisivo del empirismo lógico. Pese al poco apoyo que las innovaciones podían hallar en la universidad, para el desarrollo de la ciencia en el siglo XX tuvo una enorme trascendencia la labor del Círculo de Viena y su adopción de una «concepción científica del mundo» (*wissenschaftliche Weltauffassung*). Esta se basaba en una epistemología radicalmente empirista, que abjuraba de todo concepto «metafísico» (es decir, no ligado claramente a datos empíricos). Su relación intelectual con Mach era evidente. De hecho, los principales integrantes del «primer Círculo de Viena», que funcionó informalmente desde 1907 hasta 1914 (cuando fue interrumpido por la guerra), eran antiguos alumnos de Mach. Ellos y los que se integraron en el «segundo» Círculo a partir de 1918, formalizarían el grupo a finales de la década de 1920 como «Asociación Ernst Mach» (Verein Ernst Mach), la que fue el correlato formal del segundo (y siempre informal) Círculo de Viena que había comenzado a reunirse en 1918-1922 coordinado primero por Hans Hahn, y desde 1923 por Moritz Schlick (1882-1936). La «Asociación Ernst Mach» fue la expresión pública o externa del Círculo; la Asociación aparece así como editora del *Manifesto* del Círculo en 1929 y de la revista del grupo, *Erkenntnis*. Schlick era un físico y filósofo alemán de tendencia empirista, que en 1922 fue designado para ocupar la cátedra de «Filosofía Natural» y de «Historia y Filosofía de la Ciencia» que había estado antes sucesivamente a cargo de los dos más importantes físicos austríacos, Ludwig Boltzmann y Ernst Mach (Engler & Iven, 2008; Edmonds, 2020; Stadler, 1992). En esta etapa, se integraron al Círculo varios estudiosos de filosofía, matemática y ciencias naturales, muchos de ellos muy jóvenes. Las reuniones semanales se interrumpieron en 1936 a raíz del asesinato de Schlick por un antiguo estudiante de su cátedra con tendencias fascistas, y en virtud también de los ominosos desarrollos políticos de Austria y la amenaza cada vez mayor del nazismo alemán. Casi todos sus miembros decidieron emigrar.

Las figuras más destacadas del Círculo de Viena (aparte de Schlick y los ya mencionados partícipes del «primer Círculo») incluyeron otros físicos, matemáticos y filósofos, muchos de ellos más jóvenes, como Victor Kraft (1880-1975), Rudolf Carnap (1891-1970), Herbert Feigl (1902-1988), Kurt Gödel (1906-1978), Ernest Nagel (1901-1985), Friedrich Waismann (1896-1959) y otros. Además del círculo vienés, las tesis epistemológicas del empirismo lógico eran compartidas por filósofos de otros países, particularmente en Alemania, por ejemplo en la obra de Hans Reichenbach (1891-1953), profesor de la Universidad de Berlín que, ante la amenaza representada por el ascenso del nazismo al poder, se exilió en los Estados Unidos (Salmon, 1979). El Círculo también tuvo adeptos en los países escandinavos, como Arne Næss (1912-2009) y Jørgen Jørgensen (1894-1969). Las ideas del Círculo de Viena tuvieron influencia también en Checoslovaquia, Hungría y Polonia²⁵. Su influencia se extendió a Francia (Soulez, 1993)

²⁵ Hempel (1993); Reichenbach (1951, 1978); Stadler (1992, 1993, 1997, 2003a, 2003b, 2010a, 2010b);

y, por supuesto, influyó mucho en el empirismo norteamericano, sobre todo por el aporte de los exiliados europeos refugiados en los Estados Unidos²⁶. Carnap (que no pudo acceder a una cátedra en Viena) fue profesor en Praga, junto con Philipp Frank, hasta emigrar a los Estados Unidos en 1936, donde tuvo una importante influencia, especialmente en la formalización del lenguaje científico (Carnap, 1942, 1943, 1947; Friedman & Creath, 2008). El mundo de habla inglesa había tenido contacto muy temprano con el Círculo de Viena a través del filósofo inglés Alfred J. Ayer (1910-1989), que asistió al seminario de Schlick en la década de 1930 y expuso en Gran Bretaña los principios del empirismo lógico, especialmente en *Language, Truth and Logic* y otras obras (Ayer, 1936, 1940, 1954); también tuvo relevancia la conexión entre Cambridge y Viena a través del joven y brillante matemático y filósofo británico Frank P. Ramsey (1903-1930), muerto a los 27 años tras importantes aportes a la labor del Círculo (Galavotti, 2006).

Figuras externas influyentes en el Círculo de Viena. Una personalidad muy relacionada con el empirismo lógico, aunque no fue miembro del Círculo, fue el excéntrico filósofo Ludwig Wittgenstein (1889-1951)²⁷. Su *Tractatus Logico-Philosophicus* (1921) fue un texto fundamental para la naciente «concepción científica del mundo». Otros autores con similar influencia fueron Bertrand Russell y Alfred North Whitehead: los tres densos volúmenes de sus *Principia Mathematica* enlazaban la matemática con la lógica simbólica y la teoría de conjuntos, reduciendo al mínimo los supuestos o axiomas, y formulando sus definiciones y teoremas de modo riguroso y preciso. El tratado de Wittgenstein (1921), y también el de Whitehead y Russell (1910-1913), en el que se formulan de manera sistemática las reglas lógicas de la matemática, dieron un marco de referencia lógico-conceptual a la tarea del Círculo. Esa tarea se centraba en desarrollar una «concepción científica del mundo» en la tradición del empirismo crítico de Mach. Si bien Whitehead, Russell y Wittgenstein no formaron parte del Círculo, se los consideraba como exponentes de la concepción filosófica del Círculo; lo testimonia la mención expresa de Russell y Wittgenstein en el *Manifesto* del Círculo (Verein Ernst Mach, 1929) como exponentes de la visión científica del mundo.

Un joven científico y filósofo vienés que sería muy importante en el desarrollo de la Epistemología en el siglo XX, Karl Popper (1902-1994), también estuvo vinculado al Círculo de Viena, aunque no era formalmente un miembro activo y disentía fuertemente de algunas tesis centrales del Círculo. Su primer libro importante (*Logik der Forschung* o «Lógica de la investigación»), publicado en 1934, expuso su teoría «falsacionista» en

Mahinnen y Stadler (2010); Maté, Rédei y Stadler (2011); Schuster (2020).

²⁶ Holton (1993); Cohen y Nagel (1934); Carnap (1942, 1943, 1947); Feigl (1980a).

²⁷ Sobre las relaciones entre Wittgenstein y el Círculo de Viena, véase Hintikka (1993). Sobre el pensamiento de Wittgenstein son imprescindibles su segundo libro (póstumo), Wittgenstein (1953), y los ensayos contenidos en las dos recopilaciones de Sluga y Stern (1996, 2018). Sobre las diferencias entre Wittgenstein y Popper, véase Edmonds (2020).

contraposición a los postulados filosóficos «verificacionistas» del empirismo lógico. Según Popper, ningún dato empírico puede «verificar» (certificar como verdadera) una teoría, pero cualquier dato que la contradiga puede refutarla (*falsarla*); mientras no sea refutada o *falsada*, una teoría se sostiene a sí misma con un grado de corroboración que es función de las pruebas empíricas que haya podido superar hasta ese momento (Popper, 1934: 185, 1962a, 1962b: 234, 1979, 1983, 2009; cf. Franco, 2019). Estas tesis de Popper responden a los que él consideraba como «dos problemas fundamentales de la teoría del conocimiento»: la *validez de los métodos inductivos*, y la *demarcación entre la ciencia y la no ciencia*. La inducción, como había percibido Hume 200 años antes, no certifica la veracidad de una teoría o de una proposición; la ciencia se distingue de la no ciencia por estar compuesta no por proposiciones *verdaderas*, sino por proposiciones *refutables* que aún no han sido refutadas pese a exponerse reiteradamente a la prueba de los hechos. Como consecuencia de estas ideas, para Popper los enunciados científicos sobre realidades empíricas son *falibles*; son *conjeturas* derivadas de teorías, *contrastables* con los hechos, y pueden acabar siendo refutadas, o al menos corregidas.

Nuestra ciencia no es un sistema de enunciados seguros y bien asentados, ni uno que avanza firmemente hacia un estado de validez final. Nuestra ciencia no es conocimiento: no puede alcanzar ni la verdad ni la verosimilitud. (Popper, 1934: 207, traducción propia que difiere de la ofrecida en Popper, 1962b: 259)

Esta concepción de Popper constituyó una crítica radical de la teoría central del Círculo de Viena sobre el conocimiento científico, encarnada en el *Tractatus* de Wittgenstein (1921). Aparte de las objeciones de Popper, surgieron otros problemas para la concepción del Círculo de Viena a partir de los célebres teoremas de Kurt Gödel, quien mostró (1) que los sistemas formales como la lógica y la matemática, si son lógicamente coherentes, son sistemas «incompletos», y (2) que además no pueden demostrar si son o no son lógicamente coherentes: véanse Gödel (1931), Smullyan (1992), Nagel y Newman (2001), Goldstein (2005), Vollmer (1987), Maletta (2019: 65-70). El falsacionismo de Popper y los teoremas de Gödel implican que el proyecto del Círculo de Viena no podía alcanzar plenamente sus objetivos; el mundo quizá tenga una estructura «científica», pero no es factible obtener un retrato absolutamente fiel, verificado y definitivo de esa estructura. El propio Wittgenstein, en sus póstumas *Investigaciones filosóficas* (1953), admitió los límites de su *Tractatus*, aunque antes había litigado con Popper al respecto (Edmonds & Eidinow, 2001). Varios exponentes del Círculo de Viena, luego de emigrar a los Estados Unidos en la posguerra, centraron sus obras no tanto en el sustento de las proposiciones empíricas, sino en el análisis lógico del lenguaje.

La obra de Popper (1934) y sus escritos posteriores de algún modo definieron la siguiente fase de desarrollo de la teoría de la ciencia, incluyendo la reformulación de las ideas de Popper por Imre Lakatos entre 1965 y 1974, y las del propio Popper en su

madurez. El desarrollo de la filosofía de la ciencia desde el positivismo hasta Popper y Lakatos lo hemos tratado en publicaciones anteriores (Maletta, 2009, 2019); un resumen se ofrece en las secciones 6.3.1 y 6.3.2 de este libro.

Ciencia, persecución y exilio. El Círculo de Viena era un movimiento que no solo estaba comprometido con una radical revisión de los conceptos tradicionales sobre la ciencia: también pretendía influir sobre los asuntos públicos a partir de sus puntos de vista conceptuales. La mayor parte de los integrantes del Círculo tenían un pensamiento político progresista o izquierdista; la mayoría eran además judíos; ambas circunstancias los pusieron en la mira de los fascistas austríacos en la década de 1930, aun antes de que Austria fuese anexada en 1938 al Tercer Reich alemán.

Una de las primeras víctimas fue Moritz Schlick (quien paradójicamente era decididamente apolítico y además no era judío): Schlick fue asesinado en 1936 por un antiguo estudiante suyo con fantasías paranoicas y simpatizante del fascismo (Edmonds, 2020). El asesinato de Schlick tuvo como consecuencia la interrupción de las reuniones semanales del Círculo, que oficialmente se disolvió en 1938. A mediados o finales de la década de 1930, la mayor parte de los miembros del Círculo y otras figuras relacionadas, como Popper, lograron emigrar (sobre todo a Gran Bretaña y Estados Unidos), aunque varios de ellos (y los parientes de varios emigrados) sucumbieron finalmente en el Holocausto; ese fue el caso, por ejemplo, de 16 miembros de la familia de Popper. Varios de los emigrados, en especial Carnap y Nagel, así como Friedrich Waismann y otros, fueron muy influyentes en Estados Unidos, Gran Bretaña y otros países, por sus ideas radicalmente empiristas sobre la investigación científica, y muy particularmente por sus concepciones acerca de las relaciones lógicas entre teorías, la reducción de unas teorías a casos especiales de otras, y la integración de teorías por subsunción y reducción, lo que dio base conceptual al desarrollo de muchos programas interdisciplinarios que conectaban teorías o disciplinas previamente independientes (Nagel, 1961).

La mayor parte de los integrantes del Círculo de Viena creían que una concepción científica del mundo y el rechazo de conceptos y teorías «metafísicos» redundarían en un mejoramiento de la sociedad, y en especial de las clases desposeídas. Otto Neurath fue uno de los principales exponentes de esa creencia, que se manifestó en varias de sus iniciativas, como la difusión de estadísticas a través de métodos gráficos al alcance de la clase trabajadora, el diseño «científico» de viviendas populares, y la relación con el diseño racionalista de casas y objetos domésticos desarrollado en Alemania por la Bauhaus de Walther Gropius. Esta preocupación social fue llevada a América por los exiliados de Viena y por algunos visitantes norteamericanos que participaron del Círculo, como Charles Morris (1937). Ello facilitó la subsiguiente relación del empirismo traído de Europa con el pragmatismo desarrollado en los Estados Unidos tanto en la ciencia como

en la enseñanza, cuyo principal exponente entre 1910 y 1930 fue John Dewey²⁸. Aparte de su enorme influencia en la teoría de la ciencia, el Círculo de Viena tuvo también impacto sobre varias áreas de la cultura: literatura, arquitectura, arte (Arnswald, Stadler, & Weibel, 2019). Falló en su modelo central, pero dejó una huella que sigue en vigencia.

Hacia un análisis científico de la ciencia. Las críticas del Wittgenstein tardío (1953), y las derivadas de Gödel (1931), así como las de Popper (1934), han sido en general consideradas como una refutación de la pretensión del Círculo de Viena de poder *verificar* (certificar como verdaderas) las proposiciones científicas formuladas de manera rigurosamente lógica y con conceptos basados solo en la experiencia sensorial. Esa concepción del Círculo de Viena obligaba a definir cuidadosamente los conceptos, y a declarar como *carentes de sentido* las proposiciones que no cumplieran con esos requisitos (ello llevó a que el empirismo lógico, desde el *Tractatus* de Wittgenstein, considerase como *única* tarea de la filosofía el análisis lógico-lingüístico, pues las consideraciones sustantivas serían dirimidas solo por la evidencia empírica). El proyecto del Círculo fue desmantelado por Gödel, Popper y el propio Wittgenstein, y solo quedaron en pie el rigor lógico-empírico del Círculo y la concepción de Popper según la cual la ciencia procede poniendo a prueba las teorías y proposiciones frente a los hechos, y descartando aquellas que fueran falsadas por la evidencia. A ello se añaden la versión evolucionaria del progreso de la ciencia enunciada por Popper en las décadas de 1960 y 1970, y la reelaboración de Lakatos sobre la teoría de Popper, reemplazando la contrastación de hipótesis o proposiciones individuales por la que llamó «metodología de los programas de investigación científica» (Lakatos, 1976).

La concepción de la ciencia que ha predominado en las décadas finales del siglo XX y las primeras del siglo XXI se basa esencialmente en Popper, y secundariamente en Lakatos: considera a la actividad científica como un emprendimiento *falible*, cuyos resultados son perpetuamente *revisables* y en proceso de *evolución*. La ciencia contemporánea debe mucho también a las demandas de rigor lógico y de estricta fidelidad a la evidencia empírica que impulsó el Círculo de Viena, una vez que ellas fueron despojadas de sus pretensiones verificacionistas. La formulación de teorías y programas científicos cuyas proposiciones estén basadas en la evidencia, y cuyas predicciones puedan ser contrastadas con los hechos, se convirtió en la clave del método científico, y de ese modo se estableció en forma explícita, a mediados del siglo XX, el marco metodológico fundamental para una teoría de la ciencia, que moldeó la actividad científica en la segunda

²⁸ Muchos emigrados desarrollaron en los Estados Unidos, no siempre con éxito, una cultura de círculos bajo el formato que era usual en Viena. Otros hallaron refugio en la New School for Social Research, la «universidad del exilio» fundada por varios de ellos en Nueva York (Reiss-Sorokin, 2022). Al mismo tiempo, algunos antiguos miembros del Círculo de Viena, principalmente algunos que emigraron a los Estados Unidos, desarrollaron una versión más aséptica del empirismo lógico, que se centró en la formalización lógica del lenguaje (por ejemplo, en Cohen & Nagel, 1934).

mitad del siglo XX y comienzos del XXI, aun cuando se reconoce que las conclusiones empíricas de la ciencia, al igual que sus modelos teóricos, son provisionales, falibles y sujetos a revisión y corrección, en un proceso evolutivo sin fin. Otro elemento importante fue la contribución de Lakatos al señalar que la investigación científica opera dentro de *programas* constituidos por un conjunto de teorías entrelazadas en torno a un «núcleo» teórico formado por las ideas centrales que identifican al programa.

El otorgamiento del carácter científico a una teoría, se reconoce desde entonces, no implica afirmar que su contenido sea verdadero: solo implica que para construirla se ha seguido un método rigurosamente lógico, y que las proposiciones que la componen son consistentes con la evidencia empírica efectivamente disponible en el momento de su formulación, y obtenida además con procedimientos rigurosos y ampliamente aceptados; esas teorías podrían ser modificadas o incluso abandonadas luego de ser contrastadas en el futuro con nuevas evidencias. Una teoría se mantiene en vigencia, como lo señaló Lakatos, *aun cuando incluya anomalías no explicadas*, en la medida en que la mayor parte de sus predicciones empíricas sean reiteradamente corroboradas, y que no haya surgido otra formulación teórica mejor, que amplíe su contenido empírico corroborado o que esté más sólidamente respaldada por la evidencia. Por ello, la contribución del Círculo de Viena, y los trabajos de Gödel, Popper y más tarde Lakatos, pueden ser considerados en conjunto como ingredientes decisivos para el desarrollo del marco conceptual predominante en la actividad científica contemporánea.

A partir de la reformulación evolucionaria del enfoque de Popper formulada por él entre las décadas de 1960 y 1970, en las décadas subsiguientes las distintas perspectivas de análisis empírico de la ciencia (sociología, economía, psicología o antropología de la ciencia) tendieron a confluir en una concepción *evolucionaria* e interdisciplinaria sobre la propia ciencia. El progreso de la ciencia, en esa perspectiva, es visto como un proceso de *selección evolutiva*, que consiste básicamente en lo que Popper llamó «selección natural de teorías», y que va acompañada por la evolución del marco institucional de la actividad científica. *Evoluciona la ciencia, y evoluciona al mismo tiempo la organización de la actividad científica*. En esta versión evolucionaria de la teoría de la ciencia, los hechos que contradicen una hipótesis o teoría no dan lugar necesariamente al abandono de esa hipótesis o teoría, sino a una revisión que apunta a eliminar los errores o ambigüedades que causaron aquella discrepancia con los hechos; la teoría «revisada» puede ser muy parecida o muy diferente a la anterior, y quizá la evolución científica hará que ella sea con el tiempo reemplazada a su vez por una nueva teoría. Esta nueva teoría se impondrá sobre la anterior si corrige sus insuficiencias, resuelve las anomalías, y amplía su contenido empírico *corroborado*. Ese proceso selectivo permite que la actividad científica autocorrija sus errores y converja hacia mejores esquemas conceptuales, aun cuando ese sendero incluya intentos fallidos y propuestas erróneas, que el proceso selectivo tiende a detectar, corregir y eliminar.

En esa visión del progreso científico como un proceso selectivo, quedó gradualmente claro que ese progreso ocurre en *comunidades científicas* que operan dentro de ciertos *marcos institucionales*, que expresan una cierta *organización de la actividad científica*. Esa organización también evoluciona por los mismos medios, refinando sus normas y adecuándolas a las prácticas exigidas por el desarrollo de la actividad científica en diversas circunstancias y en distintos tipos de proyectos o programas.

Este libro se propone, precisamente, el examen de los cambios en la organización de la ciencia a lo largo de los últimos 100 años (con algunas referencias a las décadas precedentes a ese período). De ello tratan los capítulos 2 y 3.

2. Cambios en la organización de la ciencia

En 2020, 100 años después de la muerte de Max Weber (1864-1920) como víctima de la pandemia que comenzó en 1918, y a poco más de un siglo de sus conferencias de 1919, el mundo enfrentó una nueva pandemia, aunque en mejores condiciones que la de 1918, merced a los avances científicos, tecnológicos y económicos logrados durante un siglo. La pandemia de 2020 no coincidió con una guerra mundial, pero afectó sobre todo a las minorías discriminadas, a los pobres, a varios pueblos envueltos en conflictos violentos, a refugiados que huían de la guerra y la miseria, a países con Estados fallidos o gobernados por regímenes populistas o autocráticos que respondieron mal o tarde a la pandemia, y que, en algunos casos, aprovecharon la pandemia para fortalecer sus regímenes y para acentuar sus tendencias agresivas y represivas. Estos manejos geopolíticos también retrasaron la vacunación en los países menos desarrollados. El nacionalismo y el populismo que Weber criticaba en sus escritos políticos también medraron en varios países durante la pandemia de 2020. Además, el mundo fue sacudido por una nueva guerra, desatada por Rusia al invadir Ucrania, lo cual no ocurrió antes de la pandemia (como la guerra iniciada en 1914 y que aún persistía cuando apareció la *influenza*) sino en 2022, en las postrimerías de la nueva pandemia.

Pese a todo eso, y gracias al desarrollo científico y social en los 100 años transcurridos, la pandemia de 2020 fue mucho menos letal que la de 1918: originó un exceso de muertes inferior al 2 por 1000 de la población mundial en 2020-2021 frente a (por lo menos) 25 por 1000 en 1918-1920. No por ello fue menos insidiosa en sus efectos sobre la humanidad. La menor letalidad en 2020-2021 respecto a 1918-1920 se debió en parte a las diferencias entre ambos virus, pero también (y quizá sobre todo) al progreso científico, económico y social en el siglo transcurrido entre ambas pandemias. Es por ello, en ese marco, que tratamos de analizar, en los capítulos 2 y 3 de este libro, la evolución de la actividad científica en esos 100 años. En el capítulo 4, exploraremos

como ejemplo el desarrollo del conocimiento científico sobre virus y pandemias entre 1918 y 2020.

2.1 El sistema alemán y el sistema americano

Los países ofrecen un marco institucional que puede impulsar o frenar el desarrollo científico. En las dos o tres décadas anteriores a 1919, la actividad científica estaba dominada sobre todo por Alemania, seguida por Francia y Gran Bretaña, con un permanente ascenso de la ciencia en Estados Unidos, que pronto superaría a Alemania y a los otros países europeos en varios indicadores significativos. El análisis de Weber sobre la ciencia en Alemania, así como los elementos adicionales que se han mencionado sobre las condiciones reinantes en Austria, y algunos casos paradigmáticos pero excepcionales como los de Einstein y el Círculo de Viena, muestran una institucionalidad científica que todavía reflejaba las realidades sociales del siglo XIX, aunque se insinuaban ya cambios y reformas. En los años de entreguerras, ella sería afectada profundamente por el ascenso de los totalitarismos (el nazismo y el fascismo en Europa central y occidental, y el estalinismo en Rusia). El incipiente proceso de «americanización» referido por Weber atestigua la creciente influencia de un modelo diferente para la organización de la actividad científica y de la formación universitaria, proveniente de la dinámica social, económica e institucional de los Estados Unidos. Ese modelo tendría creciente influencia en el resto del mundo en el siglo transcurrido entre ambas pandemias.

Las universidades alemanas. El sistema académico vigente en Alemania alrededor de la Primera Guerra Mundial, como se ha indicado antes, era sumamente rígido y jerárquico; la enseñanza se implementaba sobre todo a través de clases magistrales; la capacidad para ese tipo de enseñanza era el criterio principal para el reclutamiento y ascenso de los profesores; la investigación era en general de tipo individual y artesanal. Las reformas introducidas desde finales del siglo XIX (el «sistema Althoff») habían dado más relieve a la investigación, sobre todo en ciencias naturales y medicina, pero sin alterar esos rasgos fundamentales.

El talento para la enseñanza (es decir, la capacidad para dictar clases magistrales) no necesariamente iba unido a la capacidad para la investigación. Esas dos habilidades solo coinciden «por azar», según juzgaba Weber en 1919. La rápida carrera académica del joven Einstein (sección 1.2.10), que lo llevó a ser catedrático a los 31 años, y a obtener el Premio Nobel a los 41, se basó sobre todo en la investigación; ello fue, sin duda, excepcional, aunque había otras excepciones: Max Weber, en «La ciencia como vocación», atribuye *al azar* su temprano acceso a una cátedra, también a la edad de 31 años, aunque seguramente también pesó para ello su excepcional talento.

Para la gran mayoría de los jóvenes académicos, el carácter no remunerado del cargo de docente auxiliar restringía el acceso a la docencia por la vía económica, dando al

sistema el carácter «plutocrático» señalado por Weber. Por esa razón puramente económica, Einstein tuvo que seguir trabajando en la oficina de patentes por más de tres años después de obtener el doctorado, hasta ser nombrado profesor «extraordinario» (es decir, asociado) en la Universidad de Berna.

En ese modelo tradicional, dominado por la figura del catedrático, y con la excepción de quienes trabajaban en los institutos recientemente creados en ciencias naturales o medicina, la investigación se limitaba en general al *trabajo individual y artesanal* de cada profesor, con la sola ayuda de algún profesor asociado y quizá algún ayudante de laboratorio. Por lo general, las cátedras no tenían aparatos complejos. Cada cátedra dominaba una disciplina, con poca labor interdisciplinaria con otras cátedras de la misma universidad. Los profesores de la misma disciplina en distintas universidades se encontraban en congresos, o se leían mutuamente en las pocas revistas de cada disciplina, pero rara vez encaraban proyectos colaborativos, para los que no había una estructura institucional adecuada. La poca disposición de los académicos para aceptar innovaciones se percibe en la irónica frase de Max Planck en su autobiografía, escrita tres décadas después de la conferencia de Weber: «una nueva verdad científica no triunfa por haber convencido a sus oponentes [...] sino más bien porque sus oponentes eventualmente mueren, y llega una nueva generación que está más familiarizada con [la nueva teoría]» (Planck, 1950: 35-36).

Pese al proceso de reformas educativas y universitarias impulsadas por Althoff, el carácter general de las universidades se mantuvo hasta después de la Gran Guerra, aunque se registraba una creciente presencia de las carreras técnicas y científicas. Las universidades germánicas hasta esa época se caracterizaban por una fuerte tradición basada en la jerarquía y la obediencia, con una importante influencia de las disciplinas humanísticas, lo que no se ajustaba muy bien al rápido progreso de la ciencia y la tecnología al comenzar el siglo XX (sobre las reformas educativas previas a la guerra, véase Lehmann, 1921). La rigidez de las relaciones pedagógicas, como ya se ha mencionado, no era adecuada para las mentes innovadoras. En las universidades alemanas, en virtud de esa tradición cultural, la mediocridad podía prosperar; la originalidad y la brillantez estaban más bien desaconsejadas, como lo señala Weber en su conferencia y lo subraya Sadler (1906: x). Esto pudo brindar buenos resultados en el siglo XIX, pero en el siglo XX sus defectos fueron más evidentes. El verticalismo de las cátedras se replicaba incluso en los nuevos institutos, en los que en general regía el ya mencionado *principio de Harnack* (Brocke, 1996; Nowak & Oexle, 2001; Oexle, 2001). Ello no favorecía la colaboración entre distintas disciplinas ni la formación de grupos de trabajo. El autoritarismo institucionalizado se intensificó en el régimen nazi (1933-1945); luego ha evolucionado hacia modalidades más participativas y menos elitistas, sobre todo desde la unificación de Alemania en 1991, la consiguiente reestructuración de las universidades de la extinta República Democrática Alemana, y el subsiguiente auge de la Unión Europea y de la globalización. La generalizada demanda de personal con calificación universitaria, que

alcanzaba crecientemente a todas las actividades económicas y sociales, llevó a una creciente «masificación» de las universidades, y a una multiplicación de esas instituciones y de sus facultades y departamentos, un proceso ya iniciado cuando Weber dictó su conferencia en 1919, y que profundizó el proceso de «americanización» detectado tempranamente por Weber (1979: 185).

El modelo americano. Weber, en su conferencia, contrasta el sistema alemán de su tiempo con el imperante en los Estados Unidos, donde los jóvenes empezaban como asistentes remunerados mientras hacían sus estudios de maestría o doctorado, todo ello poco después de su egreso del *college* (y no después de obtener el doctorado, como ocurría en Alemania); se integraban, con funciones inicialmente auxiliares, en grupos de trabajo *dedicados primordialmente a la investigación* (Urquiola, 2020; MacLeod & Urquiola, 2020). En ese ámbito preparaban sus tesis de maestría y doctorado, generalmente vinculadas a los programas de investigación en los que habían trabajado desde sus años de *college* o ya iniciado el posgrado.

Esto era posible en los Estados Unidos, pues los estudios de posgrado (maestría y doctorado) se inician a los 20-21 años, después de la formación genérica recibida en el *college*, mientras que en Alemania (y en otros países de Europa continental) los egresados de la escuela secundaria enfrentaban un largo período previo a cualquier cargo en la esfera académica. Primero debían obtener un título profesional, que requería cuatro o cinco años. Para iniciar una carrera académica, el primer paso luego de la graduación era la obtención del doctorado, y luego la habilitación, que requería uno o más trabajos de investigación posdoctoral realizados por su cuenta, para la obtención de la *venia legendi*, y todo ello para un cargo no remunerado de instructor. Solo después de un tiempo (quizá varios años) podían acceder a un cargo de profesor asociado, con la expectativa de llegar (en el largo plazo) a la titularidad de una cátedra, y sin integrarse por lo general en programas organizados de investigación.

El incipiente (pero aún escaso) proceso de «americanización» en las universidades alemanas, que Weber percibía en 1919, era impulsado por la escala creciente de las investigaciones (que se veía ya en algunas disciplinas) y la presión para emular los desarrollos ya visibles de los Estados Unidos. Así, surgía en Alemania un nuevo estilo de investigación con proyectos más complejos y de mayor escala, a medida que avanzaban los estudios sobre problemas más difíciles y complicados, en especial en los recientemente creados institutos dentro y fuera de las universidades. Esa creciente complejidad de la ciencia requería proyectos colectivos, coordinando la labor de varios investigadores especializados y (frecuentemente) de varias disciplinas; todo ello, además, requería instalaciones y equipos complejos para producir ciencia y tecnología de avanzada, no compatibles con un estilo artesanal de investigación. Estos proyectos, incipientes en Europa, eran entre tanto la base de la organización de la ciencia en los Estados Unidos.

2.2 Estados Unidos: una educación pragmática y experiencial

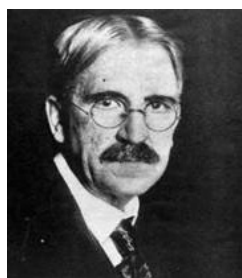
Weber en 1919 detectaba síntomas de «americanización» en la actividad científica alemana. Entre tanto, el propio sistema científico y educacional de los Estados Unidos avanzaba muy rápidamente, mientras sus elementos distintivos empezaban a ser imitados por los países del Viejo Mundo. El innovador desarrollo de la organización de la ciencia en los Estados Unidos se debió no solo al dinamismo y flexibilidad de las estructuras sociales y económicas de ese país (reflejados en el dinamismo y flexibilidad de las instituciones universitarias), sino también a la existencia de una *concepción diferente de la educación y de la vida intelectual*, una concepción basada en la indagación y la innovación, y no solo en la disciplinada absorción del conocimiento preexistente. Estas nuevas concepciones de la educación surgieron hacia finales del siglo XIX y tuvieron una fuerte influencia en la conformación de la actividad científica.

El «modelo americano», que Weber contrastaba con el sistema tradicional en Alemania, tenía sus raíces objetivas en una pujante transformación económica, y sus raíces conceptuales en una concepción pedagógica muy diferente de la tradicional (incluso diferente de la que había prevalecido en los propios Estados Unidos). La concepción tradicional de la educación consideraba el conocimiento como un conjunto de contenidos recibidos de generaciones anteriores, y por lo tanto veía la educación como un proceso de *transmisión de conocimientos* desde los profesores hacia los estudiantes. La ciencia misma había sido tradicionalmente considerada como algo que *se sabe*, como un *acervo de conocimientos*, y no como algo que *se hace*, es decir como una *actividad* de indagación, que modifica o supera conocimientos previos (Maletta, 2019: 379-398). La modalidad fundamental en la enseñanza tradicional era la *clase magistral*.

En el llamado «modelo americano», esta concepción estaba siendo reemplazada por otra, en la que lo más importante no era la absorción de conocimientos preexistentes transmitidos de modo «magisterial»; la educación tendía a fundarse en la indagación, la experimentación, la colaboración grupal, el descubrimiento y la innovación. Esta visión de la actividad cognoscitiva, y especialmente de la ciencia, como una *actividad práctica* (indagar, experimentar, descubrir, conocer) que es demandada por una civilización científico-técnica, fue enfatizada sobre todo por la corriente filosófica conocida como *pragmatismo*, cuyos mayores exponentes fueron tres norteamericanos: Charles S. Peirce (1839-1914), William James (1842-1910) y John Dewey (1859-1952).

Dewey fue el más importante de los filósofos pragmatistas en materia de educación, un tema al cual dedicó gran parte de su obra escrita y gran parte de su larga vida. Su concepción de la educación expresa también la necesidad de una educación moderna en una sociedad y una economía como las de los Estados Unidos, que en ese período se estaban modernizando rápidamente. Su pensamiento es así complementario del de Weber en esta revisión de los cambios en la ciencia durante los últimos 100 años. Por

otra parte, existió una fuerte relación entre el empirismo lógico del Círculo de Viena y las concepciones del pragmatismo americano, como las de Dewey, respecto de la educación, la lógica y la investigación (Johnston, 2014). Para John Dewey, el educando no debe ser espectador o receptor pasivo, sino *hacedor o productor de conocimiento*, como actor de la actividad cognoscitiva, cuya forma más importante y trascendente es la actividad científica. No se limita a contemplar la realidad, sino que la modifica, y para ello debe investigar cómo funciona y cómo puede ser modificada. Dewey consideraba que el conocimiento es algo que *se hace*, que *se produce*, y que *se experimenta* en el doble sentido de hacer experimentos y de asimilar experiencias prácticas (Robert Dewey, 1977: 142-150; John Dewey, 1938a, 1938b).



John Dewey
(1859-1952)

El pensamiento de Dewey vinculaba explícitamente su visión sobre la educación con los requerimientos de la sociedad moderna, basada en la tecnología, la experimentación y la aplicación de conocimientos científicos. Estos conocimientos, además, estaban en permanente transformación. El cambio tecnológico y el dinamismo industrial de los Estados Unidos demandaban personas con orientación científica, técnica e innovadora, que la educación tradicional no proveía. Dewey concebía la educación como un proceso dinámico y activo, basado en la indagación y la experimentación antes que en la transmisión de conocimientos.

La concepción tradicional de la ciencia como un acervo de conocimientos, y de la educación como un proceso instruccional, fue así cuestionada radicalmente por Dewey, quien veía en esa concepción el eco de una noción (*episteme*) de origen platónico y muchas vinculaciones con la religiosidad, la noción del conocimiento como contemplación, y del educando como espectador pasivo de la realidad circundante, «*the spectator view of knowledge*» (J. Dewey, 1920: 112; R. Dewey, 1977: 142). Para Dewey, conocer es una actividad basada en la indagación y la experimentación.

Dewey no consideraba que la adopción de su filosofía fuese la precondition o causa de un cambio en la educación y la ciencia. Por el contrario, pensaba que la concepción filosófica del pragmatismo sobre la educación (y su eventual implementación) era solo una formulación intelectual de una *exigencia objetiva* de la realidad, y un llamado para que las instituciones se adaptaran a esa realidad. Las nuevas generaciones ya afrontaban y debían seguir afrontando cambios sociales, culturales y económicos que implicaban una creciente relevancia práctica de la ciencia en la sociedad. Consideraba su concepción filosófica solo como la metodología más adecuada para entender y afrontar los procesos sociales objetivos que se desarrollaban a su alrededor.

Dewey también percibió la demanda creciente de personal científico y técnico (dentro y fuera de las universidades), es decir la necesidad social de personas capaces de indagar e innovar permanentemente en un mundo cambiante, de comprender los avances de la ciencia, y de desempeñar las actividades profesionales de toda índole requeridas por una sociedad crecientemente tecnificada. Ello requiere la *formación masiva* de personas con esa capacidad, con creciente formalización de sus procesos educativos y una regulación meritocrática del avance en sus carreras. Esto solo sería posible mediante una democratización de la enseñanza, es decir, una ampliación masiva de la base social de la educación, y una reorientación de los contenidos educativos (desde la escuela elemental hasta la universidad) con un enfoque basado en la práctica de la indagación y la experimentación. La educación superior, por ello mismo, no podría seguir estando reservada a una élite social y económica, sino que debía abrirse a sectores sociales mucho más amplios. Esta nueva demanda educativa, por su propia naturaleza, no requiere solo asistir a clase y dar examen, sino participar en una educación *práctica y experimental*. Debía educar a los jóvenes para que pudieran seguir indagando, experimentando y aprendiendo durante el resto de sus vidas.

Desde finales del siglo XIX, y sobre todo en las primeras décadas del siglo XX, Dewey abogó por *una educación orientada hacia la búsqueda, la indagación, la experimentación y la actividad práctica*, que debía iniciarse desde la escuela primaria, como un requisito necesario planteado por la civilización moderna y sus rápidos avances científicos y tecnológicos. Sus iniciales concepciones sobre educación pueden apreciarse embrionariamente en el folleto «My pedagogic creed», publicado a sus 38 años (Dewey, 1897), anticipando ideas que desarrollaría en obras posteriores. «Conocer», escribió dos décadas después, «es algo que literalmente *hacemos*; [...] el análisis es en última instancia *físico y activo*» (Dewey, 1917: 331-332). Incluso la lógica, sostenía, debería aprenderse de modo experimental y práctico, *como un oficio* que encarna las *reglas del arte de la indagación* (Dewey, 1938a)²⁹.

Su concepción de una educación basada en la práctica y la experimentación informa en buena medida la teoría pedagógica moderna, sobre todo en educación preescolar, primaria y secundaria. Falta mucho, sin embargo, para que sea instrumentada universalmente, sobre todo en la educación superior de muchos países (incluyendo muchos de los países latinoamericanos). Según la visión de Dewey de un sistema educativo basado en un enfoque experimental antes que magisterial o instruccional, los estudiantes deberían llegar a la Universidad, y sobre todo al posgrado, con una *larga experiencia práctica en actividades de indagación y experimentación*, desde las elementales indagaciones y ex-

²⁹ Para un panorama de la vasta obra de Dewey, véanse, entre otros, Cochran (2020), Brinkman (2013) y Burke *et al.* (2002). Las obras completas de Dewey comprenden 37 volúmenes, más un volumen de índice, otro suplementario y uno de correspondencia (Dewey, 2008). Hay muchas ediciones de obras individuales, o colecciones de obras seleccionadas.

perimentos del *kindergarten* y la escuela primaria, pasando luego por la participación competitiva y colaborativa en «proyectos de ciencias» en la escuela secundaria, y finalmente en programas de investigación y desarrollo en la universidad, integrando grupos de trabajo con tareas de creciente complejidad.

En esta perspectiva pragmática, la ciencia fue concebida por Dewey como *una actividad*, y como una actividad *siempre en desarrollo*. Su componente central no es lo que ya se sabe, sino *lo que se ignora y debe ser investigado* para resolver problemas e interrogantes de la vida real. Las conclusiones de la indagación científica son para Dewey provisionales y falibles, sujetas a debates, reformulaciones, correcciones y refutaciones, en lo que coincide con Popper (1934, 1959, 1962a, 1972, 1983) y con Lakatos (1976). Los principios educativos enunciados por Dewey, por otra parte, coinciden en general con otras tendencias pedagógicas de la primera mitad del siglo XX, como las de Jean Piaget o María Montessori, que han contribuido a la formulación de la moderna pedagogía de la ciencia. La problemática de la enseñanza de la ciencia desde los niveles primario y secundario, y la correspondiente formación de docentes capaces de afrontarla, ha sido extensamente estudiada por muchos autores, y hay muchas experiencias acumuladas. Una forma adecuada de introducirse en esa problemática es la obra de Michael R. Matthews (2014, 2015, 2018). El «manual internacional» que Matthews editó (2014) contiene una extensa selección de trabajos de diversos autores sobre esta materia. Matthews insiste en el carácter práctico y experimental propuesto por Dewey, y en la importancia de integrar la enseñanza de la ciencia con la formación en historia de la ciencia y en filosofía de la ciencia. Ambos aspectos contribuyen a la formación de los niños y jóvenes en la adquisición de una actitud favorable a la indagación racional, que es imprescindible para la actividad científica, y en la comprensión de la *naturaleza de la ciencia* (este es un campo pedagógico por sí mismo: véase Khine, 2012). Ello ayuda a ver la ciencia como una actividad que se desarrolla a través de la historia, y no como un saber preexistente que debe ser aprendido.

Las ideas de Dewey coincidían además con las tendencias objetivas de la economía y la sociedad de su país, que exhibía un proceso de expansión y renovación de las instituciones universitarias, paralelo a la rápida industrialización del país, como se detalla en la sección 2.3.

2.3 Un invento norteamericano: la universidad de investigación

La visión intelectual de Dewey, así como los factores sociales históricamente coincidentes en la sociedad norteamericana, y su rápida evolución desde finales del siglo XIX, hicieron que, en un proceso prolongado y relativamente caótico, la investigación, y no la docencia, se convirtiera en el elemento más importante de las universidades del país, principalmente en las más prestigiosas. Surgió así un esquema novedoso en lo institucional: la *universidad de investigación*. El importante estudio reciente de Urquiola (2020), reflejado en forma abreviada en MacLeod y Urquiola (2020), traza esa historia desde

el siglo XIX hasta la actualidad, y muestra que ya desde el período de «reconstrucción» posterior a la Guerra Civil se comenzó a perfilar el «modelo norteamericano» en la educación superior, inicialmente de modo espontáneo, guiado por la demanda, que indujo a diversas universidades a incorporar personal de excelencia, y a convertir la investigación en su componente fundamental, *antes* de que Dewey y otros autores desarrollaran la teoría correspondiente.

Hasta la Guerra Civil de 1861-1865, los *colleges* habían sido en general pequeños y con escasos fondos. Muchos ofrecían solo dos años de estudio, como los actuales *community colleges* de jurisdicción municipal, en lugar de los cuatro años que son la regla general en los *colleges* universitarios (Geiger, 2000). Brindaban «un currículum elemental, estrecho y rígido, enseñado por profesores no especializados y a menudo mal pagados» (MacLeod & Urquiola, 2020: 3). Muchos docentes eran elegidos con criterios ajenos a su nivel académico o a su grado de especialización, y no había incentivos para que hicieran investigación. Aun en las universidades más prestigiosas, como Harvard, los salarios docentes eran muy bajos y los criterios de selección (del personal y de los estudiantes), muy tradicionales. En las universidades más antiguas, el ser hijo de un egresado de la misma universidad era el principal criterio para la admisión de estudiantes.

Los *colleges* solían pertenecer a una determinada denominación religiosa (metodistas, luteranos, católicos, etc.) y se establecían a demanda de las familias que querían que sus hijos fuesen educados bajo los parámetros de su fe. Buena parte de la enseñanza se orientaba a la formación de clérigos. Aparte de la teología, los cursos ofrecidos eran mayoritariamente los de la educación clásica de la era victoriana, con énfasis en latín y griego, y con muy poco interés en la experimentación científica o las aplicaciones tecnológicas. «Las materias incluían lógica, gramática, matemáticas, música, ciencias físicas (o “filosofía natural”), así como ética y política (“ciencias morales”). [...] En las ciencias, el enfoque era deductivo: se partía de la verdad revelada en textos de gran autoridad, y se aplicaba la lógica para derivar explicaciones de los fenómenos físicos» (Urquiola, 2020: 25; véase todo el cap. 2 de ese libro, referido al período anterior a la Guerra Civil). En esa época, los estudiantes más brillantes (y de familias con suficientes medios económicos) eran enviados a Europa para hacer sus doctorados, principalmente en Alemania y el Reino Unido, dado el limitado alcance de los posgrados en el país.

Después de la Guerra de Secesión y el subsiguiente período de Reconstrucción, *algunas* universidades comenzaron (por distintas razones) a incentivar la investigación y el reclutamiento de profesores de más alto nivel, asignando crecientemente los recursos con criterios ligados a las credenciales de cada profesor y su desempeño en investigación, como, por ejemplo, su producción de libros y *papers* originales y el impacto de esos escritos en el progreso de cada disciplina y en el desarrollo de aplicaciones prácticas. Este proceso selectivo y competitivo no fue planificado de antemano por el Gobierno, ni aplicado uniformemente: surgió por iniciativas competitivas de

ciertas universidades, incitadas por la demanda de personal técnico y científico en la academia, la industria y la agricultura, y en parte por donativos privados para el mismo propósito. Se constituyó así un núcleo creciente de universidades de excelencia centradas en la investigación, conocidas en consecuencia como *research universities* o universidades de investigación, donde la formación de posgrado y la investigación tuvieron central importancia; por ello, recibían alumnos de posgrado provenientes de muchos *colleges* de la misma zona y otras más lejanas (Geiger, 1986; MacLeod & Urquiola, 2020; Urquiola, 2020).

Ese carácter competitivo y descentralizado del proceso de modernización universitaria, no planificado centralmente o de antemano, ni dependiente de una autoridad central, generó una *amplia disparidad entre las distintas universidades y dentro de cada una de ellas*. Las reformas emprendidas por las universidades respondían a la demanda originada en la industrialización y la rápida modernización del país, lo que hacía crecer el interés en disciplinas antes desdeñadas, como la ingeniería y la administración de empresas. El éxito de las reformas dependía de muchos factores, entre ellos los recursos económicos de cada universidad y su habilidad para detectar y reclutar profesores con mayor talento. Algunas universidades, como Cornell o Johns Hopkins, pudieron atraer muy tempranamente un mayor número de estudiantes al ofrecer educación de avanzada (de grado y de posgrado) en un amplio espectro de especialidades; las más antiguas, como Harvard o Columbia, se vieron forzadas a tomar también ellas ese camino³⁰. Surgieron (o empezaron a destacarse) también otras casas de estudio, antes de segunda importancia, financiadas principalmente por donaciones privadas (como Chicago o Stanford), o por recursos públicos federales o estatales (como Berkeley o el MIT). Las varias universidades públicas del Oeste o del Medio Oeste que recibieron una dotación de tierras como fuente de ingresos (*land-grant universities*) crearon escuelas de agronomía y veterinaria dedicadas a la experimentación agropecuaria y a la difusión de mejoras técnicas entre los agricultores y ganaderos de cada territorio, así como investigaciones muy variadas en distintos campos de la ciencia y la tecnología. Otras universidades e institutos tecnológicos surgieron por iniciativa privada con orientaciones vinculadas a las tecnologías industriales y a las ciencias de la administración.

Case Western Reserve: una universidad de investigación en la frontera. Un ejemplo del proceso de desarrollo de institutos tecnológicos superiores y universidades de investigación en zonas relativamente alejadas de las grandes ciudades norteamericanas es el caso de dos entidades educativas privadas: la Case School of Applied Sciences (fundada en 1880 en Ohio merced al legado de Leonard Case Jr.; en 1947 pasó a ser llamada Case Institute of Technology) y el Western Reserve College (fundado como *college* en

³⁰ Cf. McCaughey (1974) para el caso de Harvard; Urquiola (2020) para la tendencia general; y Windolf (1997) para una visión más amplia de los procesos sociales y culturales involucrados.

1826 y establecido como *university* en 1882); esta segunda institución estaba ubicada en la «Reserva Occidental» (Western Reserve) del estado de Connecticut; ese territorio fue transferido más tarde al estado de Ohio. Ambas instituciones se fusionaron en 1967 como Case Western Reserve University, con sede central en Cleveland (Ohio). Esas dos universidades incipientes y «de frontera» cuentan con una larga historia de excelencia. Entre otros logros, allí se realizó en 1887 el célebre experimento de Albert Michelson (de la Case School) y Edward Morley (de la Western Reserve) sobre el éter y la velocidad de la luz, que cambió el curso de la Física al crear las bases de la futura teoría de la relatividad (Michelson & Morley, 1887; Fickinger, 2006; Staley, 2008a). Por ese experimento, Michelson (un inmigrante alemán nacido en Prusia) obtuvo en 1907 el Premio Nobel en Física, primer Nobel en ciencias otorgado a un ciudadano de los Estados Unidos. Morley, por su parte, era un químico que enseñaba en la Western Reserve University, cuando ambas casas de estudio aún no estaban unificadas pero ya colaboraban entre sí.

En 1923, un exprofesor de la entonces Western Reserve University, John MacLeod, que en 1918 se había trasladado a la Universidad de Toronto (Canada), obtuvo el Premio Nobel en Fisiología junto con el canadiense Frederick Banting, por su descubrimiento de la insulina y su función, que hizo posible el tratamiento de la diabetes. El logro de ambos investigadores luego estuvo afectado durante largo tiempo por disputas de autoría planteadas por Banting (Rosenfeld, 2002; McHardy & Petrie, 2020; Jörgens & Porta, 2020). Después de Michelson y de MacLeod, otros 15 profesores o graduados de Case Western obtuvieron el Premio Nobel entre 1938 y 2017 (véase la lista de los laureados en https://en.wikipedia.org/wiki/Case_Western_Reserve_University#Nobel_laureates); el más reciente ha sido Richard H. Thaler, en Economía. La Case Western Reserve University es un ejemplo de los institutos de tecnología convertidos en universidades orientadas a ciencias, matemáticas e ingeniería, algunas sin siquiera cambiar de nombre, como el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y el California Institute of Technology (Caltech). Hay en los Estados Unidos otros siete *institutes of technology* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Institute_of_technology_\(United_States\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Institute_of_technology_(United_States))) que se han convertido formalmente en universidades. Lo mismo ha ocurrido con muchas escuelas e institutos técnicos y politécnicos en Alemania y otros países europeos.

El desarrollo de las universidades de investigación atrajo un número creciente de estudiantes de posgrado. Desde 1890, comenzó a decrecer el número de estudiantes norteamericanos que hacían sus doctorados en universidades de Alemania, debido al creciente atractivo de las mejores universidades de los Estados Unidos (Urquiola, 2020: 12; Veysey, 1965: 131). Después de 1900, la masiva afluencia de estudiantes en los posgrados de las universidades de investigación llevó a una creciente selectividad en el ingreso, sobre criterios tanto de capacidad intelectual de los estudiantes como de nivel de ingresos de sus familias. Ello permitió incrementar los recursos de las universidades (por mayores pagos de los estudiantes y por donaciones privadas), y así financiar la con-

tratación de profesores de más alto nivel, a quienes se dotaba de mejor salario y mejor equipamiento para la investigación.

En las décadas posteriores a 1920, el criterio de la capacidad intelectual de los aspirantes a la admisión cobró mayor importancia, por encima de su capacidad económica, aprovechando crecientes recursos públicos y privados para el otorgamiento de becas a los estudiantes más brillantes que no pudiesen costear sus estudios. Esto obedecía en parte a la creciente demanda de personal científico y técnico en el mercado laboral (académico o corporativo). Esto generó un proceso acumulativo que impulsó una mayor exigencia de excelencia a estudiantes y profesores; la mayor exigencia intelectual para el acceso motivó a su vez reformas en la enseñanza primaria y secundaria, así como también en los *colleges*, buscando mejorar la calidad de la enseñanza, y la adopción de sistemas pedagógicos basados en la indagación y la experimentación, para que los egresados pudiesen ingresar en las mejores universidades. Este era el «sistema americano» que comenzaba a ser imitado en Alemania en 1919, un proceso que Weber consideraba inevitable y beneficioso.

Influencias mutuas. En 1919, las universidades alemanas (al decir de Weber) se estaban «americanizando», tomando como modelo las universidades de los Estados Unidos. Estas últimas, a su vez, en la segunda mitad del siglo XIX, *habían tomado como modelo las universidades alemanas*, sobre todo a raíz del programa de intercambio de profesores que vinculó las universidades de ambos países (Brocke, 1991b; Lingelbach, 2006) y la implementación en Alemania de las reformas de Friedrich Althoff. Estas reformas impulsaron la investigación científica y tecnológica en las universidades, que antes se centraban en la enseñanza de grado, incrementando la importancia de la investigación en medicina, ciencias naturales y tecnología, como más tarde también en derecho, economía y otras ciencias sociales. El intenso proceso de intercambio de profesores entre Alemania y Estados Unidos en los últimos decenios del siglo XIX y comienzos del XX fue un medio muy poderoso para que los esquemas del sistema alemán, incluyendo las innovaciones de Althoff, fuesen conocidas, apreciadas e imitadas en América, y también para que las innovaciones americanas dentro de ese proceso tuviesen eco en Alemania (Veysey, 1965; Turner & Bernard, 2000). En los Estados Unidos, esas innovaciones fueron implementadas con mayor facilidad y en forma más creativa, por la mayor flexibilidad institucional y el carácter descentralizado de la educación norteamericana.

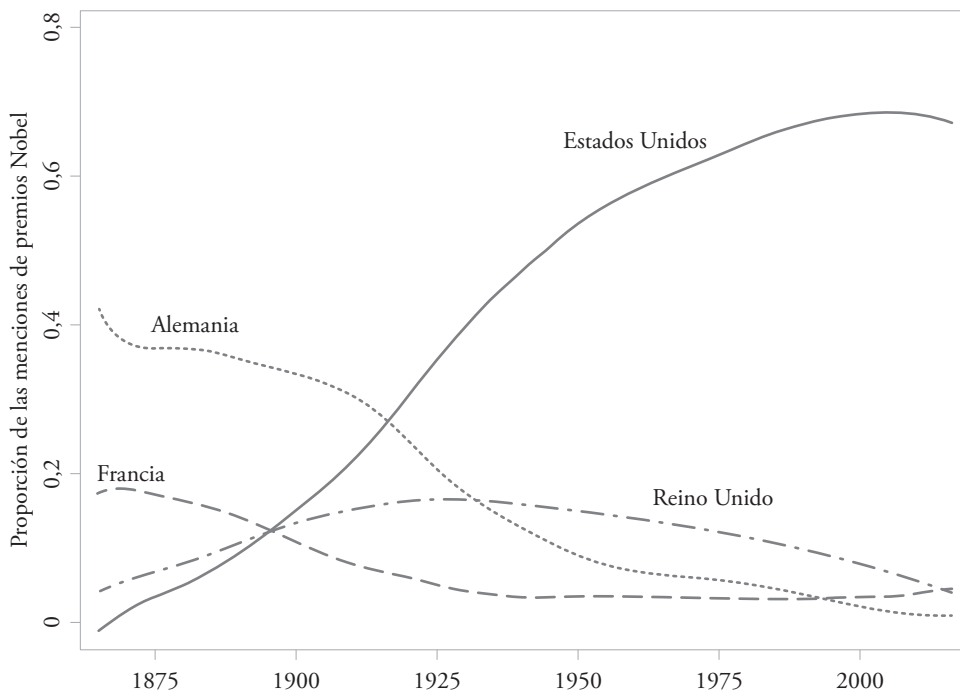
No obstante esas mutuas influencias, Senn (1993) observó que la importancia del «sistema Althoff» como modelo para las universidades americanas *ha tendido a permanecer desconocida o ignorada* en la literatura norteamericana sobre el tema, donde casi no hay menciones de Althoff, al menos hasta la fecha de su estudio. «Dónde está Althoff», se pregunta Senn en el título de su artículo dedicado a examinar la literatura relevante.

Las principales universidades dedicadas a la investigación tuvieron durante y después de la Segunda Guerra Mundial un aliciente adicional: los cuantiosos fondos públicos para investigación aplicada, asignados en forma directa por el Estado o en conjunción con grandes empresas tecnológicas (Graham & Diamond, 1997; Kleinman & Vallas, 2001). Esto reforzó el proceso competitivo y selectivo basado en el talento y en la investigación científica y tecnológica. En las universidades de investigación, el nivel de posgrado (maestría y doctorado), pese a representar entonces una porción minoritaria del alumnado, se convirtió en el área más importante en términos de presupuesto; su alumnado en el posgrado también creció, pues esas universidades atraían no solo estudiantes de los *colleges* de la misma universidad o de su misma área geográfica, sino también de otras zonas del país en las que no había universidades de ese tipo (Dorn, 2017; Geiger, 1986; Goldin & Katz, 1999; Hoxby, 2009; Urquiola, 2020). La masificación del alumnado también se acentuó en la segunda posguerra a resultas del G. I. Bill, una ley que facilitó y financió el acceso al *college* para millones de soldados que volvían al país después de haber participado en la guerra.

Los investigadores más talentosos del mundo gradualmente fueron atraídos hacia los Estados Unidos, y las universidades americanas más importantes se centraron esencialmente en la investigación, reclutando así a los científicos más calificados. Esto se aprecia en la figura 1, tomada de MacLeod y Urquiola (2020) y de Urquiola (2020), sobre las universidades a las cuales estuvieron asociados (sea como estudiantes o como profesores) los laureados con el Premio Nobel en Física, Química, Medicina o Economía (es decir, excluyendo los Nobel de la Paz y de Literatura). Este indicador se basa en las biografías de los premios Nobel de esas disciplinas desde que existen esos premios (1901), y por tanto registra todas las universidades a las que esos científicos estuvieron asociados desde mucho antes (y hasta mucho después) de ser galardonados con el Premio Nobel. Estos datos (para los más antiguos) empiezan a mediados del siglo XIX; los más recientes llegan hasta los años iniciales del siglo XXI.

La figura 1 muestra que en 1855-1900 los (futuros) premios Nobel en ciencias se graduaban y trabajaban en su gran mayoría en universidades europeas. Alrededor del 35-40% de las menciones corresponden a Alemania; un 15-20%, a Francia; y un 5-10%, al Reino Unido. Estados Unidos, donde en 1855 no estudiaba o enseñaba ningún futuro premio Nobel, superó a Francia y al Reino Unido hacia 1895, y alrededor de 1920 estaba superando a Alemania. Luego, los Estados Unidos siguieron incrementando su participación en el total de menciones, no solo después de 1945, sino también en las dos décadas precedentes. Al inicio del siglo XXI, trabajaban en universidades de los Estados Unidos cerca del 70% de los ganadores vivos de Premios Nobel en ciencias naturales o Economía. Este proceso, así como la afluencia de estudiantes foráneos hacia universidades estadounidenses, se refleja, como se verá en la sección 2.7, en el creciente uso del inglés como *lingua franca* de la ciencia.

Figura 1
Universidades en la biografía de los premios Nobel en ciencias: proporción por fecha y países (curvas suavizadas por regresión).



Fuentes: MacLeod y Urquiola (2020: 2), Urquiola (2020: 5). Leyendas traducidas del original en inglés.

Son varias y de larga data las razones del creciente predominio de las universidades de investigación de los Estados Unidos entre las instituciones en que se forman y trabajan tantos premios Nobel (*cf.* Zuckerman, 1977). Una de esas razones ha sido, sin duda, el nivel de salarios. En su esfuerzo para atraer profesores de alto nivel hacia universidades americanas (sobre la base de mejores salarios y más abundantes recursos de investigación), las universidades norteamericanas adoptaron un régimen flexible que permitía ofrecer sueldos competitivos a cada profesor según sus cualificaciones, mientras que en Europa (como ocurre aún hoy en América Latina) los profesores percibían el sueldo establecido por categoría y antigüedad, con pocas diferencias interindividuales. Junto con los mejores salarios, las *research universities* asignaban a los investigadores una menor carga docente, la posibilidad de trabajar en proyectos de más amplio alcance, y más libertad para iniciar o desarrollar programas novedosos, en comparación con los rígidos cánones europeos. En esas universidades, los estudios de posgrado suelen tener más alumnos que los de grado (*college*), al atraer graduados de otros *colleges*, regiones o países.

En ese marco institucional, la demanda de personal altamente calificado por parte de las empresas, el Gobierno y las instituciones académicas tendió a impulsar la búsqueda de excelencia, aunque solo una proporción limitada de universidades ha logrado figurar entre las más exitosas en el logro de ese objetivo. Este tipo de proceso, muy vinculado con la oferta y la demanda, genera, como es usual, una gran disparidad de resultados. Por ejemplo: si bien casi el 70% de los ganadores vivos del premio Nobel están o han estado asociados con universidades de los Estados Unidos, la inmensa mayoría de ellos han estudiado o han sido profesores en solo un grupo relativamente reducido de universidades; entre las 86 universidades mencionadas al menos siete veces en las biografías de los premiados, 32 están en los Estados Unidos, donde también están 7 de las 10 universidades más citadas. De las 3120 menciones que aparecen al menos cuatro veces en las biografías consideradas, más de la mitad (1548) se refieren a instituciones situadas en los Estados Unidos (Urquiola, 2020: 12-14)³¹.

Urquiola (2020) interpreta que las principales universidades de los Estados Unidos se convirtieron en centros de excelencia, atrayendo los mejores intelectos y una gran cantidad de recursos, en virtud de varios factores institucionales: autonomía y autogobierno de las universidades; relativa facilidad para crear y desarrollar nuevas instituciones (lo que alienta la competencia entre ellas); y amplia libertad para que las universidades elijan sus campos de especialización y el rango de actividades a las cuales se dedican (incluyendo enseñanza, investigación, publicación, consultoría y otras).

2.4 Una americanización híbrida

En el siglo XX, en algunos casos alrededor de la Primera Guerra Mundial, y en muchos otros después de la Segunda, la investigación evolucionó hacia un sistema más complejo, con programas y proyectos de amplio alcance, a menudo involucrando varias disciplinas e instituciones, y con fuerte énfasis en el posgrado. En ese proceso, los Estados Unidos fueron los principales innovadores, luego seguidos por el resto de los países, sobre todo los europeos (Urquiola, 2020; MacLeod & Urquiola, 2020). La investigación y la innovación ganaron gradualmente terreno en universidades antes dedicadas primordialmente a la enseñanza (y a la investigación de tipo artesanal). El investigador se convertiría así crecientemente en un asalariado especializado en investigación, que depende para su labor de una institución que tiene acceso a los «medios de producción científica» necesarios para proyectos de gran escala. El modelo «artesanal» se volvía obsoleto, mientras que, como lo percibió Weber (1979: 185), la ciencia empezaba a «americanizarse».

³¹ El total de 3120 menciones se refiere a universidades mencionadas por lo menos cuatro veces. Hay unas pocas con menos de cuatro menciones, y todas están en países relativamente marginales en este tema: Estonia, Pakistán, Portugal y Ucrania tienen tres menciones cada uno; Egipto es mencionado dos veces; y otros ocho países, solo una vez cada uno.

Al mismo tiempo, el desarrollo de la ciencia y su penetración en diversas industrias y actividades demandaba un número cada vez mayor de profesionales con formación científica, lo cual obligaba a ampliar las regulaciones elitistas o «plutocráticas» que limitaban el acceso a la universidad o a la docencia universitaria³². *La universidad tendía a hacerse más masiva*, con cambios profundos en su estructura, no solo en Alemania o los Estados Unidos, sino en todos los países avanzados (Titze, 1983; Jarausch, 1983; Ash, 2006; Boyer, 2016). En Europa, como también en América Latina (y también en los Estados Unidos), el Estado subsidia masivamente las universidades públicas, que son gratuitas o muy baratas para los estudiantes. En los Estados Unidos hubo universidades y *colleges* privados desde el siglo XVII (el primero, fundado por el clérigo puritano John Harvard, se estableció en 1636 y dio origen a la actual Universidad de Harvard); en cambio, hasta después de 1950 las universidades privadas eran escasas o inexistentes en Europa y también en América Latina. Muchas universidades privadas han obtenido recursos externos que permiten becar a una parte de sus estudiantes; esos aportes han sido menos frecuentes en las universidades públicas en tanto estas no tuviesen mayor flexibilidad en la obtención de recursos (lo que se ha vuelto más frecuente en el siglo XXI). La capacidad de obtener recursos externos, donde existió, convirtió a las universidades (sobre todo las privadas) en entidades con acceso más igualitario, ligado a la capacidad individual de los estudiantes antes que al nivel de ingresos de sus familias, pues la mayor parte de las universidades privadas implementaron becas para los estudiantes menos pudientes, y lo mismo hace el sector público mediante becas y préstamos.

Ese proceso de «americanización», que en Europa se inició a comienzos del siglo XX, se acentuó en las últimas décadas de ese siglo, cuando los países europeos, los principales países asiáticos y muchos de América Latina, incorporaron ciclos de máster y Ph. D. *como añadidura* después de los tradicionales títulos profesionales o licenciaturas. De este modo, se instauraron *sistemas híbridos*, en los que las modalidades norteamericanas de posgrado se incorporaban a un sistema tradicional que permanecía esencialmente sin cambios. En esos países, en efecto, se accede a los ciclos de maestría y doctorado a los 24-26 años, después de haberse graduado en una carrera profesional de 5-6 años que se cursa luego de 12-13 años de estudios primarios y secundarios. Este sistema «híbrido» prolonga significativamente la duración total de los estudios en los países europeos (y latinoamericanos). En los Estados Unidos, en cambio, los estudiantes inician la maestría

³² Sobre la evolución institucional y sociológica de las universidades de Estados Unidos en el siglo XX es recomendable la visión de Barzun (1993). Dada su larga vida, que abarcó más de un siglo (1907-2012), Jacques Barzun fue un excepcional testigo de los cambios en las universidades en el siglo XX. Nacido en Francia, migró con su familia a los Estados Unidos en 1919, y cursó allí sus estudios secundarios y universitarios en la década de 1920. Llegó a ser un importante crítico cultural y un puente intelectual entre Francia y los Estados Unidos. La primera edición de su libro sobre las universidades apareció en 1968, en medio de los disturbios estudiantiles asociados a la Guerra de Vietnam, el hedónico pacifismo *hippie* y el agitado Mayo francés. Barzun siguió observando la escena académica y cultural hasta el inicio del siglo XXI.

apenas egresados del *college*, a los 20-21 años, sin un previo título profesional, pues el *college* solo da una educación genérica (aunque de contenido flexible y electivo). Esto es posible porque en el sistema educativo norteamericano *se ha reducido considerablemente el tiempo dedicado al aprendizaje de conocimiento preexistente*, y se ha expandido la educación *indagativa y experimental* que involucra a los estudiantes en la investigación y los habitúa a afrontar problemas complejos mediante sistemas educativos que fomentan la colaboración, la indagación y la experimentación. Esto presupone una formación primaria y secundaria que haga posible ese tipo de educación universitaria.

El sistema híbrido que se materializó gradualmente en los países europeos y en los de América Latina, sobre todo a partir de 1970, instaura un currículum de estudios muy prolongado. En Italia, por ejemplo, el sistema educativo actual (sin considerar el nivel preescolar o «escuela de la infancia») comprende un ciclo obligatorio de ocho años que incluye la escuela primaria (5 años) y la «secundaria de primer grado» (3 años), también denominada «segundo ciclo educativo» o «liceo». Luego de esa educación obligatoria existe la secundaria superior o «de segundo grado», que dura otros cinco años, un total de 13 años que empiezan a la edad de 6 años y normalmente terminan a los 19³³. El examen de *maturità*, que habilita para ingresar a la enseñanza terciaria, se toma luego de la secundaria superior, a los 19-20 años. Después de aprobarlo se accede en Italia al nivel terciario. Este, a su vez, incluye dos modalidades: las *universidades* y los *institutos profesionales terciarios* de tipo técnico o artístico (equivalentes a las escuelas técnicas superiores o politécnicas de Alemania y otros países). Las universidades italianas tradicionalmente otorgaban un título profesional, la *laurea*, oficialmente llamada *laurea di dottore*, en una disciplina o profesión determinada, con una duración de cuatro o cinco años. Ahora las universidades otorgan una *laurea triennale* (de tres años) y una *laurea magistrale* que exige dos años adicionales, de modo que se egresa como mínimo a los 25 años. La *laurea di dottore*, que (como su nombre lo indica) era concebida tradicionalmente como un «doctorado» pero en la práctica era solo una licenciatura, ahora ha sido sustituida por la *laurea trienal* y la *laurea magistrale*. Después de obtener una *laurea magistrale*, en el sistema italiano se han añadido además los estudios de posgrado de tipo «americano», que otorgan unos grados académicos basados en los típicos diplomas de posgrado de las universidades norteamericanas: un «máster universitario» (típicamente un año o dos, más una tesis) y/o un doctorado de investigación (*dottorato di ricerca*), similar al *Ph. D.* anglosajón, que requiere no menos de tres años y una tesis doctoral. La edad típica de graduación es de unos 30 años.

Después del doctorado de investigación, para ser elegible como candidato a un cargo de profesor universitario se requiere además obtener la «Habilitación Científica Nacio-

³³ Como alternativa a la secundaria superior se puede optar por los institutos de formación técnico-profesional que ofrecen carreras técnicas o artísticas más breves (tres o cuatro años), con una edad de egreso de alrededor de 17-18 años.

nal» en una determinada especialidad o «sector concursal». Hay 190 «sectores concursales» (es decir, especialidades) y cada uno está a cargo de una comisión nacional específica, la cual debe realizar una «valoración analítica de los títulos y de las publicaciones científicas»³⁴. Cada comisión establece los «umbrales mínimos» que deben reunir los candidatos a la habilitación, que se otorga diferenciadamente para cargos de profesor asociado o de profesor ordinario. En el sistema italiano, los habilitados en una determinada especialidad deben superar posteriormente dos concursos públicos competitivos para ser designados como profesores *de esa especialidad*: un primer concurso para cargos de profesor asociado, y luego otro para acceder a un cargo de profesor ordinario o catedrático, que normalmente ocurre *por lo menos* dos o tres años después de haber sido nombrado como profesor asociado. Es legalmente posible presentarse y aprobar el concurso de profesor ordinario sin ser primero profesor asociado, pero no es lo usual³⁵.

De esta manera, en Italia (como en Alemania y en otros países europeos) el sistema se ha vuelto *híbrido*: subsiste como base el viejo esquema de formación profesional (una licenciatura de cuatro o cinco años), al que se añaden ahora los ciclos de maestría y doctorado, tomados esencialmente del modelo americano, con la crucial diferencia de que en Estados Unidos se accede a los estudios de maestría y doctorado a los 20-21 años, al terminar la formación genérica recibida en el *college*, es decir, unos cinco años antes que en el híbrido sistema europeo (que es también el de América Latina). Por otra parte, el sistema americano no incluye la fase previa de «habilitación» que se aplica en Europa.

De este modo, en la «americanización» europea (y latinoamericana) la culminación del doctorado solo es posible a una edad muy superior a la usual en los Estados Unidos. Luego hacen falta en promedio varios años para obtener efectivamente un cargo de profesor asociado, y otros varios años adicionales para ser nombrado profesor ordinario. A la edad en que ingresan al doctorado (alrededor de 26 años), muchos estudiantes, probablemente carentes de fortuna personal, ya tienen obligaciones familiares y laborales que les impiden o dificultan el acceso a los estudios doctorales. En Italia, el Estado otorga una beca a un gran número de estudiantes del *dottorato di ricerca*, pero su monto no es competitivo frente al ingreso que un joven profesional con *laurea magistrale* podría obtener en la esfera privada, al menos en muchas especialidades científico-técnicas cuyo mercado profesional o laboral es favorable; aun sin considerar los compromisos familiares, la beca resulta en cambio esencial para hacer estudios doctorales en especialidades menos rentables, sobre todo en Humanidades. La larga duración de los estudios tiende así a desalentar la dedicación de los estudiantes a la actividad académica de más alto nivel, al menos en las áreas científico-técnicas y en algunas disciplinas humanísticas con mejor perspectiva laboral (como el Derecho o la Economía). Como veremos más

³⁴ Véase la Ley 240 del 30 diciembre 2010, artículos 16 y 18, en <https://www.camera.it/parlam/leggi/102401.htm>

³⁵ Véanse detalles en <https://www.miur.gov.it/web/guest/sistema-educativo-di-istruzione-e-formazione>

adelante (cap. 5), algo similar ha ocurrido con la «americanización» de las universidades en América Latina.

2.5 De la ciencia artesanal a la ciencia organizada

El pasaje de la «ciencia artesanal», protagonizada por investigadores solitarios en proyectos con una modesta escala en el aspecto material, hasta la ciencia organizada que actualmente caracteriza a la organización de la actividad científica de los países más avanzados, incluye dos aspectos esenciales: (a) el pasaje de los proyectos «*pequeños*», con un solo investigador (que a veces, pero no siempre, podía contar con uno o más asistentes), a *proyectos o programas «grandes»* con múltiples investigadores que afrontan proyectos complejos, de mayor escala y (usualmente) mayor alcance y más larga duración; y (b) el surgimiento y predominio de las investigaciones en que colaboran distintas disciplinas y especialidades, es decir, el trabajo científico *interdisciplinario* (que en algunos casos es *transdisciplinario*). A estos aspectos se refieren las secciones siguientes (2.5.1 y 2.5.2).

Hacia 1920, algunas disciplinas utilizaban equipos gigantescos, aunque los proyectos aún estaban a cargo, en la mayoría de los casos, de investigadores individuales. En 1917 comenzó a funcionar en California el Observatorio Mt. Wilson, que hasta 1949 fue el más grande del mundo. Trabajando en ese lugar en forma individual, el joven astrónomo Edwin Hubble (1889-1953) realizó en la década de 1920 dos descubrimientos fundacionales de la astronomía y la cosmología. En primer término (Hubble, 1926), determinó que las llamadas «nebulosas» no pertenecían a la Vía Láctea, sino que se trataba de «nebulosas extragalácticas», situadas a distancias muy superiores a las de la Vía Láctea. Pocos años después, Hubble (1929) descubrió que las «nebulosas extragalácticas» más lejanas se alejaban de la Tierra a una velocidad que aumentaba conforme aumentaba la distancia en que estaban ubicadas, lo cual condujo al concepto de un universo en expansión, y (aplicando esas velocidades al pasado) permitió luego llegar a la idea de que el universo se había originado en un evento puntual, el llamado «Big Bang». En ambos trabajos, Hubble sigue haciendo referencia a las «nebulosas», aunque en realidad se trataba de otras galaxias similares a la Vía Láctea, algo que contradecía la idea, hasta entonces prevaleciente, de que la Vía Láctea constituía el total del universo. La distancia de las galaxias lejanas era estimada mediante un método desarrollado por la astrónoma Henrietta Leavitt (1908); su velocidad fue estimada por Hubble en función del corrimiento de las bandas espectrales de su luz (similar al cambio en la frecuencia del sonido de una sirena cuando se aleja del observador), aunque las estimaciones cuantitativas de Hubble eran poco precisas y tendían a sobreestimar la velocidad relativa de las galaxias (entre sí o respecto de la Vía Láctea). Hubble comprobó la correlación entre la distancia estimada de las galaxias y el corrimiento hacia el rojo en las líneas espectrales de su luz. Se limitó a medir y reportar esos datos, que interpretó como efecto de la velocidad radial de las «nebulosas», sin especular sobre la naturaleza de esas supuestas nebulosas

(excepto para indicar que estaban fuera de la Vía Láctea) o sobre las causas por las cuales su velocidad aumentaba en función directa de su distancia, aunque la explicación más lógica (un universo en expansión poblado por muchas galaxias) surgía claramente de sus resultados. Esa explicación había sido adelantada como hipótesis por otros autores, como Lemaître (1917), y fue adoptada luego en forma general por los científicos, incluido Hubble. Los estudios astronómicos de Hubble y otros estudiosos a comienzos del siglo XX seguían siendo emprendimientos *individuales*, aunque el uso de un gigantesco observatorio trascendía los límites de la investigación *artesanal*. Esta transición pronto se profundizaría mediante la colaboración de múltiples investigadores en proyectos de mayor envergadura.

2.5.1 Proyectos grandes con múltiples investigadores

Posiblemente el cambio más importante que se ha registrado en el último siglo en el ámbito de la actividad científica es el gradual pasaje de una investigación mayormente *individual* y *artesanal* a una investigación *organizada*, basada en la *colaboración sistemática de múltiples científicos* en *programas de investigación* complejos, colectivos, a menudo multidisciplinarios, plurianuales, y predominantemente *de mayor escala* que antes.

Las nuevas concepciones y alcances de la educación, que surgieron como resultado de la evolución socioeconómica y de sus requerimientos técnico-cognoscitivos, determinaron también profundas transformaciones en la conexión de la actividad científica y la enseñanza, las que se desplegaron desde comienzos del siglo XX y a lo largo del siglo transcurrido desde que Weber dictaba sus conferencias sobre la ciencia y Dewey comenzaba a formular sus propuestas educativas. Casi todos los países desarrollados han adoptado desde entonces, y sobre todo en las cuatro décadas más recientes, las modalidades pedagógicas introducidas por el «modelo americano» al que aludía Weber, o derivadas de él, aunque ajustándolas a sus propias tradiciones institucionales en materia de educación superior. Ese proceso también ocurrió en los países en desarrollo; en muchos de ellos, no obstante, junto con un menor desarrollo de la investigación científica organizada y moderna, reina aún una concepción de la enseñanza muy alejada de las propuestas de Dewey y de las exigencias del desarrollo científico. La concepción tradicional del saber, que lo considera como algo *dado*, que debe ser *aprendido* y no *producido*, y que en muchos países está presente desde la escuela primaria, origina insuficiencias en la organización de la investigación científica y en la formación de investigadores.

En el siglo XIX, y hasta la Gran Guerra de 1914-1918, los descubrimientos o avances importantes podían ser logrados por investigadores solitarios usando escasos medios materiales, como Charles Lyell en geología; Charles Darwin en biología evolucionaria; Justus von Liebig en química orgánica; Gregor Mendel en genética; Louis Pasteur y Robert Koch en microbiología; Michael Faraday y James Clerk Maxwell en radiación electromagnética; Joseph Fourier, Eunice Newton Foote, John Tyndall y Svante Arr-

henius en el efecto invernadero del CO₂; Ivan Pavlov en reflexología; Ramón y Cajal en neurología; Ernst Mach en la física del calor y del sonido; Dmitri Mendeléiev en la tabla de elementos químicos; Wilhelm Röntgen en rayos X; Pierre y Marie Curie en radioactividad; Albert Einstein y Max Planck en física teórica; Alfred Marshall y Léon Walras en economía; Karl Pearson en estadística matemática; Charles Spearman en psicometría; Émile Durkheim en sociología cuantitativa; Max Weber y Werner Sombart en historia económica; y muchos más. Como ya hemos visto, el famoso experimento de Albert Michelson y Edward Morley que demostró la constancia de la velocidad de la luz y la inexistencia del «éter» (sentando así las bases de la futura teoría de la relatividad) fue realizado por dos profesores de unas universidades de segunda importancia, que trabajaron para ello en el sótano de una residencia estudiantil en un campus universitario, y construyeron personalmente su aparato de medición (Michelson & Morley, 1887; Fickinger, 2006: 18-22; Staley, 2008a). Similar fue el caso de la mayor parte de los inventos y descubrimientos del siglo XIX y principios del siglo XX. Esto contrasta grandemente con los inventos y descubrimientos logrados en los 100 años siguientes. Uribe (2012: 147) se pregunta:

[¿Qué] tienen en común los siguientes descubrimientos del último siglo: la estructura del ADN, la resonancia magnética, la bomba atómica, el láser para la cirugía de ojos, la «revolución verde», el radar y el genoma humano[?] Podemos responder que todos fueron desarrollados a partir de un trabajo colaborativo entre investigadores de diversas disciplinas y fueron el fruto de un número elevado de equipos que indagaron concertadamente, antes que el producto genial de individuos trabajando aisladamente.

En los años que precedieron inmediatamente a la conferencia de Weber, y sobre todo en las décadas subsiguientes, las ciencias naturales desarrollaron aparatos e instalaciones más grandes y de mayor complejidad, no siempre en las universidades, sino también en institutos científicos independientes, en organismos gubernamentales como la NASA o los ministerios de Salud o de Defensa, y en divisiones de investigación y desarrollo de grandes empresas dedicadas a actividades tecnificadas en diversos campos (aviación, astronáutica, armamentos, materiales sintéticos, alimentos procesados, fertilizantes, farmacología y muchos otros).

La «industrialización» y tecnificación de la actividad científica avanzó fuertemente en el siglo transcurrido desde la pandemia de 1918 (Galison & Helvy, 1992). Ello fue perceptible en 2020 en la investigación relacionada con el nuevo coronavirus que apareció en 2019. En muy poco tiempo, se logró secuenciar el genoma del virus, y en unos meses se contaba con vacunas de aplicación general, que redujeron considerablemente la incidencia y letalidad de la enfermedad. Si bien hubo algunas interferencias del poder político con el fin de utilizar las vacunas como instrumentos geopolíticos, en general (en cada país y entre países) se ha evidenciado la extrema complejidad y los amplios alcances del trabajo grupal e interdisciplinario relacionado con la nueva pandemia, así

como la estrecha relación entre institutos de investigación, entidades gubernamentales y empresas, por ejemplo entre la Universidad de Oxford y la empresa Zeneca, o entre el emprendimiento privado de investigación Biontech en Alemania y la empresa Pfizer, una firma farmacéutica multinacional de base norteamericana.

Esta enorme transformación no ocurrió de manera instantánea, sino a lo largo de todo un siglo, y sobre todo en los 60-70 años que precedieron a 2020 (es decir, desde 1950-1960). Los proyectos realizados por científicos individuales fueron gradualmente desplazados por proyectos colectivos a cargo de grupos de trabajo colaborativos, entrelazados a su vez en programas científicos más vastos en los que trabajan muchos investigadores de varias disciplinas, situados generalmente en distintas universidades y en varios países.

En principio, los trabajos científicos publicados no implican necesariamente la colaboración de varias disciplinas: a menudo son realizados por un grupo de investigadores de una misma disciplina. No obstante, la misma tecnificación implica, por un lado, que una disciplina general se subdivide en *varios campos de especialización*, los que frecuentemente evolucionan hasta convertirse en *disciplinas diferentes*, con sus propias cátedras, revistas, departamentos académicos y congresos; por otro lado, esa tecnificación implica que se requerirá la colaboración de diversos profesionales especializados para afrontar aspectos técnicos específicos que no son dominados necesariamente por todos los miembros de un equipo de trabajo. Estos aspectos técnicos incluyen (entre otros) el diseño y producción de los equipamientos y *softwares* requeridos por la investigación, el procesamiento y análisis de los datos, y otros campos análogos. Los productos tecnológicos derivados de unas disciplinas (por ejemplo, microscopios electrónicos, espectrógrafos, resonadores magnéticos, etc.) son usados en otras ramas de la investigación científica, del desarrollo tecnológico o del ejercicio profesional. En esos campos, los participantes necesitan adquirir conocimiento y familiaridad con los desarrollos científicos y tecnológicos que subyacen en cada aparato o proceso que su disciplina utiliza. Aun para el ejercicio profesional de cualquier profesión se requiere comprender acabadamente los alcances de los equipos utilizados y los criterios aplicables para interpretar sus resultados.

Desarrollo de la coautoría. Un indicador de la tendencia hacia proyectos más amplios, en los que participan múltiples investigadores, es la creciente proporción de *papers* con *múltiples autores*, cuando hace un siglo ello constituía una rareza. En los albores de la producción científica (1665-1800), solo un 2,2% de los artículos científicos eran colaborativos en el sentido de tener más de un autor (Beaver & Rosen, 1978: 73). El nivel de colaboración aumentó en la primera mitad del siglo XIX, especialmente en Francia, que fue el país donde primero se profesionalizó la comunidad científica desde la era napoleónica, y donde primero aumentaron los trabajos con varios autores (Beaver & Rosen,

1978, 1979a). Esta primacía de los investigadores franceses no duraría indefinidamente. A finales del siglo XIX, según los mismos autores (1979b), el porcentaje de *papers* con coautoría entre los artículos publicados en alemán e inglés era del orden del 30%, mientras que el porcentaje en lengua francesa había perdido primacía (18%). El porcentaje de artículos con coautores aumentó desde una media de un 20% a comienzos del siglo XX hasta alcanzar alrededor del 60% hacia 1960 (Beaver & Rosen, 1979b: 238). Según Derek de Solla Price (quien usó una base de datos algo diferente a la de Beaver y Rosen), a comienzos del siglo XX, el 80% de los *papers* científicos tenían un único autor; hacia 1960, los artículos de autor único eran solo un tercio; los artículos con dos autores representaban otro tercio; y el resto eran *papers* con 3, 4 o (más raramente) 5 o más autores (Price, 1963: 87-90). Estas cifras de Price concuerdan aproximadamente con las antes citadas de Beaver y Rosen.

Esa tendencia hacia la coautoría se ha acentuado fuertemente desde 1960: en las primeras décadas del siglo XXI, la norma general es la coautoría, y el número medio de coautores por *paper* ha crecido considerablemente. Existen en las últimas décadas programas de investigación en los que participan decenas o cientos de investigadores, dando lugar a *papers* con muchos autores participantes (aunque no necesariamente todos hayan intervenido en la redacción final del artículo). *Papers* con 10-15 autores son, como consecuencia, muy comunes, y hay casos con muchos más; he aquí algunos ejemplos:

- Un artículo de 11 páginas publicado en *Nature Geoscience* sobre cambios abruptos en el clima mundial (Brovkin *et al.*, 2021) tiene en total **31 autores**. Este número de coautores es relativamente alto, pero no es infrecuente, ni está cerca de ser el máximo. Muchos artículos en ciencias naturales o medicina tienen varias decenas (y hasta centenares) de autores.
- El informe final de un estudio colaborativo sobre prevalencia de la obesidad en el mundo, que ocupó solo 16 páginas en la prestigiosa revista *The Lancet* (Ng *et al.*, 2014), tiene **140 autores**. Este número de autores es muy alto, pero está lejos de ser el más alto.
- La primera imagen del masivo agujero negro situado en el centro de la Vía Láctea demandó la cooperación directa de casi 400 científicos pertenecientes a más de 80 instituciones y la utilización de ocho grandes observatorios situados en Estados Unidos, México, Chile, la Antártida y España, en el proyecto Colaboración de Telescopios Horizonte de Sucesos (Event Horizon Telescope Collaboration); el informe principal de 21 páginas, con la lista completa de **381 autores**, se publicó en las *Astrophysical Journal Letters* (Akiyama *et al.*, 2022).
- El informe de los proyectos LIGO y Virgo, en que se reporta la primera observación y medición de ondas gravitacionales generadas por la colisión y fusión de dos agujeros negros, publicado en *Physical Review Letters* (Abbot *et al.*, 2016) tiene solo 16 páginas y **más de 1000 autores**.

Estos ejemplos se refieren solo a los informes finales o generales de proyectos muy amplios, pero en el curso de cada proyecto es habitual que se escriban y publiquen varios artículos, y que se generen diversos documentos internos de trabajo, para sintetizar los resultados de los diversos componentes del proyecto mayor y de las diversas contribuciones que aportaron al logro general. La mayoría de esos informes parciales involucran también más de un autor, y frecuentemente a muchos. Cualquiera de los grandes proyectos antes citados, cuyos informes finales involucran centenares de autores, produjeron también un gran número de informes parciales con múltiples autores, muchos de los cuales son publicados en revistas especializadas con el carácter de artículos independientes.

En forma más general, el *proceso de producción* de los resultados expuestos en el informe final de un gran proyecto requiere la producción previa de múltiples informes parciales, sobre distintos temas y con diferentes niveles de agregación, que sirven de *insumos* o *productos intermedios* para la producción de *papers* más cercanos al producto final. El proceso general es muy similar a la interrelación de varias industrias y empresas en la producción y circulación de un mismo producto final, que requiere insumos físicos, aparatos y servicios provistos por una multitud de procesos productivos, integrados con la producción final en una única empresa o producidos por empresas independientes relacionadas entre sí como usuarias y proveedoras.

Los resultados científicos son así cada vez más el fruto de la división del trabajo y la colaboración entre diversos programas y proyectos, donde intervienen investigadores de varias especialidades, y que a menudo pertenecen a diferentes instituciones y pueden trabajar en diferentes países. Así, el citado proyecto norteamericano LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) se basa en dos complejas instalaciones situadas en Livingston (Louisiana) y Hanford (estado de Washington), es decir, en los extremos de una diagonal que atraviesa todo el territorio de los Estados Unidos; ese doble observatorio detectó por primera vez en 2015 (100 años después de que Einstein lo previera en su teoría general de la relatividad) las ondas gravitacionales producidas por la colisión y fusión de dos grandes agujeros negros situados a 1300 años luz de distancia de la Tierra. Ese proyecto generó el Premio Nobel de Física de 2017 para los tres principales científicos involucrados (Barry Barish, Kip Thorne y Rainer Weiss), pero en el proyecto han participado millares de científicos, ingenieros y otros profesionales (aunque no hubo ningún *paper* firmado por todos). LIGO opera desde 2010, después de varios años de gestación, y en 2022 sigue funcionando.

En estos ejemplos, como en otros, cada proyecto o programa de gran magnitud se compone de múltiples proyectos o subproyectos concretos, los cuales generan múltiples publicaciones cada uno, y pueden durar muchos años, en cuyo transcurso muchos investigadores dejan el programa o se unen a él, de modo que la lista total acumulada de participantes es aún mayor. La organización y el funcionamiento de estos programas

colaborativos pueden (y probablemente deben) ser estudiados como «grandes sistemas técnicos» (La Porte, 1991), que plantean particulares problemas para su gobernanza y operación, aunque la influencia de algunos individuos en posiciones directivas puede ser determinante (cf. Galambos, 1991; Maintz, 1991). Thomas Hughes considera a los grandes sistemas técnicos como una de las «estructuras profundas del mundo moderno» y opina que «estas [estructuras] materiales de nuestro mundo pueden ser ya más importantes que las [estructuras] políticas» (Hughes, 1991: 185). La magnitud de los sistemas organizativos de la producción científica y tecnológica tiende a crecer indefinidamente, de modo que cualquier medición de esa magnitud corre un alto riesgo de tornarse obsoleta en un tiempo relativamente breve.

En cada publicación de un proyecto complejo son citados muchos trabajos anteriores para insertar cada *paper* en su contexto, es decir, en una «conversación» más amplia, para que así el autor pueda justificar el uso de conceptos o métodos que han sido formulados o corroborados con anterioridad por los mismos u otros autores, o (en algunos casos) disentir de ellos, o proponer variantes de su propio cuño. En esos casos de alta complejidad es probable que solo una pequeña fracción de los participantes (directos o indirectos) figure como autor de los informes más comprehensivos. La colaboración interdisciplinaria de muchos especialistas involucra muchas más personas que los autores de cualquier artículo generado por el proyecto. La coautoría es, por ello, un indicador muy limitado de la colaboración científica, la cual es mucho más amplia que lo que podría inferirse por la coautoría de cualquiera de los artículos relacionados con un determinado proyecto.

Expansión de las referencias bibliográficas. Cuando un proyecto complejo ha originado la publicación de múltiples *papers*, lo cual es la situación más frecuente, esas publicaciones previas deben ser naturalmente incluidas en la bibliografía citada por los artículos posteriores. Así, han aumentado no solo los *autores* involucrados en promedio en cada artículo, sino también las *referencias bibliográficas*, cuya tasa de aumento es mucho mayor, pues los artículos citan un número creciente de referencias. Por ejemplo, el artículo de Brovkin *et al.* (2021), citado más arriba, firmado por 31 autores, tiene 103 referencias bibliográficas, es decir 3,32 referencias por autor. En casos con menos autores, el número de referencias por autor puede ser mucho mayor: un artículo con solo uno o dos autores puede citar docenas o centenares de referencias, y por consiguiente un mayor *número medio de referencias por autor*. Como neuronas conectadas en múltiples sinapsis, cada artículo científico es un pequeño nodo en una vasta red de referencias bibliográficas interrelacionadas. Aun cuando se trate de trabajos originados en proyectos diferentes, la preocupación por un mismo tema global suele originar muchas citas mutuas entre los autores, lo cual permite identificar «nubes» o «conglomerados» (*clusters*) de científicos, que son en la práctica miembros (formales o informales) de una comunidad científica virtual o «colegio invisible», ligados a una problemática común aunque no trabajen

juntos y a menudo disientan o compitan entre sí (Jakobs, 1999; Newman, 2001, 2004; Zuccala, 2006).

La autoría colectiva, que Galison (2013) llama también «fragmentación de la autoría», no solo refleja la participación de los autores en la *redacción* de los productos escritos: también alcanza a quienes colaboraron en el *proceso de producción* de esos productos, tal vez generando documentos internos de trabajo (pero no necesariamente el producto final del que son coautores), o diseñando y construyendo los aparatos utilizados (Enderby, 1996; Galison, 2013). La recopilación de Biagioli y Galison (2013) examina varios aspectos de la autoría y la propiedad intelectual en la esfera científica, un campo de extrema complejidad con aspectos técnicos, éticos, jurídicos y económicos. Galison, tomando como ejemplo los gigantescos grupos de trabajo requeridos para la detección de partículas subatómicas mediante aceleradores como el del CERN, se pregunta qué implica la autoría parcial atribuida a cada uno de los miles de físicos, ingenieros y programadores empleados en esos proyectos (Galison, 2013: 325). En esos casos, el «autor» ya no es un individuo; el conocimiento está distribuido entre muchos individuos que colaboran en un proyecto, algunos directamente y otros indirectamente, sin que ninguno domine realmente la totalidad del asunto en sus diversos aspectos. Es esa colectividad colaborativa la que es responsable del resultado final, y esa colectividad es algo más que la lista de individuos, pues incluye también sus interacciones. Sin embargo, a menudo el texto publicado no especifica de qué parte es responsable cada autor, de modo que formalmente todos resultan responsables del producto total. Esa clase de proyectos se denominan «hipercomplejos».

Programas hipercomplejos. La autoría múltiple es llevada al extremo en programas extremadamente grandes y complejos. Uno de los ejemplos más conocidos es el de los observatorios espaciales, como el ya veterano Hubble (lanzado al espacio en 1997) y el nuevo observatorio James Webb (lanzado en diciembre de 2021). Este último es fruto de un proyecto gigantesco, que comenzó en 1996. Es uno de los mayores proyectos científicos de la historia por sus dimensiones, por su costo (unos 10 000 millones de dólares) y por las casi tres décadas que tomaron su diseño, construcción y lanzamiento. Está situado en órbita alrededor del Sol, a un millón y medio de kilómetros de la Tierra. En su desarrollo han colaborado las agencias espaciales de Estados Unidos, Europa, Canadá y otros 17 países. En su operación y mantenimiento, y en el proceso de obtención y análisis de sus datos, trabajan y seguirán trabajando cientos (o miles) de científicos de muchos países en diversos proyectos específicos.

En algunos casos, se trata simplemente de la necesidad de obtener datos provenientes de diferentes países o producidos por diferentes subproyectos. La complejidad no deriva de la complejidad de cada estudio, sino de su especificidad, determinada por las características de cada subproyecto. Por ejemplo, el estudio de obesidad en el mundo

antes citado (Ng *et al.*, 2014) no aborda en sí mismo un problema hipercomplejo, pero requirió diseñar, aplicar y luego interpretar y resumir múltiples encuestas antropométricas y de salud, realizadas y procesadas en diferentes partes del mundo; y esas encuestas tienen de por sí un bajo nivel de complejidad, aunque tocan problemas que requieren de varios especialistas para su diseño e interpretación. En otros casos, el proyecto aborda problemáticas más complejas, con muchos aspectos interrelacionados que requieren múltiples disciplinas y especialidades, como, por ejemplo, muchos estudios sobre temas de frontera en la astrofísica, la aceleración de partículas subatómicas, y otros campos especializados intrínsecamente complejos.

El aumento en el tamaño y complejidad de los proyectos, que los hace complejos o hipercomplejos, es una condición inevitable del trabajo interdisciplinario en gran escala, aun cuando se trate de trabajos que (individualmente considerados) no implican interdisciplinariedad. Esto es algo que sucede habitualmente con la división del trabajo en cualquier campo de actividad: una actividad compleja es dividida y subdividida hasta reducirla a una pluralidad de actividades relativamente simples, que se engarzan en un producto de orden superior, que no podría ser producido por ninguno de los participantes.

En los proyectos hipercomplejos, esta división y síntesis del trabajo ocurre en varios niveles: los proyectos «simples» resultantes de la más elemental división del trabajo en proyectos de alcance limitado producen productos científicos algo más complejos («complejidad de primer nivel»), los cuales dan lugar a productos aún más complejos, «de segundo nivel», y así sucesivamente hasta llegar al nivel del proyecto hipercomplejo en su conjunto. Sin perjuicio de ello, hay también actividades intrínsecamente complejas que deben ser encaradas siempre en forma interdisciplinaria, aun en los estudios de nivel más desagregado. En esa construcción con varios niveles, una de las características del trabajo interdisciplinario es que cada nivel de síntesis implica *tener en cuenta* los detalles del nivel inferior; en una industria cualquiera, el uso de un insumo no implica necesariamente conocer los detalles de producción de ese insumo (se puede usar, por ejemplo, un componente físico –una pieza del automóvil– o un servicio –un seguro o una conexión a bases de datos– sin necesidad de conocer los detalles de producción de esos bienes o servicios. Pero cuando los procesos implican *producción de conocimiento* y ese conocimiento proviene de un aparato o método novedoso, es difícil independizarse en ese sentido: hace falta incorporar el conocimiento producido en el nivel más elemental, y ello puede implicar el conocimiento del método y aparatos usados en esa producción.

En todos los casos, la coautoría surge porque los proyectos involucran a *múltiples investigadores* que *participan* en la producción de los resultados científicos finales. La *magnitud y complejidad de los proyectos* es un reflejo de la creciente *complejidad de los problemas* que esos proyectos tratan de abordar y resolver, lo cual no solo exige varias personas, sino varias especialidades.

Uno de los ejemplos más evidentes de esos casos de interdisciplinariedad intrínseca es el *cambio climático*, como, por ejemplo, el trabajo de Brovkin *et al.* (2021), o los informes de evaluación del IPCC. En ese tipo de estudios concurren varias disciplinas o subdisciplinas, como la física de la atmósfera, la oceanografía, y muchas otras, entre ellas la «biogeoquímica» (que de por sí fusiona varios campos científicos); el análisis de los efectos climáticos de la tecnología industrial y agrícola; los análisis de los bosques y otras formas de uso del suelo en las cuales se acumula o se emite carbono; o la paleoclimatología, una subdisciplina que estima el clima de épocas pretéritas a partir del análisis de antiguos depósitos de hielo, de sedimentos en el lecho de los lagos y ríos o en los suelos marinos, o a partir del número y grosor de los anillos en el tronco de árboles centenarios o milenarios. No hay en el mundo nadie que pueda dominar por completo siquiera uno de los grandes campos de conocimiento relevantes para el análisis del cambio climático; las especialidades finales o elementales son mucho más estrechas; el análisis a nivel complejo implica necesariamente cierto nivel de *confianza* en los resultados de menor nivel. El cambio climático, así como su mitigación o la adaptación humana ante dicho cambio, constituye un problema intrínsecamente hipercomplejo e interdisciplinario, de orden superior al de otros problemas interdisciplinarios más ordinarios.

Se concluye entonces que la creciente complejidad de las problemáticas exige una ciencia crecientemente interdisciplinaria, lo cual impone la colaboración entre disciplinas formalmente separadas, y para ello, a su vez, se necesita que tales disciplinas desarrollen marcos conceptuales mutuamente compatibles, ya que sus resultados ingresarán como piezas de un rompecabezas en la solución de problemas de orden superior. ¿Qué es y cómo opera, en la práctica, el trabajo interdisciplinario? La experiencia de varias décadas permite indagar sobre esta cuestión, que se aborda en la sección siguiente.

2.5.2 El trabajo interdisciplinario: teoría y práctica

Max Weber, en 1919, en un mundo de cátedras unidisciplinarias con poca colaboración entre sí, veía la creciente especialización como un peligro, sin percibir la correspondiente evolución del trabajo científico interdisciplinario, que se desarrolló muy fuertemente en los siglos XX y XXI. Como se ha visto, la creciente complejidad de la actividad científica no solo implica proyectos más grandes y ambiciosos, sino también la conjunción de varias disciplinas (y varias especialidades de cada disciplina) en cada proyecto o programa de investigación. Este proceso, a su vez, reposa sobre un escenario académico con un gran número de disciplinas y subdisciplinas, cada una con un *objeto propio* y dotadas de *autonomía institucional* (cátedras, departamentos, revistas, institutos, sociedades científicas, etc.), y cuyo desarrollo es impulsado por la necesidad de abordar *problemas complejos* que desbordan los límites de cualquier disciplina.

El incremento de la interdisciplinariedad se ha desarrollado así en una gran variedad de disciplinas y problemas científicos, incluyendo varios tipos de colaboración: entre

varias disciplinas concurrentes; entre una disciplina principal y otras disciplinas auxiliares; entre varias especialidades dentro de la misma disciplina; entre investigadores de alto nivel junto con otros que proporcionan insumos técnicos especializados sin ser los principales investigadores de un proyecto; en general, estas y otras modalidades de colaboración ocurren conjuntamente, articulándose unas con otras.

Si bien alguna colaboración entre disciplinas existía desde el siglo XIX, el moderno trabajo interdisciplinario surgió y se consolidó como *sistema organizado* durante el siglo XX, por el influjo conjunto de dos procesos en el desarrollo de la ciencia: la creciente *especialización* de los científicos y la creciente *complejidad* de los problemas científicos (y, por ende, de los programas de investigación que tratan de resolver esos problemas). Entre especialización y complejidad existe una evidente tensión: la especialización lleva a la inmersión de cada científico en un campo reducido de la realidad, mientras la complejidad de los problemas conduce a conjugar varias áreas del conocimiento. Un énfasis excesivo en cualquiera de estos dos aspectos sería fatal para el desarrollo de la ciencia.

Las disciplinas y la especialización. La interdisciplinariedad supone, en primer término, que *un mismo problema* sea abordado por un equipo formado por representantes de dos o más disciplinas, y ello requiere, como condición previa, *que existan disciplinas* bien definidas, dotadas de ciertos atributos que las identifican (una identidad reconocida, una base institucional en términos de cátedras o asociaciones profesionales, una formación profesional cuya base teórica es compatible con la de otras disciplinas relacionadas, un léxico propio de cada disciplina pero comprensible para otras disciplinas relacionadas, unas teorías que caracterizan y delimitan su objeto de estudio como uno de los varios aspectos o componentes de una problemática más amplia, etc.; y que se hayan formado profesionales de cada disciplina con una formación adecuada para afrontar las exigencias del trabajo interdisciplinario; véase al respecto Turner (2000). El trabajo interdisciplinario aparece como *problema* cuando se trata de poner en contacto dos o más disciplinas que hasta ese momento trabajaban en general de manera independiente, y sobre todo si esa colaboración requiere abordar conjuntamente un mismo problema, y asegurar para ello un léxico común, una clara y aceptada división del trabajo, y otras precondiciones que no estaban presentes (ni eran necesarias) en tiempos de Galileo o de Darwin.

Las disciplinas «mayores» o más inclusivas (por ejemplo Física, Química, Biología, Derecho, etc.) se consolidaron como entidades académicas y como profesiones diferenciadas a lo largo del siglo XIX. Diversas subdisciplinas se constituyeron del mismo modo a medida que se definía un campo especial de conocimiento, empezando muchas veces como especialidades de una disciplina más amplia. En ese proceso de institucionalización se creaban cátedras universitarias de cada especialidad, se incluían cursos específicos en los planes de estudio, se constituían asociaciones científicas o profesionales, se escribían libros de texto, se fundaban revistas, se convocaban congresos de las distintas

especialidades, y se establecían programas de grado o posgrado, o ciclos posdoctorales, para la formación de los profesionales o especialistas en cada una de las nuevas disciplinas o especialidades.

En épocas previas, todo ello estaba usualmente fusionado en una gran disciplina «madre», como las Ciencias Naturales o las «Ciencias Morales»; incluso había congresos más amplios, como el de «Artes y Ciencias» realizado en 1904 en Saint Louis (Misuri), al que asistió Max Weber como motivo principal de su viaje a los Estados Unidos. En estas etapas iniciales no existían los procesos de formación de especialistas: esa formación se lograba en la práctica y de manera no formalizada. Ciertos médicos o institutos de medicina se especializaban *de facto* en una «protoespecialidad» como las enfermedades infecciosas o las renales, pero ello no se reflejaba en la formación de los investigadores, en los títulos de posgrado especializados, en el surgimiento de revistas o congresos de cada especialidad, etc. Algo similar ocurría en otras disciplinas.

Dada la relación institucional entre disciplinas, cátedras y profesiones, la consolidación de nuevas disciplinas profesionalizadas dentro de una gran área de la ciencia requirió también la creación de cátedras y de nuevas áreas profesionales o de especialización, lo cual requería un tamaño considerable del alumnado y una diversificación de los títulos universitarios especializados (necesario todo ello para justificar las nuevas cátedras). Si se gradúa una cantidad limitada de físicos por año, no será posible desarrollar y formalizar la formación de físicos especializados en las varias ramas de la Física. Lo mismo ocurre en otras ramas de la actividad científica y tecnológica. La diversificación e institucionalización de las profesiones y especialidades tiene así como requisito funcional la existencia de un alumnado suficientemente numeroso, y ello exige una población estudiantil proporcionalmente más grande.

Nada de esto es posible sin desarrollo económico. Por una parte, el desarrollo económico permite que una más elevada proporción de la población acceda a la universidad; una porción de los graduados permanece en el sistema científico, mientras que otros se dedican a trabajar en tareas profesionales sea en el Gobierno o en las empresas privadas. Un aumento en el número de profesionales que aspiran a una carrera académica, a su vez, permite dar un ámbito institucional y una respuesta, cualitativa y cuantitativamente adecuada, a la creciente demanda de especialización surgida del propio desarrollo de la ciencia y de la economía. Solo de ese modo la actividad científica podría enfocar problemas cada vez más específicos, ya sea en una misma especialidad o con el concurso de varias especialidades. Todos estos procesos se realimentan mutuamente, y son impulsados también por las demandas del mercado laboral de los profesionales de cada área.

La colaboración entre varias disciplinas teóricas o prácticas no surgió tanto del ejercicio propio de cada campo científico o de cada una de las disciplinas que la componen, sino del surgimiento de algunos *problemas complejos*, sea a nivel *teórico* o en algunas *aplicaciones prácticas*, que requerían de varios especialistas pertenecientes a diversas disci-

nas, claramente diferenciadas como campos teóricos y como estructuras institucionales. Este proceso de *especialización* tiene relación también con la *profesionalización* de las actividades técnicas, como los ingenieros, los dentistas o los cirujanos.

Las actividades «técnicas» hasta el siglo XIX se consideraban principalmente como «artes», es decir como «oficios» basados más en la tradición que en la ciencia moderna (Manegold, 1978). Un primer paso fue el reconocimiento de la necesidad de una formación técnica superior para desempeñar algunos de esos oficios. En la Revolución Industrial del siglo XVIII, los primeros «ingenieros» (*engineers*) eran simplemente operarios que sabían operar las máquinas (*engines*), como las locomotoras ferroviarias o las máquinas a vapor en la industria de hilandería, y que lo hacían sobre la base de un aprendizaje práctico, sin ninguna formación o título especial. En la segunda mitad del siglo XIX, los ingenieros pasaron a ser técnicos diplomados, formados en escuelas técnicas medias o superiores, que no tenían aún un nivel universitario. Solo alrededor de 1900 comenzaron a surgir ingenieros con formación universitaria.

En ese proceso, las normas tradicionales de cada oficio se reformularon en términos precisos, usualmente matemáticos. Como los ingenieros mecánicos, también los «maestros constructores», que construían palacios y catedrales sin ninguna educación formal en la materia, fueron gradualmente reemplazados por técnicos egresados de escuelas técnicas, y posteriormente por arquitectos e ingenieros civiles, egresados de instituciones educativas con nivel universitario. En el siglo XIX, las ingenierías, al igual que la arquitectura, no formaban parte de las Academias de Ciencias, y los respectivos profesionales no se formaban en las universidades, sino en escuelas técnicas superiores, unas instituciones no universitarias de nivel terciario. En Alemania, el Kaiser Wilhelm II forzó en 1900 la inclusión de varias ramas de la ingeniería en la Academia de Ciencias de Prusia, aunque ello originó fuertes objeciones y resistencias de parte de los académicos. Al mismo tiempo, algunas escuelas técnicas superiores fueron reconocidas como universidades (en ese carácter, gozaban de más autonomía que las meras escuelas). Varias de ellas, pese a su rango universitario, conservaron el nombre *Technische* (o *Polytechnische*) *Hochschule*. En ese proceso, los viejos oficios fueron adquiriendo un carácter «científico» al incorporar aportes de la ciencia moderna que reformulan sobre bases científicas y matemáticas los conocimientos y métodos tradicionales de cada oficio. La «cientifización» de las ocupaciones técnicas tradicionales fue un proceso lento que se desarrolló a lo largo del siglo XIX y comienzos del siglo XX (Manegold, 1978; Bohme, Van den Daele, & Krohn, 1978; Weingart, 1978).

Algo similar ocurrió con la medicina, y en especial con la cirugía, como lo ilustra Sadler (1978) para el caso del Reino Unido. El desarrollo de la cirugía moderna y la profesionalización de los cirujanos se desarrolló a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. Hasta mediados del siglo XIX, la cirugía y la odontología eran practicadas por personas que no tenían formación médica: a menudo, esas tareas las atendían los llama-

dos *surgeons* o cirujanos, que cuando no estaban realizando esas tareas eran simplemente barberos o matarifes. Los «médicos» o *physicians*, sobre todo los graduados en las escuelas de medicina (es decir, los que no eran simples curanderos) usualmente recetaban medicamentos o «*physicks*» (pócimas, tónicos, infusiones, extractos y otros productos análogos, usualmente preparados por los boticarios, quienes tampoco eran profesionales en términos formales). Los *physicians* recetaban medicamentos, pero no «operaban» sobre el cuerpo del paciente. Esta situación era muy permeable, y pronto surgieron reclamos en la profesión médica y en la sociedad, para poner algún orden regulatorio en lo concerniente a la salud. Esto fue acentuado por la evidente falta de servicios de sanidad en condiciones especiales, como las guerras. Las primeras experiencias bélicas «modernas», como la guerra de Crimea en 1855-1856, o la Guerra de Secesión en los Estados Unidos, la guerra francoprusiana en 1870-1871, o la que enfrentó a algunos reinos italianos con los austríacos en 1859, entre otras, pusieron de relieve las graves pérdidas humanas que ocurrían en los campos de batalla, lo cual generó una demanda de servicios médicos certificados para servir en tales circunstancias. La labor de Florence Nightingale en la guerra de Crimea, o la fundación de la Cruz Roja como secuela de la guerra italoaustríaca en 1859, expresaron la creciente demanda de profesionales sanitarios certificados.

Desde alrededor de 1870, ante las demandas de los Gobiernos sobre cuidados médicos en los campos de batalla, y una proliferación de curanderos y cirujanos improvisados de toda índole, se intensificó el reclamo de formalizar la profesión médica (así como la odontología, la enfermería, la farmacología y otras especialidades primarias de la salud). En ese proceso también se requirió que la cirugía fuese realizada solo por médicos (doctores en Medicina, o *medical doctors*), quienes estarían habilitados para recetar medicamentos y *también* para realizar cirugías. En varios países, hasta ahora o hasta hace pocos años, las facultades de Medicina otorgan u otorgaban títulos mixtos de «médico cirujano» y no simplemente de «médico», un eco lejano de la antigua dualidad de esas dos profesiones. Los dentistas empíricos del siglo XIX también fueron desplazados por los odontólogos profesionales, y proliferaron también las escuelas de Farmacia, Bioquímica y Enfermería.

La apropiación de la cirugía por la profesión médica y el surgimiento de profesiones auxiliares como las enfermeras profesionales y la formación de técnicos o profesionales universitarios en farmacia y bioquímica estaban más o menos completados (a nivel regulatorio) hacia el año 1900 o poco después en los principales países desarrollados, y comenzaban también en algunos países periféricos. El caso de la cirugía en Gran Bretaña puede servir como ejemplo ilustrativo (Sadler, 1978). Para cualquier intervención quirúrgica, antes practicada por un «cirujano» que probablemente no había egresado de una facultad de Medicina, pronto se estableció la exigencia de que el responsable fuese un médico debidamente calificado, que además debía especializarse en una determinada *rama de la medicina*, y por consiguiente en un cierto *tipo de cirugía*: traumatología,

gastroenterología, sistema cardiovascular, etc.). Obviamente, la implementación de esta política requiere como precondition la formación de «médicos cirujanos» en número suficiente.

En esa cirugía «moderna», ya en el siglo XX, también se empezó a requerir la intervención de un médico anesthesiólogo, y en muchos casos la de un médico cardiólogo, para controlar el estado del paciente durante la cirugía, así como también la de otros especialistas fuera del quirófano, incluyendo bioquímicos y radiólogos; la cirugía también comenzó a requerir el desarrollo técnico de determinadas ramas de la industria, como las que fabrican los medicamentos, las prótesis y los aparatos e instrumentos usados por los médicos y otras profesiones relacionadas. La medicina así se volvió más *profesionalizada* y crecientemente *especializada*; se generaron varias *disciplinas* dentro del campo de la medicina o en campos relacionados; y la práctica médica empezó a requerir médicos especialistas y profesionales no médicos (como radiólogos y bioquímicos, así como enfermeros, fisioterapeutas, psicólogos y otros). En el proceso, los tratamientos médicos se profesionalizaron, y las prácticas médicas se volvieron necesariamente interdisciplinarias. Esta interdisciplinariedad inicial ocurría *entre profesiones relacionadas con la medicina*, pero con el tiempo fue necesario incorporar a la industria química para la preparación estandarizada de medicamentos, y también el diseño y producción de aparatos y utensilios requeridos por la medicina (estetoscopios, fórceps, bisturíes, equipos de radiología, etc.).

Un proceso análogo ocurrió en las ingenierías; por ejemplo, en proyectos de irrigación combinados con generación hidroeléctrica deben intervenir especialistas en geología, agricultura, hidrología, hidráulica, construcción de represas y canales, generación eléctrica, análisis económico, juristas especializados en derechos y restricciones sobre el uso del agua, y otros. El proceso de especialización y de interdisciplinariedad afectó también a los temas puramente científicos, los cuales (al igual que los tecnológicos) exigen la colaboración de varias disciplinas, como es el caso de la caracterización y proyección del clima y del cambio climático, todo ello afrontado por un campo especial, la climatología, que es multidisciplinaria desde su origen, como ya se ha comentado más arriba.

Las disciplinas no se constituyen solo con el fin de estudiar un *tema*, es decir, una mera área temática. Son los *problemas* teóricos o prácticos de un campo complejo de conocimiento los que originan el desarrollo de *especialidades diferenciadas*. Estas especialidades pueden llegar a constituir disciplinas o subdisciplinas institucionalmente distintas, y a encarar proyectos complejos que exigen colaboración entre varias especialidades o disciplinas (Chubin *et al.*, 1986) debido a la creciente complejidad de la ciencia y la creciente especificidad de las subdisciplinas. Ello exige la profesionalización y otras formas de institucionalización de cada disciplina o especialidad (escuelas, posgrados, revistas especializadas, etc.). Se incorpora así a la enseñanza superior *como disciplina o como profesión* lo que antes había sido un arte u oficio no formalizado (como la cirugía, la construcción y manejo de máquinas, la bioquímica, etc.). En ciertos casos, se consti-

tuye primero un campo profesional amplio (como la ingeniería), que más tarde puede dar lugar a varias ramas profesionales relativamente independientes como las varias «ingenierías» que provienen de antiguos artes u oficios. Así, surgen campos profesionales que se ocupan de temáticas específicas, como la ingeniería civil, la ingeniería química, la ingeniería aeronáutica, la ingeniería mecánica, la ingeniería electrónica, la ingeniería de sistemas, la ingeniería industrial y otras.

La aparición de problemas complejos (como el cambio climático) lleva a la *interrelación práctica* de varias especialidades científicas o técnicas que son representadas por especialistas e instituciones que antes eran relativamente independientes entre sí. La conjunción entre la complejidad de los problemas y la especialización de los profesionales lleva naturalmente al planteo del trabajo interdisciplinario, primero como necesidad y posibilidad, luego como práctica concreta. En algunos casos, un campo interdisciplinario da lugar a una *nueva profesión*, siempre que la complejidad no sea excesivamente amplia, lo que impediría tener profesionales de alcance global (por ejemplo, no hay aún «climatólogos» formados como tales para afrontar todo el rango de problemas de la climatología, y tampoco hay «ingenieros genéricos»). Como ejemplo contrario, los médicos tienen la posibilidad *formal* de ejercer todo el rango de las especialidades médicas, las cuales a su vez no implican un título profesional específico, sino solo una certificación de haber cumplido con el programa pedagógico de cada especialización; un médico que se haya especializado como cardiólogo no pierde la posibilidad *legal* de atender a un enfermo que padezca, por ejemplo, una enfermedad renal o neurológica, o cualquier dolencia ajena a su especialidad, aunque un tratamiento profundo de esos casos requerirá sin duda de un especialista por razones *objetivas* de dominio cognitivo de la respectiva especialidad.

El desarrollo profesional, científico e institucional de las disciplinas, como especialidades formales y (sobre todo) como profesiones específicas, ocurrió principalmente desde el siglo XIX, y sobre todo a partir de 1850, en un proceso que diversificó gradualmente las disciplinas primigenias (que eran pocas y de amplia cobertura) en varias disciplinas o subdisciplinas de menor amplitud, y que profesionalizó muchos antiguos oficios llevándolos al nivel de carreras técnicas y, finalmente, universitarias. A partir de este escenario de creciente especialización y profesionalización, la colaboración interdisciplinaria tomó forma, y fue explícitamente conceptualizada como una forma de investigación científica, solo a lo largo del siglo XX, y sobre todo en las últimas décadas de ese siglo. Luego de esa etapa inicial, en las últimas décadas se ha acumulado una extensa bibliografía sobre el trabajo interdisciplinario en general, y sobre su utilización para diferentes campos de investigación científica o tecnológica. La complejidad misma de la ciencia lleva a la colaboración entre distintos especialistas, que por ello son también corresponsables del producto final.

El fomento de la interdisciplinaria en la educación superior sigue siendo impulsado fuertemente por las Naciones Unidas; en la más reciente «hoja de ruta» (Unesco,

2022), se identifican varios retos o desafíos en ese campo: acceso equitativo, financiado y sostenible a ese nivel de educación; promover una «experiencia de aprendizaje integral del estudiante»; pasar de la concentración en diferentes disciplinas «a la inter- y transdisciplinariedad, el diálogo abierto y la colaboración activa entre diversas perspectivas»; promover el «aprendizaje durante toda la vida»; pasar «de un archipiélago jerárquico y débilmente conectado de instituciones y programas a un sistema integrado con diversidad de programas y vías de aprendizaje flexibles que los conecten para ampliar las oportunidades educativas de jóvenes y adultos y evitar los callejones sin salida»; pasar de lo que denomina «modelo industrial de escolarización» al desarrollo de «experiencias de aprendizaje pedagógicamente informadas y tecnológicamente enriquecidas en las que los estudiantes gestionan sus propios itinerarios de aprendizaje» (Unesco, 2022: 28-33).

Para profundizar el análisis del trabajo interdisciplinario

Son muy escasos los textos anteriores a 1970, más allá de alusiones genéricas o expresiones de deseos; un temprano ejemplo es Luszki (1958). Véanse los trabajos pioneros incluidos en Apostel (1972), un libro colectivo que incluye (entre otros) el significativo trabajo de Jantsch (1972) y, poco después, Jantsch (1980); estos y otros estudios brotaron de una iniciativa de la Unesco para promover la interdisciplinariedad. Dentro de la vasta bibliografía posterior a ese período, sobre interdisciplinariedad en general véanse Kline (1995); Kocka (1987); Klein & Porter (1990); Klein (1990a, 1990b, 1996, 2000, 2005, 2008, 2010, 2015, 2021); Klein *et al.* (2001); Birnbaum-More, Rossini & Baldwin (1990); Friedman & Friedman (1990); Hübenthal (1991, 1994); Reinalter (1996); Salter & Hearn (1997); Van Raan (2000); Weingart & Stehr (2000); Eurab (2004); NAS-NAE-IM (2005); NSF (2006); Karanika-Murray & Wiesemes (2009); Wiesemes & Karanika-Murray (2009); Holland (2013); Pardalos & Rassias (2014); Gethmann *et al.* (2015); Gethmann (2015); Hall *et al.* (2018); Repko & Szostak (2016); Last (2018); Hall *et al.* (2018); Pedersen (2021); Mäki (2016); Mäki y MacLeod (2016); Marchionatti y Cedrini (2013); Huutoniemi *et al.* (2010); Jacobs & Frickel (2009); Allwood *et al.* (2020); Barry & Born (2013); Akçesme, Baktır & Steele (2016); Bhaskar, Danermark & Price (2018); Hokanson *et al.* (2021); Darden & Maull (1977); Callard & Fitzgerald (2015); Frodeman (2014); Graff (2015); Moran (2002); Strathern (2004); Waldeck, 2019; Frodeman, Klein & Mitcham (2010); y Lury *et al.* (2018). Sobre la interdisciplinariedad en determinadas disciplinas o problemas: Frodeman *et al.* (2010: 78-188); Balköse *et al.* (2019, Química); Balsiger, Defila & Di Giulio (1996, Ecología); Berntson & Cacioppo (2008, Neurociencias); Bottomore (1983, C. Humanas); Decker (2001)

y Decker & Grunwald (2001) (Tecnología); Ellis, Hartley & Walsh (2010, Derecho Penal); Gonçalves (2009, ciencias cognitivas); Gontier & Pina (2014), Pina & Gontier (2014) y Serrelli & Gontier (2015), en evolución biológica; Immelmann (1987, ciencias naturales y humanas); Kappas *et al.* (2012, salud); Kessel, Rosenfield & Anderson (2003) y Kessel *et al.* (2003, 2008), en salud y ciencias sociales; Klaas *et al.* (2015) en biocombustibles de biomasa; Kriegel-Schmid (2017, mediación); Lyall *et al.* (2011, varias disciplinas); Snee *et al.* (2016, ciencias sociales digitales); Zelinka *et al.* (2014, sistemas complejos); Guille-Escuret (2018) y Bhaskar *et al.* (2018) sobre integración de estudios de sistemas sociales y naturales en «sistemas socioecológicos». Jacobs (2013) señala *riesgos* del trabajo interdisciplinario si este lleva a descuidar el análisis especializado. Una tendencia contraria es el «imperialismo» o «colonialismo» científico, en que una disciplina invade y «ocupa» campos ajenos: *cf.* el caso de la economía en Mäki (2009, 2012, 2016).

Hace un siglo, la especialización (una precondition del trabajo interdisciplinario) era vista como un problema o un peligro, al menos desde las ciencias humanas y también desde la óptica de la política educativa. En su conferencia de 1919, al referirse a la experiencia íntima de la «vocación» por la ciencia, Weber lamentaba que la especialización quitaría al científico la posibilidad de lograr personalmente un determinado avance de la ciencia: su contribución sería solo un fragmento de un logro científico necesariamente colectivo. Más aún, la transformación de la ciencia «artesanal» en una ciencia mucho más «tecnificada», que utiliza instrumentos cada vez más complejos, pone en primer plano la figura del «técnico científico», es decir, el personal que de algún modo es «auxiliar» pero que requiere un alto nivel de preparación profesional, en contraste con el tradicional «asistente», en general un estudiante o alguien con una preparación profesional de alcance limitado.

En una actividad científica altamente tecnificada, el personal «auxiliar» suele tener igual o mayor calificación profesional que el científico con el que colabora. Por ejemplo, los genetistas a cargo de la secuenciación del genoma de un animal o un ser humano, para un estudio –por ejemplo– sobre una enfermedad genéticamente condicionada, son probablemente profesionales altamente calificados, quizá tanto o más que los médicos especializados que están investigando esa enfermedad. Lo mismo cabría decir de los análisis basados en el decaimiento de materiales radioactivos sobre los fósiles estudiados por un paleontólogo: el especialista en análisis por isótopos radioactivos tiene seguramente una calificación comparable con la del paleontólogo, o quizá superior. Ninguno de esos profesionales podrá sentirse «autor» individual del resultado, ya que este será fruto de una labor conjunta de varios o quizá muchos especialistas, en una «fragmentación» de la autoría en correspondencia con un saber «distribuido» entre varias especialidades y

disciplinas (Galison, 2013; Galison & Helvy, 1992). La «ciencia en gran escala» es necesariamente interdisciplinaria, pues en ella reina la división del trabajo, bajo un principio básico de integración de especialidades para un propósito común, y con autoría compartida.

Junto con la complejización de la actividad científica surge también la necesidad de la *formación masiva de personal científico* en todas las disciplinas. Las exigencias y posibilidades que brotan del desarrollo económico hicieron que las universidades, antaño un reducto minoritario de las clases más pudientes, se convirtieran en instituciones masivas que dan formación científica y técnica a millones de jóvenes, quienes trabajan luego no solo en la investigación propiamente dicha, sino también en los organismos públicos y empresas privadas que utilizan la ciencia y la tecnología para finalidades sociales o económicas. Todos estos procesos han transformado profundamente la actividad científica en el siglo transcurrido desde la conferencia de Max Weber; el enorme crecimiento cuantitativo del personal científico y de la actividad científica en general se examina con más detalle en la sección 2.8. Antes es conveniente repasar el desarrollo de algunos sistemas propios de la ciencia contemporánea, como la *peer review* (sección 2.6) y el surgimiento de una lengua común de la ciencia (sección 2.7). Si bien su origen es anterior, ambos procesos se ampliaron y consolidaron durante los últimos 100 años o poco más, y se complejizaron y subdividieron mucho más a partir de mediados del siglo XX, o desde fechas más recientes. Estos procesos se convirtieron en rasgos definitorios de la actividad científica contemporánea, y probablemente lo seguirán siendo durante el siglo XXI, aunque con inevitables transformaciones tecnológicas en las actividades propias del sistema científico.

2.6 *Peer review*: la validación de la ciencia

Una importante y profunda transformación de la actividad científica durante el último siglo ha sido la reglamentación y utilización masiva del sistema (existente desde el siglo XVII) de *revisión por los colegas* (*peer review*) para validar la producción científica y procurar que sus resultados observen las reglas y protocolos que regulan la actividad científica. Esto tiende a asegurar un nivel aceptable de calidad y originalidad en las publicaciones científicas, y a detectar tempranamente errores u omisiones de los manuscritos. Aun con limitaciones que se han vuelto más visibles en el siglo XXI, el sistema de *peer review* es un componente central de la actividad científica.

La revisión de los manuscritos científicos por comités de especialistas, como precondición para su publicación, es el modo que ha encontrado el sistema científico para seleccionar productos científicos y autorizar o legitimar su publicación. El sistema, aún con imperfecciones, se ha convertido en un elemento central de la comunicación científica, y no solo sirve para determinar si un artículo puede ser publicado, sino para otras muchas finalidades: las publicaciones que han pasado la *peer review* se consideran de al-

gún modo como «certificadas» en su calidad científica; sus autores, por acumulación de publicaciones así calificadas, pueden acceder a puestos universitarios, obtener estabilidad en esos cargos (*tenure*) y obtener subsidios para financiar sus investigaciones más allá del aporte de la universidad en que trabajan. El sistema tiene una larga historia (como se revisa en la sección 2.6.1). Evolucionó desde sus modestos orígenes hasta moldear un régimen internacional de regulaciones y «buenas prácticas» que alcanzó amplia vigencia desde mediados del siglo XX, y sobre todo desde el advenimiento y gradual expansión de la digitalización y de la internet, o sea aproximadamente desde 1980.

2.6.1 La Royal Society of London, cuna de la *peer review*

El desarrollo del sistema de *peer review* comienza embrionariamente en el siglo XVII. Se originó, en efecto, en la Royal Society of London (Atkinson, 1999; Bryson, 2010; Hunter, 2006; The Royal Society, 2015). Esta institución comenzó a funcionar en noviembre de 1660 para la promoción del conocimiento experimental. En pocos años (1666), logró el patronazgo explícito del rey Charles II, con lo cual adquirió autonomía y pasó a llamarse simplemente The Royal Society. Los miembros eran un conjunto de entusiastas de la experimentación, quienes presentaban sus informes ante el Concejo (Council) de la Sociedad, que recibía también comunicaciones de científicos (o aficionados a la ciencia) residentes en otros países o en otras regiones del Reino Unido. La Sociedad carecía inicialmente de un medio de difusión. Desde 1665, los textos de las comunicaciones y artículos presentados a la Sociedad comenzaron a ser volcados en folletos publicados periódicamente con el título de *Philosophical Transactions of the Royal Society*, una revista publicada con autorización de la Sociedad, pero costeadada y editada privadamente por el secretario de la Sociedad, que entonces era Henry Oldenburg; así lo dispuso el Council de la Sociedad el 1 de marzo de 1665:

Se resuelve: Que las *Philosophical Transactions*, que serán preparadas por el señor Oldenburg, sean impresas el primer lunes de cada mes, si él tiene suficiente material para ello; y que el folleto sea licenciado bajo la autoridad del Concejo de la Sociedad, una vez revisado por alguno de los miembros. (Zuckerman & Merton, 1971, reproducido en Merton, 1973b: 463)

Como lo indica esta resolución, la decisión de publicar un artículo quedaba en la práctica en manos del secretario de la Sociedad, editor de las *Transactions*, con solo una indicación general de que los *papers* fuesen revisados por alguno (o algunos) de los miembros de la Sociedad, lo cual no está claro si incluía o no al propio Oldenburg (quien de hecho publicó varios *papers* que solo él había leído). Esta resolución expresa el principio general de la revisión por los pares o colegas del autor, pero no existía aún un reglamento preciso para tomar las decisiones de publicar o no publicar un determinado material, y a menudo la decisión era del propio secretario.

La tarea de publicar y costear privadamente las *Transactions* fue heredada durante cerca de 90 años por los sucesores de Oldenburg, en un esquema que no estaba muy formalizado y generó algunos conflictos y disidencias. Esto llevó con el tiempo a disputas sobre determinados *papers*, y por ello la Sociedad tuvo que tomar eventualmente una mayor intervención en el asunto. El sistema se formalizó más rigurosamente en 1752, cuando la Royal Society se hizo formalmente responsable de editar y costear la publicación de la revista, y estableció un «Committee of Papers» encargado de decidir cuáles artículos podían ser publicados (Kronick, 1990). Se toma 1752 como punto de partida del primer sistema formalizado de *peer review*, pero la resolución de 1665 es considerada como el origen del principio general de la revisión por los colegas como requisito para la publicación de artículos y otras comunicaciones científicas.

El sistema estipulado en 1752 funcionó sin cambios por los 80 años subsiguientes. En la década de 1830, el Committee of Papers fue *subdividido en dos grandes campos científicos*, las ciencias físicas y las biológicas, para asegurar que cada trabajo fuese examinado por personas versadas en el tema, y no por cualquier miembro de la Sociedad que en ese momento formase parte del Committee. Esta subdivisión por disciplinas originó la publicación separada y simultánea de dos «series» de las *Transactions*, una para cada campo científico, lo que se mantiene hasta la actualidad: una serie para las Ciencias Físicas y Matemáticas, y otra para las Ciencias Biológicas. El sistema fue desarrollado y regulado con mayor detalle por George Stokes, quien fue secretario de la Sociedad por muchos años (1854-1890); las reglas de Stokes siguen funcionando, con algunos ajustes, hasta la actualidad.

Cada una de las dos series básicas de las *Transactions* constituye una revista separada; en la actualidad, la serie A se refiere a Matemáticas, Física e Ingeniería (no incluye Química); la serie B cubre todas las Ciencias Biológicas. Ambas revistas publican periódicamente números especiales dedicados a una problemática específica. Además, se publican desde principios del siglo XXI tres *journals* adicionales. Ellos incluyen *Biology Letters*, que se inició como revista trimestral, pasó luego a bimestral, y desde 2013 es mensual; publica artículos breves de investigación en todos los campos de la biología, así como comentarios y otras contribuciones similares. Este *journal* es de publicación rápida: se estima que entre la presentación de un *paper* y su publicación transcurren en promedio solo 24 días, incluyendo la *peer review*. En segundo lugar, se publica mensualmente *Interface*, dedicado a trabajos sobre las relaciones entre ciencias biológicas y físicas (estas últimas en este caso comprenden Física, Química, Ingeniería, Ciencia de Materiales, y Matemáticas). Paralelamente, se publica *Interface Focus*, un *journal* bimestral en que cada número se ocupa de un tema específico en el que las ciencias físicas interactúan con las biológicas.

Desde los primeros años de existencia de la Royal Society, otros *journals* científicos surgieron en varios países. Por ejemplo, en el mismo año inicial de las *Transactions*

(1665), apareció el *Journal des Sçavans*, publicación oficial de la recientemente fundada Académie des Sciences en París (que aún usaba una ortografía arcaica de la palabra *savants* o «sabios»). Hacia finales del siglo XVIII, ya había alrededor de 400 revistas semejantes, de muy diversa calidad, periodicidad y regularidad, publicadas por diversas asociaciones científicas de muchas disciplinas y especialidades, en diversos países y ciudades. La mayor parte de estos *journals* ha desaparecido; quedan, sin embargo, diversos sobrevivientes, y sin duda las *Transactions of the Royal Society* y sus series y *journals* especializados son los ejemplos más longevos e importantes que siguen apareciendo regularmente hasta la actualidad. A lo largo de los siglos XIX y XX, surgieron muchos nuevos *journals*, que publican artículos previamente aprobados mediante *peer review*. En el siglo XXI, el sistema enfrenta nuevos desafíos.

2.6.2 La *peer review* en la era de la información

Siguiendo el modelo de la Royal Society of London, sistemas similares fueron adoptados por otras instituciones análogas y sus revistas, las cuales en general eran el órgano de difusión de las distintas sociedades científicas. La lista actual comprende varias *decenas de miles* de revistas; la Web of Science (WoS), con criterios de inclusión bastante estrictos, incluye en 2022 unos 35 000 *journals*; cada uno de ellos produce varios números por año (típicamente entre 4 y 12, aunque la periodicidad varía desde anual hasta semanal). Cada número contiene una cantidad variable de piezas bibliográficas (artículos, notas, reseñas, etc.); esa cantidad puede variar según la revista, desde algunas que publican menos de 10 títulos por número, hasta las que publican más de 100.

Ese subconjunto se complementa con una cantidad aún más grande de publicaciones con *peer review* que no están incluidas en la WoS, y circundadas por un número grande pero indeterminado de revistas, boletines y otras publicaciones científicas que no han implementado un sistema reconocido de *peer review*, que en muchos casos no tienen el carácter periódico de las revistas, y que en general no están indizadas en la WoS. Aparte de los *journals*, en la misma WoS hay actualmente cerca de 200 000 actas (en inglés *proceedings*) de congresos, simposios y conferencias, que en general (pero no siempre) tienen alguna forma de *peer review*, y cuyo número aumenta en varios miles por año. Cada uno de esos *proceedings*, como cada número de las revistas, contiene muchos artículos, reseñas y notas, que en cada caso son típicamente varias docenas. Muchos *proceedings* que surgen de congresos y que incluyen trabajos espontáneamente presentados por los asistentes al congreso, suelen incluir solo un subconjunto de trabajos, seleccionados mediante alguna forma de *peer review*, pero ello no está suficientemente reglamentado para todos los casos, y tampoco todos proceden de ese modo.

Hasta comienzos del siglo XX era más frecuente que los científicos publicasen *libros* (que entonces carecían de *peer review*) y no artículos en revistas (con o sin *peer review*): en 1910, por ejemplo, John Dewey señalaba como algo remarcable y novedoso que «el

pensamiento filosófico actual» se publicara, «con algunas notables excepciones, en revistas más que en libros», y que ello indicaba «una filosofía en transición y reconstrucción» (Dewey, 1910: iii); esto no solo afectaba a la filosofía, sino a todos los campos de investigación: crecía la publicación en revistas más que la publicación en libros. Los artículos publicados en revistas generalmente reflejan puntos teóricos o metodológicos muy específicos, o los resultados de experimentos concretos, antes que un tratamiento sistemático completo de una determinada temática (o problemática), lo cual en general exige una exposición más extensa. Darwin, como otros autores del siglo XIX incluyendo a Lyell y Mach, entre muchos otros, produjo principalmente libros. Einstein, por su parte, desde un comienzo produjo solo *papers* (más de 300 a lo largo de su vida).

A finales del siglo XX o comienzos del XXI, los libros científicos (cuando no son manuales didácticos o recopilaciones de artículos) suelen estar destinados a un público más amplio, educado pero menos especializado, como por ejemplo *El gen egoísta* (Dawkins, 1976), *Breve historia del tiempo* (Hawking, 1988) o *Un universo de la nada* (Krauss, 2012). Aparte de la difusión de sus investigaciones o sus ideas, estos libros destinados a un público amplio son también el origen de ingresos, a veces cuantiosos, para los autores (los cuales en general no reciben pago alguno como autores de artículos o como evaluadores en la *peer review*). Estos libros pueden tomar varios años para ser escritos y publicados, y los más exitosos tienen reiteradas reediciones y traducciones, mientras que los artículos se escriben y se publican en un plazo más corto, y generalmente aparecen una sola vez, pero aportan eficientemente a la difusión relativamente rápida de experimentos o estudios específicos *entre los especialistas de cada tema*, que suelen ser los lectores principales de los *journals* de las distintas disciplinas y especialidades.

Algunos científicos, sin embargo, prefieren todavía publicar sobre todo libros, no para evitar la *peer review* (que se aplica en muchos libros científicos) ni para llegar al gran público, sino para poder desarrollar mejor un tema complejo; véase, por ejemplo, en ese mismo campo, el obituario de Negishi (2006) sobre el economista japonés Michio Morishima (1923-2004): Morishima publicó buena parte de su obra en forma de libros, pues consideraba que la amplitud de sus escritos no hubiera podido ajustarse a los límites de extensión fijados por los *journals*, que prefieren cortos análisis técnicos antes que propuestas conceptuales de mayor envergadura. Lo mismo ocurrió con *El fenotipo extendido* de Richard Dawkins (1982), un libro orientado a la comunidad científica interesada en la evolución biológica, y que Dawkins considera como su principal aporte científico original.

En los siglos XIX y XX, las revistas eran consideradas como una vía rápida para informar resultados novedosos de la investigación, en comparación con los libros comprensivos. Esto cambió en el siglo XXI. La velocidad de publicación en muchas revistas impresas resulta muy lenta ahora; el plazo determinado por la impresión y envío de las revistas y el tiempo que requiere la *peer review*, se vuelve demasiado largo frente a la

mayor rapidez de la difusión *online*, la cual plantea nuevos desafíos. Muchas revistas publican los artículos en su edición digital mucho antes de que aparezca la revista impresa, y muchas revistas ya se publican *solo en forma digital*. Muy pocas revistas son tan rápidas como las *Biology Letters* de la Royal Society. También por esta razón, en algunas disciplinas se publican no solo revistas trimestrales o cuatrimestrales, sino también boletines (a menudo con las palabras *letters* o *newsletters* en el nombre de esas publicaciones), que aparecen con frecuencia mensual o semanal, como un medio de difusión rápida de textos breves que reportan resultados experimentales u observacionales, y otros asuntos urgentes; esas breves notas se publican con una *peer review* más rápida (a menudo ejercida sumariamente por el consejo editorial de cada boletín). El sistema normal de *peer review*, en cambio, puede tomar varios meses, sobre todo cuando los revisores piden que el autor introduzca aclaraciones o cambios en el texto antes de aprobar la publicación.

La elección de los revisores está a cargo del editor o director de la revista, o de un pequeño comité editorial. Esas personas, además, pueden rechazar de plano (sin someterlos a revisión) aquellos *papers* que claramente no son adecuados para su publicación, por cualquier motivo (tema ajeno a la revista, poca calidad, etc.). La elección de revisores puede estar sesgada por las preferencias de los editores; ello puede llevar ocasionalmente a la aceptación de trabajos con errores, o al rechazo de trabajos que luego se revelan valiosos. Por ejemplo, el innovador artículo de Fischer Black y Myron Scholes (1973) sobre la valuación de ciertos activos financieros fue presentado a dos diferentes revistas de finanzas, que lo rechazaron; finalmente, se publicó en una revista más general aunque muy exigente y prestigiosa (*The Journal of Political Economy*). Pese a los rechazos iniciales, por ese artículo Scholes obtuvo el Premio Nobel de Economía en 1997 (Black había fallecido en 1995). Sobre otros *papers* de Economía injustamente rechazados, véase Shepherd (1995).

En resumen, el sistema de *peer review* se desarrolló gradualmente a partir de sus orígenes en la década de 1660, hasta convertirse en la regla general. En la actualidad, se ha extendido a un gran número de publicaciones y disciplinas, y se hizo más riguroso y estandarizado durante el siglo XX y las primeras décadas del siglo XXI (Zuckerman & Merton, 1971; NRC, 1978/1981; Bornmann, 2011, 2013). La *peer review* actualmente se aplica no solo a la publicación de artículos y libros científicos: también se usa para evaluar el otorgamiento de subsidios a proyectos de investigación, para la designación o ascenso de los profesores, para la aprobación de tesis doctorales, e incluso para fundamentar decisiones o recomendaciones de política como las del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, que funda sus proyecciones y recomendaciones exclusivamente en trabajos publicados con *peer review*, y somete sus informes a una *peer review* masiva con centenares de revisores.

La *peer review* apunta a brindar un primer control de calidad de los documentos escritos en que se vuelca la producción científica (teórica, empírica o metodológica). La aprobación no requiere que los revisores estén de acuerdo con las conclusiones del traba-

jo: solo deben evaluar si el trabajo refleja estándares metodológicos válidos, y si se basa en el estado actual del conocimiento para hacerlo avanzar con nuevos datos o nuevos desarrollos conceptuales. A los que pasan esa prueba les espera también el juicio masivo de sus colegas, que pueden *revisar y criticar* los trabajos publicados, *repetir* los experimentos o análisis para verificar los procedimientos y los resultados, y *citar* los trabajos publicados, como antecedentes de sus propios trabajos o como objeto de sus críticas.

Como se verá en las secciones 2.8 y 2.9, desde la década de 1960 surgieron herramientas cuantitativas para medir el impacto de las publicaciones, sobre la base de la cantidad de veces que una publicación es citada por otros investigadores. Esas herramientas bibliométricas surgieron a mediados del siglo XX, antes de la revolución digital, cuando todo se hacía sobre papel y utilizando (si era el caso) grandes computadoras centralizadas (*mainframes*). En las últimas décadas, esas herramientas y sus bases de datos dependen en gran medida de los recursos informáticos y de la internet.

La *peer review* es ante todo una herramienta para la *circulación y evaluación* de los resultados de la actividad científica. La circulación, a su vez, está potencialmente afectada por el uso de determinadas lenguas en los trabajos escritos. Por ello, antes de analizar la importancia y desarrollo de las herramientas bibliométricas y del procesamiento de la información científica, conviene revisar antes (en la sección 2.7) la disparidad lingüística de la producción científica, y la gradual adopción de una lengua común, que durante el siglo XX facilitó crecientemente la comunicación científica a escala global, y permitió una circulación y validación más amplia de los trabajos científicos.

2.7 Una lengua en común

Uno de los más importantes factores en el desarrollo de la ciencia durante el siglo XX y las décadas iniciales del siglo XXI fue el establecimiento y consolidación del idioma inglés como *lingua franca* de la ciencia. Ese proceso no fue diseñado, acordado, decretado o planificado *a priori*, sino que evolucionó gradualmente como fenómeno emergente de la estructura internacional de la ciencia, y la dinámica de la prevalencia diferencial de distintos lenguajes entre los científicos.

2.7.1 El lenguaje de las ciencias y las artes hasta inicios del siglo XX

Desde la Edad Media hasta mediados del siglo XVIII o algo más, la ciencia occidental tenía un carácter internacional. En ese período, el papel de *lingua franca* lo desempeñaba el latín, la lengua en la que escribieron Copérnico (polaco) Francis Bacon (inglés), Descartes (francés), Kepler (alemán), Newton (inglés), Linneo (sueco), Volta (italiano) y muchos otros. Desde mediados del siglo XVIII, sin embargo, el latín perdió gradualmente esa preeminencia. Hasta comienzos del siglo XX, la ciencia se desarrolló crecientemente (como otras áreas de la cultura) sobre carriles «nacionales»; los científicos

escribían principalmente en su propia lengua nacional, o en alguna de las principales lenguas europeas con influencia sobre cada zona específica de origen o residencia de los científicos. Esas lenguas «principales» fueron el inglés, el francés y el alemán. Una porción todavía importante de la producción científica, sin embargo, se publicaba en alguna otra lengua, como el español, el italiano, el neerlandés, el ruso y otros idiomas europeos; lo mismo comenzaron a hacer, hacia finales del siglo XIX, los científicos japoneses, cuya importancia creció rápidamente tras la apertura de su país hacia la modernización y hacia Occidente en la «restauración Meiji» iniciada en 1867. Pero ese uso de lenguas nacionales minoritarias reducía las posibilidades de difusión internacional de esos trabajos.

En resumen, la ciencia abandonó el latín en el siglo XVIII, pero *no derivó inmediatamente hacia otra lengua común*. La relativa dispersión lingüística de la producción científica, escrita predominantemente en lengua nacional (o en unas pocas lenguas principales), se prolongó desde las últimas décadas del siglo XVIII hasta la Primera Guerra Mundial, y en alguna medida hasta la Segunda. En ese período había múltiples revistas científicas en checo, polaco, sueco, danés, portugués, japonés y otras lenguas; circulaban principalmente en sus países o áreas lingüísticas de origen. Los *papers* casi nunca eran traducidos a otra lengua de igual o mayor circulación internacional. Los que no eran publicados en una de las lenguas principales, no alcanzaban la repercusión que hubiesen tenido en el caso opuesto. Algunas veces, lo que dificultaba la circulación de los trabajos científicos no era solo la lengua en que fueron escritos, sino también el lugar geográfico, el número de ejemplares impresos, el ámbito de difusión de la publicación, o la lengua predominante de los artículos publicados en cada revista. Por ejemplo, la obra de Mendel sobre genética fue publicada en 1866 en alemán, pero en una remota y desconocida revista de una asociación de «naturalistas» en Brno (en alemán Brünn), una ciudad secundaria de la actual República Checa; no tuvo repercusión internacional hasta su redescubrimiento y subsiguiente traducción al inglés a comienzos del siglo XX (Mendel, 1866, 1901).

La ciencia se escribía en alguna de las lenguas europeas más importantes (alemán, inglés, francés) o en lenguas nacionales menores (español, checo, polaco, húngaro, ruso, sueco y otras). En la segunda parte del siglo XIX, se produjo la unificación de múltiples entidades políticas menores en grandes naciones o «imperios», como el Reino de Italia en 1870, el Imperio alemán en 1871 y el Imperio austrohúngaro en 1867. Varios países europeos expandieron también su periferia colonial en Asia o Africa, difundiendo así sus lenguas fuera de Europa. Esto favoreció la convergencia hacia las lenguas principales, cuyo uso por la ciencia estaba más desarrollado. Hacia la Primera Guerra Mundial ya había ocurrido una fuerte convergencia en favor de esas lenguas «mayores»; los autores cuya lengua materna era alguna de las lenguas «menores» ya publicaban también en las lenguas «principales», sobre todo en la lengua dominante de los imperios o áreas de influencia geopolítica en las cuales cada científico había quedado incluido. Así, por

ejemplo, los polacos, checos o húngaros comenzaron a publicar en alemán, mientras los neerlandeses o suecos tendían a publicar más bien en inglés. En ese proceso tendió a predominar una u otra de esas lenguas principales, confluyendo finalmente en el inglés.

2.7.2 El ascenso del inglés como lengua de la ciencia

Cuando Weber dictó su conferencia, la lengua alemana era mayoritaria como lenguaje de la ciencia. En el período de entreguerras, y más aún desde 1945, se afianzó gradualmente *el inglés* como lengua predominante de la actividad científica. La ciencia adquiría así una nueva *lingua franca*. Las dos principales funciones de una *lingua franca* son: (a) ser la lengua de preferencia para las publicaciones; y (b) servir como lengua *mediadora* en los intercambios entre personas que no pueden entenderse en sus respectivas lenguas de origen.

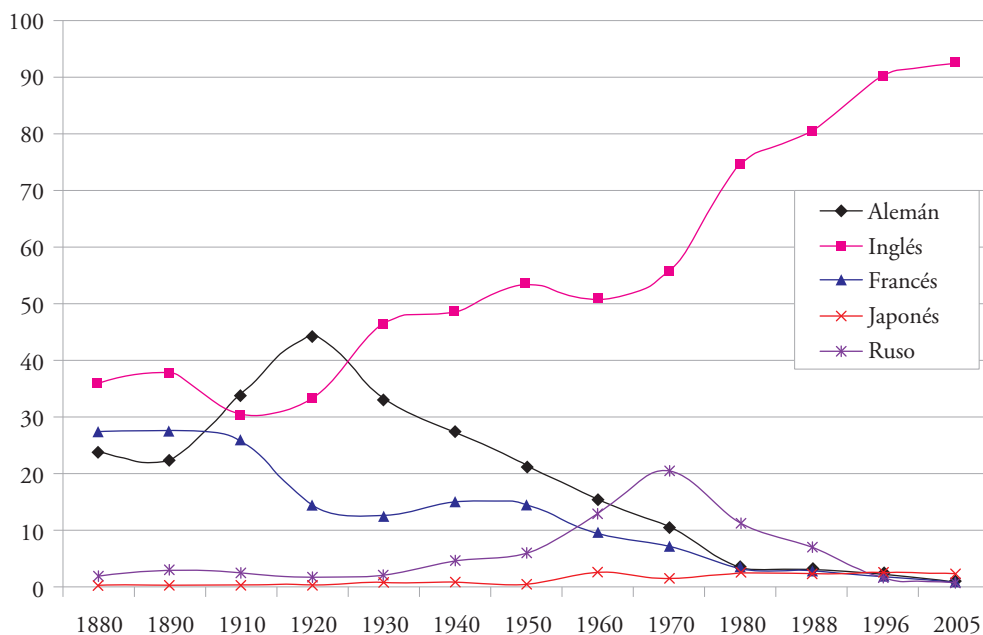
De este modo, la evolución de la ciencia acabó consagrando el inglés como nueva *lingua franca*. Ninguna autoridad lo decretó. De hecho, el avance del inglés tuvo que sortear la resistencia de las lenguas que hasta ese momento eran más usadas internacionalmente, como el alemán en la ciencia o el francés en relaciones internacionales. La lengua inglesa tenía ya, a comienzos del siglo XX, una amplia difusión mundial, pues desde su origen en Gran Bretaña (que fue también el país donde primero se desarrolló la industria moderna y la investigación científica) se había extendido a Estados Unidos (ya por entonces una nación en rápido desarrollo industrial, político y académico) y era la lengua predominante en las publicaciones científicas provenientes de las varias naciones anglófonas vinculadas a Gran Bretaña, sobre todo Canadá, Australia, Nueva Zelanda y la India.

En las décadas de 1930, 1940 y 1950, el inglés generaba alrededor de la mitad de los artículos científicos publicados. Desde alrededor de 1960, su participación aumentó sostenidamente, sobre todo después de la disolución de la Unión Soviética en 1991, con un fuerte declive del alemán y otras lenguas. En parte, hubo factores políticos; la ciencia alemana había estado fuertemente comprometida con el nacionalsocialismo hasta 1945, y después de esa fecha debió sobrellevar un período de extrema debilidad hasta recuperar vigor en décadas recientes. El ascenso del inglés fue impulsado también por procesos no solo políticos, sino especialmente económicos; países no anglófonos, como los del Este Asiático (China, Japón, Corea del Sur) y buena parte de la Unión Europea, experimentaron también una fuerte expansión económica que implicó un creciente uso del inglés en las esferas política, tecnológica, comercial y otras: análisis recientes de ese proceso pueden hallarse, entre otras fuentes, en Coupland (2010), Gordin (2015) y Salomone (2021).

Aparte de estos factores extracientíficos, un factor fundamental fue que a lo largo del siglo XX y primeras décadas del siglo XXI se registró una tendencia a la *internacionalización de la ciencia*, impulsada por proyectos colaborativos entre científicos con diferentes lenguas maternas, y en congresos internacionales de diversas disciplinas; en

esos proyectos o encuentros, el inglés tendió a ser usado como «lengua mediadora» para que los participantes pudieran entenderse, aunque fuese imperfectamente. También influyó el atractivo de los estudios de posgrado en Estados Unidos, que desde finales del siglo XIX habían desarrollado una actividad científica muy dinámica y diversificada, que atraía crecientemente a los científicos y estudiantes de otros orígenes (Urquiola, 2020). La tendencia a la internacionalización *de la actividad científica* estuvo así acompañada por el *ascenso del inglés* hasta convertirse en la *lengua global de la ciencia* (Montgomery, 2013: 68-101, 166-187; Ammon, 1991, 2001a, 2001b, 2006, 2012; Ammon & Hellinger, 1991; Gross, 2016; Wood, 2001). Como lo muestra la figura 2, tomada de Ammon (2012), el inglés ha llegado a ser la lengua predominante, o casi única, en la producción científica en *ciencias exactas y naturales*.

Figura 2
Porcentaje de lenguas en artículos de ciencias exactas y naturales, 1880-2005



Fuente: Ammon (2012: 338).

En 1880-1890, el inglés, con un 36-38%, ya primaba sobre el alemán y el francés en las publicaciones en esas disciplinas, pero no era absolutamente dominante: esas otras lenguas representaban porcentajes cercanos al del inglés, entre el 23% y el 28%. El alemán (tercero en 1880-1890) creció rápidamente desde el cambio de siglo, y hacia 1920

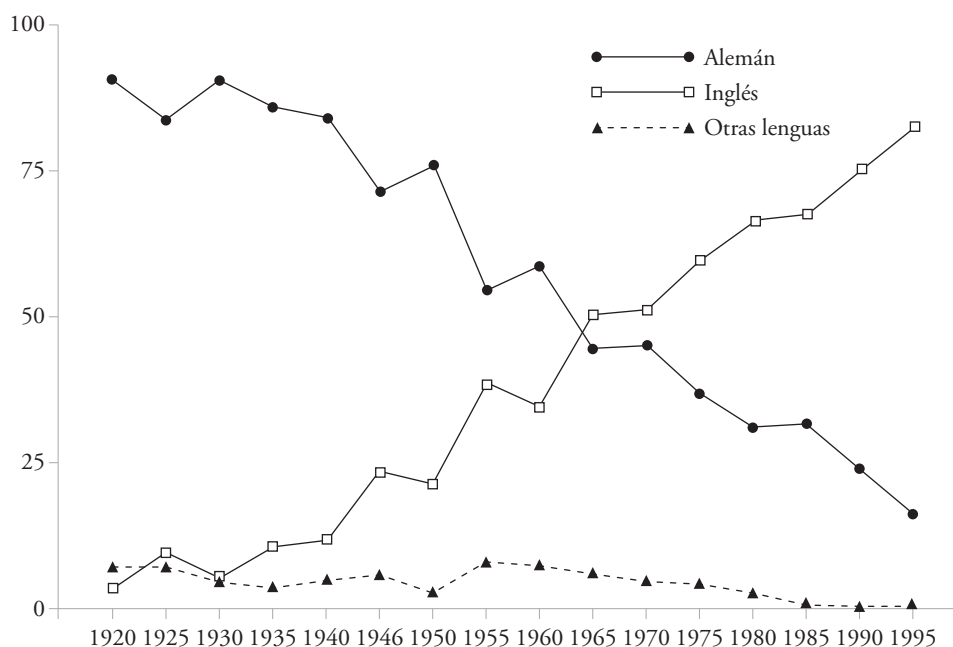
fue pasajera y el más frecuente, con el 45% del total de publicaciones; el inglés en 1920 representaba un 33% y el francés había caído del 28% en 1890 a solo un 14% en 1920. En ese momento, el japonés y el ruso estaban en valores del orden del 1 o 2% cada uno, y todas las otras lenguas constituían *en conjunto* un total del orden del 4-5%, integrado por cifras nacionales individualmente insignificantes. Desde entonces, la participación del alemán, el francés y el japonés ha declinado consistentemente, y también el ruso, después de un pasajero aumento durante el período más intenso de la Guerra Fría (1950-1970); todos cayeron hasta alrededor del 1% cada uno en 2005. El inglés osciló en torno al 50% en 1930-1960 y creció luego de manera rápida y sostenida hasta el 93% en 2005 (último dato en Ammon, 2012). *Todas* las otras lenguas fuera de las cinco individualizadas en la figura (español, sueco, chino, noruego, neerlandés, japonés, italiano, portugués y otras) representaban *en conjunto* entre el 1 y el 2% del total. Todas las lenguas fuera del inglés representaban en conjunto apenas el 7% del total de publicaciones consideradas en el año 2005.

Los datos de la figura 2 sobre ciencias exactas y naturales se basan en la Web of Science (que se basa a su vez en revistas dotadas de *peer review*) y en otras fuentes anteriores, incluyendo datos del siglo XIX recopilados por Tsunoda (1983). El hecho de basarse en las revistas con *peer review* tiende a subestimar el porcentaje de trabajos no publicados en inglés, pues las revistas en otros idiomas son menos numerosas, y muchas de ellas no tienen *peer review*. De todos modos, el control estadístico de esos factores no altera sustancialmente las conclusiones dada la amplia predominancia de las publicaciones en inglés. Si se hubiera omitido *la mitad* de las publicaciones en otras lenguas, y *ninguna* en inglés, lo cual muy difícilmente sea el caso, la participación de esas lenguas subiría al 14%, dejando al inglés con un 84% del total, lo cual conduciría cualitativamente a la misma conclusión.

Aun en revistas de mera divulgación sobre temas profesionales hubo una evolución similar, como lo demostró Fernando Navarro (1996) en su estudio sobre la *bibliografía citada* en los artículos publicados en el «Semanao Médico Alemán» (*Deutschen Medizinischen Wochenschrift*) desde 1920 hasta 1995. Ese semanario es una revista de interés general para la profesión médica, con un contenido no especializado; los artículos son publicados en su mayor parte en alemán, y no es en principio esperable que en ese semanario tengan un aparato bibliográfico muy exhaustivo. Pero, a pesar de todo ello, ese semanario para médicos alemanes, que hace 100 años se nutría de datos originalmente publicados *en alemán*, a finales del siglo XX se basaba abrumadoramente en publicaciones científicas *en inglés*: el porcentaje de *referencias bibliográficas* en inglés subió del 2% en 1920 al 82,8% en 1995; en el mismo período, las referencias en alemán cayeron del 90,1% al 16,4%, mientras el porcentaje en otras lenguas, que estuvo entre el 4 y el 9% hasta 1975, bajaba prácticamente a cero en 1990-1995. La información de difusión que reciben los médicos alemanes proviene ahora, en su gran mayoría, de artículos científicos publicados en inglés (figura 3).

Figura 3

Porcentaje de referencias bibliográficas en alemán, inglés y otras lenguas, en artículos publicados en el «Semanario Médico Alemán», 1920-1995



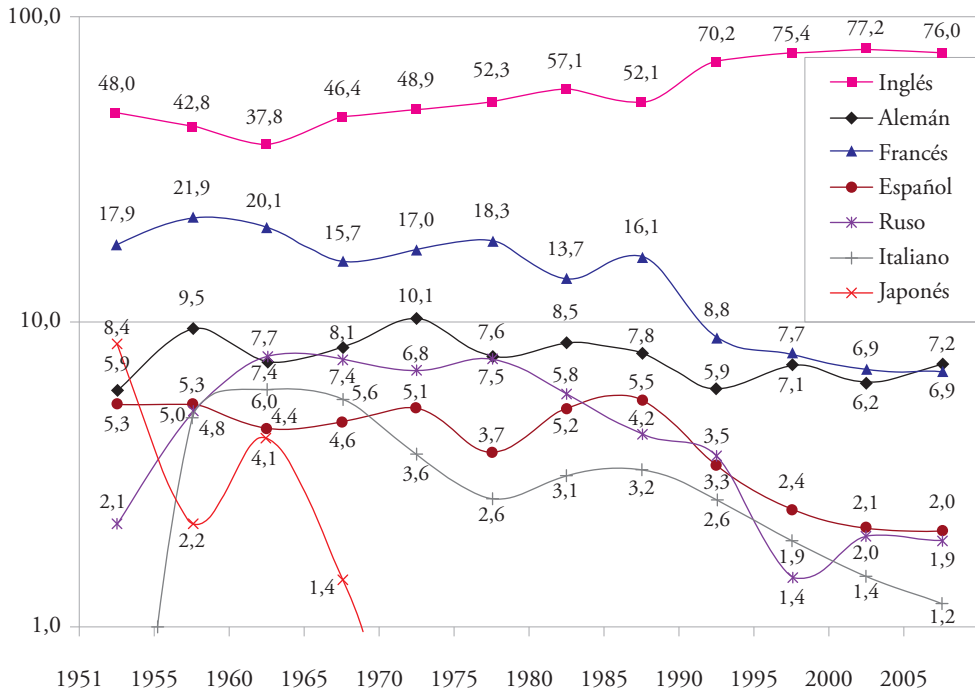
Fuente: Navarro (1996: 1564).

Una segunda variable analizada por Navarro, estrechamente relacionada con la anterior, y no mostrada en la figura, es el porcentaje de artículos de ese mismo semanario en los que *al menos la mitad de la bibliografía es en inglés*; ese porcentaje (según reporta Navarro) *pasó del 2% en 1920 a un 96% en 1995*. Esta evolución es particularmente notable, pues no se trata de una revista científica propiamente dicha, sino de un semanario profesional de difusión, con información dirigida al conjunto de los médicos y no específicamente a los que se dedican a la investigación en cada especialidad.

Una evolución similar ocurrió en *ciencias sociales y humanidades* (figura 4), aunque los datos en este caso se refieren solo al período posterior a 1950. En esas disciplinas, el porcentaje de artículos en inglés creció desde el 37,8% en 1960 hasta un 76-77% en 2000-2005. Las obras en francés en ese lapso cayeron desde un máximo de 21,9% en 1955 a 6,9% en 2005; el alemán osciló entre un 5,9% y un 10% desde 1951, llegando a 2005 con un 7,2%, sin una tendencia definida. El español varió entre el 3,7 y el 5,5% entre 1951 y 1985, y luego cayó al 2,0% en 2005. Los artículos en ruso oscilaron en torno al 7,5% en 1960-1985, para luego declinar hasta un 1,4-1,9% en 1995-2005. El italiano llegó al 6% en 1960, para luego caer al 1,2% en 2005. El japonés cayó de un

8,4% a un 1,4% entre 1952 y 1967. En resumen, la tendencia del inglés es ascendente, y las tendencias de otras lenguas son en general declinantes³⁶.

Figura 4
Ciencias sociales y humanidades: porcentaje de artículos en varios lenguajes, 1951-2005
(eje vertical en escala logarítmica)



Fuente: Ammon (2012: 339).

En relación con los artículos no publicados en inglés en Ciencias Sociales y Humanidades, Archambault y Vignola-Gagné (2004) y Archambault *et al.* (2006) estiman que la WoS incurre en una subrepresentación de un 20-25% de los artículos en otros idiomas en la Web of Science; esa subrepresentación sería menor en Ciencias Sociales y Humanidades, pues la intervención de la Unesco en la IBSS amplió la cobertura de otras lenguas. De todos modos, en lenguas con porcentaje muy bajo, un potencial aumento del 25% no sería significativo: un idioma como el español, con un 2% en la figura, aumentaría al 2,5%, lo que no afectaría mayormente las conclusiones (véase también De Swaan, 2001).

³⁶ Las cifras de la figura 4 se basan en la International Bibliography of the Social Sciences (IBSS), una base de datos creada en París en 1951 por la Fondation Nationale des Sciences Politiques con apoyo institucional y financiero de la Unesco. En 2010, la base de datos de la IBSS fue transferida a la empresa norteamericana Proquest, de Ann Arbor, Michigan (<https://about.proquest.com/products-services/ibss-set-c.html>).

No solo está en inglés una alta y creciente proporción de los artículos científicos y de sus referencias bibliográficas; muchas revistas antes publicadas en otras lenguas, publican un creciente número de artículos en inglés, y muchas *han cambiado su nombre*, de la lengua original al inglés, reflejando el hecho de que el idioma predominante en sus artículos es precisamente el inglés. Ese proceso se remonta a varias décadas atrás. Por ejemplo, Lippert (1978) enumera nada menos que 33 revistas en ciencias biológicas y médicas cuyos nombres originales en alemán habían sido reemplazados por un nombre en inglés en algún momento hasta el año 1977. Wood (2001), además de corroborar la predominancia creciente del inglés en las publicaciones de Química, comprueba similares cambios de nombre en revistas alemanas de esa disciplina. Dressen (2002) registra un proceso análogo en las revistas francesas de Geología. Gunnarsson (1998) lo documenta en revistas suecas de Medicina. *Kyklos*, una importante revista alemana de Economía, hace tiempo que publica más artículos en inglés que en alemán (sin cambiar su nombre, que es una palabra griega).

La conversión del inglés en lengua global de la ciencia (y de muchos otros campos de actividad humana) ha originado preocupados *papers* en las lenguas que el inglés ha desplazado. Por ejemplo, respecto del alemán en la ciencia, se percibe esa preocupación en los trabajos de Ulrich Ammon publicados en alemán (1991, 2001b y 2010) y en los publicados en inglés (2001a, 2006 y 2012); también Michels (1992, autor alemán, en inglés); Füessl (2000, en alemán); Skudlik (1990, en alemán, y 1991, en inglés); De Swaan (2001, autor neerlandés, publicado en inglés); Ehlich (2005); House (2005); y Gardt y Hüppauf (2004, publicado en Berlín, pero en inglés). El libro compilado por Motz (2005) se pregunta si los cursos internacionales en países de habla alemana deben darse en alemán o en inglés; a ello también se refiere Björkman (2013). Sobre América Latina, véase la crítica de Rainer Hamel sobre la vigencia del inglés como *lingua franca* (Hamel, 2006, 2007, 2013; y Hamel *et al.*, 2016).

Diversos *papers* lamentan consistentemente la gradual pérdida de importancia del francés. Véase, por ejemplo, el informe de una comisión especial de la Académie des Sciences de Francia (1982), los artículos de Fondin (1979) y Tsunoda (1983), y las contribuciones al coloquio sobre este tema organizado por el Gobierno de Québec, Canadá (CLF-GQ, 1996), especialmente Truchot (1996), así como la mayor parte de las contribuciones en el libro compilado por Maurais *et al.* (2008). Por otro lado, tanto en Japón como en China existe conciencia (y a veces preocupación) respecto del ascenso del inglés como lengua internacional en general, y como lengua de la ciencia; la principal (y pragmática) reacción de China a este respecto, sin embargo, es un fuerte empeño en el desarrollo y expansión del inglés como segunda lengua para científicos y profesionales (Nunan, 2003; Pan, 2015; McKenzie, 2010). Más ampliamente, la revista oficial de la Association Internationale de Linguistique Appliquée (AILA) dedicó todo un número a artículos que en su mayoría lamentan el predominio del inglés en las publicaciones

científicas (Coulmas, 2007; Flowerdew, 2007; Guardiano, Favilla, & Calarescu, 2007; Hamel, 2007; Van Parijs, 2007; Gazzola & Grin, 2007; Ammon, 2007). Sobre la participación del español en la literatura científica, Bonilla-Marín (1996) muestra la misma preocupación.

En medio de todas estas opiniones, diversos autores de Europa continental no se sienten preocupados por la predominancia del inglés, y algunos no lamentan el abandono de otras lenguas, como De Swaan (2004), quien considera esa actitud como muestra de «sentimentalismo». Véanse varias opiniones al respecto en De Swaan (1993a, 1993b, 1998, 2001, 2002), Björkman (2013), Fishman (1991) y el capítulo 2 de Swales (2004: 33-43), que examina el papel del inglés en el mundo de la investigación.

El ascenso del inglés no ocurre solo en la ciencia; está muy relacionado con el proceso de internacionalización de la vida social y económica en la segunda mitad del siglo XX y al menos los primeros decenios del siglo XXI. Esas tendencias se han visto reforzadas, sobre todo desde la década de 1990, por el rápido desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la internet y la digitalización de los medios escritos, un campo en el que también predomina el inglés. Las relaciones entre el predominio del inglés y la globalización han sido analizadas, entre otras obras, en los *papers* agrupados en Coupland (2010), y son un tema recurrente en los análisis (ya citados) de Rainer Enrique Hamel. Varios autores de lengua inglesa también analizaron esta tendencia, como Maher (1986), Kaplan (1993) y, sobre todo, Gordin (2015) y Crystal (2017). El tema general de las lenguas en un mundo globalizado se trata específicamente en Maurais & Morris (2003). En un contexto plurilingüe como la Unión Europea hay una larga tradición de análisis sobre la diversidad lingüística, el fomento del aprendizaje de más lenguas, y diversas normas sobre la redacción y traducción de los documentos oficiales de la Unión. La salida de Gran Bretaña (Brexit) no perturbó la tendencia al predominio del inglés, pese al carácter minoritario del inglés como lengua oficial dentro de la UE (solo es la lengua oficial en Malta y en la República de Irlanda, que entre ambos representan una fracción pequeña de la población de los países miembros de la Unión Europea).

¿Será permanente o transitorio el predominio del inglés? Nicholas Ostler (2010) compara la vigencia actual del inglés como *lingua franca* en diversos ámbitos (económico, científico, comercial, etc.) con el que tuvieron en su día otras lenguas (griego, latín, árabe) basadas en predominios imperiales, y predice que en algún momento futuro se retornará a una «babel» de lenguas, algo sin duda posible pero no igualmente probable, al menos en un plazo relevante para una obra como este libro. La predicción de Ostler más parece una expresión de *wishful thinking* que un resultado fundado en evidencia empírica adecuada. Por otra parte, en un mundo cuya economía, sociedad y actividad científica están profundamente globalizadas no parece plausible que el predominio del inglés, al menos en la ciencia, pueda ser reemplazado por un «retorno a Babel», sino (en todo caso) por *otra* lengua común, aunque esto no sea discernible por ahora.

El papel del inglés como *lingua franca* no solo es importante como lengua preferida para la producción científica escrita. Como ya se ha señalado, pesa también como *lingua mediadora* en los encuentros de profesores y estudiantes en cursos de educación internacional y en otros ámbitos de diálogo entre hablantes de diversas lenguas; esto ha sido examinado en detalle por Björkman (2013). Muchos cursos internacionales se dictan en inglés, aun en países que hablan otras lenguas y para estudiantes que tampoco tienen el inglés como su lengua principal u originaria. Estudiantes españoles, húngaros, franceses o japoneses pueden asistir a un curso dictado en inglés en Alemania, en Bélgica o en la República Checa, y entenderse con los profesores y con sus compañeros, pues el inglés se ha convertido en la lengua mediadora generalizada entre todas esas «tribus lingüísticas». Lo mismo ocurre en otros ámbitos. El piloto turco o japonés de un avión que intenta aterrizar en París se comunica en inglés con la torre de control. Aun después del Brexit, los documentos oficiales de la UE se siguen escribiendo primariamente en inglés, aun cuando las lenguas nacionales mayoritarias de la Unión (en esta etapa post-Brexit) son el alemán y el francés. Lo mismo suele pasar con muchos documentos técnicos o científicos de las Naciones Unidas: los resúmenes se traducen en varias lenguas (típicamente en la media docena de otras lenguas oficiales de la ONU), pero los textos principales y más detallados permanecen por lo general solo en inglés, como ocurre, por ejemplo, con los informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (<http://www.ipcc.ch/>).

El objetivo de este libro, y en particular de esta sección, no es el aplauso o la condena, ni la expresión de deseos, sino la constatación de una tendencia, y alguna apreciación de sus causas y consecuencias, sobre todo en cuanto afecta a la organización de la actividad científica. Sea cual fuere la opinión o valoración de este proceso, o los sentimientos de cada persona hacia su lengua materna, el hecho es que los idiomas escritos suelen expandirse en función de *la necesidad de hacerse entender, y de llegar a un número mayor de lectores*. En el caso de las «lenguas para fines específicos» (como el inglés en la comunicación científica), esa decisión no se basa en el número de *hablantes* de cada lengua en general, sino en la *composición lingüística de la literatura científica* y de otras formas de comunicación científica (por ejemplo, congresos y conferencias). La velocidad de expansión de cada lengua es en parte una *función de la frecuencia previa* de su uso. Las lenguas más frecuentemente usadas en una cierta comunidad de discurso (como, por ejemplo, en la comunidad científica de una determinada disciplina) generan una motivación para que se escriban aún más trabajos en esas lenguas más frecuentes (Crystal, 2017). Este fue el caso del inglés, en que han confluído algunos hechos históricos, quizá inicialmente fortuitos, que iniciaron un proceso de «ventaja acumulativa», un «efecto Mateo» según el concepto de Merton (1968b, 1988). No solo era una de las tres lenguas más utilizadas en la ciencia desde finales del siglo XIX: también se convirtió durante el siglo XX en la lengua de los países que más fuertemente y con mayor dinamismo impulsaban la ciencia y la comunicación científica, que atraían a más científicos y estudiantes de posgrado de

otros países, y que más rápidamente desarrollaban industrias basadas en el conocimiento científico reciente, el cual, como resultado, se publica crecientemente en inglés.

La predominancia del inglés en la ciencia no es el fruto de una deliberada política lingüística (por el contrario, ha habido activas políticas *en contra* de esa predominancia, como los incesantes esfuerzos de Francia en favor de la *francophonie*), sino del hecho de que en el sistema educativo y científico anglosajón se promovió muy tempranamente la escritura de *papers* científicos y su publicación en revistas con *peer review* como forma fundamental de validación de la comunicación científica, y además del hecho de que las universidades de los Estados Unidos generaron un porcentaje creciente de las publicaciones científicas. Ese país predomina incluso dentro del total de publicaciones en inglés, por sobre las que se originan en el Reino Unido, Australia, Canadá y otros países anglófonos. Ello es así, posiblemente, debido a la mayor flexibilidad y dinamismo de las instituciones científicas de los Estados Unidos, perceptible desde el siglo XIX.

Al mismo tiempo, otros factores económicos e institucionales promovían un rápido desarrollo de las ciencias empíricas en el mundo anglosajón, primero en Gran Bretaña, desde los siglos XVII y XVIII, y luego en los Estados Unidos. El rápido impulso a la actividad científica en los Estados Unidos desde finales del siglo XIX dio lugar a un proceso de «americanización» en otros países, cuyas fases iniciales describió Max Weber en 1919 para el caso alemán: «nuestra vida universitaria se americaniza», opinaba en su conferencia, «como se americaniza nuestra vida entera». La gran crisis económica que abrumó todo el período de la República de Weimar, y el extremo nacionalismo subsiguiente del régimen nazi, también contribuyeron a ahondar la decreciente importancia de la lengua alemana en la esfera científica. Esos y otros factores generaron una *ventaja inicial* para el uso del inglés, la cual a su vez impulsó un *proceso acumulativo* que acrecentó la ventaja inicial, y que motivó (y aún motiva crecientemente) a autores de otras lenguas a escribir y publicar en inglés, y en revistas de lengua inglesa, para lograr mayor difusión para sus trabajos, lo cual a su vez refuerza la tendencia en favor del inglés.

Todo ello genera una más estrecha relación de todos los científicos con el mundo académico anglosajón y con la comunidad científica internacional capaz de escribir y publicar en inglés. Como resultado del gradual y persistente ascenso del inglés como lengua académica global, en las últimas décadas del siglo XX y las primeras del siglo XXI, la mayor parte de los científicos de casi cualquier país y disciplina publican muchos de sus escritos en inglés (incluyendo Japón y más tarde China, así como España, Países Bajos, Polonia, los países escandinavos y los latinoamericanos), excepto cuando se trata de publicaciones sobre temas «nacionales» que se dirigen principalmente a un público «interno».

En muchos países se publican revistas científicas en inglés aunque esa no sea la lengua nacional. Aun en países fuertemente dedicados a promover la lengua propia, como Francia, la mayoría de los científicos publican en inglés sus principales escritos,

aunque también los publiquen (antes o después) en francés. La predominancia del inglés en la esfera científica es reforzada por el hecho de que en los países de lengua inglesa hay una *mayor presión para la publicación académica* en comparación con otras esferas lingüísticas, lo que genera una *mayor producción de artículos* (en proporción con el número de profesores) y, por ende, un *mayor número de citas* desde y hacia publicaciones de los países angloparlantes, en comparación con otros países en cuyas lenguas se escribe y se cita menos. Esto motiva a los autores extranjeros a publicar trabajos en inglés, como una estrategia racional para tener un mayor impacto en la comunidad científica internacional. A su vez, las revistas más prestigiosas y con mayor factor de impacto se publican en inglés, añadiendo otra motivación para escribir en inglés y publicar en esas revistas.

De todos modos, este proceso de convergencia hacia el inglés podría en el largo plazo atenuarse o incluso revertirse en favor de otras lenguas, como antes fue abandonado el latín en las obras científicas desde finales del siglo XVIII, mientras crecían los escritos en lenguas europeas, y la pérdida gradual de frecuencia del francés o el alemán en la producción científica durante el siglo XX. El explosivo aumento de las publicaciones en chino, junto con la rápida expansión de la población con formación científica en China, son los procesos más cercanos que podrían estar preanunciando un cambio, aunque todavía hay millones de chinos estudiando en posgrados de los Estados Unidos, y una fuerte presión del Gobierno chino para que los profesionales chinos aprendan a hablar, a leer y a escribir en inglés.

Durante el siglo XX, la ciencia volvió así a encontrar nuevamente una lengua común, como lo había sido el latín en el Medioevo y la Edad Moderna, facilitando con ello el carácter internacional (o «global») de la producción y la comunicación científicas. Esta lengua común, por supuesto, no impide que los estudiosos de la literatura y la filosofía, sin importar su país de origen, aprendan a leer alemán, francés o ruso a fin de comprender las palabras y opiniones de los grandes autores que escribieron en esos idiomas, y lo mismo vale para los estudiosos occidentales de las culturas árabe, china o japonesa, o de la historia y literatura de América Latina; tampoco impide que muchos científicos publiquen sus trabajos en su lengua nacional. Sin embargo, los más importantes entre esos estudiosos, sin importar mucho su nacionalidad, suelen publicar sus escritos más relevantes en la *lingua franca* de la ciencia.

2.8 El crecimiento cuantitativo de la ciencia

Junto a los cambios *cualitativos* descriptos en las secciones precedentes (*peer review*, trabajo interdisciplinario y predominancia del inglés como *lingua franca*), la actividad científica ha crecido fuertemente *en términos cuantitativos*. Esto lo evidencian varios indicadores (número de científicos y de *papers* publicados, tamaño de los grupos de trabajo, magnitud y costo de los aparatos necesarios, etc.). Junto con ello, crecieron y se

complejizaron las instituciones y normas que regulan la actividad científica. Después de Weber, muchos autores han estudiado con evidencia empírica el desarrollo de la ciencia y de sus instituciones y normas reguladoras. A mediados del siglo XX, los más destacados fueron Robert King Merton (1936, 1938, 1939, 1942, 1968a, 1968b, 1973a, 1973b, 1988), Derek de Solla Price (1951, 1956, 1961, 1963, 1965, 1976, 1978) y Eugene Garfield (1955, 1963-1993, 2006).

Merton (1910-2003) estudió la ciencia moderna desde sus orígenes en los siglos XVI y XVII. Casi todos sus trabajos sobre ciencia y tecnología están recopilados en Merton (1973a). Merton formuló los *imperativos institucionales* que constituyen el *ethos* de la ciencia, una estructura normativa, solo parcialmente formalizada, que favorece el florecimiento de la actividad científica. Esos imperativos son el universalismo, el escepticismo organizado, la disposición a compartir la información, y el desinterés personal (Merton, 1942; Maletta, 2019: 198-213). También estudió el desarrollo histórico de la *peer review* como control de calidad de los escritos científicos (Zuckerman & Merton, 1971) y otros aspectos del desarrollo histórico de la actividad científica, reflejados en sus múltiples trabajos sobre el tema recopilados en Merton (1973a).

Derek Price (1922-1983), sobre todo en sus artículos de 1956 y 1965 y en sus libros de 1961 (*Science since Babylon*) y 1963 (*Little Science, Big Science*), describió minuciosamente el pasaje de la ciencia «artesanal» de pequeña escala a la ciencia organizada e «industrial»; de la ciencia «pequeña» a la ciencia «grande», la que trabaja en proyectos o programas complejos a través de grupos en los que colaboran varias especialidades, y que usualmente requieren cuantiosos medios materiales. Esos programas complejos de investigación, con muchos subprogramas o proyectos, usan grandes bases de datos, se componen de muchos estudios específicos y especializados, y entrelazan diversas disciplinas. Los grupos, pequeños o grandes, que participan de alguno de esos programas complejos incluyen no solo investigadores formados, sino también investigadores más jóvenes, alumnos de doctorado, e incluso estudiantes de grado, junto con técnicos en diversas especialidades necesarias para la investigación, en una detallada división del trabajo para tareas de creciente complejidad que requieren muchas especialidades. A mediados del siglo XX, comprobó Price, la ciencia «industrial» dominaba ya gran parte de la ciencia básica y aplicada, y casi todo el desarrollo tecnológico.

Esto no desmiente el importante papel de los innovadores y emprendedores, ni de los emprendimientos del tipo *startup*. Si bien muchas ideas innovadoras surgieron del trabajo de emprendedores e innovadores individuales, actuando por su cuenta o (como Haber) desde una cátedra, sin apoyo inicial de grandes organizaciones, solo se desarrollaron plenamente las que fueron asumidas por organizaciones preexistentes, o sobre la base del crecimiento de las *startups* donde se originaron.

Price también registró el crecimiento exponencial en el número y el grado de especialización de las revistas científicas y técnicas, que pronto llegaron a ser decenas de

miles, en correspondencia con el desarrollo de múltiples especialidades dentro de cada disciplina. Ese proceso de producción de revistas especializadas surgía precisamente por la creciente división del trabajo dentro de cada disciplina, muchas de ellas con miles de científicos participantes. Ya no bastaba la formación general en una determinada disciplina de amplio alcance, como la Física, la Historia o la Zoología: cada científico necesitaba estar permanentemente al tanto de los avances científicos *de su particular especialidad* (y de otras especialidades conexas con la suya). Esto exigía acceder a las publicaciones científicas de cada especialidad, sobre todo las de carácter formal en revistas científicas con *peer review*, y también (en el muy corto plazo) a documentos preliminares (*working papers*) que circulaban entre colegas antes de someterse a la *peer review* para su publicación formal. El proceso de especialización genera revistas muy especializadas en un tema o enfoque que interesa solo a un reducido número de investigadores.

Con la multiplicación de las revistas, las suscripciones pasaron a representar un importante rubro de costos, usualmente asumido por las instituciones (como las universidades), lo mismo que la adquisición de aparatos complejos para las disciplinas que lo requerían. El costo de las suscripciones de cada biblioteca se acentuaba por la mayor *especialización de las revistas*, pues muchas de ellas interesaban solo a una pequeña fracción del total de profesionales de cada área mayor de la ciencia. Como consecuencia, el precio de las suscripciones de las revistas más especializadas aumentó notablemente, pues el costo editorial debía ser costado por un público más pequeño que el de las revistas «de amplio espectro» dirigidas a toda una disciplina con muchas especialidades, como los *Annalen der Physik* (donde Einstein publicó sus artículos de 1905), el *Economic Journal*, o el *British Medical Journal*. Cada biblioteca universitaria se veía forzada a suscribirse a un número creciente de revistas muy especializadas, que además eran muy caras, lo cual llegó a pesar fuertemente en sus presupuestos.

El alto precio de las suscripciones de las revistas más especializadas ha impulsado varios procesos: (i) el surgimiento de servicios globales de acceso pagado (como JStor) que permiten reducir la cantidad de suscripciones (se accede a centenares o miles de revistas por un costo equivalente a un número limitado de suscripciones); (ii) el surgimiento de revistas únicamente digitales, cuyo costo de producción y circulación es menor; y (iii) la creciente adopción de un sistema de *open access* por parte de las revistas, en el cual los autores (una vez que sus *papers* son aprobados en la *peer review*) pagan una cierta suma para que sus artículos sean de libre acceso a través de internet sin necesidad de una suscripción o de un pago a la revista. Los subsidios para investigación (sobre todo en países desarrollados) incluyen ahora el costo estimado de la publicación con acceso libre. En el mismo sentido, en Norteamérica y Europa Occidental, así como en otros países desarrollados (Japón, Australia, Corea del Sur), se va imponiendo la regla de que las publicaciones de proyectos *financiados con recursos públicos* (aunque fuere parcialmente) deben ser de acceso libre. Estos procesos apuntan a una transformación más profunda

del sistema de publicación científica, centrado todavía (como hace 50 o 100 años) en revistas impresas, aunque con una tendencia muy fuerte hacia la digitalización.

Price comprobó también en la década de 1960 que la investigación tiene *costos crecientes*. Hasta la Gran Guerra de 1914-1918, como hemos visto, la actividad científica era desarrollada primordialmente por investigadores individuales con poco personal y un equipamiento muy reducido. Aun para los experimentos más avanzados (como el de Michelson y Morley, el descubrimiento de los rayos X o el de la radioactividad), los costos eran muy bajos. Hacia 1960, predominaba ya la ciencia organizada con programas colaborativos de mayor escala y «medios de producción científica» más grandes y complejos, que no han cesado de aumentar su escala y su complejidad en las décadas subsiguientes.

En ese nuevo contexto, el costo de los avances científicos se incrementa notablemente. Price trató de estimar el costo de los avances *en la frontera de la ciencia* (Price, 1965). Sus análisis le permitieron identificar el «frente de avance» o «frontera» de la ciencia, donde se producen los descubrimientos más importantes, y así estimó que la investigación era una actividad con costos unitarios crecientes: *cada nuevo avance requería más recursos humanos y materiales que el avance precedente*. Aumentaba el número de investigadores involucrados, así como el costo de los aparatos científicos, cuya obsolescencia tecnológica además se aceleraba a raíz del propio progreso de la investigación.

La conclusión de Price, que la ciencia opera con costos exponencialmente crecientes, sigue siendo válida en la época signada por la pandemia de 2020. El esfuerzo internacional para el desarrollo de vacunas contra el virus SARS-CoV-2, aun cuando se realizó en corto tiempo, testifica la magnitud de los costos involucrados en forma directa, y el costo de los descubrimientos previos en que se basaron las vacunas (como la «edición genética», entre otros). Lo mismo ocurre en otros «frentes de avance» de la investigación científica o tecnológica, como los proyectos referentes al genoma humano, la física de partículas o la astrofísica. Esto determina que, como lo vieron varios autores en época reciente, los factores económicos de la ciencia sean cada vez más relevantes (Zamora-Bonilla, 2012; Kitcher, 1993).

Estas y otras conclusiones de Derek Price se basaban en un uso intensivo de datos estadísticos. Price fue uno de los iniciadores del *análisis cuantitativo de la ciencia*. En sus primeras publicaciones (Price, 1951, 1956, 1961), y sobre todo en *Little Science, Big Science* (1963) y en su artículo de 1965, Price cuantificó empíricamente el proceso de *crecimiento y complejización de la ciencia* desde la antigüedad, y sobre todo desde el siglo XIX, hasta mediados del siglo XX. Comprobó que la ciencia crecía exponencialmente a tasas muy altas; que los proyectos se volvían más grandes y colaborativos; que aumentaban velozmente el número de revistas científicas y el número de personas con formación científica; y verificó el crecimiento de la colaboración entre investigadores (de una o más instituciones) mediante indicadores novedosos como, por ejemplo, el número de autores de los artículos.

Desde la época en que trabajaron Merton y Price (*circa* 1940-1970), este proceso de transformación de la ciencia se fue volviendo más amplio y complejo, y su crecimiento se tornó aún más veloz. Investigar y estar al día en cada campo se convirtió en un requisito fundamental, no solo para los investigadores de tiempo completo, sino incluso para muchos profesionales no dedicados a la investigación como tarea central. Esto obedece a la velocidad creciente del desarrollo científico y tecnológico, la rápida obsolescencia de los conocimientos y métodos aplicables, y la necesidad de *estar actualizados para sobrevivir*, no solo en la investigación, sino en muchas actividades económicas. Esto requiere el permanente acceso a ingentes bases de datos bibliográficos, que crecen exponencialmente. Incluso el ejercicio profesional ya no consiste en aplicar conocimientos aprendidos en la universidad, sino en incorporar los últimos avances, e incluso generar y adaptar nuevos conocimientos.

La «separación entre el científico y sus medios de producción» resulta así hoy mucho más radical que en tiempos de Weber o Price. Hay programas multidisciplinarios que requieren instalaciones gigantescas, como los observatorios espaciales, el acelerador de partículas del CERN en Ginebra, o los modelos climáticos o cosmológicos cuyos cálculos requieren el uso de supercomputadoras. Problemas mucho más humildes, como los modelos macroeconómicos multiecuacionales, o las formas más avanzadas de los estudios de mercado, requieren de todos modos el manejo computarizado de grandes masas de datos y la formación de grupos colaborativos de profesionales con varias especialidades. La investigación individual o artesanal es ya una reliquia del pasado, que cada día se torna más inadecuada y obsoleta. Todo ello ha motivado el surgimiento de *políticas públicas* para regular y fomentar la investigación en ciencia y tecnología. El desarrollo científico exige, sin embargo, no solo regulación y fomento, sino cambios más amplios en la educación, la organización de la actividad científica y la formación del personal de la ciencia. El sistema educativo-científico se ve así llevado a responder (mediante una orientación hacia el raciocinio, la indagación y la experimentación) a las exigencias de la evolución de la ciencia y la tecnología, y al veloz crecimiento de la actividad científico-tecnológica.

2.9 Bibliometría: las citas bibliográficas como indicadores de la ciencia

El análisis científico de la producción científica dio un gran paso adelante con la utilización de las bases de datos bibliográficas y de las *citas* de publicaciones anteriores, usual en la literatura científica, para generar indicadores del desarrollo de la ciencia. El advenimiento de indicadores objetivos fue un enorme aporte para la comprensión científica de la ciencia (Elkana *et al.*, 1978). Ese avance se logró sobre todo por el trabajo pionero de Eugene Garfield (1925-2017). Derek Price, como él mismo narra (Price, 1978), inició con Garfield el estudio sistemático de las citas bibliográficas incluidas en los artículos o libros científicos, lo que sería el núcleo de una nueva disciplina: la «Bibliometría»

(*Bibliometrics*). Esa disciplina *estudia las publicaciones en forma cuantitativa*, y se basa en el sistema de *peer review* (para reconocer los artículos validados por la comunidad científica que son universalmente citables en publicaciones académicas) y en el requisito de citar las obras que sirven como antecedente de cada publicación científica. El análisis bibliométrico en realidad puede ser aplicado a toda clase de escritos (artículos científicos, libros, notas periodísticas, sentencias judiciales, patentes de invención y otras clases de documentos). Su aplicación a la ciencia se suele denominar *Scientometrics* (traducible al español como Cientiometría o Cientometría), que es también el nombre de la principal revista de esa disciplina, publicada regularmente desde 1978, actualmente con frecuencia mensual, como es preciso dado el gran número de artículos que se escriben en ese campo.

Garfield se inspiró en las *Shepard Citations*, un índice de sentencias judiciales, y esbozó su idea en un artículo de 1955 que tuvo rápidamente eco en el ámbito de la bibliotecología y la documentación; *cf.*, por ejemplo, Adair (1955), quien dirigía en esa época las *Shepard Citations*³⁷. En los años siguientes, en busca de una organización que pudiese albergar y mantener la (futura) base de datos que surgiría de su idea, Garfield trató de lograr que la base de datos fuese mantenida y difundida por una entidad académica, pero no tuvo éxito debido al escepticismo de las universidades sobre el futuro de ese invento (Price, 1978). Ante el desinterés de las instituciones académicas, en 1960 Garfield fundó el Institute for Scientific Information (ISI) como *empresa privada*. El ISI lanzó en 1961 los dos servicios clásicos de información bibliométrica sobre la producción científica. Por un lado, la revista semanal *Current Contents*, con ediciones diferenciadas por grandes ramas de la ciencia, que publicaba las tablas de contenido de los sucesivos números de cientos o miles de revistas, así como un índice analítico de las palabras incluidas en los títulos, y el listado de autores con su afiliación a instituciones académicas. Por otro lado, el ISI publicaba cuatrimestralmente el *Science Citation Index*, que reportaba en un grueso volumen todos los artículos del cuatrimestre *con sus referencias bibliográficas*, y en otro volumen similar el «índice inverso» (*catálogo de obras citadas* en el cuatrimestre, con la mención de los *artículos en los que fueron citadas*). El *Science Citation Index*, referido inicialmente solo a ciencias exactas y naturales, fue completado luego por índices similares para ciencias sociales y humanidades.

Durante más de tres décadas, esta base de datos se mantenía en computadoras *main-frame*, y publicaba sus informes solo en papel. En 1997, la base de datos y los informes y servicios del ISI fueron llevados a la internet como Web of Science. En 2008, cuando Garfield ya tenía 83 años, el ISI vendió la Web of Science a la empresa Thomson Reuters; desde noviembre de 2009, Thomson Reuters amplió la cobertura de la Web of Science,

³⁷ Garfield lo comenta en <http://garfield.library.upenn.edu/papers/adaircitationindexesforscientificliterature1955.html>

que a partir de entonces incluye artículos y *journals* desde el año 1900. En 2016, la división de Thomson Reuters encargada de la Web of Science se independizó como Clarivate Analytics (Garfield, 1955, 1962-1993; De Bellis, 2009; Schnell, 2018; Maletta, 2019: 214). Clarivate publica a mediados de cada año sus *Journal Citation Reports* (JCR), con detallada información cuantitativa sobre las revistas que incluye y los artículos que ellas publican, así como el factor de impacto de cada revista (Clarivate, 2021)³⁸. Este factor (*journal impact factor* o JIF) es el número promedio de citas recibidas en el año *t* por los artículos publicados en la revista durante los dos años precedentes (*t-1* y *t-2*).

Otras importantes bases de datos científico-bibliométricas son Scopus (Schotten *et al.*, 2018) y Google Scholar (Delgado *et al.*, 2018). Son en general similares: Archambault *et al.* (2009) muestran que hay correlaciones muy elevadas (del orden de 0,99) entre la Web of Science y Scopus, en una variedad de indicadores. Hay servicios similares para determinadas disciplinas, como Medline (y su motor de búsqueda PubMed) en el campo de la medicina. Otra base bibliográfica, Scielo, registra (junto con las revistas en inglés) una extensa colección de publicaciones en otros idiomas, como español y portugués. Hoy las bases de datos bibliométricas son el instrumento principal para estudiar objetivamente la producción científica y las conexiones entre autores, obras y temas, y para facilitar la pesquisa bibliográfica como parte regular de la investigación científica (Cantú-Ortiz, 2018; De Bellis, 2009; Leydesdorff, 2001; Leydesdorff & Milojević, 2015).

La bibliometría tiene diversos usos. Por una parte es una herramienta para la pesquisa bibliográfica. Por otra parte, permite calificar a las revistas y a los autores, no solo por su volumen de producción sino por el impacto de los trabajos publicados (véase la historia del factor de impacto en Archambault & Larivière, 2009). El JIF, en opinión de algunos analistas, tiene algunos problemas, incluyendo posibles manipulaciones por parte de los autores o las revistas. Ellos motivaron el artículo de Eugene Garfield (2006), uno de los últimos artículos escritos por el creador de ese indicador. Leydesdorff *et al.* (2016) propusieron una modificación del indicador a partir de las críticas surgidas. Vergara-Fernández (2020) revisa los problemas del JIF a partir de la teoría matemática de la medición, y propone algunas correcciones. Este es un tema muy importante, y también muy complejo, que no es posible revisar en detalle aquí, pero que expresa una problemática real de la ciencia actual (véanse, por ejemplo, Kumar & Chubin, 2000; Rand & Pfeiffer, 2009; y Tahamtan & Bornmann, 2018). Los datos bibliométricos son también usados durante procesos de *peer review*, y para evaluar investigadores o sus proyectos (Bornmann & Marx, 2014; Bornmann *et al.*, 2014). En efecto, al evaluar un candidato para ocupar un puesto académico no solo se toma en cuenta el número de sus

³⁸ Según reporta Garfield (2006: 90), en 2004 el *Journal Citation Report* incluía todas las citas ocurridas por año en más de 5000 *journals* (seleccionados por su prestigio y alto impacto), con unos 15 millones de citas efectuadas en más de un millón de artículos. Estas cifras han aumentado considerablemente desde 2004.

publicaciones, sino también la cantidad de citas de sus trabajos en los *papers* publicados de otros autores, y el factor de impacto de las revistas donde el aspirante ha publicado trabajos, pues ese factor refleja la calidad promedio que se exige a los artículos publicados en cada revista.

Cada autor puede ser evaluado además según su factor de impacto personal, para lo cual suele usarse el *h-index* o índice de Hirsch, así llamado por su creador, el físico argentino Jorge Hirsch, y que está basado en las citas recibidas por un autor en toda su vida o en un determinado período. El *h-index* ha sido aplicado reiteradamente, pero ha recibido algunas críticas por ciertas paradojas que su aplicación genera, y se han propuesto ajustes o nuevos índices para evitar esos efectos no deseados. Ruane y Tol (2008, 2009) aplican el índice de Hirsch para comparar dos grupos de economistas; Abbas (2011) ideó unos índices ponderados para evaluar más ajustadamente a los coautores; algo similar propusieron Egghe (2006) con su *g-index* y Tol (2011); también Franceschini *et al.* (2012) introdujeron una alternativa al *h-index* después de criticar las variantes propuestas por otros autores (Franceschini & Maisano, 2011). En 2009, el ya anciano Eugene Garfield con su colaborador Alexander Pudovkin publicaron una revisión de las metodologías para evaluar el impacto de cada artículo y el de cada autor (Pudovkin & Garfield, 2009). Allí enfatizan no solo los índices relacionados con Hirsch, sino también una medida *relativa* de impacto: el percentil (porcentaje de casos *por debajo*) de cada artículo y de cada autor, según el número de citas recibidas en una amplia base de datos; este simple indicador es usado por varias bases especializadas de datos científicos como, por ejemplo, la Social Sciences Research Network o SSRN. Una medida similar fue propuesta por Bornmann & Marx (2014). En suma, las bases de datos bibliométricas y sus indicadores estadísticos son un instrumento central para el seguimiento y la evaluación de la actividad científica, a nivel de artículos, autores, revistas o instituciones. Son también una de las principales herramientas de la naciente «ciencia de la ciencia».

2.10 La expansión de la educación técnica y científica

La creciente demanda de personal especializado para la investigación científica y tecnológica, y para el uso y aplicación de los avances científico-tecnológicos en distintas profesiones, planteaba la necesidad de un sistema de *formación masiva de personal científico*, como ya lo indicaba Derek Price (1963). Desde finales del siglo XIX, la educación superior de excelencia, antes reservada a una élite, se amplió velozmente dando acceso a millones de jóvenes de clase media y estratos populares, primero en Estados Unidos, luego en Europa, y más tarde en Japón, China, India, Corea del Sur y América Latina, con fuerte crecimiento de la migración de estudiantes hacia Estados Unidos y Europa.

Durante el siglo XX, las universidades más importantes pasaron gradualmente de las clases magistrales a las actividades de investigación como tarea fundamental. Las princi-

pales universidades se especializaron en investigación, constituyendo *research universities*. También se iniciaron cambios en el mismo sentido en la educación básica (primaria y secundaria), con énfasis en la experimentación y la formación en ciencias. La participación de los estudiantes en actividades de indagación y pensamiento crítico desde la escuela primaria, y en proyectos de investigación e innovación desde la educación secundaria, fomenta de por sí el desarrollo de una *actitud indagativa, práctica y experimental*, que es la base de la actividad científica.

En la universidad, los estudiantes no solo asisten a clase y rinden examen: también encaran proyectos de investigación personales o (sobre todo) grupales. Los grupos de científicos trabajan colaborativamente en proyectos concretos, generalmente dentro de un programa mayor. Esos grupos tienen una dinámica interna de división del trabajo, con normas, rutinas y protocolos para cada etapa del proyecto, y reuniones frecuentes para revisar avances y compartir experiencias, que se plasman en productos escritos (documentos internos o artículos que han de ser publicados en revistas especializadas). En muchas universidades, sobre todo en el posgrado, los exámenes e incluso las tesis son reemplazados por la presentación de *papers*; la aprobación de las tesis doctorales a menudo requiere la aceptación de sus resultados para ser publicados en revistas con *peer review*.

La expansión y transformación de la enseñanza universitaria fue un resultado inevitable del rápido desarrollo científico y tecnológico, que demanda formar un creciente número de investigadores, personas que indagan sobre la realidad con un método racional, en proyectos que no son individuales sino organizados colectivamente. La demanda de personal científico genera la necesidad de expansión en la formación de ese personal, en una escala que excede las posibilidades de una élite: es un *proceso masivo y organizado*, en el que participan millones de individuos. Es un proceso ya visible a mediados del siglo XX, como lo percibió Derek Price, y que ha superado las proyecciones de Price en cuanto a su magnitud y alcances. Esta mayor demanda transformó la formación universitaria en una actividad masiva, abierta a capas sociales mucho más amplias que las élites que antes lograban acceder a ese nivel de estudios. Esa masividad no siempre se acompaña con una correlativa expansión de la investigación: en muchos países de menor desarrollo relativo (por ejemplo, en América Latina) sobreviven rasgos de la enseñanza tradicional, de mera recepción y absorción de conocimientos; pero las demandas de la economía y la sociedad presionan en ese sentido, de modo que en esos países la tendencia tiende a incrementar los rasgos más favorables a la actividad científica.

Basado en las tendencias hasta 1950-1960, Price construyó unas curvas que reflejaban el crecimiento del número de graduados y científicos en los Estados Unidos desde 1900, y las proyectó hasta la década de 1980 (Price, 1963: 12). Si esas curvas son extrapoladas hasta hoy, resulta que las proyecciones de Price, que en su momento eran vistas como exageradas, fueron superadas ampliamente. La extrapolación de las curvas de Price (Maletta, 2019: 127 y 221-222) sugeriría que para 2010-2020 habría en Estados Unidos

unos 15 millones de graduados de *college* o de posgrado. Esa cifra (que era considerada asombrosamente alta en 1963) fue ampliamente desbordada por la masiva expansión de la educación superior en ese país: en 2018 no había solo 15 millones, sino nada menos que 75 millones de personas con títulos de *college* o posgrado, es decir, cinco veces más que lo esperable según la tendencia de Price; dentro de esa cifra global, la población con títulos de posgrado llegaba a 29 millones, casi un 40% del total³⁹.

El *flujo* de nuevos graduados también va aumentando. El *Survey of Earned Doctorates*, que publica anualmente la National Science Foundation (<http://www.nsf.gov/statistics/srvydoctorates/>) y que excluye los doctorados *honoris causa*, indica que en los Estados Unidos se expide anualmente un número creciente de títulos doctorales: ≈9000 por año en 1958-1960 (época de Price); ≈30 000 anuales en las décadas de 1970 y 1980; ≈40 000 en torno al año 2000; y ≈55 000 por año en 2016-2018 (véanse las tablas 1 y 11 de ese relevamiento anual de doctorados en <https://nces.nsf.gov/pubs/nsf20301/datatables/>). Entre 1958-1960 y 2018-2020, el flujo de nuevos doctorados creció a razón de un 3,1% por año, un crecimiento muy superior al de los años precedentes, y al crecimiento de la población total del país, que en ese lapso creció al 1,13% anual según las estimaciones de la ONU. Dos tercios de los doctorados recientes son en ciencias naturales y tecnología, y un tercio en psicología, ciencias sociales y humanidades, lo cual subraya la importancia de las ciencias naturales y la tecnología en la demanda de doctorados (la que, a su vez, refleja la demanda laboral). Este personal no es requerido solamente para actividades académicas de investigación, sino para cargos directivos o técnicos de los organismos públicos y de las empresas privadas, que responden a la necesidad de tener personal profesional capaz de conocer y aplicar conocimientos científicos aun cuando no realicen propiamente tareas de investigación. Ello a su vez requiere un *proceso formativo masivo y organizado* a nivel de posgrado, que se centra no ya sobre el aprendizaje del acervo de conocimientos existentes (cuyo manejo sigue siendo necesario), sino sobre el desarrollo de la *capacidad de indagar* sobre lo que aún es desconocido, de *incorporar continuamente los nuevos avances de la ciencia* al conocimiento personal y a la práctica profesional, y de *generar resultados científico-tecnológicos novedosos*. Esto implica una *educación científica práctica e inmersiva*, que involucra a los estudiantes en programas de investigación a lo largo de sus estudios de posgrado, y crecientemente también en los de grado.

Como parte de ese proceso de expansión cuantitativa de la ciencia y del personal científico calificado, también se aceleró el *crecimiento del número de papers publicados*, y el de aquellos que son citados después de su publicación. Bornmann y Mutz (2015), por ejemplo, toman como indicadores del «tamaño de la ciencia» el número de publicaciones científicas y el número de trabajos (publicados en cierto año) que han sido citados

³⁹ Datos sobre niveles de educación alcanzados por la población de los Estados Unidos, registrados por el *Current Population Survey* (<https://www.census.gov/programs-surveys/cps/data.html>) que publica anualmente el Bureau of the Census.

posteriormente en otros trabajos científicos. Con una amplia base de datos bibliométricos que se remonta al siglo XVII, estiman que el tamaño de la ciencia crecía a menos del 1% anual hasta mediados del siglo XVIII; a razón de un 2-3% anual desde esa época hasta el período de entreguerras del siglo XX, y desde entonces hasta 2010 a tasas del orden del 9% al 10% anual. En una de las bases bibliométricas más importantes (la Web of Science), el número de *papers* creció un 3,5% anual entre 1980 y 2010. Como ya se ha mencionado antes, aumenta también el número promedio de autores de los artículos, como reflejo del creciente tamaño de los grupos de trabajo.

La ciencia en el mundo opera en la actualidad en forma colaborativa y organizada; frecuentemente lo hace no solo mediante la *comunicación* entre colegas, sino mediante *grandes proyectos* que involucran *operativamente* varias instituciones y muchos investigadores. El análisis bibliométrico de los artículos de diversos autores que citan a su vez otros artículos con múltiple autoría permiten una mejor caracterización de las «nubes» de investigadores interesados en cada problema (Jakobs, 1999; Newman, 2001, 2004; Zuccala, 2006). Por su parte, Boyack (2004); Park & Leydesdorff (2009); Leydesdorff, Carley & Rafols (2012); y Vargas-Quesada *et al.* (2010) presentan métodos para construir mapas conceptuales de un determinado campo de la ciencia, a partir de *redes de citas* en diversas áreas de la ciencia (la Web of Science clasifica los temas científicos en más de 500 áreas). Este instrumento metodológico se basa en conceptos teóricos sobre la ciencia como un sistema adaptativo autoorganizado, que se manifiesta mediante las conexiones intelectuales entre los científicos (Leydesdorff, 2001). Cada investigador forma parte de al menos una comunidad científica o «colegio invisible» compuesto por colegas que investigan sobre cada campo temático en diferentes partes del mundo (Crane, 1972).

Aparte de servir para detectar nubes de científicos y relaciones entre sus trabajos, otra aplicación novedosa de la bibliometría (relacionada con esas redes colaborativas) fue sugerida en Garfield, Pudovskin & Istomin (2003) y Garfield (2004). Allí, el fundador de la Bibliometría propone una «historiografía algorítmica» de la ciencia, que implica el uso de la bibliometría para reconstruir la historia de un problema científico, y la del programa o programas que lo plantean y estudian. El potencial de la Bibliometría (o Cientometría) para analizar la producción científica y las orientaciones de la investigación se sigue incrementando y diversificando velozmente, como lo demuestra el gran número de artículos que utilizan estas técnicas como herramientas del análisis conceptual y para la revisión del estado del conocimiento en toda la actividad científica o en una determinada área.

2.11 La formación en comunicación científica

Uno de los aspectos más importantes de la producción científica es la *comunicación*, complemento necesario de la *investigación*. A lo largo del siglo XX, continuando un proceso iniciado siglos antes, la comunicación científica se ha desarrollado, compleji-

zado y estandarizado considerablemente, y esa tendencia continúa y se acentúa en el siglo XXI, impulsada por la revolución en tecnologías de información y comunicación, que ha cobrado creciente impulso desde la década de 1990. La comunicación permite la circulación, validación y utilización de los aportes científicos por parte de la *comunidad académica especializada*, y su difusión y recepción *en el mundo académico y en otras audiencias significativas*. El planteo inicial de una investigación y también sus resultados son volcados en *documentos escritos de tipo expositivo* (artículos, tesis, libros, propuestas de proyectos, etc.) para que puedan ser conocidos y validados (o criticados) por otros miembros de la comunidad científica (supervisores, directores de tesis, editores de revistas científicas, evaluadores de la *peer review*, etc.).

Además, los científicos pueden producir *escritos de difusión dirigidos a públicos más amplios*, en un lenguaje comprensible por lectores no especializados. Hasta la primera mitad del siglo XX, la difusión o divulgación de la ciencia se ajustaba a un nivel de formación medio de la población que era aún relativamente bajo; en el siglo XXI, la popularización de la ciencia se dirige a un público con mayores niveles de educación, e incluso puede estratificarse según el nivel de educación del público lector de cada libro o artículo: una breve nota en un diario sobre un descubrimiento científico será leída por un público más vasto (y con menor educación en promedio) que un libro como *Breve historia del tiempo* de Stephen Hawking, que, pese a los esfuerzos del autor para usar un lenguaje simple, solo puede atraer a un público relativamente sofisticado⁴⁰.

Para la comunicación dirigida a la comunidad científica, la *peer review* otorga un primer filtro de calidad de los escritos científicos. Sin publicación, los resultados de la investigación no pueden llegar a quienes pueden interpretarlos, utilizarlos o eventualmente criticarlos. La publicación sin *peer review* no es tomada en cuenta (excepto como un anticipo) por la comunidad científica, que considera y valora además el prestigio científico y la rigurosidad de las revistas en que cada texto se publica. Las publicaciones en revistas prestigiosas y de alto impacto son las que se encuentran con mayor facilidad en las búsquedas bibliográficas, lo cual refuerza su impacto y el de esas revistas (un «efecto Mateo»), pero las búsquedas en bases de datos dan a *todas* las publicaciones la oportunidad de ser leídas.

La formación de investigadores, por ello, incluye como parte fundamental en la ciencia contemporánea una *formación (teórica y sobre todo práctica) en comunicación científica*. Esto habilita a los investigadores para producir escritos que reflejan sus propios aportes, y para manejar y utilizar los trabajos de otros investigadores. Esto no solo implica *saber redactar* artículos y otros textos científicos análogos, sino *saber manejar los acervos bibliográficos* con técnicas modernas como la bibliometría,

⁴⁰ Hawking, en su libro, cita la advertencia relativamente humorística de sus editores, según la cual por cada fórmula matemática que usase se reducirían las ventas a la mitad. Pese a carecer de fórmulas, el libro sigue siendo bastante exigente.

tan importantes en la dinámica de la ciencia en el siglo XXI. También incluye una preceptiva detallada acerca de otros aspectos de la comunicación científica, como la organización interna de los artículos, sus títulos, las referencias bibliográficas, los *abstracts* y otros aspectos.

El *título* de cada artículo, por ejemplo, es un ingrediente esencial de la comunicación científica. Harmon & Gross (2009) estudian detenidamente la evolución de los *títulos* de los artículos y libros científicos, desde las primeras publicaciones científicas en el siglo XVII hasta la actualidad. Su conclusión: «Los títulos científicos han evolucionado a través del tiempo. Comparados con los títulos de épocas pasadas, los títulos modernos son mucho más específicos y técnicos, despojados de todo lo que es personal o abiertamente literario» (Harmon & Gross, 2009: 455). Cuando el título de un artículo es *informativo*, ello permite discernir de antemano su contenido, lo que facilita la pesquisa bibliográfica. Esto ocurre sobre todo en ciencias naturales y algunas ciencias sociales como la Psicología experimental, la Arqueología o la Economía; en humanidades y en otras ciencias sociales aún suele haber títulos «literarios», lo cual reduce la probabilidad de que un artículo sea detectado en una búsqueda bibliográfica por tema o por palabras significativas. Esto subraya la importancia de la formación en *redacción científica*. En las principales lenguas europeas fuera del español (inglés, francés, alemán y otros), los sistemas educativos incluyen no solo el aprendizaje de la gramática básica (ortografía y sintaxis, palabras y oraciones), sino también el aprendizaje de la redacción de textos más complejos, en particular los de tipo expositivo. Esto se complementa en la educación universitaria con capacitación especial y una intensa práctica en la preparación de textos de tipo profesional, incluyendo los *papers* científicos. Este sistema de formación en comunicación científica está más detalladamente organizado en los países de habla inglesa, que se examina a continuación, pero existe también en otras lenguas, por lo cual en esta sección se hará también referencia a la formación en redacción científica en alemán, portugués y francés, y se examina también el peculiar caso de la lengua española.

2.11.1 Formación en redacción científica en el ámbito de la lengua inglesa

En el ámbito anglófono es donde está más desarrollada la preceptiva y la enseñanza práctica de la comunicación científica, lo cual es explicable por el papel predominante del inglés como lengua internacional de la producción científica. En los Estados Unidos, por ejemplo, existe toda una disciplina pedagógica que enseña a redactar, y que forma parte de la formación de los alumnos y de la actividad de los docentes en todos los niveles, denominada «La redacción a través del plan de estudios» («Writing across the curriculum», abreviado como WAC); como una ilustración del programa WAC, véase el sitio de la Universidad del Estado de Colorado, <https://wac.colostate.edu/resources/wac/intro/>, donde se ofrece una descripción de esta disciplina tal como se aplica al nivel

universitario⁴¹. En los estudios de grado (*college*), así como en el posgrado, la redacción expositiva se enseña, se pone en práctica, y *se evalúa* en la mayoría de los cursos y en los proyectos e informes de investigación. Tanto en los Estados Unidos como en Gran Bretaña y otros países anglófonos, los exámenes tradicionales en diversos cursos universitarios, sobre todo en el posgrado, se complementan o directamente se reemplazan con la presentación de *papers*, respaldados por una investigación empírica o bibliográfica. Esos *papers* se basan en reglas y protocolos propios de la redacción científica.

En el Reino Unido y otros países de Europa, el lugar del WAC lo ocupa un sistema análogo, el English for Academic Purposes (EAP), que integra un programa europeo más amplio referido a la enseñanza del inglés para propósitos específicos (English for Specific Purposes, ESP); sobre estos enfoques, véanse Flowerdew y Peacock (2001); Ruiz-Garrido, Palmer-Silveira y Fortanet-Gómez (2010); y también Swales (1990, 2004), Hyland y Shaw (2016), Mauranen, Hynninen y Ranta (2016), y Swales y Feak (2000, 2012). Hay muchos manuales para cursos de redacción académica dirigidos a estudiantes de grado o posgrado, como, por ejemplo, Hamp-Lyons & Heasley (2009), y Bailey (2011).

La capacidad de los estudiantes para escribir *papers* con adecuada calidad *es evaluada en todos los cursos*, junto con la evaluación específica sobre el contenido de los cursos. Esto implica que *también los profesores tienen que dominar el arte de la redacción expositiva*, aparte de dominar su respectiva especialidad. El profesor de Química, el de Zoología o el de Econometría deben evaluar a sus alumnos no solo en su especialidad, sino también en cuanto a la calidad de la redacción de sus monografías y otros textos similares, según las normas predominantes para la comunicación científica. Esas reglas, a su vez, son coordinadas con las de otras materias o disciplinas mediante la participación de los profesores en reuniones y seminarios sobre el uso de la lengua escrita para propósitos académicos.

Esta capacidad la necesitan los mismos profesores para el desempeño de sus cargos, pues no solo deben evaluar la redacción de sus alumnos sino dominar también las técnicas de la redacción científica para sus propios *papers*. Todos, en efecto, deben cumplir con el riguroso e inescapable mandato de «publicar o perecer» (*publish or perish*), requisito básico para poder acceder a cargos académicos, mantenerse en ellos, ascender de categoría, y obtener subsidios para los proyectos de investigación. Las revistas científicas también ejercen un control de la redacción y no solo del contenido de los artículos: un *paper* mal redactado será rechazado o deberá pasar una etapa de corrección gramatical y de estilo antes de ser aceptado, aunque contenga resultados científicamente válidos.

⁴¹ Sobre el sistema WAC casi no hay literatura en español; puede verse el trabajo de Carlini (2004b), que analiza las posibilidades de aplicación del concepto WAC en los sistemas educativos de los países hispanohablantes. Branson (2022) examina detalladamente todas las políticas públicas sobre redacción académica en los Estados Unidos.

En la educación anglófona, la *composition*, o «redacción», es una parte integral de los cursos y textos escolares de lengua desde la escuela primaria; los cursos, de hecho, son (y han sido durante muchas décadas) cursos de «Grammar and Composition». Así se titulaba el texto de Nesfield (1954) cuya primera edición data de 1898, aunque ese texto es principalmente de gramática, con poco desarrollo en composición o redacción. Esto cambió en décadas subsiguientes. Wren & Martin (2000), cuya primera edición data de 1935, o el conjunto de libros de John Warriner para todos los grados de enseñanza, que empezó a publicarse en 1946 (véase, por ejemplo, Warriner, 1969) dedican una atención sustancial a la composición o redacción, incluyendo la redacción de artículos de investigación y otras clases de textos expositivos, y también otros textos (por ejemplo, los de literatura creativa). Hay también libros específicos para nivel universitario sobre redacción de *papers* académicos y artículos científicos, como Zemach & Rumisek (2005), y muchos otros sobre redacción científica y preparación de *papers*, como, por ejemplo, el manual de Robert Day (Day, 1998, Gastel & Day, 2016), el texto de Warburton (2006) sobre redacción de ensayos o monografías; el de Troyka & Hesse (2018); los capítulos relevantes del muy reeditado texto de Booth *et al.* (2016) sobre el oficio de investigar; y otros textos sobre preparación y publicación de textos científicos, en general o en algunas disciplinas⁴². Especial mención por su especificidad merecen Swales (1981) y Feak & Swales (2011a), dos libros exclusivamente dedicados a la redacción de las *introducciones* de los artículos científicos; Swales & Feak (2009) y Koltay (2021) sobre la redacción de *abstracts*, y Harmon & Gross (2009) sobre redacción de *títulos*: estos trabajos sobre redacción de *partes específicas de los artículos* muestran el grado de sofisticación y de detalle alcanzado por la formación en redacción expositiva a nivel universitario en los países anglófonos.

Algunos de estos materiales educativos cubren no solo la redacción de artículos académicos publicables: también se refieren a los «ensayos», textos más informales que son tarea habitual de los estudiantes desde la primaria hasta el *college*, y que deben ser presentados por los estudiantes en diferentes cursos como material de evaluación de su desempeño; algunos, como Bazerman (2013), consideran ese aprendizaje como un proceso que dura toda la vida. Algunos textos sobre *composition* se ocupan de la redacción de propuestas para la aceptación o financiación de proyectos, como Oruç (2012), así como sobre la preparación de tesis y otros tipos de escritos académicos. Todos estos materiales se refieren específicamente a la *escritura y organización interna* de textos *académicos o científicos*, en un contexto de educación superior o de investigación científica. En inglés,

⁴² Una selección de otros textos: Alley (2018); Barzun y Graff (1992); Bazerman (1988); Blackwell y Martin (2011); Cargill y O'Connor (2009); Jalongo y Saracho (2016); JYI (2005); Katz (2006); Lichtfouse (2013); McCloskey (2018); Mack (2018); Peat *et al.* (2002); Pyrczak y Bruce (2017); Rienecker y Jørgensen (2018); Schuster *et al.* (2014); Sternberg (2003); Vivian y Jackson (1961: 112-162); y el clásico (aunque actualizado) manual de Kate Turabian (2018).

como en otros idiomas europeos, hay clara y neta diferenciación entre la lengua oral y la lengua escrita, entre el lenguaje formal y el coloquial, y entre diferentes contextos de discurso. La redacción científica se plasma en textos de carácter formal, en el contexto de las publicaciones profesionales de la ciencia.

Uno de los rasgos más salientes de la preceptiva sobre redacción expositiva en inglés es la relación estrecha entre la estructura del texto y el desarrollo de la argumentación lógica subyacente. Las argumentaciones a menudo tienen un carácter *jerárquico*: la argumentación general de todo un texto requiere varios desarrollos argumentativos parciales, que suelen expresarse en las secciones o capítulos del texto; un artículo en general tiene varias secciones, mientras un libro puede tener varias *partes* divididas en *capítulos*, y cada capítulo puede tener *secciones* e incluso *subsecciones*. En última instancia, el texto se compone de una serie de *proposiciones*, y, cuando se trata de un discurso científico, las proposiciones deben aparecer *fundadas*; ese fundamento pueden ser citas bibliográficas, cuadros o gráficos que acompañan al texto, notas al pie, y otros elementos que sustentan lo que se afirma.

En ese contexto, la afirmación de una proposición simple junto con su desarrollo y fundamentación usualmente se expresa en un *párrafo*. Los párrafos *argumentativos* se componen usualmente de una *oración tópica* que expresa una proposición, y varias *oraciones de soporte* que mencionan los fundamentos o detalles que sustentan la proposición principal del párrafo. Hay otros párrafos con una estructura diferente, como los párrafos conectivos (introdutorios, conclusivos, transicionales, etc.) o los que contrastan dos proposiciones, y otros casos análogos. El párrafo es la unidad fundamental en un discurso expositivo, pues formula y fundamenta una *microargumentación*, que luego contribuye a sustentar una argumentación de nivel superior expresada en la sección formada por varios párrafos relacionados. Esta noción de una *estructura argumentativa* es un aspecto central en la composición de textos expositivos, y en particular los científicos. La significación del párrafo como unidad textual en inglés data del siglo XIX (Bain, 1866) y se ha ido refinando con el correr del tiempo. Véase (entre muchos otros ejemplos) cómo define los párrafos un típico manual de redacción académica de los Estados Unidos (Troyka & Hesse, 2018: 77):

Un párrafo es un grupo de oraciones que funcionan conjuntamente para desarrollar un pensamiento unitario. El uso de párrafos permite a los escritores dividir el material en partes manejables, y señala a los lectores las transiciones en las ideas. Los párrafos funcionan de modo diferente en diferentes tipos de escritos. En muchos artículos académicos cada párrafo es una unidad lógica que desarrolla una única idea, a menudo expresada en una oración tópica, y cada oración tópica contribuye a la tesis del artículo.

En textos más antiguos, como el de Wren y Martin (2000), cuya primera edición data de 1935, o el de Warriner (1988), que apareció por primera vez en 1946, se en-

cuentran similares definiciones, que actualmente se consideran internacionalmente como definiciones del «párrafo estándar» para el discurso expositivo, especialmente en textos académicos. En los textos didácticos sobre redacción académica en inglés, las especificaciones sobre la estructura y funciones de los párrafos en el discurso expositivo académico son muy frecuentes, y generalmente claras, extensas y desarrolladas; *cf.*, por ejemplo, Rooks (1988), Ji (2002, 2008), Hinds (1977, 1978) y Longacre (1979, 1980), y los citados libros de Wren y Martin y de Warriner. En todos los casos, el párrafo es considerado como unidad fundamental del discurso expositivo, con una estructura interna que refleja una *microargumentación*, compuesta por una idea simple y su desarrollo o fundamentos. Estas argumentaciones elementales (*microargumentaciones*) son los ingredientes que se combinan en un escrito académico para desarrollar una argumentación más compleja.

2.11.2 La enseñanza de la redacción en otras lenguas europeas

La redacción en alemán. El sistema educativo en los países de habla alemana (Alemania, Austria, Suiza) otorga una gran importancia a la enseñanza de la redacción, que es una parte explícitamente considerada en la enseñanza de la lengua. En lo que se refiere a la redacción de textos *expositivos*, ello se ve reforzado por la formación en *retórica*, con gran énfasis en la argumentación y la persuasión racional, a lo cual se refiere más adelante la sección 6.8.1. Una referencia importante en el presente contexto es la colección de artículos recopilados en Jakobs y Knorr (1997) sobre redacción científica, tanto en general como en varias disciplinas específicas; en forma más amplia, puede ser consultada la compilación de Fix, Gardt y Knappe (2009) sobre «retórica y estilística»; esta importante obra incluye contribuciones sobre varios temas relacionados con la formación en redacción y comunicación, tanto en la educación universitaria (Jakobs, 2009) como en el estudio y práctica de las ciencias (Niederhauser, 2009), y en otros ámbitos de actividad profesional. En alemán, la formación en esos temas se imparte en el contexto de la formación en argumentación y retórica, examinada en la sección 6.8.1, lo cual le otorga una fortaleza conceptual mucho mayor. Esa formación se refiere tanto a la redacción de textos escritos como a las exposiciones orales.

Es importante notar que, en alemán, la construcción de los párrafos no se suele corresponder con la del inglés. En alemán, los párrafos tipográficos han sido tradicionalmente mucho más extensos (típicamente de más de una página); pueden estar compuestos a su vez por oraciones muy largas y complejas, a menudo con varias cláusulas subordinadas, y cada oración puede extenderse por muchas líneas de texto impreso, dentro de un párrafo tipográfico mucho más extenso. En muchos casos, esos extensos bloques tipográficos, con oraciones extensas y complejas, tocan varios temas interconectados. Según la preceptiva anglosajona, esos párrafos deberían subdividirse en dos o más párrafos más breves, cada uno de los cuales referido a una sola idea central y su fundamento. Del

mismo modo, en inglés, las oraciones largas y complejas tienden a ser subdivididas en varias *oraciones simples y directas* (Barzun, 2001).

El estilo para la construcción de párrafos expositivos en tiempos recientes tiende a modificarse gradualmente en la redacción de textos científicos en alemán, que con frecuencia convergen hacia la típica estructura lógica de los párrafos expositivos anglosajones, centrados en una idea simple y sus fundamentos, expresados en una oración tópica y varias oraciones de soporte. De ese modo, en la literatura científica alemana reciente ya existe una tendencia hacia el estilo de redacción estándar tomado del inglés. Sin perjuicio de ello, se continúa percibiendo el influjo declinante de la tradición alemana, que favorecía bloques tipográficos muy largos, y oraciones también extensas y complejas (con varias cláusulas subordinadas, frases adverbiales y otras complicaciones). Cuando ese estilo es usado por autores alemanes en sus artículos en inglés, su redacción tiende a ser adaptada por los autores al estilo de la lengua inglesa, y, en caso contrario, suele ser objetada por los evaluadores de la *peer review*, o por los editores de la revista. El consejo de Barzun (2001) de componer oraciones «simples y directas» va abriéndose camino poco a poco en la redacción alemana.

La redacción en portugués. También en portugués hay una abundante bibliografía sobre la preparación de textos expositivos, incluyendo los textos científicos, y con creciente influencia de las normas internacionales de origen anglosajón. El corpus bibliográfico en portugués sobre este tema se origina principalmente en Brasil, mucho más que en Portugal. Por ejemplo, Medeiros (2006) constituye una exposición muy completa de una preceptiva para la redacción científica en portugués, incluyendo monografías, tesis, trabajos de conclusión de curso, y publicaciones científicas. Existen también en portugués textos específicamente orientados a la *construcción de párrafos*, como Figueiredo (1995), que se basa en la preceptiva anglosajona; así se expresa ese autor sobre los párrafos:

Con respecto a la obra escrita, los párrafos representan bloques relacionados progresivamente unos con otros, es decir que ellos son dinámicos y avanzan lógicamente en una determinada dirección, desde el párrafo introductorio hasta el último párrafo, cada uno dependiendo del otro. [...] En relación con su estructura interna, el párrafo es un conjunto de oraciones relacionadas unas con otras y gobernadas por una idea central, formando una secuencia unida y coherente que consiste en ideas asociadas entre sí. El concepto de párrafo estándar posee dos principios: 1) Todas las ideas deben estar organizadas y concentradas en torno a una idea central para formar un raciocinio; 2) Cada párrafo se relaciona con el párrafo precedente; el primero presenta el razonamiento general, con una idea principal e introductoria; el segundo se relaciona con el primero, y el tercero con el segundo, en una cadena de razonamientos. El último párrafo cierra el ciclo de razonamientos y constituye la conclusión. El entrelazamiento de cada párrafo con otro, y la unión de un razonamiento con otro, le dan cohesión al texto. (Figueiredo, 1995: 13)

Prado (2012) también dedica parte de su texto sobre redacción «discursiva» (es decir, expositiva) al tratamiento de los párrafos como unidades argumentativas básicas. Tal como lo hace Figueiredo, Prado utiliza el concepto (ya difundido en la bibliografía en portugués y en los cursos sobre redacción académica en ese idioma) de «párrafo estándar» (*parágrafo padrão*) para referirse a la estructura típica o normativa de los párrafos expositivos o argumentativos:

El párrafo estándar es una unidad de la composición constituida por una o más oraciones en que se desarrolla una determinada idea central o nuclear, a la que se agregan otras [ideas] secundarias íntimamente relacionadas y lógicamente vinculadas con aquella. (Prado, 2012: 73)

De este modo, los textos sobre redacción expositiva en portugués han tendido a adoptar el modelo anglófono, sobre todo a través del concepto de *parágrafo padrão*, y también en otros aspectos. Esta modalidad para la estructuración de los textos científicos también subraya la relación entre oraciones dentro de los párrafos, y también la conexión entre los párrafos y la argumentación subyacente.

La redacción en francés. También la educación en lengua francesa otorga importancia a la enseñanza de la retórica expositiva, sobre todo a partir de las obras de Perelman, y como eco de la tradición educativa y cultural francesa que promueve la claridad (*clarté*), una virtud del pensamiento y del discurso cuya importancia proviene de las *idées claires et distinctes* que la filosofía del pensador francés René Descartes (1596-1650) suponía innatas en el alma humana (Descartes, 1641). Algo similar ocurre en la cultura alemana por la influencia de Immanuel Kant y sus «categorías *a priori*» que también el filósofo alemán consideraba innatas (Kant, 1781). Estas doctrinas filosóficas como tales no son muy relevantes actualmente en el campo científico, pero su *huella cultural* se percibe en la importancia atribuida a la claridad y el orden del discurso expositivo en alemán y francés, lo que se expresa en los sistemas educativos y en los patrones habituales de pensamiento y de escritura en esas lenguas.

El imperativo de la claridad, de la *rédaction claire*, es evidente en la bibliografía sobre estos temas en lengua francesa. En Francia y en otros países y regiones francófonos (como Bélgica, el Québec canadiense y las antiguas colonias francesas en África, sobre todo Senegal), la enseñanza de la redacción, y en particular la de textos expositivos, tiene mucha relevancia en el proceso educativo primario y secundario. Aparte de los textos didácticos para escolares, libros como los de Vervier (2011) y Samson-Legault (2012) sobre la redacción de textos expositivos se dirigen al público profesional en general; Lebrun 2007 se enfoca específicamente en la redacción científica. En la enseñanza de la redacción expositiva en francés es prácticamente universal el uso de un esquema normativo y pedagógico que estipula *siete pasos* (agrupados en tres etapas) para la preparación de un texto expositivo, que se aplica a textos científicos, periodísticos y de otros tipos.

Hay pequeñas variantes entre los autores, pero la siguiente es la forma más frecuente (Vervier, 2011):

Tabla 1
La redacción en francés, en siete pasos

Etapa 1. Reflexión	Etapa 2. Redacción	Etapa 3. Revisión
Paso 1. Destinatarios y finalidad del texto	Paso 4. Texto en borrador	Paso 6. Diseño (<i>mise en page</i>) ⁴³
Paso 2. Búsqueda y selección de información	Paso 5. Texto en limpio	Paso 7. Relectura y corrección
Paso 3. Plan de estructuración del contenido		

Fuente: <https://www.redaction-claire.com/2014/02/27/7-étapes-pour-rédiger-vite-et-bien/>

La preceptiva francesa para la redacción científica no está tan detalladamente normatizada como la de lengua inglesa, pero igualmente incluye las normas principales aplicables a la redacción de textos, especialmente aquellos que se escriben «para el lector científico internacional», como reza el subtítulo del libro de Lebrun (2007): «Comment écrire pour le lecteur scientifique international»). En general, estas obras orientan a los científicos francófonos para producir artículos no solo en su lengua, sino (tal vez principalmente) *en inglés*, o al menos siguiendo las prácticas habituales de la redacción académica en inglés. Así, Lebrun utiliza muchos ejemplos de publicaciones científicas en inglés, e intercala libremente fragmentos de texto en inglés para ilustrar la redacción científica «para el lector internacional»; esta práctica testimonia la realidad de la predominancia del inglés en la ciencia contemporánea y el dominio de esa lengua que deben tener los científicos de otras culturas lingüísticas. Esto resulta inescapable incluso para los científicos franceses, insertos en una cultura y unas políticas oficiales que promueven activamente el uso de su lengua y la defensa de la *francophonie* contra la creciente *anglophonie* del mundo contemporáneo. Lo mismo pasa en textos alemanes sobre redacción de trabajos científicos, entre otros Frank (2017, 2019) y Kellner (2020), en el marco del proceso general de adopción del inglés como lengua de la ciencia (*cf.* la sección 2.7). En general, los científicos de todo el mundo, incluso los francófonos, se han adaptado y se siguen adaptando al uso de esa lengua internacional de la ciencia y a sus modalidades de redacción, sin entrar en conflicto con su lengua natal.

En definitiva, este rápido examen de los estándares de redacción científica, y de formación para la redacción científica, en varias lenguas europeas, muestra claramente dos

⁴³ El paso 6 (*mise en page* o «puesta en página») se refiere al diseño gráfico, o sea las decisiones que se deben tomar sobre la disposición del texto y la inserción de elementos auxiliares (tablas, figuras, resumen, títulos, subtítulos, etc.).

cosas: (1) en todas las lenguas examinadas hay una clara comprensión de la importancia de la comunicación científica (y de la formación de los investigadores en esta materia); y (2) los estándares de la redacción científica, y la formación de los investigadores al respecto, tienden a converger hacia los estándares establecidos en la lengua inglesa, debido a la preeminencia del inglés en la comunicación científica (sección 2.7) y al desarrollo mucho mayor de esos estándares (y de la formación teórica y práctica de los estudiantes para la utilización de esos estándares. Al mismo tiempo que el inglés se ha consolidado como lengua internacional de la ciencia, los estándares de comunicación científica establecidos en la lengua inglesa tienden a ser adoptados también en los sistemas educativos y científicos en países con otras lenguas. Esos estándares son de hecho los estándares de la comunicación científica internacional.

2.11.3 La enseñanza de redacción científica en lengua española

A diferencia de lo que ocurre en otras lenguas, en el caso de la lengua española, la convergencia hacia el estándar internacional es mucho más débil. Esto se manifiesta en una singular escasez de normas lingüísticas para la redacción de textos científicos, o recomendaciones relevantes para la enseñanza de este tema en las distintas etapas del proceso educativo; en la debilidad o inexistencia en materiales sobre redacción científica en que se traduzcan los principios y estándares internacionales sobre el tema (como los que conciernen a la relación entre la estructura de los textos y la estructura lógica de la argumentación subyacente); en la ausencia de una concepción desarrollada sobre la *organización de los textos expositivos* y sus partes jerárquicamente estructuradas (párrafos, secciones, capítulos, etc.). Hay también relativamente pocos *materiales didácticos para la formación en redacción expositiva* en los distintos niveles del sistema educativo (primario, secundario y universitario). Se exceptúan algunas traducciones recientes de textos originalmente escritos en inglés, y algunos manuales en español que comienzan a proponer (para la redacción académica en español) algunas reglas típicas de la redacción académica en inglés. Este último desarrollo es más incipiente que en otras lenguas europeas como el alemán, el francés o el portugués.

Muchos de los materiales normativos o didácticos surgidos en la lengua española suelen limitarse a establecer cómo se deben decir o escribir las *palabras*, y cómo se deben construir las *oraciones*, sin mayores referencias a estructuras sintácticas superiores, como los párrafos o las distintas clases de texto expositivo (artículos, libros) en las que se desarrolla una argumentación compleja. Esto era corriente también en otras lenguas en el siglo XIX y las primeras décadas del XX. En inglés existía desde el siglo XIX la obra de Alexander Bain (1866) sobre composición y retórica, donde la organización expositiva ocupa un lugar prominente, empezando por el papel que Bain otorga a los párrafos y a su estructura interna. Esta concepción de Bain se abrió paso en la enseñanza de la composición y redacción en inglés durante el siglo XX, como lo muestran los manuales

para la enseñanza secundaria de Wren y Martin (primera edición en 1935) y Warriner (aparecido en 1946).

No se ha desarrollado en español una concepción teórica capaz de generar una preceptiva acerca de cómo y para qué se debe dividir un texto expositivo en párrafos, secciones o capítulos, cómo se deben articular varios párrafos para desarrollar las secciones o capítulos de un texto, y otras cuestiones conexas. Hay solo algunos pocos textos que se refieren extensamente al tema, como el trabajo de Garachana y Montolio (2000), el de Martínez Caro (2014) y los de González Cobas (2004, 2008, 2014), quien, además de su propio análisis, cita (en su artículo de 2014) una serie de pasajes en que otros autores españoles, y algunos de otras nacionalidades, se han referido a los párrafos como unidades significativas dentro de un texto. En general, los trabajos de González Cobas, como los de otros autores que han tocado el tema, no han resaltado suficientemente el papel de los párrafos en el desarrollo de la argumentación de un texto expositivo. Tampoco se halla en estos trabajos la idea de que los párrafos expresan microargumentaciones que (junto con otros párrafos) contribuyen a fundamentar argumentaciones más amplias. Por otra parte, la mayor parte de los autores no concentra su atención en los textos científicos, o al menos en los textos expositivos: en su mayor parte, consideran por igual textos periodísticos, narrativos (cuentos o novelas), e incluso textos españoles medievales o del Siglo de Oro.

La lengua española dispone de una extensa construcción teórica sobre gramática, ortografía y estilo, como se puede apreciar en las publicaciones de la RAE (2010a, 2010b, 2018), pero casi nada sobre la estructura de las unidades textuales compuestas por oraciones (es decir, los párrafos) y la de los textos más complejos compuestos por párrafos; esas construcciones no son enseñadas ni aprendidas en el aprendizaje de la lengua. En el *Diccionario* de la RAE, la definición de «párrafo» es la siguiente: «Párrafo: fragmento de un texto en prosa constituido por un conjunto de líneas seguidas y caracterizado por el punto y aparte al final de la última» (<https://dle.rae.es/párrafo?m=form>). Esta definición solo describe al párrafo como una *disposición tipográfica*, sin aludir a su estructura interna (usualmente formada por *varias oraciones interrelacionadas* y con *unidad de contenido*), ni como componente estructural de un texto escrito (que por lo general está formado por múltiples párrafos interrelacionados), ni como unidad argumentativa primaria de los textos expositivos. No hay siquiera principios claros sobre la *delimitación* de los párrafos, es decir, sobre las razones para determinar en qué puntos del texto se debería poner «punto y aparte». No hay en las publicaciones de la RAE, en textos escolares de gramática o en los pocos manuales en español para la preparación de trabajos científicos, un tratamiento satisfactorio de la *estructura discursiva* de un texto. Hay pocos textos que se ocupen de la función de los párrafos dentro de un texto, como el de Garachana y Montolio (2000). Salvo esa y otras escasas excepciones, no se encuentran en español mejores definiciones de «párrafo» que la que da el *Diccionario*, o una relación más explícita

entre la estructura de los párrafos y secciones de un texto expositivo y la estructura de la argumentación lógica subyacente.

La «teoría del párrafo» que forma un aspecto prominente de la enseñanza internacional sobre redacción académica, está en general ausente (salvo excepciones) en los textos sobre el tema en lengua española; no aparece en la *Gramática* ni en el *Libro de estilo* de la RAE, y esa institución tampoco ha publicado un texto general sobre redacción expositiva. Posiblemente como consecuencia de ello, en la mayoría de los países hispanohablantes el tema no se enseña como parte de la educación formal (primaria, secundaria o superior). Los profesionales de Lengua o disciplinas afines (Lingüística, Filología) reciben una formación en la que estas cuestiones no tienen saliencia ni desempeñan un papel relevante en sus estudios.

Los textos sobre redacción escritos directamente en español por lo general no abordan en detalle la *organización* de los textos expositivos. Se considera implícitamente que basta con redactar correctamente las oraciones y ponerlas una después de la otra; se sobreentiende que el texto debe tener alguna coherencia, pero no hay muchos análisis, principios teóricos o examen de ejemplos que puedan ayudar a entender ese tema con mayor precisión. Hay algunos artículos que analizan la problemática de la redacción de tesis y que generalmente comprueban las dificultades que tienen los estudiantes españoles o latinoamericanos para completarlas; estas discusiones aparecen en revistas especializadas de lingüística o de educación, pero no están destinadas a instruir a los estudiantes, sino a la discusión entre especialistas; algunos de esos especialistas han alertado sobre este problema, sin producir por lo general una propuesta alternativa más allá de recomendaciones genéricas.

Alguna indicación marginal de la RAE sobre la estructura y funciones de los párrafos aparece en un lugar inesperado. En la *Ortografía* de la Real Academia Española (RAE, 2010b) hay un breve y prácticamente único pasaje con alguna indicación sobre las razones para delimitar los párrafos dentro de un texto. Esa indicación no surge en el contexto de un tratamiento de los párrafos como tales, como unidades significativas de los textos expositivos, sino en forma incidental al tratar un tema puramente ortográfico, la *puntuación*. La cuestión que se plantea en ese pasaje es la siguiente: *cómo decidir si* (al terminar una oración) *se usa «punto y seguido» o «punto y aparte»*; es decir, cuándo se debiera considerar que termina un párrafo y empieza el próximo, lo que el libro reconoce con razón que *no es un asunto puramente ortográfico*:

Más que un asunto de la ortografía, la elección entre un punto y seguido y un punto y aparte —o entre el punto y otros signos delimitadores como el punto y coma o los dos puntos— tiene que ver con destrezas relativas a la **organización de la información**, a la **agrupación de las ideas en los párrafos** para que el texto sea **claro y coherente**. Respetando siempre esa premisa de coherencia, cabe la posibilidad de que la **jerarquización de las ideas** varíe en función de cómo quiere el que escribe que su texto sea interpretado. (RAE, 2010b: 294; énfasis añadido)

Si bien la elección entre «punto y aparte» o «punto seguido» depende de «destrezas relativas a la organización de la información», de la «agrupación de las ideas» y de la «jerarquización de las ideas», para que el texto sea «claro y coherente», esos aspectos, que fundamentan la decisión de usar «punto y aparte» (es decir, la decisión de *delimitar* los párrafos) *no son temas abordados* en el tratado de *Ortografía* (donde ello estaría por cierto fuera de lugar, pues no es un asunto ortográfico) ni tampoco (como antes se ha mencionado) en el *Diccionario*, la *Gramática* o el *Libro de estilo* publicados por la RAE. Esos temas solo se tratan extensamente en la bibliografía en inglés; los distintos puntos mencionados tan brevemente en la cita que se ha transcritto podrían probablemente originar *varios capítulos* dentro de un más extenso tratamiento del párrafo como el que se ofrece en muchos manuales de enseñanza de la redacción en inglés, destinados a la escuela secundaria o al *college*.

Lenguas de especialidad. El discurso expositivo científico es un tipo de discurso que solo atañe a los científicos, o como máximo a personas con suficiente nivel educativo para leer y entender textos científicos. Al respecto, la RAE reconoce la existencia de «lenguas de especialidad» o «tecnolectos». Uno de esos tecnolectos sería, por ejemplo, la particular variante lingüística desplegada en los textos científicos, que aplican reglas y convenciones propias y usan una terminología precisa y especializada, que corresponde al discurso científico en general y a las particularidades de cada disciplina. Un tecnolecto no se refiere exclusivamente a la terminología, léxico o «jerga» de cada especialidad, ni solo a las oraciones, sino también a construcciones gramaticales más complejas, como los párrafos y otras construcciones concernientes a la organización de los textos científicos.

La RAE no ha publicado nada sobre los *tecnolectos científicos* (que varían según las disciplinas). Por el momento, solo ha publicado un libro dedicado al *tecnolecto* que se usa en el ámbito jurídico-judicial: el *Libro de estilo de la Justicia* (RAE, 2017), complementario del *Diccionario del español jurídico* (RAE, 2016, 2020). Dos breves capítulos, el 4, titulado «El párrafo: problemas y actuaciones», y el 15, sobre ortografía, son relevantes en el presente contexto, y son hasta ahora (junto con el ya citado pasaje de la *Ortografía*) quizá los únicos textos en que la RAE ha tocado el tema de la estructura interna y delimitación de los párrafos, al menos en cuanto se aplica a los textos jurídicos, y ello de un modo relativamente marginal.

El capítulo 4, dedicado a problemas relacionados con los párrafos, consiste en *una sola sección*, titulada «El párrafo unioracional». Esa única sección está dedicada a criticar una tradición que se suele expresar en los textos jurídicos, y que consiste en redactar párrafos *muy extensos* formados por *una sola oración* también muy larga y compleja; estos párrafos *unioracionales* y excesivamente extensos son fuertemente desaconsejados, pero en realidad las consideraciones que se ofrecen al respecto no se refieren a esos párrafos en cuanto tales, sino a las *oraciones* que los componen. Esas oraciones son efectivamente

largas, complicadas y farragosas (RAE, 2017: 34), y al respecto se ofrece un único mandamiento: «dividir, dividir, dividir» (p. 35). Se presenta como ejemplo una oración muy larga y compleja, que los autores proponen subdividir en 16 oraciones más simples; es de notar que el ejemplo no ejemplifica un *párrafo*, sino una *oración*. Si el párrafo estuviese compuesto solo por esa oración, la propuesta resultaría en un párrafo compuesto por 16 oraciones más cortas. Sin embargo, no se indica si las 16 oraciones deberían formar un solo párrafo, o si debieran ser agrupadas en dos o en tres, ni el criterio apropiado para tomar esa decisión. Se aconseja dividir las oraciones excesivamente largas, pero no se indica cómo y en qué puntos dividir los párrafos. Tampoco se explica cómo determinar si una oración debe formar parte de uno u otro párrafo.

En el mismo *Libro de estilo de la Justicia*, el capítulo 15 se dedica a la ortografía, e incluye un pasaje sobre el párrafo. Si bien este es definido, como en el *Diccionario* de la RAE, en forma puramente tipográfica y ortográfica (conjunto de líneas cuya primera palabra va con mayúscula y que termina con un punto y aparte), en este caso se añade un importante elemento sobre el *contenido*: un párrafo es definido como «una división física del texto *que delimita una unidad de contenido*» (p. 196). Esta es una de las pocas menciones en las publicaciones de la RAE sobre la relación entre la forma tipográfica de «párrafo» y el hecho de que debe tener «unidad de contenido», sobre lo cual, sin embargo, el *Libro* no proporciona ningún otro detalle.

No se ofrece, en definitiva, un marco conceptual o un conjunto sistemático de criterios prácticos sobre la construcción de párrafos y la determinación de cortes o divisiones dentro de un texto jurídico, incluyendo el comienzo y final de los párrafos, o la subdivisión del texto en varias secciones como las que usualmente componen cada texto típico (alegato, sentencia, ley, etc.). Esos criterios y normas deberían servir para (i) la delimitación de los sucesivos párrafos, no solo por su extensión sino por su contenido; (ii) la estructuración interna de cada párrafo, que podría variar según el tipo de párrafo de que se trate; y (iii) las reglas que deberían regir el encadenamiento lógico de párrafos (quizá agrupados en secciones o partes) para construir exposiciones coherentes integrantes de un discurso más amplio.

No obstante estas limitaciones, el *Libro de estilo de la Justicia* representa un paso muy importante de la RAE en cuanto a la redacción expositiva, al introducir el tratamiento de las lenguas de especialidad o tecnolectos, circunscrito en este caso al ámbito jurídico. Sería recomendable que la Academia u otros especialistas desarrollen obras análogas sobre otros documentos escritos en «lenguas de especialidad» o «tecnolectos». Entre ellos sería oportuno el tratamiento de los textos científicos. Por ejemplo, existe en Gran Bretaña un programa nacional para la enseñanza de «inglés para fines académicos» (English for Academic Purposes o EAP; véase la sección 2.11.1); esa experiencia podría ser consultada para elaborar un desarrollo análogo en lengua española. Dado el carácter internacional de la ciencia contemporánea, sería deseable que ese tratamiento del tecnolecto científico

en español sea *coherente con los usos internacionales*, a diferencia del discurso jurídico, que suele tener un carácter «nacional» acorde con la tradición jurídica de cada país.

La bibliografía escrita en América Latina o en España sobre «cómo escribir» tampoco suele tratar este tema. Muchos de los manuales para quienes desean escribir una tesis o algún otro texto académico se limitan a aconsejar las formas correctas de escribir las palabras y de formar las oraciones, con pocas referencias adicionales. También hay una literatura que refleja el intercambio de ideas entre especialistas sobre enseñanza del lenguaje para fines académicos, por ejemplo: Carlino (2002, 2003a, 2003b, 2004a, 2004b, 2005a, 2007, 2012, 2013); Álvarez Menéndez (1991); Castelló (2007a, 2007b); Castelló, Iñesta y Monereo (2009); Castelló, Iñesta y Corcelles (2013); o Navarro (2021). Esa literatura muestra preocupación por los problemas relacionados con la insuficiencia de la comunicación académica, y de la formación en esa materia, sea en general o entre estudiantes de posgrado, o por las dificultades que tienen los estudiantes para la redacción de textos académicos, en especial las tesis de posgrado. Alguno de esos textos (Carlino, 2002) ha sugerido implementar en los países hispanohablantes un programa similar al WAC (Writing Across the Curriculum, es decir «La redacción a través del plan de estudios»), como el que se aplica en los Estados Unidos. Pese al tiempo transcurrido, no se han dado pasos significativos en esa dirección en los sistemas educativos nacionales, ni se han desarrollado estándares para un programa semejante.

La misma autora, Paula Carlino, también ha escrito sobre el fenómeno de la baja tasa de *graduación* en los posgrados, debido sobre todo a que muchos estudiantes *no logran completar su tesis* (Carlino, 2005b). La autora señala como un importante obstáculo el hecho de que escribir una tesis implica «un proceso de adentramiento en [...] la cultura investigativa de una determinada comunidad disciplinar, con métodos y formas de análisis, argumentación y discurso específicos» (Carlino, 2005b: 418). Formula varias recomendaciones para que las universidades reviertan esa situación.

Sus recomendaciones en esencia remiten a cambios en la organización de la enseñanza y la investigación, procurando la inserción de los estudiantes de posgrado en actividades de investigación y en propuestas provenientes de los profesores. Esto es muy razonable y concuerda con algunas recomendaciones de este libro, pero la enunciación es más bien genérica, y ello le resta posibilidades de implementación. La autora, cuyo artículo se basa en una encuesta realizada entre alumnos de maestrías en el campo de las ciencias sociales, considera correctamente que el problema radica en las instituciones de enseñanza. Su análisis en este punto, empero, no se refiere explícitamente a deficiencias en la formación en redacción expositiva, que debiera desarrollar las habilidades requeridas para la preparación y organización de textos complejos (que la misma autora ha tratado en otros trabajos).

La bibliografía en español sobre *argumentación* tampoco contiene muchos textos referidos a la construcción *lógica* de textos científicos. Algunas publicaciones son de tipo lógico-filosófico, a menudo referidos a las obras clásicas de retórica como la de

Aristóteles, o bien a la historia de las teorías de la argumentación (Marafioti, 2003; Marafioti & Santibáñez, 2008), o a un enfoque puramente filosófico, como por ejemplo Bolaños-Guerra (2002), Bustamante (2008) o Posada Gómez (2004, 2015). Otras se concentran en la argumentación *jurídica*, que se expresa en las sentencias de los jueces, los dictámenes de los fiscales o los alegatos de las partes, como Dehesa Dávila (2007), Moreso (2006), y el *Libro de estilo de la Justicia* (RAE, 2017). Algunos trabajos sobre estos temas son apenas un glosario de términos técnicos usados en la teoría de la argumentación (Vega & Olmos, 2011). En suma, no hay textos en español que presenten un análisis serio de la *estructura argumentativa* de los textos expositivos, o sobre *argumentación científica* en general.

Hay, por cierto, manuales de redacción en español, como el ya citado libro de García Negroni (2011), cuyo subtítulo es «Claves para una corrección de estilo». Este es, además, uno de los pocos textos en español que dedica un capítulo a la redacción de trabajos científicos: su último capítulo trata sobre «Normas para la presentación de trabajos científico-académicos y universitarios» (García Negroni, 2011: 783-806). Sin embargo, su cobertura es limitada. No se refiere a las peculiaridades del discurso científico, sino principalmente a una de sus características: la presencia de *elementos paratextuales* (títulos y subtítulos, notas, cuadros, gráficos, referencias bibliográficas, etc.), sobre los cuales solo considera el estilo formal en que ellos deben ser insertados en un documento científico-académico. No se trata en ese capítulo la organización interna de los «trabajos científico-académicos», en cuanto documentos que exponen una argumentación racional basada en una investigación empírica o en una indagación teórica. No se presentan indicaciones sobre la relación entre esa organización discursiva y la argumentación subyacente. Tampoco se refiere a la naturaleza y función de los párrafos y de otras subdivisiones de los textos (secciones, capítulos, partes), o sobre la relación de estas subdivisiones con el carácter jerárquico de la argumentación subyacente.

En suma, lo más destacable en el presente contexto es que son escasos los textos escritos en español que ofrezcan una preceptiva adecuada para la redacción de textos expositivos, en particular los de tipo científico. Tampoco hay suficientes desarrollos sobre la estructura lógico-argumentativa subyacente en los textos expositivos científicos y su relación con la estructura discursiva de esos textos. Estos temas no están desarrollados adecuadamente en las publicaciones de la RAE y tampoco en los manuales disponibles sobre redacción académica o periodística. Esta constatación es un importante desafío para el objetivo de mejorar la actividad científica y la formación de investigadores en los países de lengua española. A ese tema se hace referencia en las secciones 5.5, 6.7 y 6.8 de este libro.

3. Obstáculos y desafíos de la ciencia

3.1 Problemas de la ciencia hace un siglo

Weber señaló en 1919 algunas de las deficiencias de la actividad científica en la Alemania de ese período histórico, y algunos factores estructurales que obstaculizaban su modernización, los que se expresaban, por ejemplo, en las resistencias de las mentalidades rutinarias, y en las conductas particularistas y discriminatorias. Estas mentalidades y conductas tendían a prevalecer debido, alega Weber, a defectos estructurales («condiciones externas») en la organización de la actividad académica y científica de Alemania a comienzos del siglo XX, como, por ejemplo, la organización autocrática de las cátedras, la selección de catedráticos básicamente a partir de sus cualidades docentes (que solo «por azar» coincidirían con la capacidad para la investigación), el carácter plutocrático del acceso a la carrera académica a través de puestos *ad honorem*, la falta de autonomía de las universidades, y otros condicionamientos análogos.

Por otra parte, la creciente especialización todavía no iba acompañada por incentivos que facilitasen la organización del trabajo científico de manera interdisciplinaria; regían también ciertas condiciones institucionales que favorecían conductas particularistas, no regidas por criterios objetivos de excelencia, como, por ejemplo, que la decisión de nombramientos en las cátedras no era una decisión autónoma de las universidades sino una atribución de los gobiernos regionales, y que las remuneraciones estuviesen regidas por criterios más ligados a la antigüedad que a la excelencia y la productividad. Todo esto contribuía a la prevalencia y perpetuación de la mediocridad, y dificultaba la superación de un estilo de investigación centrado en investigaciones «artesanales» a cargo de catedráticos individuales. En esta sección, se revisan más en detalle algunos de los problemas de la ciencia en 1919, incluyendo los que fueron señalados por Weber en su conferencia, junto con otros que pueden ser detectados más fácilmente ahora en función de la evolución ocurrida en el sistema científico.

3.1.1 La cátedra autocrática

Weber y otros autores han destacado las deficiencias de una organización académica basada en cátedras autocráticas: desaliento de la innovación y la creatividad, apego a las ideas establecidas, sometimiento de los jóvenes profesionales a un régimen casi servil y no remunerado, dificultades para la colaboración entre cátedras y entre universidades, prioridad de las cualidades docentes del futuro catedrático antes que su talento para la investigación, y otras. La idea de la colaboración interdisciplinaria y la formación de equipos de trabajo con relaciones igualitarias que recompensen la iniciativa antes que la fidelidad al catedrático, y se dediquen a una actividad científica expresada en programas colaborativos y multipersonales, eran conceptos por lo general ausentes en Europa.

En Alemania (tomada aquí como el punto focal de la ciencia más avanzada en aquella época), como en otros países de Europa continental, existían con sistemas estatales centralizados y dominados por la figura del catedrático. Estos sistemas fueron imitados en lo esencial por muchas universidades «periféricas» como las de América Latina, Japón y Europa Oriental. Este proceso se vio alterado, pero no fundamentalmente transformado, por el proceso de «americanización», ya iniciado antes de 1919 y percibido por Weber en su conferencia sobre el tema en ese año. De ese proceso de «americanización» resultó, en cambio, una organización «híbrida» que permitió la subsistencia de muchos rasgos del sistema tradicional. Un más reciente proceso de «americanización» ha sido impulsado por las reformas universitarias y educativas de la Unión Europea, sobre todo a partir de 1990, pero aun así subsisten elementos de aquella organización tradicional.

3.1.2 Enseñanza e investigación

La «americanización», tal como la concebía Weber, era una expresión del proceso general de modernización, secularización (o «desencantamiento») y racionalización asociado al desarrollo del capitalismo, y por ello supondría una mayor vigencia de criterios «universalistas» o «racionales». Sin embargo, en su conferencia de 1919 sobre la ciencia, Weber señala que en aquel momento todavía prevalecían otros valores. Por ejemplo, Weber examina los criterios que se utilizaban para evaluar a quienes aspiraban a un cargo de profesor, cuyas funciones supuestamente incluían tanto la enseñanza como la investigación. Empieza Weber señalando que un factor muy importante para la universidad es el número total de estudiantes matriculados en cada cátedra, que determina la magnitud de los recursos que se le asignan, el tamaño de su biblioteca o el número de sus docentes auxiliares. En función de ello, señala, en la valoración de quien aspira a un puesto de profesor se solía dar más importancia al desempeño del candidato en el dictado de clases, que a su talento como científico e investigador, y añade: «es bien conocido el hecho de que la afluencia de estudiantes a una cátedra determinada depende, en grado casi increíble, de circunstancias puramente externas, tales como son el temperamento

del profesor o su timbre de voz» (Weber, 1979: 189). Para lograr una mayor audiencia, añade Weber, el profesor no debe recurrir a la demagogia o al facilismo, ni la universidad debe favorecer los cursos masivos:

Una experiencia más que suficiente y una sobria reflexión me han enseñado a desconfiar profundamente de los cursos masivos, por inevitables que sean. La democracia está bien dentro de su ámbito propio, pero la educación científica que por tradición hemos de procurar en las Universidades alemanas es una cuestión de aristocracia espiritual y sobre esto no cabe engañarse. [...] No es, sin embargo, el número de oyentes el que decide sobre el éxito o el fracaso de ese empeño. [...] este arte de enseñar es, en todo caso, un don personal que nada tiene que ver con la calidad científica de un académico. (Weber, 1979: 189-190)

Además, la aptitud del profesor para dictar clases no asegura de ningún modo que tenga talento o capacidad para la investigación. Ambas capacidades solo van juntas de modo accidental o aleatorio:

No le bastará con estar cualificado como intelectual o erudito [*Gelehrte*], sino que ha de estarlo también como docente, y ambas cosas no [siempre] van juntas. Una persona puede ser un erudito excepcional y al mismo tiempo un docente desastroso. (Weber, 1979: 188; traducción corregida a la luz del original)

Cuando se dice de alguien que es un mal profesor, este juicio equivale en la mayor parte de los casos a una sentencia de muerte académica, aunque se trate del mayor sabio del mundo. (Weber, 1979: 189)

Según nuestra tradición, las Universidades deben responder a la doble exigencia de la investigación y la enseñanza. Que las capacidades para estas dos funciones distintas se den juntas en un mismo individuo es simple casualidad. La vida académica es, por tanto, puro azar. (Weber, 1979: 190)

3.1.3 Particularismo y discriminación

La conclusión de Weber sobre el influjo del azar en el éxito académico no solo se relaciona con la asimetría entre las aptitudes docentes y las capacidades para la investigación. También señala la influencia del favoritismo y la discriminación. Ello lo lleva a preguntarse si los que aspiran a una carrera académica tienen conciencia de que quizá deberán resignarse a ser reiteradamente postergados en los ascensos. Esto era aún más cierto para algunos grupos sociales fuertemente discriminados: «Si es un judío», dice Weber, «naturalmente [*natürlich*] hay que responderle *lasciate ogni speranza*»⁴⁴. Esa frase terrible, reflejo de una situación que era habitual en esa época, retrata un panorama de fuerte y extendida discriminación antisemita, que para Weber era condenable aunque

⁴⁴ «Abandonad toda esperanza», inscripción en la puerta del infierno en *La divina comedia* de Dante Alighieri, canto 3.

para muchos resultaba sin duda algo «natural»⁴⁵. Los editores de las conferencias en las *Obras completas* de Weber explican que esta discriminación operaba como un «techo de cristal»:

Aunque en el Segundo Imperio a los científicos de origen judío no se les negaba el acceso a la carrera académica, raramente se los consideraba para cargos de profesor ordinario. (Weber, 1992: 90, nota 17)

El «moderado» antisemitismo que imperaba en el Segundo Imperio se convirtió luego en un programa de aniquilación masiva bajo el nacionalsocialismo (véase la sección 3.2.1). La discriminación, por otra parte, no se limitaba a los judíos. A todos los que aspiraban a una carrera académica (judíos o no), continúa Weber, habría que preguntarles: «¿cree usted que podrá soportar, sin amargarse y sin corromperse, que año tras año vaya pasando por delante de usted una mediocridad tras otra?» (Weber, 1979: 190). Con esta apreciación, probablemente acertada para las universidades alemanas de 1919, acaba Weber su análisis de las «condiciones externas de la vida académica». Al mismo tiempo, al examinar las «condiciones internas» de la vocación íntima por la ciencia, veía dificultades *objetivas* para que los futuros docentes pudiesen realizar las aspiraciones *subjetivas* inherentes a su vocación, aun cuando no existiese una discriminación activa como la que afectaba a los judíos. En parte, esas dificultades objetivas que Weber prevenía eran resultados de la propia evolución de la ciencia, de su gradual «americanización», y sobre todo de la creciente especialización.

3.1.4 El desafío de la especialización

Luego de tratar las «condiciones externas» que afectan a la vocación científica, Weber inicia su análisis de las «condiciones subjetivas», es decir, los factores relacionados con la «vocación íntima del hombre de ciencia». No se centra, sin embargo, sobre factores subjetivos y psicológicos: Weber comienza señalando la importante influencia que ejerce sobre la vocación científica otro factor «externo»: el rápido proceso de *especialización* que estaba ocurriendo en todas las disciplinas: «la ciencia ha entrado en un estadio de especialización antes desconocido y en el que se va a mantener para siempre» (Weber, 1979: 191). Este proceso es visto por Weber como una imprescindible e inevitable característica del desarrollo científico, que a su vez refleja la especialización y división del trabajo en la economía moderna. Sin perjuicio de considerarlo inevitable y básicamente positivo,

⁴⁵ La discriminación antisemita para el acceso a las cátedras tenía excepciones; Einstein, por ejemplo, había sido nombrado catedrático ordinario en la Universidad de Berlín en 1914, sin siquiera pasar por un concurso; 20 años antes (en 1894), otro judío, el futuro premio Nobel Fritz Haber, a la edad de 25 años, había sido designado como profesor ordinario en Universidad Técnica de Karlsruhe. En 1919, la frustración por la derrota bélica (atribuida por la extrema derecha a la «plutocracia judía») impulsaba episodios tempranos de ataque o acoso antisemita, que se acentuaron durante la década de 1920 hasta llegar al ascenso de Hitler al poder, las «leyes raciales» de la década de 1930 y el genocidio masivo del Holocausto.

lo veía al mismo tiempo como una amenaza para el abordaje de problemas complejos, al menos dentro de la organización de la ciencia en esa época. Como efecto de la especialización, Weber advierte una creciente imposibilidad de que un científico pueda abordar cuestiones más amplias, que desbordan cualquier especialidad, de modo que «el trabajo propio, como tal, ha de ser inevitablemente muy incompleto» (Weber, 1979: 191).

Sobre esta situación, que obliga a mantenerse dentro de una estrecha especialidad, es notable que la reflexión de Weber esté centrada solo en la dificultad que ello genera para que el científico individual (concentrado en temas muy especializados) pueda definir y afrontar proyectos de mayor alcance. Las ideas más amplias, pensaba Weber, son las únicas por las cuales el científico individual podrá ser valorado como científico. Esto le parecía difícil o imposible si cada científico debe colocarse «anteojeras» para no mirar hacia los lados y dedicarse a una estrecha especialidad, que solo abarca una porción de cualquier problema. Weber, en esta apreciación, implícitamente compara la creciente especialización con el ideal renacentista de un saber integral, que inspiraba el ideal de la formación alemana clásica. Esos modelos ideales estaban expresados en las ideas «humboldtianas» del siglo XIX, que preconizaban la «unidad de la enseñanza y la investigación» así como «la unidad del saber» y «la unidad entre profesores y estudiantes». Estos ideales estaban amenazados por dos tendencias: la *creciente masificación de la enseñanza* (que implica un aumento del número de estudiantes, dificultando su relación personal con el profesor) y la *creciente especialización* dentro de cada disciplina, que limitaba el alcance de las contribuciones individuales de los científicos. El tipo ideal del académico hasta el siglo XIX evocaba un intelectual de amplias perspectivas, capaz de abordar temas de gran envergadura conceptual, lo cual parecía amenazado por la especialización que se imponía en el siglo XX.

Esta visión de Weber se ajustaba a la realidad que enfrentaban la mayor parte de los intelectuales de esa época en diversas disciplinas. Estaban habituados a considerar la investigación como una actividad individual y artesanal. Aun los temas más vastos podían ser abordados en proyectos individuales, como los de Pasteur, Darwin o Mach. En 1919, Weber veía a los investigadores crecientemente confinados dentro de los estrechos márgenes de una determinada especialidad, que solo se refería a una parte de la realidad relevante. La superación de esa situación, como se sabe hoy, es el desarrollo de una investigación *colaborativa*. La perspectiva de la investigación colaborativa, sin embargo, no solo era dificultada por la matriz institucional de las cátedras: probablemente era *difícil imaginarla* y casi *imposible aplicarla*, sobre todo para académicos de corte tradicional, incluyendo al propio Weber, que se dedicaban a problemas muy amplios que, necesariamente, excedían cualquier especialización.

El carácter fuertemente jerárquico y autoritario de la organización universitaria germánica dificultaba el desarrollo de relaciones «horizontales» de división del trabajo y de colaboración entre diversas cátedras, lo cual exigía un sistema favorable a la introducción

de innovaciones conceptuales y metodológicas por parte de todos los participantes. Por otra parte, el «sistema americano» también tenía puntos de fricción con la «atmósfera histórica de las universidades alemanas»: el propio Weber indica que en el «sistema americano» el científico se convierte en un «trabajador», y más aún, en un «proletaroides», lo cual era percibido como un factor negativo. También opina que los grandes institutos de Medicina o Ciencias en Alemania se habían convertido en «empresas de capitalismo de Estado» (Weber, 1979: 184). Estos términos se relacionan con los conceptos marxianos sobre la empresa capitalista y el proletariado, donde el proletario no dispone de medios propios de producción y por ello debe aceptar el papel que le asigne la empresa. Ese papel generalmente limita al trabajador a realizar algunas operaciones parciales dentro de un sistema más amplio de división del trabajo. Ello se aplicaría también a los científicos que se especializan en solo una porción de un área del conocimiento, sin la posibilidad de afrontar problemas de más amplio alcance, ni de conocer o investigar directamente el conjunto del tema en que su especialidad está contenida, o de poseer los medios materiales e institucionales para todo ello.

Los especialistas solo pueden trascender los límites estrechos de su capacidad individual si integran equipos de trabajo con otros especialistas, con lo cual pueden llevar adelante proyectos o programas de investigación más amplios y complejos. Esta visión no era claramente percibida en 1919; hasta ese momento, todos los grandes avances de la ciencia habían sido logrados por investigadores individuales con escasos medios materiales. Además de chocar con la formación tradicional de los intelectuales, que era de tipo generalista y se expresaba en una labor artesanal e individual, la investigación colectiva e interdisciplinaria mediante equipos multipersonales, que incluyen diferentes disciplinas y especialidades, chocaba frontalmente con la organización universitaria tradicional de aquella época. Esa organización estaba todavía basada en catedráticos que monopolizaban la investigación en cada disciplina, dentro de una colección de cátedras separadas, con temáticas mutuamente excluyentes, que gobernaban cada disciplina en cada universidad.

En 1919 ya había avanzado considerablemente, sin embargo, el proceso de especialización. Durante el siglo XIX, el estudio del mundo natural pasó gradualmente de la indiferenciada «filosofía natural» (término introducido en el siglo XVII y que abarcaba todo tipo de conocimiento empírico o experimental) a una creciente diferenciación y a la gradual institucionalización de diferentes *disciplinas*, relacionadas con grandes esferas de la realidad, como la Física, la Química o la Biología, cada una de las cuales exigía estudios especiales (Cahan, 2003). Desde mediados del siglo XVIII, la Royal Society había creado dos «series» separadas de su revista *Philosophical Transactions*, y dos comités para la evaluación de *papers*: por una parte, las ciencias físicas y matemáticas, y, por otra, las ciencias biológicas. La misma amplia subdivisión existía aún en 1900 en la Real Academia de Prusia. Esos dos grandes campos se fueron subdividiendo a su vez en disciplinas

más y más específicas durante los siglos XIX y XX⁴⁶. En ese proceso, dejaron de existir los «naturalistas» genéricos, como el joven Charles Darwin, que en 1833-1838 viajó en tal carácter alrededor del mundo en el bergantín *Beagle* para ocuparse de un relevamiento omnicompreensivo de todos los aspectos de la Naturaleza. El proceso de especialización dio paso al surgimiento e institucionalización de las varias ciencias naturales: geología, zoología, botánica, física, química, etc., y a las muchas especialidades de cada una de ellas. El contenido de esas disciplinas pronto fue tan complejo que se requerían muchos años para dominar solo una de ellas. Esto llevó a la diversificación de profesiones, ciclos de estudio y títulos. Este proceso ya estaba avanzado al final de la Primera Guerra Mundial, y continuó acentuándose en los años subsiguientes.

En los 100 años que siguieron a la conferencia de Weber, cada disciplina se subdividió en múltiples subdisciplinas y especialidades (por ejemplo, los zoólogos se especializaron en diversas clases de animales, y diversos aspectos de esas especies, originando subdisciplinas como la entomología, la ictiología, la ornitología, la primatología, la zoología sistemática, la etología, etc.). Pronto surgieron cátedras, revistas, institutos, asociaciones científicas y congresos de cada una de ellas. En la Web of Science, se reconocían en 2020 más de 500 «campos de conocimiento», muchos de los cuales se desagregan a su vez en subáreas. Esa cifra va aumentando constantemente por el avance incesante de la especialización. Por otra parte, y por el mismo motivo, el trabajo en equipo se volvió una necesidad. En muchos de los centenares de campos temáticos, la labor científica implica necesariamente la colaboración de especialistas en varios aspectos sustantivos o instrumentales de cada problema de investigación, lo que puede requerir muchos especialistas, de la misma disciplina o (probablemente) de varias.

El tiempo requerido para adquirir cada especialidad determina que cada científico individual se vea obligado usualmente a dominar solo una de ellas, y a convertirse por ello en poco más que un engranaje dentro de una organización colaborativa que supera sus propias calificaciones. Cada área o subárea del conocimiento incluye múltiples *problemas* complejos, que deben ser investigados por *grupos interdisciplinarios*, en los que intervienen diversos «trabajadores científicos», cada uno de los cuales se ocupa solo de algún aspecto, y ninguno domina la totalidad de las áreas temáticas consideradas. No se trata ya solamente de un gran catedrático trabajando en soledad, o con algún personal subordinado de menor calificación, sino de un grupo (o una red) de especialistas, *todos altamente calificados*, que conducen actividades científicas estrechamente definidas,

⁴⁶ Sobre el desarrollo de las distintas disciplinas a partir de la revolución científica de la era moderna, hay una muy extensa bibliografía, de la cual Cohen (1994) ofrece un amplio catálogo y análisis, incluyendo períodos anteriores (Antigüedad y Medioevo). Un panorama general puede obtenerse en Lindberg y Westman (1990), Cohen (2015) y Grant (2007). Los dos últimos ofrecen una cobertura histórica más general, desde la protociencia de la Antigüedad. Butterfield (1957) describe la evolución de la ciencia desde el Medioevo hasta 1800.

coordinadas *horizontalmente* entre sí, y con un director cuya autoridad es consensual y de coordinación, en lugar de constituir una suerte de monarquía absoluta.

Esas redes o grupos producen resultados de modo esencialmente colectivo, con reconocimiento y crédito para los participantes en la tarea grupal. Los especialistas de alto nivel que integran los grupos de trabajo están por supuesto acompañados de investigadores más jóvenes que están formándose o avanzando en sus carreras. También la formación profesional necesitó (y aún necesita en muchos países) ser transformada para atender estos requerimientos. La complejidad de la ciencia exige para cada especialidad un largo camino de formación, que incluye estudios de grado y posgrado seguidos por estudios posdoctorales, para poder dominar una especialidad en toda su complejidad. Además, los rápidos cambios en el conocimiento exigen a todos una *constante actualización*: todos están siempre «en proceso de formación», aun cuando ya se acercan a su retiro.

Estas especialidades de alta calificación no son necesariamente sustantivas, sino quizá metodológico-instrumentales, como los especialistas en la construcción o el uso de ciertos instrumentos científicos complejos, en la implementación de determinados procedimientos de análisis, o en la programación de rutinas de cómputo. Esos especialistas «instrumentales» frecuentemente deben formar parte de un grupo más amplio que requiere de esas habilidades especializadas, las que también requieren un conocimiento suficiente del campo sustantivo de estudio). Los especialistas «instrumentales» de antaño a menudo no tenían un adecuado reconocimiento por su labor, pese a que algunos no eran meros «auxiliares técnicos», sino científicos altamente calificados. Así, por ejemplo, Watson y Crick, descubridores del ADN, usaron microfotografías por difracción de rayos X, para lo cual se basaron (sin reconocerlo debidamente) en la labor de Rosalind Franklin, quien ostentaba un Ph. D. como ellos, era de la misma generación, se dedicaba al mismo campo del conocimiento y descubrió independientemente la estructura helicoidal de los ácidos nucleicos. La marginación de Franklin originó un caso célebre de discriminación por género, reconocido póstumamente, y que se revisa en la sección 3.2.2.

Este proceso de especialización científica estaba ligado históricamente a la *división del trabajo* que desde el siglo XVIII se estaba desarrollando en la industria y en otros ámbitos de la vida económica mediante la cooperación de varios oficios y diversos conocimientos profesionales, y la división de los tradicionales oficios artesanales entre múltiples operarios dedicados a diferentes aspectos del proceso productivo. El conocimiento requerido para generar un determinado producto industrial o científico era, crecientemente, un conocimiento que no era poseído por una persona individual, sino *distribuido* entre una pluralidad de especialistas. La *integración de varias especialidades en equipos interdisciplinario* es una consecuencia necesaria de la especialización. Su desarrollo era aún incipiente en 1919 y por ello resultaba muy difícil prever sus alcances futuros. La discusión de Weber no anticipó el enorme desarrollo que la ciencia alcanzaría mediante la integración de equipos interdisciplinarios. Se refiere siempre a

los *problemas y limitaciones* que la especialización implica para el científico individual, quien tiende a quedar encerrado en una visión parcial, sin posibilidad de estudiar el conjunto. Posiblemente basó su análisis en su propia formación, que lo llevó a estudiar *temas muy amplios*, como las grandes religiones o los orígenes del capitalismo. Weber trabajó enteramente *en forma individual*, a partir de los materiales secundarios que podía encontrar en las bibliotecas, y en algunos casos con documentos primarios encontrados en archivos históricos. Para una persona con esa formación resultaría difícil acomodarse a las exigencias de una estrecha especialización, y a la práctica de un trabajo científico grupal e interdisciplinario. Esta nueva forma de trabajo científico no era incentivada por la organización tradicional de las cátedras, basada en la figura autocrática del profesor ordinario o catedrático, ni por el tipo de formación recibida en las universidades.

La conferencia de Weber se dirigía a estudiantes cuya actividad académica consistía en seguir los cursos de las disciplinas correspondientes a las distintas cátedras, que se dictaban principalmente a través de clases magistrales. Si bien Weber alude a los «grandes institutos» recientemente creados dentro y fuera de las universidades, donde los investigadores colaboraban entre sí y contaban con asistentes remunerados, hay que recordar que esas instituciones en su mayoría existían solo en el ámbito de las ciencias naturales y la medicina, y solo en algunas universidades. Weber nunca analiza detalladamente las modalidades de investigación que estaban surgiendo en esos institutos: solo menciona que en ellos los asistentes eran remunerados; la organización de la investigación dentro de esos novedosos centros de investigación era muy diferente de su formación y su experiencia, y también ajena a los conocimientos e intereses de muchos de los estudiantes que asistían a su conferencia, quienes probablemente eran en su mayoría estudiantes de derecho, economía o ciencias sociales.

3.1.5 Creciente dinamismo de la ciencia

Dadas las amplias y profundas insuficiencias que Weber detectaba en las universidades alemanas, lo que le resultaba más sorprendente y digno de estudio no era la existencia de esas insuficiencias, sino que, pese a ellas, la ciencia alemana había logrado y seguía logrando importantes avances. No está claro cuántos de esos avances se desarrollaban en el viejo sistema de las cátedras, y cuántos ya ocurrían en cambio en los nuevos «institutos»; cuántos en las universidades y cuántos en las otrora menospreciadas escuelas tecnológicas, o mediante los proyectos con financiación privada encarados por las academias de ciencias. Es de todos modos indudable que en aquel período, marcado por la derrota en la Gran Guerra y la caída del régimen político imperial, la ciencia alemana era la más importante del mundo, aunque crecientemente amenazada por el anquilosamiento conceptual e institucional inherente a su estilo organizacional, frente al juvenil dinamismo de la actividad científica en los Estados Unidos.

El alto grado de desarrollo de la ciencia en Alemania era una *consecuencia* del desarrollo científico, ya perceptible a comienzos del siglo XX: todas las disciplinas estaban en una permanente transformación, con nuevas teorías y nuevos datos, que permanentemente aparecían y obligaban a cambiar perspectivas teóricas o conclusiones prácticas que habían estado vigentes hasta entonces. Si bien el proceso de avance de la ciencia tenía ya varios siglos de vigencia, su ritmo se había acelerado fuertemente desde finales del siglo XIX y sobre todo desde las primeras décadas del siglo XX.

El permanente progreso del conocimiento, que no solo implica nuevas respuestas sino sobre todo nuevas preguntas y nuevas teorías, mostraba claramente que las conclusiones de la ciencia son necesariamente *provisionales*. Lejos de encarnar un saber adquirido para siempre, son solo resultados provisorios, que abren la puerta a nuevos programas de investigación y conducen así a un acervo de conocimientos permanentemente renovado y transformado. Las limitaciones de ciertos conceptos, una vez reveladas, conducen a su rechazo o modificación. Ciertos problemas son resueltos y superados mientras surgen nuevos problemas antes no identificados. Los métodos de observación y experimentación evolucionan. Aparecen nuevos datos que arrojan nueva luz sobre conocimientos precedentes, y a menudo los cuestionan o desmienten.

Por estos y otros procesos, cada aporte o descubrimiento es usualmente reformulado, superado o incluso descartado después de un tiempo. Esto impone una *renovación permanente de las teorías y las metodologías*. La ciencia siempre tuvo ese carácter dinámico, pero a principios del siglo XX el ritmo de los avances científicos se había acelerado visiblemente, con efectos no solo en el conocimiento científico, sino también en la vida cotidiana. También el arte y la cultura de esa época estaban transformándose permanentemente, aunque Weber creía que el cambio científico era diferente:

[...] pese a la existencia de [...] condiciones [...] comunes tanto a nuestro trabajo como al trabajo artístico, el trabajo científico está sometido a un destino que lo distingue profundamente de aquel. El trabajo científico, en efecto, está inmerso en la corriente del progreso, mientras que en el terreno del arte, por el contrario, no cabe hablar de progreso en este sentido. (Weber, 1979: 196)

En la ciencia [...] todos sabemos que lo que hemos producido resultará anticuado dentro de diez, veinte o cincuenta años. Ese es el destino y el sentido del trabajo científico. Los logros científicos son siempre pasajeros, a diferencia de las obras de arte. (Weber, 1979: 197)

Todo logro científico implica nuevas cuestiones, ha de ser superado y ha de envejecer. Todo el que quiera dedicarse a la ciencia tiene que contar con esto [...]. En todo caso, hay que repetir que el ser necesariamente superados no es sólo el destino de todos nosotros, sino también la finalidad propia de nuestra tarea común. No podemos trabajar sin la esperanza de que otros han de llegar más allá que nosotros, en un progreso que, en general, no tiene fin. Llegamos así al problema del sentido de la ciencia [...]. ¿En qué sentido [el científico] cree que tiene que [...] crear algo destinado inevitablemente

a envejecer, [...] en esta empresa dividida en parcelas especializadas y carente de término final? (Weber, 1979: 198)

Estas reflexiones se aplican a toda la labor científica. En Física, por ejemplo, desde 1900 habían surgido visiones profundamente diferentes de las anteriores, como la relatividad y la Mecánica Cuántica, mientras la Física clásica se especializaba en esa época en temas más concretos como el calor o el sonido, y en aplicaciones prácticas como los motores de automóviles y aviones, o la transmisión inalámbrica de señales. En Química no solo había especialización, sino una creciente relación de los científicos con la industria química privada, con innovaciones en rápido desarrollo.

Los cambios también ocurrían en el área humanística de la vida académica tradicional, cuyos valores seguían siendo los de la cultura clásica (la verdad, el bien, la belleza), y la formación profesional tradicional implicaba familiaridad con todas las áreas del saber, o al menos con varias de ellas. Sobre esa tradición se estaba imponiendo una nueva generación de historiadores, economistas, psicólogos y sociólogos con visiones totalmente nuevas sobre la realidad humana individual y social, y con métodos más modernos, como las matemáticas económicas de Alfred Marshall o Léon Walras, la medición psicométrica de Spearman sobre la inteligencia y otras características psicológicas, el análisis estadístico del suicidio en Durkheim, y mucho más. Weber se preguntaba cuál es el sentido de la actividad científica (crecientemente especializada) en el mundo de su época; la pregunta cobraría incluso más urgencia si Weber hubiese podido presenciar los grandes avances científicos y técnicos del siglo XX, y también los horrores que se materializarían en su porvenir (en los cuales la ciencia y la tecnología cumplieron un papel importante), como los totalitarismos de izquierda o derecha, los genocidios, las guerras y las convulsiones desatadas por todo ello.

Conocer y utilizar. La especialización y el creciente dinamismo de la actividad científica formaban parte, para Weber, de un proceso más amplio: diversos ámbitos de la vida social eran crecientemente «invadidos» por la ciencia, la tecnología y la racionalidad. La primera aproximación de Weber a ese proceso es el *pragmatismo*: no se trata tanto de integrar distintas especialidades, ni tampoco de *entender* cada uno de los desarrollos científicos y tecnológicos, sino de *usar* la ciencia y la tecnología aun sin entenderlas cabalmente. Eso es posible incluso para quienes no tienen conocimiento científico, e incluso para los científicos individualmente considerados. Cada uno de ellos solo puede dominar alguna pequeña parcela del conocimiento científico total, y (dentro de cada disciplina) a lo sumo una pequeña parcela del producto final (cognoscitivo o práctico) logrado por la ciencia o la tecnología. El resto solo es capaz de *usarlo*, aunque no lo entienda cabalmente en todos sus detalles. El conocimiento e incluso la vida cotidiana estaban crecientemente dominados por la «racionalización intelectual» derivada de la actividad científica, donde actividades «naturales» como caminar o montar a caballo

eran reemplazadas por vehículos a motor cuyo funcionamiento pocos entendían. Cada actor individual solo era capaz de comprender una parte quizá pequeña de ese conjunto. Weber pone como ejemplo concreto la experiencia cotidiana de *viajar en tranvía*, muy novedosa y significativa en aquel momento histórico en que el transporte urbano aún seguía basado mayormente en la tracción a sangre, aunque ya convivía con tranvías eléctricos y automóviles:

Tratemos de ver claramente, por de pronto, qué es lo que significa desde el punto de vista práctico esta racionalización intelectualista operada a través de la ciencia y de la técnica científicamente orientada. [...] A no ser que se trate de un físico, quien viaja en tranvía no tendrá seguramente ni idea de cómo y por qué aquello se mueve. Además, tampoco necesita saberlo. Le basta con poder contar con el comportamiento del tranvía y orientar así su propia conducta, pero no sabe cómo hacer tranvías que funcionen. El salvaje sabe muchísimo más acerca de sus propios instrumentos. (Weber, 1979: 199)

En este párrafo, Weber advierte que «el salvaje» domina fácilmente el pleno conocimiento de la tecnología que utiliza en su realidad cotidiana, una tecnología simple en un mundo todavía no especializado, mientras que el hombre moderno entiende solo una pequeña porción del conocimiento, pero aprovecha (sin entenderlo muy bien) el «conocimiento distribuido» de las muchas especialidades que intervienen en la creación y el funcionamiento de los productos de la ciencia, desde el tranvía hasta las vacunas, desde el teléfono hasta los aviones. Otro ejemplo de Weber es el dinero: todos lo usan, pero pocos podrían explicar exactamente por qué un trozo de papel puede ser intercambiado por otras cosas en determinadas proporciones:

Si se trata de gastar dinero, podría apostar que, aunque se encuentren en esta sala algunos economistas, obtendríamos tantas respuestas distintas como sujetos interrogados si preguntáramos por qué con una misma cantidad de dinero podemos comprar, según las ocasiones, cantidades muy distintas de la misma cosa. El salvaje, por el contrario, sabe muy bien cómo conseguir su alimento cotidiano y cuáles son las instituciones que le ayudan para eso. [...] La intelectualización y racionalización crecientes no significan, pues, un creciente conocimiento general de las condiciones generales de nuestra vida. Su significado es muy distinto; significan que se sabe (o se cree) que, en cualquier momento en que se quiera, se puede llegar a saber que no existen en torno a nuestra vida poderes ocultos e imprevisibles, sino que, por el contrario, todo puede ser dominado mediante el cálculo y la previsión. (Weber, 1979: 199-200)

En una sociedad regida por la ciencia y la tecnología, los ciudadanos pueden usar los avances tecnológicos sin necesidad de comprenderlos plenamente. Pero, al mismo tiempo, la sociedad industrial y tecnológica exigiría cierta preparación científica y técnica como requisito en una gran variedad de oficios y profesionales, lo que implicaría una creciente demanda de trabajadores calificados y educados. Ello, a su vez, originaría

una fuerte demanda de educación, una fuerte expansión de la oferta educativa pública (y privada), y una primacía creciente de la inversión en «capital humano» en relación con la inversión en capital físico (Galor & Moav, 2006). Ese proceso determinó durante el siglo XX y hasta la actualidad un fuerte incremento y profundización de la oferta educativa en los países más avanzados (Green, 2013). Esas transformaciones, a su vez, permitieron un sostenido mejoramiento de la productividad, los ingresos y las condiciones de vida de la población.

Todo esto en 1919 pertenecía a un futuro muy difícil de prever en sus detalles. Sin embargo, ya se percibían los aspectos fundamentales de una economía y una sociedad en que la racionalidad, la ciencia y la tecnología tendrían un papel creciente y preponderante. Esto era agudamente percibido por Weber, al menos en algunos de sus aspectos. Su visión de la sociedad moderna, racionalista y capitalista, en la que todos los problemas tienden a tener una explicación científica y una solución tecnológica, sin factores sobrenaturales o «fuerzas ocultas», implica que el mundo sea percibido como una realidad natural y prosaica, desacralizada, sin las dimensiones místicas que se le podían atribuir en el pasado:

Esto significa simplemente el [desencantamiento] del mundo. A diferencia del salvaje, para quien tales poderes existen, nosotros no tenemos que recurrir ya a medios mágicos para controlar los espíritus o moverlos a piedad. Esto es algo que se logra merced a los medios técnicos y a la previsión. Tal es, esencialmente, el significado de la intelectualización. (Weber, 1979: 199-200) (traducción corregida⁴⁷)

En una sociedad dominada por la ciencia y la tecnología, se impone así un enfoque *racional, pragmático y secularizado* de la vida humana, asimilado por Weber a sus ideas (expuestas en otras obras) sobre el desarrollo del racionalismo en Occidente (Schluchter, 1979b, 1980) y sobre el «desencantamiento» o desacralización del mundo, traspasado por el racionalismo secularizado de los tiempos modernos (Schluchter, 2009; Vahland, 2001). Ese proceso de desacralización está encarnado aquí en una visión pragmática de la tecnología, que la gente usa aunque no la comprenda. Este conocimiento parcial y pragmático, que permite usar ciertos conocimientos o técnicas sin necesidad de entenderlos cabalmente, no afecta solo al usuario común de los tranvías, sino a los científicos, sobre todo los especialistas que deben integrar sus parcelas intelectuales con las parcelas de muchos otros a fin de llegar a conclusiones significativas, que ya no serán suyas sino de muchos. La especialización y la secularización racionalista de la vida y de la actividad científica conduce a una *visión pragmática de la ciencia y de la educación*, todavía incipiente en la Alemania de 1919, pero que ya se estaba desarrollando fuertemente en

⁴⁷ El concepto weberiano de *Entzauberung*, frecuentemente traducido como «desencantamiento», no solo alude a la superación de «lo mágico» (como en Weber, 1979: 199), sino a la eliminación de los factores sobrenaturales en la cultura, la ciencia y la vida cotidiana; «desencantamiento» equivale aproximadamente a «desacralización» o «secularización».

los Estados Unidos, donde (como se menciona en la sección 2.2) un componente importante de la educación era el enfoque pragmatista de la ciencia y la tecnología, que ya entonces comenzaba a predominar en las escuelas y universidades americanas.

En relación con ese enfoque pragmático, también era visible ya en esa época la *creciente importancia de la investigación aplicada y del desarrollo tecnológico*, en los que las universidades tienden a relacionarse cercanamente con las empresas industriales y con los organismos técnicos del Estado. En Alemania, al menos desde 1914 e incluso un poco antes, algunos científicos empezaban a trabajar con organismos estatales como los de defensa o agricultura, y con empresas privadas de las industrias más avanzadas.

El caso Haber. Fritz Haber (1868-1934), de origen judío, llegó a ser profesor de la Universidad Técnica de Karlsruhe (una escuela técnica superior que había alcanzado el rango y la autonomía de una universidad). A comienzos del siglo XX, trabajó en asociación con la empresa química BASF, y de ese modo desarrolló la tecnología para producir fertilizante a partir de la captura y fijación de nitrógeno atmosférico mediante un proceso electroquímico inventado por el propio Haber junto con Carl Bosch en su trabajo académico (Smil, 2004). Por ese desarrollo tecnológico, Haber obtuvo el Premio Nobel de Química de 1918 (que le fue entregado en 1919, ya acabada la guerra).

Las plantas están hechas esencialmente de agua, carbono y nitrógeno, pero solo pueden absorber agua del suelo, y fijar carbono atmosférico por fotosíntesis, pero en su mayoría no pueden acceder al nitrógeno que forma un 78% de la atmósfera terrestre (solo las leguminosas lo logran, merced a su simbiosis con unas bacterias que son capaces de obtenerlo). Sin la fijación del nitrógeno atmosférico inventada por Haber, la producción mundial de alimentos no habría podido sostener una población mundial que, en la década de 2020, es del orden de 8000 millones de personas. Haber y, más tarde, el genetista Norman Borlaug (1914-2009), principal inspirador de la «revolución verde» en la década de 1960, derrotaron las sombrías predicciones de Thomas Malthus sobre la incapacidad de aumentar la producción de alimentos a la par del crecimiento de la población, o al menos lograron postergar indefinidamente el temido agotamiento malthusiano de la producción alimentaria.

El logro tecnológico de Haber, de enorme importancia en el desarrollo de la producción agrícola en el siglo XX, fue acompañado, no obstante, por otros logros menos admirables. La vida misma de Haber epitomiza muchos de los dramas y contradicciones de Alemania y del mundo en el siglo XX, incluyendo problemas vinculados al uso tecnológico de la ciencia, y problemas institucionales y éticos derivados de la relación entre universidades, empresas y gobierno. Después de su labor referente al nitrógeno y los fertilizantes, Haber trabajó durante la guerra de 1914-1918 en el desarrollo de armas químicas, es decir, los gases tóxicos usados por el ejército alemán desde 1915, aun cuando estaban prohibidos por la Convención de Bruselas de 1874, y las de La Haya de 1899 y 1907.

Haber debió enfrentar en 1915 el suicidio de su esposa, la doctora en Química Clara Immerwahr, una de las primeras mujeres doctoradas en ciencias en Alemania, quien se quitó la vida en junio de ese año. El motivo principal parece haber sido su mala relación matrimonial con Haber, documentada desde varios años antes; las principales quejas de Clara eran la indiferencia de Haber hacia ella, y su oposición a que ella continuara con su trabajo científico. La biógrafa de Clara, Gerit von Leitner, describe a la esposa de Haber como una pacifista, indignada por el uso de armas químicas, que se habría suicidado en protesta por el papel de su marido en el desarrollo de los gases venenosos que se dispersaban sobre el enemigo en el campo de batalla (Leitner, 1993). Esterson y Cassidy (2019, cap. 4) se hacen eco de la tesis de Leitner: ven en el rechazo a las armas químicas el principal motivo del suicidio de Clara. Pero esta explicación no tiene evidencia alguna que la respalde. Friedrich y Hoffmann (2016, 2017), en su detallado estudio sobre Clara Immerwahr, sostienen que tanto Haber como su esposa tenían sentimientos fuertemente patrióticos, y que no se ha encontrado documentación alguna que demuestre una oposición o protesta de Clara contra las armas químicas. En cambio, hay mucha evidencia de su infelicidad matrimonial desde antes de la guerra. Haber se dedicaba en esos días exclusivamente a sus tareas vinculadas con la guerra, y ni siquiera escribía a Clara con frecuencia cuando estaba en el frente. Pero la frustración principal de Clara era que el matrimonio había puesto fin a su trabajo científico⁴⁸.

Clara Immerwahr se suicidó en Berlín en mayo de 2015, poco después de que Fritz regresara de Bélgica, donde había supervisado personalmente la primera utilización masiva de gas venenoso en la batalla de Ypres. Al día siguiente del suicidio, Haber debía partir de nuevo, esta vez hacia el frente ruso, donde debía supervisar la segunda utilización del mismo gas. Pidió poder quedarse en Berlín en virtud de la muerte de su esposa, pero le denegaron el permiso, por lo cual partió un día después, concentrándose nuevamente en sus tareas militares.

Allí no acaban los aspectos perturbadores de la vida de Haber. Desde 1911, trabajó en Dahlem (Berlín), en el Instituto Kaiser Wilhelm de Química Física y Electroquímica, creado por la Sociedad Kaiser Wilhelm (el cual desde 1953 se llama Instituto Fritz Haber, y depende ahora de la Sociedad Max Planck). Como Einstein y otros funcionarios judíos, Haber renunció a su puesto en 1933, ante la llegada del nazismo. En agosto de ese año, abandonó Alemania y marchó al exilio; estuvo en España e Inglaterra, y finalmente en Basilea (Suiza), donde falleció en 1934. Durante la Primera Guerra Mundial y bajo la di-

⁴⁸ Esto surge de la correspondencia de la propia Clara con su antiguo director de tesis y amigo Richard Abegg, a quien desde varios años antes de la guerra le contaba sus desdichas matrimoniales. Apuntan en el mismo sentido las cartas intercambiadas por dos amigas de los Haber (Edith Hahn, esposa del eminente químico Otto Hahn, y la colaboradora de este último, Lisa Meitner); esas cartas son del año 1915, poco antes del suicidio, y reflejan las desavenencias entre Clara y Fritz Haber (Henning, 2016). Sobre Clara Immerwahr como científica, véase la sección 3.2.2 (Discriminación hacia las mujeres en la ciencia).

rección de Haber, en el instituto de Dahlem se desarrolló el Zyklon-A, un insecticida agrícola que, aparte de su uso en la agricultura, fue también usado como arma química en la guerra de 1914-1918, y prohibido en la posguerra. Una variante más potente, Zyklon-B, también producida en Dahlem, fue usada en las cámaras de gas de Auschwitz y otros campos de exterminio del nazismo. Varios miembros de la familia de Haber, que él no pudo llevar consigo al exilio, fueron víctimas del Holocausto, probablemente gaseados con Zyklon-B⁴⁹. Así como la política impone compromisos que disgustan o perturban a los intelectuales como Weber, también la colaboración científica con empresas y gobiernos puede tener consecuencias perturbadoras, de lo cual es un ejemplo el caso de Fritz Haber.

Ciencia, gobierno, empresas. La creación de grandes institutos de investigación dentro y fuera de las universidades, así como la creciente asociación entre investigadores, gobiernos y empresas para desarrollar ciencias aplicadas y tecnología, para uso tanto civil como militar, reproducía en Alemania lo que ya estaba en marcha en los Estados Unidos⁵⁰. Algo similar ocurría en los Estados Unidos, especialmente en el desarrollo de la bomba atómica entre 1940 y 1945, y en el subsiguiente desarrollo que el presidente Dwight Eisenhower definió como un «complejo militar-industrial» (Eisenhower, 1961)⁵¹. En esas condiciones, el desarrollo científico está o puede llegar a estar fuertemente condicionado por los fondos provenientes de las políticas públicas (no solo militares sino de cualquier otro tipo), y, a su vez, las políticas públicas podrían depender de una «élite científico-tecnológica». Ese aspecto del proceso de «americanización» (muy presente en las reformas del Kaiser y en las tareas científico-militares de Haber) expresaba una nueva realidad en la organización de la actividad científica, crecientemente involucrada en actividades industriales, gubernamentales y militares, algo tan trascendente como el desarrollo (aún incipiente en 1919) de una creciente «separación entre el trabajador científico y sus medios de producción», un rasgo que Weber veía como un efecto inevitable de la creciente complejidad de la ciencia y las crecientes posibilidades tecnológicas derivadas del desarrollo científico.

⁴⁹ Hayes (2004); Markiewicz *et al.* (1994); Szöllösi-Janze (1998, 2001); Stoltzenberg (2004); Daniel *et al.* (2014); Friedrich *et al.* (2017); Wolff (2018, 2019). Es importante el libro sobre guerra química (Haber, 1986) escrito por el hijo de Haber en su segundo matrimonio, Ludwig Fritz Haber, un historiador económico especializado en el desarrollo de la industria química, conocido como Lutz Haber (1921-2004). Su libro usa una gran cantidad de materiales inéditos, tanto alemanes como británicos, y se concentra en los aspectos técnicos, dejando de lado los aspectos personales y morales del tema.

⁵⁰ Sobre la evolución e implicaciones de las relaciones «triangulares» entre universidad, gobierno y empresas hay una amplia bibliografía. Como ejemplos, véanse Birnbaum-More, Rossini & Baldwin (1990), Gibbons (1994), y Ertzkovitz & Leydesdorff (1997). Para el caso de las armas químicas, véanse Stoltzenberg (2004) y Haber (1986).

⁵¹ Véase Griffin (1992) sobre la génesis y significado de los conceptos de Eisenhower; Pavelec (2010) y Leslie (1993) sobre el complejo militar-industrial en Estados Unidos desde la Segunda Guerra Mundial; véase también Armeson (1964) sobre la relación entre ciencia y armamentos en Alemania durante la Primera Guerra Mundial.

3.1.6 Limitaciones de la ciencia artesanal

Los académicos europeos, en 1919 o años anteriores, en general solo contaban (como relata Weber) con el acceso a la biblioteca y (en ciencias naturales) con un pequeño laboratorio, que en algunos casos era un pequeño «instituto» anexo a la cátedra. El avance de la ciencia requería crecientemente medios materiales más costosos, cuya complejidad y magnitud superaban las posibilidades de una cátedra o de un investigador individual. Como menciona Weber, estas facilidades solo existían en forma incipiente en los (entonces novedosos) institutos especializados en las facultades de Ciencias Naturales o de Medicina, o en centros de investigación extrauniversitarios (como el Instituto Real de Enfermedades Infecciosas fundado por Robert Koch, y los nuevos institutos que estaban siendo creados por la Sociedad Kaiser Wilhelm), y en laboratorios industriales privados como los de BASF. En esas organizaciones se trabajaba en equipo, en proyectos complejos, con personal remunerado, y frecuentemente con participación de varias disciplinas o especialidades, aunque muchos de los institutos de las universidades, institutos imperiales y academias seguían dependiendo de la personalidad de sus directores, en el régimen autocrático fijado por Harnack en los institutos de la KWG.

Muchas disciplinas, incluso algunas humanísticas, requerían también expediciones a lugares remotos para recoger datos o para realizar ciertos experimentos. Este solía ser el caso en disciplinas como la Antropología o la Arqueología, que empezaron a explorar culturas extraeuropeas en conexión con la expansión colonial de Europa sobre África y Asia en la segunda mitad del siglo XIX. Incluso la Física Teórica, que (en principio) no necesita equipamientos especiales, requería sin embargo recursos materiales para la corroboración empírica de sus hipótesis, que generalmente debían ser encaradas por físicos con orientación más ligada a la observación empírica o la experimentación. Esos recursos para el trabajo empírico no eran abundantes, especialmente en temas complejos, debido sobre todo a la escasez general de recursos en la ruinosa Alemania de aquella posguerra.

Por ejemplo, los artículos de Albert Einstein acerca de la relatividad general (que implica la influencia de la gravitación sobre la propagación de la luz) fueron publicados en Alemania (Einstein, 1911, 1915), pero la verificación empírica de una de sus principales consecuencias (la desviación de la luz al pasar cerca de un objeto masivo) no fue realizada por instituciones alemanas sino británicas. Arthur Eddington, profesor de la Universidad de Cambridge, junto con Frank Dyson, formó parte en 1919 de una expedición científica a la isla de Príncipe, cerca de la costa atlántica de África, desde la cual (durante un eclipse de sol) obtuvo fotografías del transitorio cambio en la posición aparente de ciertas estrellas cuya luz pasaba muy cerca del sol en el momento del eclipse. No solo se comprobó la desviación: las fotografías de Eddington mostraron además que *la magnitud de la desviación* coincidía con los cálculos de Einstein (Calaprice, Kennefick,

& Schulmann, 2015; Dyson, Eddington, & Davidson, 1920; Eddington *et al.*, 1920; Eddington, 1923; Kennefick, 2019; Stanley, 2003, 2007).

Alemania no estaba en condiciones adecuadas para organizar y financiar tales emprendimientos científicos en las condiciones de derrota, crisis económica y grave conmoción política imperantes en el país en 1919 y años subsiguientes. Otra de las implicaciones observables de la relatividad general, las ondas gravitacionales (Einstein, 1918), no pudo ser observada empíricamente hasta 2015: ello requirió algo más que un viaje a la isla de Príncipe: solo fue posible mediante un esfuerzo internacional, con costosas instalaciones, y aparatos basados en tecnología del siglo XXI, así como la colaboración de un gran número de científicos en dos grandes proyectos coordinados, uno norteamericano y el otro a cargo de la Unión Europea (Abbott *et al.*, 2016; LIGO & Virgo, 2016).

La deseable unidad entre el trabajo de los profesores y el de los estudiantes (uno de los ideales de Humboldt) también era difícil en Alemania bajo las condiciones aún imperantes en 1919. La participación de los estudiantes de grado en tareas de investigación no estaba definida ni implementada, y mucho menos bajo el proceso de rápida masificación de la matrícula que estaba ocurriendo en ese entonces. Por otra parte, el catedrático y el tesista eran, en la universidad alemana de entonces, como en el resto de Europa continental, cada vez menos capaces de lograr avances científicos significativos si seguían practicando una ciencia «artesanal», excepto en ramas no empíricas como Lógica o Matemática, y en algunos campos de las ciencias sociales y de las humanidades en los que aún se podía trabajar solo con «lápiz y papel» y una biblioteca.

El desarrollo científico imponía así cambios organizacionales en Alemania, en otros países europeos, en Japón, y especialmente (por su mayor vigor y dinamismo) en los Estados Unidos (Windolf, 1997; Fox & Guagnini, 1993; MacLeod & Urquiola, 2020; Urquiola, 2020). No todos los países implementaban esos cambios con la rapidez y profundidad requeridas. En Alemania, la formación de posgrado tradicional y el sistema de instructores privados como semillero de científicos, «progenie académica» según la expresión de Eulenburg (1908), también se estaban volviendo obsoletos. Hasta esa época el doctorado no requería mayormente seguir cursos ni aprobar exámenes, ni tampoco la participación en proyectos de investigación más amplios, sino solo (o principalmente) la exitosa presentación y defensa de una tesis individual. Cada aspirante al doctorado debía elegir un tema de tesis (vinculado a determinada cátedra y aprobado por ella) y avanzar por su cuenta, sin recursos específicos, y siempre siguiendo las orientaciones conceptuales y metodológicas del catedrático, quien era por definición el director o supervisor de las tesis relacionadas con su cátedra. Pese a tener el profesor ese papel directivo, las tesis por lo general eran proyectos individuales y artesanales, como lo eran también las investigaciones de los profesores: proyectos de pequeña escala en lo material, desconectados entre sí.

Ese estilo de investigación era el que había predominado en el pasado, y no solo en Alemania. Los principales avances científicos hasta la Gran Guerra (microbiología, here-

dabilidad genética, relatividad, evolución de las especies, física cuántica, radioactividad y otros) resultaron de trabajos individuales realizados en un escritorio, en una huerta, o en pequeños laboratorios, aunque desde finales del siglo XIX se empezaron a establecer (sobre todo en ciencias naturales) institutos mejor dotados que permitían en forma incipiente el desarrollo de proyectos más complejos y costosos. La evolución de la investigación científica hacia esquemas organizativos más ambiciosos permitía vislumbrar, ya en el momento de la conferencia de Weber, que en el futuro no podría seguir siendo una actividad colateral de los cargos docentes, o una afición privada de personas con medios económicos propios (como Charles Darwin en la Inglaterra del siglo XIX), o una actividad facilitada por situaciones especiales, como los estudios genéticos que, en la misma época de Darwin, realizaba el monje Gregor Mendel en la huerta de su monasterio en la actual República Checa. Weber vislumbraba el carácter ineluctable de las tendencias modernizantes en la ciencia, y sus efectos a menudo contradictorios, aunque no podía prever muchos de sus detalles.

3.2 Discriminación e ideología en la ciencia

Además de los factores estructurales como la organización de las cátedras o el predominio de las investigaciones artesanales, otro factor adverso para la actividad científica era la *discriminación*, no solo por razones de prestigio o antigüedad, sino también (y principalmente) por *diferencias de género, ideología, nacionalidad o etnicidad*. El principio de *universalismo*, que Merton (1942) incluyó entre los imperativos del *ethos científico*, exige que solo los criterios objetivos de idoneidad y mérito científico sean aplicables en la evaluación de los investigadores, sea para el reclutamiento o valoración del personal, para el examen de teorías o resultados, o para desarrollar la colaboración entre varias especialidades. En realidad, la vida profesional de los científicos estaba sujeta a múltiples formas de discriminación, y en parte lo siguió estando en varios aspectos y lugares durante las décadas subsiguientes. Solo como ejemplos se destacan el antisemitismo, la discriminación hacia la mujer y las discriminaciones basadas en el nacionalismo y en ideologías autoritarias.

3.2.1 Antisemitismo en la ciencia

La exclusión o postergación de los intelectuales de origen judío ha sido una de las manifestaciones principales de la discriminación en el mundo académico. Ella reconoce una larga historia, al menos desde el Medioevo, y se extendió en el tiempo hasta (por lo menos) mediados del siglo XX, cuando alcanzó niveles inéditos con el programa de aniquilamiento emprendido por el nacionalsocialismo. Weber, como ya se ha visto, en su conferencia sobre la ciencia como vocación menciona al pasar, y como algo extremadamente frecuente, que los graduados judíos difícilmente llegaban a ser profesores, y no

podían albergar la expectativa de ascender en la escala jerárquica del mundo académico (Weber, 1979: 190). La mayor parte de los judíos que aspiraban a la enseñanza superior en Alemania eran admitidos sobre todo en las escuelas técnicas o politécnicas antes que en las universidades, como ocurrió con Einstein o Haber, aunque a ambos posteriormente se les permitió llegar a ser catedráticos.

No solo en Alemania había antisemitismo: era una actitud muy difundida en varios países de Europa, y también en los Estados Unidos. En esto sobresalía Austria, uno de los países europeos con mayor porcentaje de población judía (solo superado por Polonia y Hungría)⁵². El Imperio austrohúngaro, que cubría diversos grupos étnicos y lingüísticos, era en principio relativamente tolerante. Una proporción elevada de los más importantes científicos austríacos eran judíos; en particular, por ejemplo, la mayoría de los físicos, matemáticos y filósofos que integraban el Círculo de Viena eran judíos (Edmonds, 2020, cap. 11; Stadler, 1997, 2003b, 2010a; Limbeck-Lilienau & Stadler, 2015). En concordancia con el relativo pluralismo y tolerancia del Imperio austrohúngaro, desde mediados o finales del siglo XIX las leyes permitían el ingreso y graduación de judíos en las universidades, y también su ejercicio profesional; pero (al igual que en Alemania) esta legislación no se traducía en una posibilidad efectiva de acceso equitativo a las cátedras. La mayor parte de ellos padecieron una persistente marginación, como también ocurría en el Imperio alemán.

En la República de Weimar, la discriminación hacia los judíos se redujo de manera considerable, aunque fue aumentando gradualmente durante la década de 1920 y a comienzos de la década siguiente, hasta la legislación antisemita impuesta por el nazismo a mediados de la década de 1930 y el subsiguiente horror del Holocausto. En cambio, en Austria, el moderado antisemitismo preexistente tendió a reforzarse en la República Austríaca surgida en la posguerra, en contraste con la República de Weimar. El Gobierno austríaco fue dominado desde la década de 1920 por las tendencias discriminatorias del «austrofascismo», que se consolidó en el poder y acentuó sus tendencias discriminatorias en la década de 1930, mucho antes de la anexión de Austria por el Tercer Reich en 1938. Esta tendencia, antes y después de la caída del Imperio austrohúngaro, afectó fuertemente a los científicos austríacos.

Por ejemplo, entre los miembros del Círculo de Viena, Friedrich Waismann no pudo obtener su doctorado, ni mucho menos una cátedra en la Universidad de Viena, donde solo llegó a bibliotecario. Lo mismo ocurrió con Victor Kraft, pese a que él no era judío: se lo discriminaba igualmente porque *su esposa* lo era; había obtenido tanto el doctorado como la habilitación, pero solo pudo trabajar en la biblioteca de la universidad, y de todas maneras tuvo que dejar su puesto de bibliotecario en 1939, luego de la anexión

⁵² Sobre la población judía de Austria en el Imperio austrohúngaro y en el período de entreguerras, véanse Beller (1989), Fraenkel (1967), Rozenblit (2001) y Silverman (2012).

de Austria por Alemania. Se exilió en los Estados Unidos, y solo después de la Segunda Guerra Mundial pudo regresar para convertirse en profesor en la misma universidad de Viena, donde llegó a ser profesor emérito (véase Kraft, 1950 y 1960).

Otros ilustres ejemplos de esa generación fueron Karl Popper, Otto Neurath, Hans y Otto Hahn, Richard von Mises y Karl Menger, entre otros; casi todos emigraron a los Estados Unidos o Gran Bretaña en la década de 1930 debido al creciente auge del antisemitismo, que se acentuó en la segunda mitad de esa década; algunos fallecieron antes o poco después de salir de su país al llegar el nazismo al poder, como Haber (fallecido poco después de emigrar, en 1934), o antes de poder emigrar a Gran Bretaña o Estados Unidos, como Otto Neurath (1882-1945) o Edgar Zilsel (1891-1944).

El antisemitismo indudablemente privó a Alemania y Austria, como a Polonia, Checoslovaquia y Hungría, de muchos científicos que dejaron de contribuir (o nunca tuvieron oportunidad de contribuir) al desarrollo científico en sus países. Como contrapartida, la emigración de muchos de ellos produjo efectos positivos en los países de destino. Por ejemplo Moser, Voena y Waldinger (2014) estiman que las patentes expedidas en Estados Unidos en las especialidades de los emigrados judíos aumentaron en un 31% desde 1933, no solo por el trabajo de esos inmigrantes, sino también porque su labor atrajo a muchos científicos norteamericanos hacia las nuevas áreas de investigación y enfoques de los inmigrantes. El efecto potencial pudo haber sido mayor, indican esos autores, pues muchos científicos judíos que huían del nazismo también encontraron frecuentemente significativas barreras administrativas y sociales para ingresar a los Estados Unidos, o (si lo lograban) para acceder a cargos académicos en universidades y otras instituciones científicas. El antisemitismo norteamericano no era por cierto genocida como el de los nazis, pero igualmente dificultaba o incluso impedía el acceso a la actividad científica de los judíos en muchas instituciones académicas del país de refugio.

Vale la pena detenerse en las figuras de Richard von Mises (1883-1953), matemático e ingeniero, y de su hermano, el economista Ludwig von Mises (1881-1973), quien no compartía la visión empirista de Richard, ni tampoco sus simpatías por la izquierda. Junto con Friedrich Hayek, Ludwig fue uno de los más destacados exponentes de la escuela «austríaca» de Economía. Los hermanos von Mises, de origen judío, no ocuparon cátedras universitarias en Austria ni en la Alemania imperial. Richard se graduó en una escuela técnica superior en Viena; antes de la Gran Guerra y durante ella fue profesor en otras escuelas similares en Estrasburgo (entonces territorio alemán) y en Brno (en la actual República Checa); se destacó durante la guerra en el diseño de aviones de combate, gracias a lo cual fue nombrado en la Escuela Técnica Superior de Dresde (Alemania) como profesor de hidrodinámica y aerodinámica, y poco después, en 1919, ya bajo la República de Weimar, como profesor de Matemática Aplicada en la Universidad de Berlín, su primer cargo en una universidad. Renunció en 1933, tras la llegada de Hitler al

poder, y se exilió en Turquía; enseñó hasta 1939 en la Universidad de Estambul, y luego pasó a los Estados Unidos, donde fue profesor de Aerodinámica y Matemática Aplicada en la Universidad de Harvard desde 1939 hasta su muerte en 1953 (Frank, 1954; Bernhardt, 1979, 1993; Birkhoff, 1983).

Su hermano Ludwig se graduó en Derecho en la Universidad de Viena, fue *Privatdozent* allí mismo, pero no accedió a una cátedra. Trabajó como asesor económico hasta 1934, incluso para el Gobierno conservador y «austrofascista» de Engelbert Dollfuss, canciller de Austria de 1932 a 1938, quien en 1933 disolvió el parlamento y pasó a gobernar como dictador, pero cuya política autoritaria no impidió que fuese asesinado por agentes nazis en 1938, poco antes de la anexión de Austria por el Tercer Reich. Años antes, en 1934, ante el curso que ya adoptaba la política austríaca y su creciente antisemitismo, Ludwig von Mises se exilió en Suiza, donde fue nombrado profesor (no en una universidad, sino en el Instituto de Estudios Internacionales, una entidad estatal). Después de la guerra, pasó a los Estados Unidos, donde fue profesor en la New York University hasta retirarse en 1969.

La historia de los hermanos Von Mises, el izquierdista Richard y el conservador Ludwig, ambos perseguidos por ser judíos, muestra que el antisemitismo fascista no distinguía ideologías personales. Lo mismo experimentaron muchos otros científicos judíos que fueron primero marginados y luego activamente perseguidos en la década de 1930, tanto en Alemania como en Austria (y en menor medida en otros países europeos como Francia), e incluso en los Estados Unidos, donde muchos de los refugiados sufrieron postergaciones y marginaciones en el mundo académico por su condición de judíos.

3.2.2 Discriminación hacia las mujeres en la ciencia

Junto a la discriminación antisemita existía en Alemania y Austria, como en todas partes en esa época, una fuerte discriminación hacia la mujer, que en parte persistió, como es sabido, hasta muy avanzado el siglo XX. Aún está presente (en forma más atenuada) en el siglo XXI, aun cuando muchas de sus manifestaciones legales (como la negación a las mujeres del derecho a votar y a ser electas, y las barreras para estudiar, graduarse y ser profesoras en las universidades) fueron eliminadas hace tiempo. En la Alemania de Max Weber, la discriminación contra las mujeres era muy fuerte (Meder, Duncker, & Czelk, 2010; Bernstein & Bernstein, 1979). Solo desde 1919 se reconocieron en Alemania los derechos electorales de la mujer, y también se le acordó la posibilidad de acceso a grados y puestos académicos, pero la discriminación continuó, como en otros países. En Gran Bretaña había *colleges* para mujeres desde 1869-1870, pero no estaban autorizados a expedir títulos universitarios. En Francia, se autorizaron los estudios universitarios de las mujeres desde finales del siglo XIX, pero subsistían la discriminación y los obstáculos formales e informales para su ulterior carrera profesional.

Mileva Marić y Maria Sklodowska. A principios del siglo XX o finales del XIX, la discriminación contra las mujeres en el ámbito científico y profesional era casi universal, y en buena parte estaba establecida por ley (Ayres, 2020). En esa época era raro o imposible encontrar mujeres en las profesiones científicas, y cuando alguna lograba graduarse en una disciplina científica, era aún más raro que accediese a cargos académicos.

La situación de las mujeres en la ciencia a comienzos del siglo XX puede ser ilustrada con el caso de la primera esposa de Albert Einstein, Mileva Marić (1875-1948), una inmigrante serbia que estudió Física en Zúrich contemporáneamente con Einstein, aunque ella tuvo dificultades para completar su doctorado. Le fue difícil estudiar ciencias y no pudo ejercer su vocación científica ni en su país ni en Zúrich, Berna o Praga. Colaboró estrechamente con su esposo en los años iniciales del siglo XX, pero su situación personal como esposa y madre no solo obstaculizó su carrera: también influyó fuertemente en los conflictos conyugales que llevaron a su divorcio y su regreso a Serbia.



Albert y Mileva Einstein

Mileva ayudó a Einstein con cálculos matemáticos necesarios para sus *papers*. Ha habido un considerable debate sobre el papel desempeñado por Mileva en la gestación de la teoría de la relatividad, un papel que podría ser más importante de lo que tradicionalmente se ha creído (Highfield & Carter, 1993; Truhovic-Gjuric, 1983; Popović, 2003; Esterson & Cassidy, 2019). La vida personal e intelectual de Mileva Einstein-Marić en su relación con Albert Einstein

ha sido también novelada por Marie Benedict en *The other Einstein* (Benedict, 2016), donde sugiere que hubo una contribución importante y no reconocida de Mileva en el desarrollo de la teoría especial de la relatividad. Este no parece ser el caso.

Sin duda, Mileva opinaba sobre las ideas de Albert a medida que este las desarrollaba, y lo ayudaba en temas de Física y sobre todo en los laboriosos cálculos matemáticos, pero la evaluación predominante de los biógrafos e historiadores indica que no contribuyó significativamente al desarrollo de la teoría de la relatividad. Más bien ocurrió que Mileva fue afectada por las vicisitudes económicas y profesionales del joven Einstein, así como por haber tenido una hija antes de casarse⁵³, y dos hijos después del matrimonio, sin poder concluir sus estudios, todo lo cual le generó una creciente frustración, y un creciente conflicto en la pareja, que terminó en divorcio.

⁵³ No se sabe con precisión el destino de Lieserl, hija prematrimonial de Mileva y Albert, nacida en Serbia en enero de 1902. Se estima que habría fallecido en septiembre de 1903 (Zackheim, 1999), pero se ha especulado también que podría haber sido dada en adopción.

La historia de Mileva contrasta con la de Maria Sklodowska (1867-1934), una inmigrante polaca que logró graduarse en Química en París. Se casó poco después con el científico francés Pierre Curie, con el que compartió el Premio Nobel de Química en 1903. Madame Curie fue así la primera mujer que obtuvo el Nobel, y la única que *volvió a obtenerlo* –ya viuda– en 1911; su hija, Irène Joliot-Curie (1897-1956), también obtuvo el Premio Nobel de Química en 1935, junto con su esposo Frédéric Joliot (quien, como ella, adoptó el apellido compuesto Joliot-Curie). La familia Curie obtuvo así un total de cinco Premios Nobel de Ciencias, otorgados a dos hombres y dos mujeres en dos generaciones.

Mary Paley Marshall. En Gran Bretaña, las mujeres eran admitidas en las universidades desde alrededor de 1870, pero solo para estudiar en colegios especiales para mujeres, y no para graduarse. En la Universidad de Cambridge, los primeros *colleges* para estudiantes del sexo femenino fueron fundados en 1869 (Girton College) y 1871 (Newham College). En el grupo inicial de cinco estudiantes en Newham estuvo Mary Paley (1850-1944), quien obtuvo el certificado de sus exámenes finales (Tripos) en Economía (su certificado fue en «Ciencias Morales», donde estaba entonces clasificada la Economía)⁵⁴. El certificado lo expidió el *college* en 1874, pero sin tener ella en esa época la posibilidad de obtener el correspondiente grado académico (*bachelor*) que era expedido por la universidad y solo a estudiantes varones. En 1875, se convirtió en la primera *lecturer* o instructora en Economía en el Newham College, con apoyo del profesor de esa materia, Alfred Marshall (1842-1924).

En 1877, Mary Paley y Alfred Marshall se casaron, algo que no cayó bien en la universidad; en 1878, se trasladaron a Bristol, donde se acababa de crear un *university college* en el que Marshall fue profesor de Economía y Mary instructora en la misma disciplina; recibía una remuneración, pero *su sueldo era descontado del salario de su marido*. En 1883, se trasladaron a la Universidad de Oxford, pero regresaron a Cambridge en 1885, donde Marshall fue nombrado profesor de Economía y permanecería en esas funciones hasta 1908, convirtiéndose en el más prestigioso economista británico. Fue un gran difusor de la teoría económica moderna basada en el concepto de utilidad marginal, que en la década de 1870 había sido introducido de manera independiente y casi en simultáneo por el alemán Carl Menger, el francés Léon Walras y el inglés William S. Jevons. Durante su permanencia en Bristol, en los primeros años de su matrimonio, Mary fue coautora del primer libro de Marshall, *The economics of industry* (Marshall & Marshall, 1879). Sin embargo, en las décadas siguientes, esa integración y reconocimiento de los esfuerzos de ambos no continuó en la misma forma. A partir de su regreso a Cambridge en 1890, Alfred Marshall modificó su posición sobre la educación femenina. Seguía siendo partidario de que las mujeres se educaran, pero se oponía a la idea de que pudiesen obtener

⁵⁴ Véase la excelente biografía de Mary Paley por Giacomo Beccatini (2018).

títulos o grados académicos, o ser profesoras universitarias. Este cambio en las ideas de Marshall se evidenció de manera práctica a mediados de la década de 1890:

[Marshall] tuvo un papel prominente en la exitosa campaña de 1896-97 contra el otorgamiento de grados de [la Universidad de] Cambridge a las estudiantes de los *colleges* femeninos, a pesar de que su mujer era en ese momento instructora en Newham. Él no se oponía a la educación de las mujeres, de hecho la había apoyado en su juventud, pero estaba vehementemente en contra de la asimilación de las mujeres en un sistema educativo diseñado para hombres. (Whitaker, 2008)

El apoyo de Marshall en su juventud (1870-1883 aproximadamente) a la educación y graduación de las mujeres es atribuido por Peter Groenewegen (2007: 133-137) a que esa era la opinión prevaleciente en esa época entre sus colegas del St. John College en Cambridge; y a su «infatuación juvenil con el socialismo», de la que Marshall abjuró más tarde. Mary Paley Marshall permaneció en la sombra; siguió colaborando con su esposo, revisando e incluso escribiendo partes de los libros de Alfred (incluso el más importante, *Principles of Economics*, publicado en 1890)⁵⁵. Siguió intercambiando ideas y correspondencia con grandes economistas de esa época, como Knut Wicksell, Gustav Cassel, John Neville Keynes y, más tarde, John Maynard Keynes (hijo del anterior); nunca objetó públicamente las ideas de su esposo sobre educación femenina, pese a que afectaron severamente su carrera académica.

En su edad madura, la Universidad de Cambridge le otorgó un doctorado en letras (D. Litt.), pero nunca un grado en Economía, ni siquiera el de *bachelor*, a pesar de sus estudios en Cambridge y la aprobación del Tripos de esa disciplina a sus 25 años. Nunca tuvo un cargo universitario superior al de instructora, aunque siguió dando clases en Newham después de retornar a Cambridge en 1885. Nunca hablaba de Economía en presencia de su marido (véase la introducción de G. M. Trevelyan en Marshall, 1947). Tuvo larga actuación en actividades colaterales, incluyendo la fundación de la ONG Save the Children, que subsiste hasta la actualidad y es, junto con Oxfam, una de las mayores entidades humanitarias del Reino Unido. En su viudez (1924-1944), ofició como albacea literaria de su extinto esposo, editando y publicando sus ensayos, y supervisando las reediciones de sus obras, como lo hizo Marianne Weber desde la muerte de Max en 1920 hasta su propia muerte en 1954.

Clara Immerwahr y Fritz Haber. Un caso trágico de frustración de una vocación por la ciencia es el de Clara Immerwahr (1870-1915). Asistió a un instituto superior para

⁵⁵ Mary Paley Marshall no figura como coautora de los *Principles*, pero en la introducción a la octava y definitiva edición del libro, publicada en 1920, Marshall (sin nombrarla excepto como «mi esposa») reconoce su ayuda: «Mi esposa me ha ayudado y aconsejado en cada etapa de las sucesivas ediciones de este volumen. Cada una de [esas ediciones] le debe mucho a sus sugerencias, su cuidado y su buen juicio» (Marshall, 2013: xxviii).

mujeres (del tipo de los *colleges* para mujeres establecidos en Oxford o Cambridge en la misma época) y logró luego entrar en la universidad como candidata al doctorado, antes de que la ley lo permitiese de manera general, y obtuvo en 1901 el grado de doctora en Química, el primer doctorado otorgado a una mujer en la Universidad de Breslau y uno de los primeros en toda Alemania. La admisión oficial de las mujeres en las universidades alemanas solo fue establecida por ley en 1909 (y ello solo para el Reino de Prusia); antes de esa fecha hubo algunas mujeres admitidas para estudios doctorales en Prusia y también en Heidelberg (Reino de Baden), pero se trataba de mujeres excepcionalmente admitidas como alumnas por determinados profesores, como lo hizo Richard Abegg en el caso de Clara Immerwahr.

Poco después de su doctorado, Clara se casó en 1901 con Fritz Haber, también doctor en Química y futuro premio Nobel por el desarrollo de la tecnología para producir fertilizante nitrogenado mediante la fijación de nitrógeno atmosférico; como ya se ha mencionado, Haber también fue el principal científico en el programa alemán de armas químicas utilizadas durante la Primera Guerra Mundial. Tanto Clara como Haber eran judíos liberales y asimilados, que en los años previos a su matrimonio se habían convertido al cristianismo, un paso formal adoptado por muchos judíos para integrarse mejor en la sociedad alemana. En los años subsiguientes, Clara no pudo desarrollar proyectos científicos, en parte por la oposición de su marido, quien además no le prestaba atención, por lo cual no era feliz en su matrimonio, según consta en su correspondencia. En 1909, ocho años después de casarse, Clara escribió a su antiguo director de tesis Richard Abegg:

Lo que Fritz ha ganado durante los últimos ocho años yo lo he perdido, y lo que queda de mí me llena de profunda insatisfacción. (citado en Friedrich & Hoffmann, 2016: 437)

Seis años después, poco antes de cumplir 45 años, Clara se suicidó. Su biógrafa Gerit von Leitner sostiene que no solo padecía una ingrata vida conyugal y una frustración de su vocación por la ciencia, sino que también se oponía al trabajo de su esposo en el desarrollo de armas químicas (Leitner, 1993); Friedrich y Hoffman (2017) no concuerdan con esa tesis, pues hay evidencia de las desavenencias conyugales entre Clara y Fritz, y de la frustración de ella, y no hay en cambio documentación o bien otra prueba o evidencia de su oposición al uso de gases letales en la guerra; de hecho, hay alguna evidencia de que Clara apoyaba esa línea de trabajo de su esposo. De todos modos, en lo que se refiere a la discriminación hacia la mujer en la ciencia, el caso de Clara Immerwahr es típico de la situación de las mujeres con aspiraciones científicas a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, sobre todo las mujeres casadas. Un previo artículo de Friedrich y Hoffmann (2016) da muchos detalles al respecto. La negativa atmósfera general reinante en Alemania sobre la educación superior de las mujeres fue también ampliamente

documentada en la primera parte del estudio de Jeffrey Johnson (1998a, 1998b) sobre el trato dado a las mujeres alemanas que se graduaron e investigaron en Química.

Watson, Crick y Franklin. La discriminación por género ha existido en el ámbito científico hasta fechas relativamente recientes. Un caso importante a mediados del siglo XX, que se ha vuelto célebre en este aspecto porque se infringió el principio universalista de colaboración y reconocimiento entre científicos, ocurrió en la investigación que condujo al descubrimiento de la «doble hélice» del ADN. James Watson (1928-) y Francis Crick (1916-2004), ganadores del Premio Nobel en 1962 por el descubrimiento de la estructura helicoidal de los ácidos ribonucleicos (Watson & Crick, 1953), se basaron en las fotografías microscópicas por difracción de rayos X logradas por su colega, la Dra. Rosalind Franklin (1920-1958) y el entonces estudiante de doctorado Raymond G. Gosling (1926-2015). Franklin era una bióloga molecular altamente calificada que murió muy joven unos pocos años después. Con el tiempo, se ha llegado al consenso de que la Dra. Franklin hubiese merecido figurar como coautora del descubrimiento, y (si no hubiese fallecido tan pronto) participar del Premio Nobel obtenido en 1962 por sus colegas Watson y Crick. Estos nunca pensaron en incluirla como coautora de los artículos en que reportaron su descubrimiento. El libro autobiográfico de Watson (1968) minimizó y consideró desdeñable el aporte de Rosalind Franklin, pese a que en el mismo año 1953 (y en la misma revista) Franklin publicó dos *papers* (con Gosling como coautor) sobre su trabajo, en los que identificó la estructura de doble hélice del ADN (Franklin & Gosling, 1953a, 1953b). Sobre este enojoso episodio, véanse Watson (1968); Klug (1968, 1974); Olby (1994); Piper (1998); Elkin (2003); Franklin (2003); y las biografías de Franklin por su amiga Ann Sayre (1975) y por Brenda Maddox (2002).

Curiosamente, la técnica fotográfica usada por Franklin (difracción de rayos X) había sido ya aplicada a los ácidos nucleicos *por otra mujer*, Florence Bell (1913-2000), que en 1938 identificó el carácter secuencial y el espaciamiento de las bases del ADN, y tomó las primeras microfotografías del ADN de fibras textiles, cuando preparaba su tesis doctoral en la Universidad de Leeds. En el caso de Florence Bell, su supervisor William Astbury, distinguido pionero de los estudios sobre ácidos nucleicos, publicó los resultados con Florence Bell como coautora (tal como Rosalind Franklin incluyó a Raymond Gosling como coautor de su trabajo). Véanse, a este respecto, Astbury y Bell (1938a, 1938b), Bell (1939), Olby (1994), Hall (2014) y Williams (2019).

Si bien en la década de 1940 la discriminación por género era aún muy frecuente, y aceptada como algo normal tanto en la esfera científica como en otras actividades, ya había una creciente conciencia de la injusticia que ello implicaba. El trato que recibió Rosalind Franklin ha sido fuertemente criticado en años más recientes; como consecuencia, se ha reivindicado ampliamente a esa científica por su participación en el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN. Entre otros reconocimientos póstumos, aun-

que algo tardíos, en 2004 la Chicago Medical School pasó a llamarse «Rosalind Franklin University of Medicine and Science» y (en concordancia con el propósito antidiscriminatorio de su nueva denominación) ha adoptado como principio rector «la diversidad y la inclusión» (<https://www.rosalindfranklin.edu/academics/chicago-medical-school/>). Por otra parte, la historia del descubrimiento de la estructura de los genes (Mukherjee, 2016; Williams, 2019) presenta diversos episodios ilustrativos de los desencuentros y rencillas que frecuentemente aparecen en la historia de la ciencia.

3.2.3 Marianne Weber y los derechos de la mujer

Hasta finales del siglo XIX en Alemania, y hasta después de la Primera Guerra Mundial en Austria-Hungría, las mujeres no estaban aún autorizadas a estudiar en la universidad. En general, en todo el mundo occidental, las mujeres habían tenido cerrado el acceso a la educación superior y, aun en países y períodos en que ya podían asistir a clases en la universidad, encontraban difícil o imposible obtener un grado académico y aún más difícil llegar a ser profesoras universitarias o investigadoras científicas. Dentro del panorama general que aún regía a comienzos del siglo XX en relación con los derechos de las mujeres, ya habían surgido en varios países un fuerte movimiento social y diversas organizaciones que impulsaban mejoras en la condición de la mujer, en cuanto a derechos laborales, educativos y políticos, y a sus derechos sociales y económicos como esposas y madres.

En ese movimiento, se destacó la esposa de Max Weber, quien fue una incansable luchadora por los derechos de las mujeres, incluyendo las que aspiraban a la actividad académica, de la cual ella misma había sido excluida. Nacida como Marianne Schnitger en la pequeña ciudad de Oerlinghausen (Westfalia), ella era prima segunda de Max Weber (el nombre de soltera de su madre era Anna Weber); estuvo casada con Max desde 1893 hasta 1920 y lo sobrevivió hasta 1954.



Marianne Weber
(1870-1954)

Marianne Weber logró asistir en 1895 a algunos cursos universitarios de Filosofía y de Derecho en la Universidad de Friburgo (en la que su esposo tenía un cargo docente), pero solo como «invitada», pues las mujeres no eran aún admitidas como estudiantes regulares en las universidades alemanas (mucho después, en 1922, la Universidad de Heidelberg le confirió un doctorado *honoris causa* en Derecho). Fue una personalidad pública conocida e influyente desde su juventud y también en su larga viudez (Meurer, 2010; Hanke, 2009; Wobbe, 1988; Roth, 1989; Scheidle, 2006a; Marianne Weber, 1946, 1948). También fue dirigente de varias organizaciones de mujeres (como la Federación Alemana de Asociaciones de Mujeres).

Marianne Weber fue una pionera en el análisis sociológico y jurídico de la condición femenina (sin tener un título universitario en esas disciplinas ni en ninguna otra), y una persistente activista para la promoción de los derechos de las mujeres. Estuvo entre las primeras mujeres que impulsaron los derechos femeninos en Alemania, con una abundante obra escrita para promover la actividad profesional y los derechos de la mujer. Fue una de las mujeres que obtuvieron puestos de legisladoras en la flamante República de Weimar, en la primera elección en que las mujeres votaban y podían ser candidatas. Fue electa en 1919 como miembro de la Asamblea Nacional Constituyente (que también funcionó *de facto* como Parlamento), y fue la primera mujer que hizo uso de la palabra en un cuerpo legislativo alemán (Hochreuther, 1992; Oßwald-Bargende, 2020). Su figura, aun antes de la Primera Guerra Mundial, era tanto o más conocida que la de su esposo (a tal punto que algunos identificaban más fácilmente a Max Weber como «el esposo de Marianne»).

Dos conferencias dictadas por ella en 1904, con el título «Profesión y matrimonio: la participación de la mujer en la ciencia», se refirieron específicamente a los obstáculos que enfrentaban las mujeres en el ámbito académico, no solo por la discriminación en virtud de su género, sino también por la tensión entre el papel que se les asignaba en el matrimonio y las demandas de la actividad científica⁵⁶. Sus escritos abordaron temas muy avanzados para su época: el divorcio, la autonomía económica de la mujer casada, la valuación del trabajo de las amas de casa, y la vida sexual de las mujeres.

Max la apoyó siempre en todas las facetas de su labor; también es perceptible la influencia de Marianne en diversos aspectos de la obra de Max (Meurer, 2004a, 2004b, 2010); ella cuidó de él durante su larga enfermedad, marcada por períodos de severa depresión y agorafobia, en que no podía afrontar la tarea de dictar clases (Frommer & Frommer, 1993). Desde 1920, Marianne se dedicó a publicar las obras inéditas de Max, a escribir su biografía (publicada en 1926) y a promover su legado científico, tal como lo hizo Mary Paley Marshall con el de su marido. Decía Marianne en esa época que «el escritorio de Max era su altar» (Hanke, 2009).

Marianne también mantuvo, luego de la muerte de Max, las tradicionales reuniones de los domingos por la tarde en las que, desde muchos años antes, los Weber recibían en su casa de Heidelberg a los miembros del «círculo weberiano» de amigos y discípulos de Max (Marianne Weber, 1948, 1977; Honigsheim, 1926; Meurer, 2010; Scaff,

⁵⁶ Esas conferencias de Marianne Weber dictadas en 1904 fueron publicadas en 1906; una versión resumida apareció en 1919 en el libro que recopiló sus escritos publicados hasta ese momento (Marianne Weber, 1906, 1919). Esas conferencias de Marianne Weber contrastan fuertemente con la opinión de los científicos del sexo masculino en la misma época. Por ejemplo, Wilhelm Ostwald (1853-1932), futuro premio Nobel de Química, no solo se oponía a que las mujeres ingresasen en la actividad académica: además opinaba que los grandes logros de la ciencia alemana se debían a la «división del trabajo» en la burguesía alemana, en la cual la dedicación exclusiva de la esposa a las tareas hogareñas «liberaba» al hombre para que pudiese concentrarse en el trabajo intelectual (Ostwald, 1909, citado en Leitner, 1993: 146).

2014). Ella retomó esas reuniones después de regresar en 1921 a su antigua residencia en Heidelberg, de la que ambos se habían ausentado cuando Max aceptó sus últimos cargos docentes en Viena y Múnich (Marianne Weber, 1977, 1946, 1948; Hanke, 2009; Meurer, 2004a, 2004b, 2010; Roth, 1989). Las reuniones del círculo weberiano, antes y después de la muerte de Max, constituyeron un importante foro académico, político y cultural, que se mantuvo (aunque con muchas dificultades y limitaciones) incluso durante los años del Tercer Reich (Marianne Weber, 1946, 1977; Roth, 1989; Ay & Borchardt, 2006; König & Winckelmann, 1963; Mommsen & Osterhammel, 2006; Meurer, 2004a, 2004b, 2010). Las reuniones del llamado «Círculo Weber» son hoy consideradas como una actividad de resistencia contra el nazismo (Meurer, 2017; Borgstedt, Thelen, & Weber, 2017).

La persistente labor de Marianne Weber fue una importante influencia en el proceso de expansión de los derechos de las mujeres en Alemania. Esta rápida revisión de su personalidad y su obra no solo es relevante debido a su lucha por la igualdad de derechos para la mujer, y contra la discriminación por género, sino también para ilustrar la fuerte relación que ella mantuvo con la labor intelectual y política de su esposo, antes y después de la inesperada muerte de Max. La pareja formada por Max y Marianne constituyó un matrimonio peculiar, de estrecha colaboración intelectual y cuidado mutuo, aunque (según se estima actualmente) su duradera unión conyugal nunca fue consumada (Krüger, 2001). Marianne fue autora de numerosos artículos y publicaciones, principalmente sobre temas relacionados con la condición y derechos de las mujeres (Marianne Weber, 1906, 1907, 1909, 1911, 1912a, 1912b, 1912c, 1913, 1914a, 1914b, 1917a, 1917b, 1919, 1935, 2003); en sus años finales, escribió sus memorias (1946, 1948) y una rememoración de las reuniones del «Círculo Weber» (1977). Sus últimos escritos (agrupados bajo el título «Mujeres en fuga»), que quedaron inéditos hasta comienzos del siglo XXI (Weber, 2005), contienen las historias de vida de varias mujeres expulsadas de Alemania Oriental, Polonia y Checoslovaquia después de la Segunda Guerra Mundial; fueron publicados póstumamente por el Instituto Marianne Weber que funciona en su ciudad natal (Oerlinghausen), a la que ella y Max siempre estuvieron ligados (Meurer, 2013; Hellmann, 1996).

3.2.4 Mujeres en la ciencia: Un largo camino

En el siglo XIX, en general, las mujeres estaban excluidas de la educación superior. Algunas pioneras se dedicaron a la investigación científica de manera artesanal y muchas veces como autodidactas o con una educación muy general. Por ejemplo, Eunice Newton Foote (1819-1888) nunca recibió una educación científica avanzada, aunque estudió en el Seminario Femenino Troy (en Nueva York) y luego en la Escuela Rensselaer (hoy Instituto Politécnico del mismo nombre), también en Nueva York. Foote demostró experimentalmente (Foote, 1856) que el dióxido de carbono en la atmósfera captura y

retiene parte de la radiación solar incidente y así incrementa el calor atmosférico, un concepto fundamental de la moderna climatología y la causa principal del calentamiento global, lo que le ha valido el título de «Madre del Cambio Climático» (Brazil, 2020). Su trabajo pionero y totalmente artesanal fue completado y enriquecido más tarde por las investigaciones de John Tyndall y Svante Arrhenius, aunque estos nunca citaron el experimento de Eunice Foote, cuyo aporte no fue reconocido hasta el siglo XXI (Garrett, 2018; Jackson, 2019; Mariotti, 2019).

Otro ejemplo temprano de mujeres dedicadas a la ciencia es el de Henrietta S. Leavitt (1868-1921): realizó estudios académicos en el Radcliffe College, una institución para la educación femenina adscripta a la vecina Universidad de Harvard en Cambridge (Massachusetts). Allí siguió diversos cursos de formación general, entre ellos varios de matemática y uno de astronomía. Fue empleada por el observatorio de la Universidad para tareas subalternas como calculista; en ese carácter, y enteramente por su cuenta, desarrolló un método para determinar la distancia de las «nebulosas» que se consideraban como nubes de gas pero que en realidad son galaxias situadas fuera de la Vía Láctea. Su método (que en lo fundamental es aún usado actualmente) es la base para medir distancias interestelares e intergalácticas, y se basa en la luminosidad y la periodicidad de las estrellas «cefeidas» o «variables» detectadas en cada nebulosa o galaxia, y cuyo brillo oscila con una periodicidad que es específica de cada estrella (Leavitt, 1908, 1912). Henrietta Leavitt, en suma, descubrió cómo medir el universo (Johnson, 2005). La mayoría de sus informes técnicos aparecen firmados por el director del Observatorio, Charles Pickering, aunque especificando que cada *paper* «ha sido preparado por Miss Leavitt» (véanse más detalles en Johnson, 2005, y en Byers & Williams, 2006: 58-65).

Tanto Foote como Leavitt trabajaron en los Estados Unidos, en un ambiente institucional más flexible y menos cerrado a la educación femenina en comparación con Europa, si bien también había limitaciones similares para que las mujeres accediesen a la educación más avanzada (máster o doctorado) y para su desempeño como profesoras e investigadoras en instituciones universitarias.

La situación de la mujer en la ciencia, como en otros ámbitos de la vida, ha progresado fuertemente desde los comienzos del siglo XX, y principalmente desde la segunda posguerra. Aun cuando sigue habiendo brechas e inequidades, la situación ha mejorado sustancialmente. En general, se ha equilibrado o revertido la subrepresentación de las mujeres en la educación y en la actividad científica. Los cambios ya eran visibles entre 1920 y 1950, aunque a mediados del siglo aún subsistían diversas barreras legales y exclusiones de la mujer en varios ámbitos sociales, económicos y políticos.

Esos cambios se aceleraron desde 1950, y en especial desde alrededor de 1980. Algunos estudios recientes sobre los Estados Unidos pueden ilustrar los cambios ocurridos (sobre todo en la esfera científica) desde mediados del siglo XX. Kim y Moser (2021) analizaron el efecto de la maternidad sobre la carrera académica de las mujeres dedicadas

a la ciencia; para ello, estudiaron las carreras de 82 000 científicos de ambos sexos (solo en ciencias naturales) registrados en el año 1956 en los Estados Unidos, de los cuales solo 4220 (5,1%) eran mujeres. El año de referencia (1956) fue escogido por ser el año más representativo del *baby boom* (el período de alta natalidad entre 1946 y 1964), lo que hace más visible el impacto de la maternidad sobre las carreras de las mujeres que en ese período estaban en edad fértil. El estudio mostró que aquellas mujeres científicas *que en 1956 eran madres* demoraban en promedio cinco años más (en comparación con los varones y con las mujeres sin hijos) en alcanzar su período de mayor productividad en la publicación de artículos y en la obtención de patentes, lo cual incidía más tarde en la obtención de la *tenure* (estabilidad en la cátedra) y en otros logros profesionales.

La evaluación de Harriet Zuckerman en la década de 1980 todavía registraba una significativa discriminación contra la mujer en las ciencias naturales y la ingeniería (Zuckerman, 1987), manifestada en procesos de «desventaja acumulativa», también llamados «efecto Mateo» (Merton, 1968b y 1988), en perjuicio de las mujeres, a partir de una desventaja inicial para su carrera debida a su sexo y/o la influencia de la maternidad. Esto coincide con los datos de Kim y Moser (2021) para la generación de mujeres que fueron madres durante el *baby boom*, cuya carrera se vio demorada en el mediano y largo plazo debido al retraso asociado con la maternidad. La reducción de la natalidad en las décadas subsiguientes, sobre todo entre mujeres con alto nivel educativo, ha atenuado el problema, y obviamente también han influido para ello los cambios socioculturales y las normas que promueven la igualdad de género en las sociedades industrializadas.

En tiempos más recientes, los estudios de largo plazo muestran una realidad diferente a la del período del *baby boom*. Goldin, Katz y Kuziemko (2006) destacan que en los Estados Unidos entre 1900 y 1930 hubo (en apariencia) paridad de género entre los estudiantes en el *college*, pero esa paridad estadística solo aparece porque muchas mujeres (o la mayoría de ellas) se enrolaban en los *colleges* breves, muchos de ellos femeninos y donde se cursaban solo dos años. Si se excluyesen esos *colleges*, aparecería en esa época una amplia predominancia masculina. El porcentaje de varones entre los estudiantes de *college* aumentó durante la década de 1930, pero hubo relativa paridad en la primera mitad de la década de 1940, pues gran parte de los varones estaban en la guerra. El porcentaje masculino se acentuó al terminar la Segunda Guerra Mundial, no solo por el fin de la guerra sino también como efecto de la ley conocida como G. I. Bill, que subsidió el acceso al *college* de los soldados que regresaban al país. Esa ley hizo que, por un tiempo, la matriculación masculina creciera más rápidamente que la femenina, lo cual elevó la proporción de varones entre los estudiantes del nivel terciario, hasta el máximo alcanzado en 1947 con 2,31 estudiantes varones por cada estudiante de sexo femenino⁵⁷. El

⁵⁷ Aparte de los factores sociales, culturales y económicos, otro factor importante en esa evolución fue el título IX de las enmiendas introducidas en 1972 en la legislación federal que regula la educación superior. El título IX prohibió toda discriminación por sexo en todos los establecimientos de educación superior de

ratio varones/mujeres comenzó a bajar desde 1948; hacia 1960 era de 1,55:1, y alcanzó la paridad (1:1) en 1980, tras lo cual el ratio *siguió bajando*: desde 1980 hasta la actualidad hay *una creciente mayoría de estudiantes mujeres*. Como resultado, el porcentaje de las mujeres de 25-29 años que tiene educación superior (los cuatro años de *college* o más) es superior al respectivo porcentaje entre los hombres de las mismas edades (figura 5).

Figura 5

Estados Unidos: porcentaje de los hombres y las mujeres de 25 a 29 años de edad que tienen al menos cuatro años de *college*

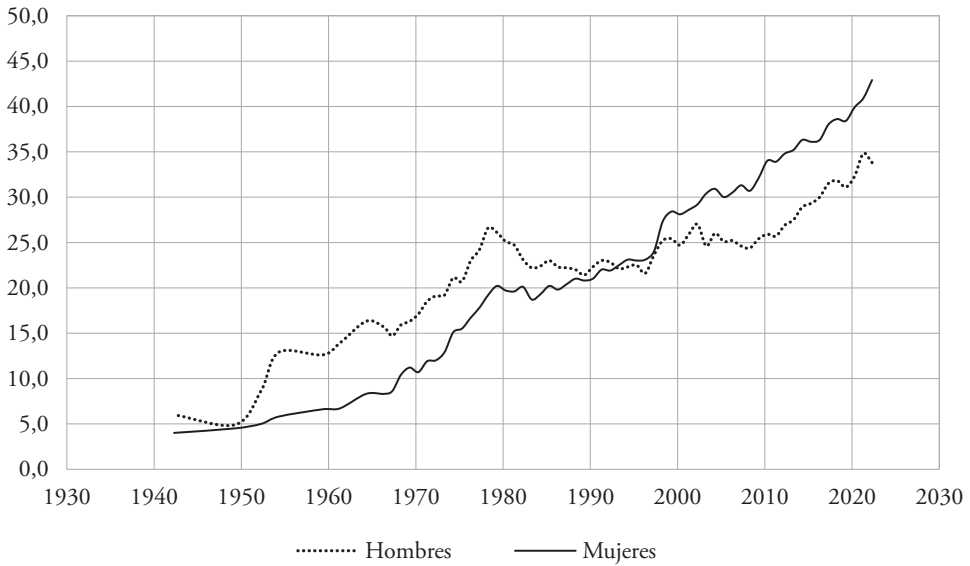


Figura elaborada con la serie histórica de datos del Current Population Survey. Fuente: <https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/educational-attainment/cps-historical-time-series.html>, tabla A.2.

Según los datos del *Current Population Survey* reflejados en la citada figura, hacia 1950 las mujeres que habían completado al menos los cuatro años de *college* eran el 5,9% del total de mujeres de 25-29 años, inferior al 9,6% de los hombres de ese mismo rango de edades. El porcentaje femenino se equiparó al de los hombres en 1986-1990, y desde 1995 pasó a ser mayor entre las mujeres. Desde entonces, se amplió la diferencia en favor de las mujeres; en 2020, los porcentajes fueron del 34,7 (hombres) y 43,8 (mujeres), con nueve puntos porcentuales de diferencia en favor de las mujeres⁵⁸. Esa

los Estados Unidos. El texto de las enmiendas se puede consultar en <https://fraser.stlouisfed.org/title/education-amendments-1972-5740>, páginas 139-141.

⁵⁸ Sobre la participación, productividad y status de las mujeres en la ciencia en 1950-2000, sobre todo en los Estados Unidos, véanse Zuckerman, Cole & Bruer (1991); Etzkovitz *et al.* (2000); Canel, Oldenziel & Zachmann (2000); Bentley & Adamson (2003); Bystyzienski & Bird (2006); y Wyer *et al.* (2014). Sobre

evolución también se refleja entre los que obtienen cada año un *bachelor degree* (Goldin *et al.*, 2006: 133-135). Las mujeres, como consecuencia, constituyen en el siglo XXI *la mayoría* de los estudiantes y graduados universitarios de los Estados Unidos, un cambio radical respecto a la situación vigente hasta la década de 1970.

Mucho camino queda sin duda por recorrer en cuanto a igualdad de género en el terreno académico y científico, pero ha habido de todos modos un avance muy significativo de las mujeres en su acceso a la educación superior; el caso de los Estados Unidos se reproduce en otros países desarrollados, y en las tendencias observables en muchos países en desarrollo. El trato más igualitario hacia las mujeres, tanto en la ciencia como en otras profesiones, se ha acentuado fuertemente en los Estados Unidos y Europa durante las décadas más recientes. Avances de similar sentido existen en otras regiones, como América Latina y el este y sudeste de Asia, aunque en todas partes siguen existiendo diversas limitaciones e injustificadas diferencias.

En un libro cuyo título («Carrera y familia») es casi idéntico al de las conferencias de Marianne Weber (1906) sobre las mujeres científicas y su conflicto entre el hogar y la carrera académica, Claudia Goldin (2021) describe extensamente el prolongado proceso de acceso de las mujeres norteamericanas a la educación y al empleo, y las tensiones que ese proceso ha implicado entre su vida familiar y sus carreras laborales. La influencia de la maternidad se ha reducido gradualmente debido al descenso tendencial de la fecundidad en general y especialmente entre mujeres con altos niveles educativos)⁵⁹.

Estas tensiones ocurren en todas las profesiones, incluyendo las del mundo académico. En los Estados Unidos, en 1993-1994, eran mujeres un 58% de los instructores universitarios, un 43% de los profesores asociados y solo un 15% entre los profesores ordinarios (Miller-Loessi & Henderson, 1997: 34). En 2009, el porcentaje femenino entre los profesores ordinarios se había duplicado (28%) según Curtis (2011); el mismo autor reporta que el porcentaje de mujeres entre los graduados de carreras profesionales

la situación social y ocupacional de las mujeres profesionales y académicas en las décadas de 1970 y 1980, véanse Astin (1978); Astin & Hirsch (1978); Cole & Zuckerman (1984, 1987); Dix (1987); O'Connell y Russo (1983-2001); Rosen (1989); y Steinkamp y Maehr (1984). Nash (2018) es una compilación de estudios biográficos sobre mujeres en la educación superior en los Estados Unidos desde el siglo XIX hasta inicios del XXI. Un panorama de largo plazo con múltiples ejemplos sobre las mujeres en la actividad científica puede hallarse en Jones *et al.* (2022)

⁵⁹ En los Estados Unidos, el promedio de hijos que habían tenido las mujeres de 40-44 años (de todos los niveles educativos) pasó de 3,09 en 1976 a 2,17 en 2018 (<https://www.census.gov/data/tables/time-series/demo/fertility/his-cps.html>, Historical Table 2). En 2018, las mujeres de 40-50 años *con título de posgrado* y con o sin actividad científica habían tenido como media 1,78 hijos, cifra inferior al promedio de 2,05 hijos en el total de mujeres de esa edad, y a los 2,70 hijos de las mujeres que no completaron la escuela secundaria (<https://www.census.gov/data/tables/2018/demo/fertility/women-fertility.html>, tabla 6). La tasa global de fecundidad de los Estados Unidos (hijos esperados por mujer) pasó de 5,06 hijos en 1950 a 2,15 en 2020, una reducción del 58 por ciento según las estimaciones de la División de Población de las Naciones Unidas, revisión de 2022 (<https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/>, Compact file, Estimaciones. Total fertility rate).

como Derecho y Medicina había crecido desde un 3% en 1960/1961 hasta un 51% en 2010/2011. Ese porcentaje en el conjunto de disciplinas aumentó fuertemente desde 1960 (tabla 2).

Tabla 2
Grados universitarios expedidos en Estados Unidos en años seleccionados

Porcentaje de mujeres entre los graduados, según grado obtenido y año de graduación				
Grado obtenido	1960	1980	2000	2019
<i>Bachelor</i>	35,3%	49,0%	57,2%	57,4%
<i>Master</i>	31,6%	48,6%	57,7%	60,9%
Doctor	10,5%	27,3%	45,3%	54,3%

Fuente: DES (2020), tabla 318.10.

Entre quienes se graduaron en 1960 en los Estados Unidos, las mujeres eran una minoría en todos los grados universitarios; 40 años después, en el año 2000, las mujeres obtenían la mayoría de los grados de *bachelor* y *master*; en 2019, las mujeres eran ya mayoritarias en *todos* los grados académicos, incluso el de doctor, como lo refleja la tabla 2, basada en el Digesto de Estadística Educativa de los Estados Unidos. Una visión general de la evolución de la equidad de género en las universidades norteamericanas desde 1960 hasta principios del siglo XXI puede hallarse en West y Curtis (2006); *cf.* también Curtis (2005) y National Research Council (2010).

La mayoría femenina alcanzada en las graduaciones, sin embargo, es mayor que entre los docentes universitarios, donde las mujeres aún son minoría. Por ejemplo, en Gran Bretaña, hacia 2020, las mujeres representan un 45% de todos los médicos, pero solo un 25% de los docentes en Medicina y un 15% de los profesores ordinarios de esa disciplina (Upthegrove *et al.*, 2020: 128). La participación femenina entre los docentes de Psiquiatría de Gran Bretaña pasó entre 2001 y 2019 del 25% al 50% entre los *senior lecturers* (instructores avanzados); del 29% al 48% entre los profesores asociados, pero solo del 11% al 21% entre los profesores ordinarios o *full professors* (Dhingra, Killaspy, & Dowling, 2021: 153). El menor porcentaje de mujeres entre los profesores ordinarios (comparado con *lecturers* y asociados) se debe en gran parte a la diferencia de edad. Los *full professors* tienen una edad promedio cercana a los 60 años, y por tanto se graduaron en promedio 30-35 años antes, cuando se graduaban muchos más hombres que mujeres; los instructores (*lecturers*) y los profesores asociados suelen tener como media unos 30-40 años, y se graduaron en promedio unos 10-15 años antes, cuando ya había ocurrido un aumento considerable en la proporción femenina entre los graduados. Cuando los actuales *lecturers* tengan 20 años más, las mujeres serán probablemente mayoría también entre los *full professors*.

Un caso especial es el de las mujeres con actividad académica *que están casadas con un colega del sexo opuesto*. Los ejemplos de Einstein, Curie, Marshall, Weber, Haber, Merton y otros muestran la ambigüedad de las situaciones de las mujeres en la actividad científica cuando en su vida privada están casadas con un académico: a menudo esas mujeres se ven postergadas por las exigencias derivadas de la carrera del cónyuge. Estas situaciones se han presentado con distintas modalidades, aunque con declinante frecuencia e intensidad, desde finales del siglo XIX (en que la postergación femenina era frecuente) hasta inicios del XXI, en el que las parejas con «doble carrera» son más corrientes. Sobre esas «parejas académicas», véanse los trabajos reunidos en Ferber y Loeb (1997).

La discriminación étnica (como el antisemitismo) y la discriminación de género han imperado ampliamente en las sociedades occidentales, sobre todo hasta mediados del siglo XX, y aún subsisten en fechas más recientes. La discriminación laboral ha sido muy frecuente en el mundo académico, donde la participación de judíos y de mujeres fue impedida, perseguida o marginalizada en muchos países y por largos períodos, como la de afroamericanos y otras minorías en Estados Unidos. Entre otros ámbitos de la vida social, la actividad científica sufrió profundamente las consecuencias de esas formas de discriminación, que se fue reduciendo principalmente por influjo de activistas como Marianne Weber (véase la sección 3.2.3) y por la gradual eliminación de las barreras legales y culturales, aunque subsisten «techos de cristal» para el acceso a los cargos más altos.

3.2.5 Ciencia, nacionalismos e ideologías

El universalismo de la ciencia fue profundamente afectado por el nacionalismo desde la segunda mitad del siglo XIX, y por las ideologías totalitarias durante gran parte del siglo XX. El nacionalismo científico implicó que diversos gobiernos procuraron la subordinación de la ciencia a principios patrióticos y a objetivos geopolíticos. Al mismo tiempo, varios regímenes totalitarios trataron de enmarcar la actividad científica dentro de moldes ideológicos. En general, tanto el nacionalismo como las ideologías tuvieron un impacto profundamente negativo sobre la actividad científica.

La idea de que la ciencia se deba comportar patrióticamente ha sido considerada como una idea legítima por diversos regímenes, fuesen autoritarios o democráticos. En una época como el siglo XX, marcada por enfrentamientos entre grandes imperios o sistemas político-ideológicos, fue una tentación habitual de los gobiernos el intento de poner la ciencia al servicio de los intereses del Estado o a los principios de alguna ideología oficial. Un ejemplo que ya se ha revisado en el presente texto fueron las políticas del Kaiser Wilhelm II para que la ciencia y la tecnología de Alemania sirvieran al afianzamiento del Segundo Imperio en la competencia internacional con otras potencias europeas como Francia o Gran Bretaña, en la ciencia y sobre todo en la tecnología (civil y militar), y también para extender la influencia del Kaiser sobre los gobiernos regionales. La «política científica y tecnológica» desarrollada como cuerpo conceptual en el siglo

XX a menudo ha procurado que los científicos de cada país contribuyan al logro de los objetivos económicos, geopolíticos o militares de los gobiernos, o al desarrollo industrial de cada país, o (en ciertos casos) que acomoden sus orientaciones conceptuales en concordancia con la ideología oficial. Incluso regímenes democráticos como la República de Weimar tuvieron esas inclinaciones nacionalistas, que fueron llevadas a extremos inéditos por los regímenes totalitarios como el nacionalsocialismo y el comunismo soviético (tanto en la Unión Soviética como en otros países integrantes de ese bloque, por ejemplo Alemania Oriental).

Muchos autores defienden la idea de una «ciencia nacional» sin percibir aparentemente la contradicción de ese concepto con el precepto de objetividad y universalismo que forma parte del *ethos* científico desde sus primeras formulaciones (Weber, 1979; Merton, 1942). En el largo plazo y para el conjunto de la actividad científica hay, a estas alturas, pocas dudas de que el nacionalismo científico fue y aún es un factor predominantemente negativo.

Un ejemplo de la interposición de ideologías y nacionalismos en el proceso de desarrollo científico fue la recepción de la teoría darwiniana de la evolución (Darwin, 1859, 1871) en los países europeos con mayor desarrollo científico. Además de los rechazos de índole científica (que también existieron en Gran Bretaña), la resistencia foránea en parte se relacionaba con la visión de la teoría darwiniana como una «doctrina anglosajona». El enfoque teórico de Darwin fue fuertemente resistido por muchos biólogos alemanes, franceses, rusos y de otros países europeos (Engels & Glick, 2008; Sloan, 2019), lo que se reflejaba también en la cultura y la literatura (Glick & Shaffer, 2014). En Francia, se siguió propagando la teoría evolucionista (luego descartada) del francés Jean-Baptiste Lamarck, que todavía hoy sigue siendo citada y analizada con frecuencia por científicos franceses en una «interminable declinación» del lamarckismo como la llama irónicamente Tort (2008), pues esa teoría de principios del siglo XIX es raramente tratada por científicos de otros orígenes culturales o lingüísticos, excepto para análisis historiográficos del surgimiento y difusión de la teoría darwiniana. En Alemania, el biólogo Ernst Haeckel (1834-1919) recibió primero con reticencia (y con errores de interpretación) la teoría de Darwin, para luego (en 1865) convertirse en un entusiasta del «darwinismo», aunque sin abandonar del todo aquellos errores, entre ellos la hipótesis de que «la ontogenia recapitula la filogenia» (es decir, que el desarrollo embriológico pasa por todas las etapas de evolución de la especie), y la creencia (muy extendida en Alemania) de que el proceso evolucionario tiene un *carácter finalista o teleológico*:

Mientras para la teoría de la selección natural la evolución es un proceso sin dirección [prefijada], sin un factor orientador ni un punto de destino, y se basa más bien en la selección dentro de ambientes determinados a partir de variaciones aleatorias creadas por el caos de la naturaleza, [...] Haeckel y Mach eran parte de una tradición alemana según la cual hay un *telos* interno en la naturaleza. (Pojman, 2020)

Muchos biólogos alemanes siguieron ignorando, malinterpretando o criticando la teoría de la evolución por selección natural hasta la Segunda Guerra Mundial, no solo por las ideas teleológicas de origen idealista señaladas por Pojman en la cita precedente, sino también por el abierto rechazo de la teoría de la evolución en la doctrina nazi de las razas. Entre tanto, en Europa Occidental y las Américas, la evolución por selección natural y sus implicaciones filosóficas y sociales eran ampliamente reconocidas no solo por los especialistas, sino también por autores de otras disciplinas, como Dewey (1910), y varios intelectuales latinoamericanos del siglo XIX, como Sarmiento (1882)⁶⁰.

La resistencia foránea, junto con la que ocurría en la propia Gran Bretaña (sobre todo por razones religiosas, pero también por la opinión negativa de muchos biólogos ingleses tradicionales como *Sir* Richard Owen: véase Bowler, 2013), hizo que hacia 1890-1900 la teoría de la evolución por selección natural entrara en un temporario «eclipse», como lo denominó Bowler (1983). De esa situación la rescataría la tardía irrupción de los escritos de Mendel en 1901 y el posterior surgimiento (en torno a 1930) de la «síntesis moderna» en Biología Evolucionaria, basada en Darwin y Mendel, y con la rigurosa expresión matemática formulada por Sewall Wright (1889-1988), J. B. S. Haldane (1892-1964) y Ronald A. Fisher (1890-1962), el primero norteamericano y los otros dos británicos⁶¹. Esa fusión de Darwin y Mendel expresada en sólido lenguaje matemático sería luego complementada por la genética molecular a partir del descubrimiento de la estructura helicoidal de los ácidos nucleicos por Watson, Crick y Franklin (Watson & Crick, 1953) y otros avances en la teoría de la evolución como la adopción del «punto de vista del gen» (Hamilton, 1964, 1996, 2002, 2005; Williams, 1966; Dawkins, 1976), la selección natural por parentesco (Hamilton, 1964); la selección natural de conductas altruistas (Hamilton, 1963; Trivers, 1971, 2002), la Psicología Evolucionaria (Barkow, Cosmides, & Tooby, 1992; Buss, 2016, 2019), y otros enfoques paralelos en diversas disciplinas (no siempre de acuerdo entre sí).

La resistencia nacionalista ante teorías «foráneas» solo tiene efectos negativos (Lustig *et al.*, 2004). La actitud adversa a Darwin y las interpretaciones erróneas de su teoría adoptadas en el siglo XIX por muchos biólogos de habla alemana retrasó significativamente la aceptación de la evolución darwiniana en los ambientes científicos de Alemania y Austria (Richards, 2004). Esto se acentuó con la difusión en Alemania de las erróneas ideas sobre las «razas», que alcanzaron su máxima expresión bajo el nazismo. Algo similar ocurría en Francia bajo la influencia de los grandes catedráticos

⁶⁰ El educador y presidente argentino Domingo F. Sarmiento (1811-1888) conoció en Chile a Darwin durante el viaje del *Beagle*, lo visitó de nuevo en Inglaterra en su edad madura, conocía bien las teorías darwinianas, y sentía gran admiración por Darwin y por su concepción de la evolución de las especies por medio de la selección natural.

⁶¹ Las formulaciones básicas de la «síntesis moderna» fueron las de Wright (1921, 1930, 1931, 1932, 1933a, 1933b, 1984, 1986), Haldane (1924a, 1924b, 1926, 1927a, 1927b, 1930, 1931a, 1931b, 1932a, 1932b, 1934) y Fisher (1930, 1932, 1934).

franceses en biología, y la poderosa y persistente influencia de las ideas de Lamarck (Farley, 1974; Henry, 1999).

En Rusia, como en otros países, ya desde el siglo XIX circulaban principalmente los erróneos conceptos del (equivocadamente llamado) «darwinismo social» de Spencer y otros autores, con muy poca similitud con las ideas de Darwin y con la teoría evolucionaria que llegó a ser predominante a partir de la «síntesis moderna» (Rogers, 1974; Gliboff, 2008; Weikart, 1993; Lustig *et al.*, 2004)⁶². El auspicio de Stalin a las teorías pseudocientíficas de Trofim Lysenko retrasó también la aceptación de la biología moderna en Rusia hasta mediados del siglo XX; las ideas de Lysenko sobre la heredabilidad de características *adquiridas* (una hipótesis que se remonta a Lamarck y está en contradicción con toda la genética moderna) perduró por muchos años entre los investigadores soviéticos, especialmente en agronomía y zootecnia, lo cual fue en el largo plazo muy perjudicial para la agricultura soviética (Medvedev, 1969; Joravsky, 1970; Soyfer, 1994), y fue un factor importante en el estancamiento (y finalmente el colapso) de la URSS.

Controversias similares soportó la teoría de la relatividad de Einstein, así como las observaciones de Eddington que confirmaron empíricamente las predicciones gravitacionales de la relatividad general. Estas controversias tuvieron inicialmente alguna base en disputas científicas, pero fueron alimentadas principalmente por factores nacionalistas y también (aunque no siempre de manera explícita) por el antisemitismo reinante en esa época. En sus peores versiones no solo había antisemitismo hacia las *personas* (científicos judíos), sino también hacia sus *teorías*, consideradas como «ciencia judía». Ello llegó a extremos ridículos bajo el régimen nacionalsocialista. Luego de la emigración de Einstein a finales de 1932, sus teorías fueron vilipendiadas como «ciencia judía» (Ball, 2014), principalmente por el físico Philipp Lenard (1862-1947), premio Nobel de Física en 1905, que comenzó criticando la teoría de la relatividad y luego, después de su afiliación al partido nazi, propugnó una «física alemana» (*Deutsche Physik*) contra la «física judía» (*Jüdische Physik*), cuyo supuesto exponente principal sería Einstein; también atacaba la «Física inglesa», cuyas pocas ideas correctas –según Lenard– eran copiadas de la «Física Alemana» (Lenard, 1936; Schömbeck, 2000; Cornwell, 2003, cap. 14; Hillman, Ertl-Wagner, & Wagner, 2015). Algo similar ocurrió en la URSS bajo el régimen de Stalin con el ataque contra la teoría de la relatividad general de Einstein y otras (como la de Darwin) acusadas de ser manifestaciones de la ciencia «burguesa», «reaccionaria» o «contraria al materialismo dialéctico» (Krementsov, 1997; Kojevnikov, 2004; Vucinich, 2001). Es importante notar que, según Martínez (2019), una parte de los ataques en la URSS contra Einstein, Darwin y otras teorías científicas no eran siempre ordenados directamente por el Kremlin ni surgían de las convicciones de los científicos soviéticos

⁶² Al respecto, véanse Weber (1979: 190); Kennefick (2007, 2012, 2919); Blum, Lalli & Renn (2012); Lehner, Renn & Schemmel (2012); Gutfreund & Renn (2015); y Renn & Sauer (2003).

involucrados, sino que en buena parte eran formas de «quedar bien» y evitar posibles represalias. En el polo opuesto de la Guerra Fría, el detallado estudio de George Reisch (2005) muestra que diversos filósofos de la ciencia del Círculo de Viena, cuya ideología original era de izquierda, se «despolitizaron» en la década de 1950 después de exiliarse en los Estados Unidos y otros países occidentales, por una convergencia de factores intelectuales, culturales y políticos; pese a ello, sus antecedentes y algunas de sus opiniones determinaron que sus actividades fuesen sometidas a un sostenido «escrutinio político» por el FBI, dirigido entonces por J. Edgar Hoover, quien los consideraba como probables filocomunistas.

La condena de la «ciencia foránea» y la persecución de científicos por esa causa llegó al absurdo de expulsar profesores de matemática por no enseñar «matemática alemana», sobre todo cuando eran judíos, como fue el caso del profesor Edmund Landau, expulsado de la Universidad de Berlín por ser judío y por enseñar «matemática judía» (Siegmund-Schultze, 2009: 73; Cornwell, 2003, cap. 16). Landau fue solo uno entre muchos otros matemáticos y físicos perseguidos por los nazis. Parte del rechazo a la matemática «anglosajona» o «judía» se basaba en el rechazo de la moderna formalización unificada de la matemática, la lógica y la teoría de conjuntos en los *Principia Mathematica* de Whitehead y Russell (1910-1913), y en la naturaleza «foránea» de los ejemplos tangibles de las proposiciones matemáticas, los que (según las doctrinas nazis) debían corresponder con la «esencia racial» de cada pueblo: una matemática abstracta o ilustrada con ejemplos «foráneos» no podía ser superior a una matemática germánica. El máximo defensor de la «*Deutsche Mathematik*», Ludwig Bieberbach, sostenía que la justificación última de las verdades matemáticas «está racialmente condicionada»:

Las matemáticas pueden consistir en verdades eternas, pero la forma en que [estas] se presentan, tratan o derivan brota de la naturaleza humana. Depende también de la discrecionalidad [individual] donde [cada uno] ve el fundamento y la justificación última de las verdades matemáticas. Creo que la teoría a la cual se adhiere [cada uno] depende de la disposición del investigador individual [...]. Como esta disposición está estructurada por la raza y la etnia [*Rasse und Volkstum*], soy de la opinión de que la disputa sobre los fundamentos de las matemáticas está racialmente condicionada [*rassisch bedingt ist*]. (Bieberbach, 1934: 358, citado en Poliakov & Wulf, 1978: 312)

Bieberbach estaba preocupado por demostrar que los más grandes descubrimientos matemáticos provenían de investigadores de raza germánica («arios»); para él, eso implicaba que el progreso de las matemáticas en Alemania requería «reconocer y fortalecer la peculiaridad alemana en las matemáticas» y «diferenciarla claramente de las variantes foráneas» (Bieberbach, 1934: 359, en Poliakov & Wulf, 1978: 313). Así, el nacionalismo y el racismo se extendieron también a los razonamientos matemáticos.

En las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial y hasta alrededor de 1990 (es decir, durante la Guerra Fría), el nacionalismo y la geopolítica tuvieron una fuerte in-

fluencia sobre la ciencia, tanto en los países «capitalistas» como en los «socialistas». Esto ocurría tanto en países desarrollados como en algunos países en desarrollo interesados en un desarrollo científico y tecnológico «independiente», sobre todo en disciplinas relacionadas con la seguridad nacional. Luego de acabada la Guerra Fría, en las tres décadas anteriores a la pandemia de 2020, la ciencia adquirió un carácter más internacional, aun cuando en ciertas disciplinas tecnológicas persistió la competencia entre naciones, como se pudo apreciar en la carrera entre Francia y Estados Unidos para el estudio del virus de inmunodeficiencia humana (HIV), en la competencia chino-norteamericana sobre protocolos de telecomunicaciones (sobre todo en la tecnología 5G), o la rivalidad entre India, Pakistán, Irán, Israel y otros países sobre tecnología nuclear.

En esos y otros campos, la sana competencia entre científicos se mezcla con principios nacionalistas e intereses geopolíticos de los gobiernos. En 2020 y 2021, muchos grupos científicos investigaron independientemente diversas posibles vacunas contra la COVID-19, con intensa comunicación entre los diversos grupos, sobre todo para las pruebas clínicas que debían ser conducidas bajo protocolos internacionales y aprobadas por organismos técnicos reconocidos y por la OMS. Sin embargo, en algunos casos, la producción y comercialización de las vacunas (y a veces también la investigación, desarrollo y pruebas clínicas) fueron afectadas por acciones gubernamentales con fines geopolíticos; ese fue el caso, sobre todo, de Rusia y de China. Pese a ello, las principales investigaciones sobre vacunas contra la COVID-19 intercambiaron información de manera transparente, lo cual permitió desarrollar y aplicar vacunas muy eficientes en muy breve tiempo.

En otros campos ha habido también una colaboración internacional estrecha, como por ejemplo en la secuenciación del genoma humano, en astrofísica, en exploración espacial y en aceleración de partículas subatómicas. Por eso, en líneas generales y salvo casos especiales, el período posterior a la Segunda Guerra Mundial, y sobre todo las décadas posteriores al final de la Guerra Fría, estuvieron caracterizados por una internacionalización bastante amplia y acentuada de la actividad científica, en el cual la circulación internacional de los trabajos científicos fue más amplia, y más estrecha la colaboración entre científicos de diversas nacionalidades. En la década de 2020, reaparecieron tendencias de sentido contrario; por ejemplo, en 2022, luego de invadir Ucrania, Rusia anunció su retiro de la Estación Espacial Internacional (donde también colaboran Estados Unidos y la Unión Europea), mientras China continuaba el desarrollo de una estación espacial propia.

3.3 La ciencia desafiada: relativismo y pseudociencia

El escepticismo ante la ciencia no es nuevo: desde los albores de la revolución científica en el siglo XVII, muchos resultados de la investigación científica fueron objetados en nombre de la religión o apelando a las obras de los filósofos de la Antigüedad, como

Aristóteles, cuyas ideas acerca de la Naturaleza todavía no estaban basadas en una investigación formalizada y rigurosa. Así, por ejemplo, las observaciones astronómicas de Galileo fueron combatidas por no concordar con algunos pasajes de la Biblia, o por diferir de las ideas de Aristóteles sobre el movimiento de los cuerpos y sobre la naturaleza de los astros; la teoría darwiniana de la evolución fue objetada, entre otras cosas, por no concordar con la narración bíblica de la creación y por argumentos supuestamente lógicos («lo complejo no puede surgir de lo simple», «el mero azar no puede construir órganos que tienen un propósito»).

Estas objeciones contra la ciencia fueron gradualmente superadas por una mejor comprensión de las teorías científicas y la evidencia que las sustenta, por el éxito mismo de la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas, por la mayor difusión de la educación científica, y por la secularización generalizada de la vida social y cultural. Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XX, sobre todo en países altamente tecnificados y educados, surgieron algunas concepciones filosóficas y culturales sobre la ciencia que expresaban incredulidad y escepticismo sobre algunas de las comprobaciones y teorías de la ciencia, sobre todo las más novedosas o difíciles. Esas ideas tendían a relativizar (o a negar) la validez de la metodología y conclusiones de la actividad científica.

Su forma principal es el *relativismo*, es decir, la idea de que la ciencia (y cada uno de sus paradigmas o marcos conceptuales) es solo una de las posibles formas de conocer la realidad, junto con otras que no comparten los mismos principios teóricos o metodológicos; en la visión relativista, todas las «formas de conocer» son igualmente válidas, y ninguna tiene derecho a erigirse en dueña de la verdad. Al relativismo lo acompaña, en paralelo, la *pseudociencia*. Este concepto designa a las teorías y prácticas que *pretenden tener fundamento científico*, y que tratan de legitimarse con credenciales científicas, pese a carecer de ellas. En otras épocas, las teorías sobre la realidad que carecían de adecuado respaldo objetivo trataban de legitimarse con apelaciones filosóficas o religiosas. En una sociedad y una cultura que se basan precisamente en la ciencia, la forma más usual de legitimar indebidamente un sistema de proposiciones consiste en presentarlo como científico, aun cuando en realidad no lo sea.

¿Cómo es que surgieron estas corrientes escépticas sobre la ciencia, precisamente en un siglo dominado por espectaculares progresos de la ciencia y la tecnología, y especialmente en los países más avanzados, donde hay más educación y donde la ciencia está presente en todas las esferas de la vida?

3.3.1 Relativismo

El relativismo epistemológico apareció en medio de las discusiones sobre la justificación filosófica de la ciencia, a partir de las posiciones del empirismo lógico en la década de 1920. Esas discusiones incluyeron varias críticas hacia el positivismo o empirismo lógico, como las de Popper, Gödel y Quine, las que acabaron sosteniendo que la lógica

no puede certificar como verdaderas, ni tampoco refutar absolutamente, las teorías y evidencias generadas por la ciencia empírica. Ante ello, una de las «vías de escape» para algunos filósofos fue la adopción de posiciones relativistas.

A comienzos del siglo XX, los filósofos de la ciencia enrolados en el positivismo y luego en el empirismo lógico sostenían que los conceptos racionales sobre la realidad debían estar directamente basados en los resultados de la observación y los experimentos, y que la aplicación de la lógica a partir de tales conceptos empíricamente fundamentados permitiría obtener *una representación objetivamente válida de la realidad*. En sus formas más extremas, como la de Wittgenstein (1921), solo esas proposiciones empíricamente fundamentadas tienen sentido y pueden dar lugar a un análisis racional; todo el resto son meros juegos de palabras carentes de sentido.

Medio siglo después, hacia 1970, tras varias décadas de debate, las reflexiones filosóficas sobre la ciencia parecían concluir que era imposible aseverar *mediante el puro uso de la lógica* que una teoría científica fuese verdadera o falsa. La concepción lógico-empirista del Círculo de Viena, en efecto, tenía serias fallas en el plano del análisis lógico-filosófico, que salieron a la luz principalmente entre 1930 y el comienzo de la década de 1950. En el propio grupo de los empiristas lógicos hubo autores (como Wittgenstein, en su libro póstumo de 1953) que destacaron el hecho de que toda proposición lógica se formula necesariamente dentro de un cierto *sistema formal*, caracterizado por un *lenguaje formal*, ciertos *axiomas no demostrables* y unas determinadas *reglas de inferencia*. Los axiomas y reglas de inferencia de un sistema formal son (desde este punto de vista) esencialmente *arbitrarios*; por definición, no se pueden basar en ningún dato previo ni en ninguna previa inferencia lógica, y siempre se definen *dentro de un cierto lenguaje formal*, no necesariamente traducible a otros lenguajes. En consecuencia, una misma proposición podría ser lógicamente válida o inválida, verdadera o falsa, según el lenguaje, los axiomas y las reglas de inferencia que se hubiesen adoptado para formularla y fundamentarla. A estas ideas del Wittgenstein tardío se añadieron: (1) los devastadores teoremas de Gödel (1931) sobre la incompletitud (y posible incoherencia) de los sistemas formales; (2) la crítica de Popper (1934), ya anticipada por Hume (1739-1740, 1748), según la cual no se puede verificar inductivamente una proposición o teoría; y (3) la idea de Willard van Orman Quine (1953), que concuerda con la tesis más antigua de Pierre Duhem (1906), según la cual los hechos adversos no llevan automáticamente al abandono de una teoría, pues siempre se puede modificar alguna de sus hipótesis auxiliares para «salvar» los aspectos centrales de la teoría (*cf.* más detalles en la sección 6.3.1 y en Maletta, 2019, caps. 2, 3 y 4).

De este modo, las pretensiones del empirismo lógico sufrían un ataque muy profundo. Popper (1934), siguiendo a Hume, sostenía que las proposiciones científicas no podían ser verificadas empíricamente de modo definitivo; Quine (1951), siguiendo a Duhem (1906), sugería que tampoco podían ser refutadas (o que siempre podían ser sal-

vadas de una refutación); y Gödel (1931) demostraba que el propio sistema lógico (cuya función en este contexto sería la de evaluar la validez de la ciencia) tenía sus propias limitaciones⁶³. El empirismo lógico buscaba una *certificación lógica* de las afirmaciones empíricamente fundadas, pero los autores citados mostraban que es imposible probar en forma absoluta, sea lógica o empíricamente, la verdad o falsedad de las proposiciones y teorías generadas por la actividad científica. Estas conclusiones de la filosofía de la ciencia llevaron a algunos filósofos a considerar los frutos de la actividad científica como meros «discursos» o «relatos» que solo valían dentro de los límites de un cierto lenguaje y de ciertos axiomas y reglas de inferencia, todos arbitrarios. La ciencia empírica no podía ser endosada como válida por la reflexión lógica de la filosofía. Esta conclusión llevó en algunos casos a una visión *relativista* que quita todo valor *lógicamente demostrable* a la ciencia o al método científico. Esa visión equipara la actividad científica a cualquier otra «forma de conocimiento» que pretenda sustentar proposiciones, como la mera opinión subjetiva, la revelación divina, la astrología, la «sabiduría ancestral» o la intuición. Esto originó varias concepciones *relativistas* o de *escepticismo radical* respecto de la ciencia, lo que contribuyó además a reforzar o legitimar deformaciones indeseables, como la pseudociencia.

Filosofías relativistas de la ciencia. Uno de los primeros autores que emergieron después de Popper, Quine y Gödel, y que expresaron conceptos relativistas en el ámbito de la filosofía de la ciencia, fue Thomas Kuhn (1962, 1970a, 1970b, 1977a, 1977b, 2000), no en su idea general sobre las revoluciones científicas y los paradigmas de la ciencia, sino en la idea conexas, pero lógicamente independiente, de la «inconmensurabilidad de los paradigmas», según la cual cada uno de estos «paradigmas» es un «sistema cerrado», con un marco conceptual y metodológico propio, *que no puede ser aplicado a otros paradigmas*. Una consecuencia lógica de esta idea es que no se puede decidir si un paradigma es superior a otro. Por ejemplo, si el paradigma copernicano y el tolemaico no son conmensurables, no se los podría comparar, pues ello requeriría un lenguaje «neutral» y unos supuestos también «neutrales», que pudiesen aceptar ambos paradigmas; dado que tales elementos «neutrales» no existen, no se podría decidir con certeza cuál de los dos es mejor (véanse los comentarios sobre este aspecto de la obra de Kuhn en la sección 6.3.2, nota 92). Kuhn fue bastante impreciso en sus conceptos, y por ello tuvo que embarcarse en muchas aclaraciones, que en general también fueron ambiguas e imprecisas. Del concepto de inconmensurabilidad entre paradigmas se infiere que (con mayor razón) existiría inconmensurabilidad entre la ciencia y la no ciencia. No se podría decidir si la Astronomía es superior a la Astrología, o si las predicciones de los astrónomos sobre eclipses tienen más o menos fundamento que los horóscopos de los astrólogos.

⁶³ Un tratamiento más detallado de estas polémicas, con muchas referencias bibliográficas relevantes, se presenta en Maletta (2009: 51-98) y Maletta (2019: 105-178).

Otras manifestaciones similares de relativismo, aún más radicales, fueron el «anarquismo epistemológico» de Paul Feyerabend (1975, 1987), y posteriormente las variadas ideas (no siempre coherentes entre sí) expresadas por los principales exponentes del movimiento «postmoderno». En el caso de Feyerabend, las concepciones relativistas son más extremas que las de Kuhn. Según sostiene el primero de ellos en su *Tratado contra el método*, las discrepancias entre la ciencia y otras «formas de conocimiento» (como la astrología) no se pueden dirimir mediante el método científico, pues este forma parte del lenguaje y los supuestos de la ciencia, y no tiene validez para evaluar a quienes adhieren a aquellas «otras formas de conocimiento»; esto también se aplica a los paradigmas sucesivos de la misma disciplina, como las teorías tolemaica y copernicana del sistema solar. Esta consecuencia, ante la cual Kuhn vacilaba, era abrazada totalmente por Feyerabend. El único principio posible al comparar paradigmas, teorías o «formas de conocer», según Feyerabend, es «todo vale» (*anything goes*). La validez o invalidez de una teoría o creencia no podría ser legítimamente probada por el método de la ciencia, que solo convencería a los partidarios de la ciencia, ni con las nociones de la Astrología que solo convencen a los creyentes de la Astrología. De este modo, la validez empíricamente fundamentada de una teoría científica no podría ser comparada con la validez que las respectivas comunidades de creyentes atribuyen a los horóscopos, o la que se atribuía en el Medioevo a las ideas entonces vigentes sobre las causas de las enfermedades. La ciencia sería solo una de las maneras de pensar la realidad, «tan válida como cualquier otra». *Anything goes*.

Postmodernismo. Los conceptos filosóficos de Kuhn y Feyerabend fueron luego expandidos por el difuso movimiento cultural «postmoderno»⁶⁴. Desde sus orígenes en Francia, el postmodernismo se expandió a otros países (*cf.* Cusset 2003 sobre su influencia sobre la vida intelectual en los Estados Unidos). Este conjunto de ideas constituye una imprecisa corriente intelectual que enfatiza la relatividad de los «discursos» o «lecturas», el rechazo de las «grandes narrativas», y la imposibilidad de conocer la realidad objetiva como tal. La ciencia, como la religión o las ideologías políticas, es vista solo como una «narrativa» o «relato» sobre una realidad que solo es accesible a través de esas narrativas. Cualquier análisis intelectual es solo un «discurso», que puede versar sobre otros discursos o narrativas, y no sobre la realidad, supuestamente inaprehensible.

Estos enfoques dieron también lugar al llamado «programa fuerte de la sociología del conocimiento científico», cuyos principales exponentes fueron Henry Collins, Barry Barnes y David Bloor (Collins, 1981; Barnes & Bloor, 1982; Barnes & Edge, 1982; Barnes, Bloor, & Henry, 1996). En este enfoque, ya no se trata del análisis sociológico de la actividad científica como lo practicaba, por ejemplo, Robert K. Merton. En el «programa fuerte» (en forma similar a las ideas de Feyerabend), el conoci-

⁶⁴ Entre los exponentes más importantes del posmodernismo figuran Jean-François Lyotard (1979), Jacques Derrida (1967, 1972, 1992, 1996) y Michel Foucault (1963, 1966, 1969, 1971, 1975).

miento científico es considerado como un mero «discurso» cuyos criterios de validez son esencialmente arbitrarios e intransferibles, y que no se puede aseverar que sea mejor o peor que otros «discursos», ya que está afectado no solo por sus axiomas, su lenguaje o sus reglas de inferencia, sino también por varios otros factores (como la política interna de los laboratorios, la competencia entre los científicos o la influencia de las grandes corporaciones)⁶⁵.

Estos puntos de vista relativistas implican que, si la ciencia no puede proveer verdades absolutas, tiene una validez equivalente a la de la astrología o cualquier otro enfoque similar. El relativismo radical de Feyerabend y una gran parte de los postmodernos coloca a la ciencia en un plano de igualdad con la quiromancia, la astrología, las mitologías y creencias de las culturas preindustriales, las ideologías políticas o los credos religiosos. Una afirmación de la validez objetiva de la ciencia puede ser denunciada como una injustificada «policía del pensamiento» que intenta imponer «arbitrariamente» un determinado «discurso» por sobre otros «discursos», todos «igualmente válidos».

Junto con las corrientes postmodernas, originadas en Francia, otras corrientes análogas surgieron en el mundo académico de otras latitudes, como el anglosajón y el alemán, en especial la concepción «constructivista», que critica a la ciencia por ser una mera «construcción social». La exposición clásica del constructivismo en general, no referido específicamente a la ciencia, es el libro de Berger y Luckmann (1966); una crítica de su aplicación a la ciencia, con amplia bibliografía, es Hacking (1999). La objeción constructivista contra la ciencia se basa, por supuesto, en un abuso del lenguaje: es evidente que la ciencia (como cualquier otra manifestación cultural) es una «construcción social», como lo son los lenguajes, las ciudades o las normas que regulan el tránsito, pero eso no tiene nada que ver con su validez objetiva o su eficacia instrumental. Una teoría científica puede haberse inspirado en ideas propias de una cierta cultura, pero su validez epistémica proviene de la evidencia, no de la cultura que la inspiró.

Por ejemplo, las ideas numerológicas de Pitágoras y de sus discípulos en la antigüedad griega contenían elementos claramente mágicos, pero eso no quita validez al teorema de Pitágoras sobre los triángulos rectángulos, sin importar cuáles fueron las motivaciones ideológicas del propio Pitágoras o de los varios matemáticos que idearon ese teorema. En otro ejemplo: a Darwin se le ocurrió la hipótesis de la selección natural después de leer la obra de Thomas Malthus sobre la población y los recursos naturales, pero luego procedió a formular rigurosamente esa hipótesis y a reunir laboriosamente la evidencia empírica que la sustenta; la validez de la teoría evolucionaria darwiniana no depende de la validez de las teorías de Malthus (que en gran parte han sido desacreditadas, precisamente, por no reconocer la *evolución* de la productividad). Las ideas iniciales

⁶⁵ Maletta (2009, sección 1.4; y 2019, cap. 4) expone con más detalle estas visiones críticas sobre la ciencia y su metodología, incluyendo otras variantes no analizadas aquí.

de los científicos pueden inspirarse en cualquier origen, pero la actividad científica no se agota en la formulación de ideas o hipótesis iniciales: su componente decisivo es la rigurosa búsqueda y evaluación de la evidencia empírica que pueda sustentar o refutar aquellas ideas iniciales.

Es importante destacar que todas estas disquisiciones filosóficas sobre la ciencia han aparecido (y en algunos casos han dejado de existir) en forma independiente de la actividad científica como tal, la cual ha seguido avanzando a lo largo del siglo transcurrido desde la aparición del empirismo lógico hasta la actualidad, sin encontrar en su avance ningún obstáculo derivado de las corrientes relativistas formuladas durante la segunda mitad del siglo XX.

Por otro lado, luego de las discusiones filosóficas sobre la ciencia desde comienzos del siglo XX hasta alrededor de 1970, se consolidaron en las décadas siguientes unas versiones de la teoría de la ciencia que en general no buscan ni pretenden que la ciencia empírica genere una certidumbre absoluta sobre la verdad de las proposiciones. Se difundieron en cambio visiones del conocimiento humano basadas en las ciencias empíricas, siguiendo la idea precursora de Quine (1969a) de una «epistemología naturalizada». La visión de una epistemología de base empírica, y de una ciencia falible y perfectible, responde a la concepción de Popper tal como él la reformuló en su edad madura (Popper 1978a, 1978b), y que la caracteriza como una actividad *racional* y *evolutiva*, cuyos resultados son siempre provisionales, modificables a la luz de la experiencia. La idea de la ciencia que de ello resulta es la de *una ciencia terrenal y sensata*, que no pretende generar verdades absolutas y definitivas, sino teorías aceptables, que permitan avanzar en la indagación sobre la realidad, y que son potencialmente corregibles por la (creciente) evidencia empírica que la propia ciencia convierte en información disponible.

3.3.2 Pseudociencia

Una pseudociencia es una teoría, o una trama o red de teorías entrelazadas, que pretende ser «científica» cuando en realidad no lo es. Esta simple definición, sin embargo, no siempre es aplicable de manera inequívoca. En primer lugar, en este caso el carácter de «científico» se aplica al *contenido* de una teoría, y no al *método* por medio del cual esa teoría es establecida, corroborada o refutada; esta distinción es importante, porque cualquier teoría novedosa podría ser calificada como pseudociencia solo porque no concuerda con la ciencia «establecida», como ocurría con la teoría heliocéntrica en los (aproximadamente) 100 años posteriores a la muerte de Copérnico, o la teoría de la relatividad (especial o general) de Einstein, o la teoría de Alfred Wegener (1880-1930) sobre la deriva de los continentes causada por el movimiento de las placas tectónicas, o la teoría darwiniana de la evolución por selección natural, entre otros ejemplos de teorías disruptivas que luego fueron aceptadas como legítimas.

El hecho de que las teorías o proposiciones sobre la realidad empírica no puedan ser lógicamente «probadas» a partir de la evidencia empírica (Hume, Popper) ni «refutadas» (Duhem, Quine), así como el hecho de que la verdad de algunas afirmaciones verdaderas puede no ser «decidible» lógicamente (Gödel), hace que entre las teorías «científicas» y las «no científicas» la línea demarcatoria no siempre sea nítida. Aun considerando solo el método y no el contenido de las teorías, la distinción también puede ser dudosa o borrosa; este punto es fuertemente enfatizado por Michael Gordin (2012), sobre todo en la introducción (pp. 1-18) de ese libro dedicado al caso de Velikovsky y su «teoría» pseudocientífica⁶⁶.

También puede ser útil distinguir entre «mala ciencia», «no ciencia», «anticiencia» y «pseudociencia», aunque entre estos conceptos también hay límites borrosos y algunas zonas de superposición. Una «mala ciencia» suele ser definida como una investigación o teoría de muy pobre calidad, por diversas razones (defectos metodológicos, conceptos mal definidos, etc.). «No ciencia» se refiere a cuerpos de doctrina o de creencias que no están basadas en la evidencia ni pretenden usar el método científico; el término incluye las doctrinas religiosas en general, la teología, el budismo, los relatos de ficción (incluso los de «ciencia-ficción») y otros similares. La «anticiencia» se refiere a doctrinas que niegan la validez del método científico y defienden en cambio «otras formas de conocimiento» supuestamente superiores; algunas de ellas pueden ser también «no ciencias», aunque entre estas hay versiones más agnósticas que no niegan la legitimidad del método y contenido de la ciencia aunque aceptan «otras formas de conocer» como «igualmente válidas». Todas ellas se distinguen a su vez de la pseudociencia, pues en general no pretenden ser científicas, aunque muchos casos pueden estar en una zona borrosa o incierta entre dos o más de estas categorías.

Algunos filósofos de la ciencia reemplazan la dupla «ciencia-pseudociencia» por un continuo o espectro de posibilidades, con varias zonas o escalones intermedios. Por ejemplo, Pigliucci (2013: 23) construye un gráfico con dos ejes: grado de sustento empírico y grado de coherencia lógica y teórica, dos características básicas de la cien-

⁶⁶ Immanuel Velikovsky (1895-1979) fue un médico psiquiatra ruso-norteamericano que formuló unas hipótesis muy extrañas sobre el origen del actual sistema solar. En su libro *Mundos en colisión* (Velikovsky, 1950), propuso que el sistema solar y el planeta Tierra han sufrido varias gigantescas catástrofes en varias épocas del pasado, incluso durante los últimos milenios (que han sido registrados en la memoria histórica y los mitos de la Humanidad). Varios planetas (Venus, Marte, Júpiter, Saturno y la propia Tierra) habrían sufrido grandes cambios en sus órbitas antes de estabilizarse en sus órbitas actuales; Venus, en particular, se habría originado unos 1500 años antes de Cristo, cuando un cometa de gran tamaño, desprendido de Júpiter, habría chocado con la Tierra alterando su posición y su órbita, y llevando al futuro planeta Venus a su órbita actual alrededor del Sol. Publicó varios otros libros en defensa de sus hipótesis, rechazadas como absurdas por la comunidad científica por contradecir varias leyes fundamentales de la Física, pero gozó de gran popularidad en el público general, sobre todo en las décadas de 1950 y 1960; actualmente, ha sido prácticamente olvidado. El libro de Gordin (2012) es uno de los mejores análisis de esta teoría pseudocientífica. Véanse también Friedlander (1995) y Morrison (2001).

cia, y coloca diferentes teorías o disciplinas en las varias zonas del cuadrante; en el ángulo superior derecho (altos niveles en ambos criterios) sitúa como ejemplos la Física de partículas y la Biología Evolucionaria; en el ángulo inferior izquierdo, con bajos niveles en los dos criterios, están la astrología y el diseño inteligente, generalmente reconocidas como pseudociencia. En los niveles intermedios hay toda una gama de otras disciplinas o teorías; en el ángulo superior izquierdo (fuerte respaldo empírico y poca coherencia lógico-teórica) están la psicología, la economía y la sociología. En la zona opuesta (alta coherencia, bajo respaldo empírico) se ubicaría la teoría física de las cuerdas (*string theory*). Esos dos criterios podrían ser aceptados, pero la ubicación de cada disciplina o teoría es más un juicio subjetivo de Pigliucci que una medición objetiva.

De todos modos, en una época dominada por la ciencia y la tecnología, es notable que sobrevivan o se inventen doctrinas sin ninguna base científica, aunque debido al prestigio de la ciencia muchas de esas concepciones no científicas tratan de legitimarse haciéndose pasar por científicas. Esta pretensión las califica como pseudociencias, aun con las salvedades anotadas precedentemente. Una clásica presentación del tema es Gardner (1957), quien describe una serie de teorías pseudocientíficas como las teorías de la Tierra plana y de la Tierra hueca, la «dianética», los estudios sobre «fenómenos paranormales», la «parapsicología», la «orgonomía» de Wilhelm Reich, y varias más. Una recopilación de artículos del mismo Gardner (1981) incluye escritos sobre pseudociencia, fraudes científicos, o simples supersticiones y fantasías con algún ropaje supuestamente científico. Mario Bunge (1985) describe las pseudociencias en general en la forma siguiente:

El hombre, supremo creador, es también el máximo falsificador. Puede falsificarlo casi todo, desde billetes de banco hasta la amistad. Incluso puede falsificar la ciencia y la tecnología. Y puede hacerlo de más de una manera: plagiando y manoseando, produciendo conocimiento carente de valor cultural o práctico, y ofreciendo mitos en envoltorios con apariencia científica o tecnológica.

La cuarta manera de falsificar ciencias o tecnologías [es decir la pseudociencia] es la peor de todas: consiste en presentar ítems no científicos, o no tecnológicos, como auténticamente científicos o tecnológicos respectivamente. (Bunge, 1985: 63-64)

Como ejemplos, Bunge menciona la biología creacionista (por contraposición a la evolucionaria), el lisenkismo (la falsa teoría biológica de Trofim Lysenko, adoptada en la Unión Soviética en tiempos de Stalin) y otros «mitos con apariencia científica o tecnológica». Se podrían añadir actualmente las teorías (y fraudes científicos) en contra de las vacunas, algunas supuestas «demostraciones» de las virtudes milagrosas de ciertas dietas, de ciertos «superalimentos» o de determinados remedios caseros (varios de los cuales se anunciaron al comienzo de la pandemia de 2020 como resultados de supuestos «estudios científicos» inexistentes o no debidamente identificados), algunas

formas de «medicina alternativa» carentes de fundamento, y diversas teorías conspirativas sobre eventos como el asesinato del presidente Kennedy, los atentados del 11 de septiembre de 2001, el desembarco en la Luna, los avistamientos y visitas de seres extraterrestres que se trasladan en «objetos voladores no identificados», la presencia de un «monstruo» similar a un dinosaurio en el lago Ness de Escocia, y otras elucubraciones sobre las cuales se presentan fotografías siempre borrosas y otras supuestas «evidencias».

Noretta Koertge (2013) recuerda su asombro cuando encontró que diversos científicos intachables (matemáticos, físicos, biólogos, incluso filósofos de la ciencia) creían o admitían como probables algunas teorías conspirativas sobre los atentados del 11 de septiembre de 2001 (Koertge, 2013: 166-167; *cf.* también Koertge, 1998, 2000). Estas personas eran científicos competentes y prestigiosos, que podían profesionalmente evaluar trabajos científicos, pero suspendían esas capacidades cuando se les presentaban estas teorías conspirativas sin ninguna evidencia empírica. La misma autora identifica un elemento *institucional y social* en la dinámica de las doctrinas o teorías pseudocientíficas (incluyendo las teorías conspirativas): los creyentes en esas teorías dialogan sobre ese tema con sus «compinches de creencias» (*belief buddies*), mientras que en asuntos científicos interactúan normalmente con una comunidad más amplia que ejerce un pensamiento crítico para detectar errores o insuficiencias en los argumentos que se les presentan. Además, Koertge cita varios estudios de caso que sugieren que algunas personalidades partidarias de ideas poco convencionales o heterodoxas en un cierto tema tienen una alta probabilidad de creer en *otras* ideas heterodoxas en otros temas completamente independientes entre sí; Koertge cita al respecto la noción de Michael Shermer (2001) de que esas personalidades «heréticas» son atraídas por ideas que van «contra la corriente» en casi *cualquier* tema (Koertge, 2013: 168), por lo cual *tienen tendencia a creer en varias ideas heréticas simultáneamente*.

El signo distintivo de la pseudociencia es que si bien su fuente última es errónea o de índole supersticiosa, se presenta con apariencia científica, incluyendo diversos argumentos con dudoso respaldo empírico o directamente sin él, y a veces se vale de la fabricación deliberada de falsas «pruebas» y otros artificios similares, como por ejemplo la producción fraudulenta de datos falsos por el Dr. Andrew Wakefield para fundamentar su idea de que las vacunas producen autismo (véase la sección 3.4.7). En estos casos, el carácter pseudocientífico se combina con el fraude científico, que en general está considerado como un delito.

Un ejemplo de pseudociencia particularmente sofisticado fue la «teoría del diseño inteligente», cuyos principales propulsores han sido Michael Behe, William A. Dembski, Philip Johnson y Stephen C. Meyer (entre ellos, solo Behe tiene formación profesional en ciencias biológicas). Su principal tesis es que la «irreductible complejidad» de muchos organismos existentes en la naturaleza no puede haber evolucionado por selección na-

tural, sino solo por medio de un «diseñador inteligente» (con atributos propios de una divinidad)⁶⁷ 68.

Otra importante pseudociencia, originada en las décadas finales del siglo XIX y que subsistió hasta la primera mitad del siglo XX, fue la *eugenesia*, que se revisa brevemente a continuación.

Eugenesia. La eugenesia (*eugenics* en inglés, a partir de palabras griegas con el significado de «buen origen», que actualmente se traduciría como «buenos genes») es una pseudociencia que fue originalmente propuesta por Francis Galton (1822-1911). Galton provenía de familias a las que pertenecían distinguidos intelectuales (compartía un abuelo con Charles Darwin, por lo cual eran «medio primos» o *half cousins*). Galton fue un «niño prodigio» muy precoz (aprendió a leer antes de cumplir tres años) y al crecer se volvió versado en una amplia gama de disciplinas: estadística (creó los conceptos de correlación y regresión, y sus respectivas fórmulas), meteorología, psicometría, geografía, biología, y otras; desarrolló, por ejemplo, la identificación de las personas por sus huellas digitales. Publicó más de 300 obras entre artículos y libros.

Galton fue el creador de la eugenesia, y acuñó el término (Galton, 1883). Desde la década de 1860, estaba interesado en la herencia biológica de las capacidades intelectuales, por lo cual estudió las familias de un gran número de personas eminentes de gran inteligencia; su hipótesis era que un «genio» tendría parientes también inteligentes, y tanto más inteligentes cuanto más cercano el parentesco (Galton, 1869). Una serie de escritos suyos sobre el tema están recopilados en Galton (1909). El movimiento «eugenista» que Galton originó sostenía que los factores genéticos eran responsables no solo de la capacidad intelectual, sino de todas las conductas humanas: la criminalidad, la generosidad, y toda otra virtud o vicio estarían *determinados* por la herencia genética. Era una versión polarmente opuesta a la del «culturalismo» extremo que predominó en la Antropología Cultural y otras ciencias humanas durante gran parte del siglo XX: «todo en la cultura viene de la cultura» (Lowie 1917). En esa concepción, la mente humana nace como una «pizarra en blanco» (noción criticada fuertemente por Pinker, 2002), la que sería dotada de contenido solo por la cultura en la que crece cada individuo, y así la cultura

⁶⁷ Entre las publicaciones de los principales defensores del «diseño inteligente» figuran los escritos de Behe (1996), Dembski (1999) y Meyer (2013, 2021). Entre las múltiples críticas científicas sobre las «teorías» creacionistas (incluyendo las basadas en el concepto de «diseño inteligente»), véanse Kitcher (1982); Dawkins (1986); Shanks (2004); Shermer (2006); Young y Edis (2004); Carreño *et al.* (2009); Boudry, Blancke y Braeckman (2010); y Stenger (2011).

⁶⁸ Para ampliar la discusión sobre pseudociencia y sus diversas formas, véanse Daempfle (2013), Feder (2013), Kaufman & Kaufman (2018), Regal (2009) y Shermer (2002a, 2002b). Sobre pseudociencia en temas específicos, véanse Farha (2014); Gordin (2012, 2021); Hines (2002); Hupp (2019); Lack y Rousseau (2016); Lilienfeld, Ruscio y Lynn (2008); Lilienfeld, Lynn y Lohr (2014); McIntyre (2019); Olfman (2015); Smith (2010); y Wynn & Wiggins (2001). Un tratamiento más detallado del relativismo y la pseudociencia puede hallarse en Maletta (2009, §1.4, y 2019, cap. 4).

determinaría la totalidad de las conductas y capacidades humanas, independientemente de todo factor genético.

En realidad, la evolución del ser humano, como la de todos los seres vivos, surge de la interacción entre la genética y el ambiente, donde el ambiente incluye también la cultura circundante, y de esa interacción derivan (entre otras cosas) las características psicológicas (Tooby & Cosmides, 1992; Barkow *et al.*, 1992; Buss, 2016, 2019). Junto a su «genetismo» extremo, Galton y todo el movimiento eugenista incluían un segundo error, el *determinismo*. En realidad, tanto las influencias genéticas como las culturales generan *propensiones* que pueden o no ponerse en acción: se refieren siempre a la *frecuencia relativa* de ciertos rasgos *dentro de poblaciones*, y por ello tienen un carácter probabilístico. Cada individuo tiene, como consecuencia, un cierto margen de acción para resistir o modificar esas propensiones, de modo que las conductas individuales o grupales no están determinadas ni genética ni culturalmente, sino solo *condicionadas* por propensiones derivadas de esos factores y de su interacción; la evolución no solo produce esos condicionamientos, sino también la variación interindividual de esas condiciones (cada individuo es diferente), así como el margen individual de libertad respecto a esas propensiones (Dennett 1984, 2003).

El principal problema con la eugenesia no fue solo su carácter pseudocientífico, sino sus terribles consecuencias *cuando fue llevada a la práctica*. Galton quería «mejorar la especie humana», en primer lugar, mediante la reproducción selectiva de los individuos mejor dotados, en forma similar a la crianza selectiva de animales o plantas a fin de obtener variedades con mejores cualidades. Ello lo llevó a formular dos estrategias: la eugenesia «positiva» se encarnaría en políticas favorables para la unión procreativa de los individuos «mejor dotados», y ayudarían en la crianza de sus hijos; la «negativa» tendería a la *eliminación o esterilización* de los individuos con cualidades «indeseables» (lo cual incluiría personas con discapacidades mentales o con enfermedades congénitas, así como criminales y otros «indeseables»). La eugenesia negativa, además, debía alcanzar no solo a los individuos directamente afectados, sino a sus familias consanguíneas, con el fin de reducir al mínimo las posibilidades de propagación de las cualidades indeseables (Black, 2012). Esta doctrina contó con fuerte apoyo, tanto de sectores reaccionarios (entre ellos los supremacistas blancos) como de progresistas, reformistas y socialistas que buscaban mejorar la humanidad (entre ellos personalidades muy respetadas, como los escritores H. G. Wells y George Bernard Shaw)⁶⁹.

El movimiento eugenista tuvo gran aceptación en las primeras décadas del siglo XX en varios países como Estados Unidos, Australia, Gran Bretaña, Suecia, Alemania y otros, en los que llegó a encarnarse en políticas públicas (Black, 2012). En Alemania, los

⁶⁹ La aspiración de mejorar la especie humana coincidía también con la filosofía de Nietzsche sobre el «superhombre» (*Übermensch*). Sobre la interrelación entre eugenesia y Nietzsche, véanse Stone (2002) y Sorgner (2009).

principios eugenistas fueron rápidamente adoptados como «higiene racial» por los ideólogos de las teorías racistas, luego implementadas masivamente por el Tercer Reich. En las décadas de 1920 y 1930, se practicaron esterilizaciones masivas e incluso ejecuciones de «débiles mentales» en varios países; en Alemania, el principio de la eliminación de «indeseables» se amplió cuando, además de los discapacitados y los «débiles mentales», se lo extendió a las «razas inferiores» o «degeneradas», especialmente los judíos, los gitanos y otros pueblos sometidos por el nacionalsocialismo durante la Segunda Guerra Mundial. En la posguerra, la eugenesia fue declarada como una forma de genocidio por parte de las Naciones Unidas⁷⁰.

3.3.3 Factores del rechazo a la ciencia

No es sorprendente que surjan enfoques pseudocientíficos: en una civilización científico-tecnológica es esperable que se intente legitimar cualquier creencia o teoría atribuyéndole un carácter científico, como en épocas anteriores se apelaba a doctrinas religiosas o a la autoridad de Aristóteles. Lo que es más sorprendente y paradójico es que en ese tipo de civilización, que requiere para funcionar de una amplia difusión de la racionalidad y del método científico, surjan, sobrevivan y hasta prosperen visiones pseudocientíficas y anticientíficas, o que expresan escepticismo sobre la validez de la ciencia. La explicación de ese hecho ha sido objeto de múltiples investigaciones; su tratamiento detallado excedería los límites de esta obra (véase un panorama un poco más extenso en Maletta [2019, cap. 4, y especialmente la sección 4.9]). Solo se señalan aquí brevemente algunos de los posibles factores que parecen estar detrás de las formas contemporáneas del escepticismo radical sobre la indagación científica, así como la adhesión a pseudociencias, unos fenómenos bastante extendidos en el mundo actual, con distintos orígenes y manifestaciones, tanto en las élites intelectuales como en la cultura popular.

Una parte de las actitudes anticientíficas puede estar motivada psicológicamente por el carácter **contraintuitivo** de una buena parte de las conclusiones de la ciencia, especialmente en el ámbito de las Ciencias Naturales (y también en algunas de las Ciencias Sociales). El carácter contraintuitivo y aparentemente «antinatural» de la ciencia ha sido analizado por varios autores, entre ellos Wolpert (1992), Cromer (1993), Dunbar (1995), y Dawkins (2009 y 2011, entre otras obras). J. B. S. Haldane (1927c: 286) sugirió que el mundo no solo es más extraño que lo que imaginamos, sino más extraño que *lo que podemos* imaginar. En una perspectiva evolucionaria, Dawkins destaca que podemos imaginar más fácilmente lo que es más afín a las realidades en las cuales ha

⁷⁰ Una referencia general muy completa sobre el eugenismo es Bashford & Levine (2010). Black (2012) ofrece un panorama detallado sobre las atrocidades cometidas en nombre del eugenismo, que abarcan no solo al Tercer Reich, sino también a naciones occidentales como Estados Unidos, Gran Bretaña o Suecia. Otras referencias sobre el tema: Armstrong (1997); King (1999); Hansen y King (2001); McGregor (2002); Spektorowski e Ireni-Saban (2013).

evolucionado la especie humana; esa experiencia evolutiva no nos preparó (por ejemplo) para pensar en distancias astronómicas, velocidades cercanas a la de la luz, partículas subatómicas, objetos matemáticos multidimensionales, o procesos evolucionarios muy lentos, que se despliegan a lo largo de millones de años pero son imperceptibles cuando se analizan unas pocas generaciones.

La ciencia, aun en sus aspectos más difíciles y complejos, es un resultado de la evidencia empírica y del razonamiento, las mismas herramientas que utilizamos en la vida cotidiana para conocer el mundo que nos rodea y para tomar decisiones, pero aplicadas (en el caso de la ciencia) a conceptos más abstractos y a observaciones más complejas. La ciencia revela hechos sorprendentes y formula teorías muy alejadas de la experiencia habitual de los seres humanos. Esto hace que algunos resultados de la ciencia puedan chocar con ciertas «barreras psicológicas» que los hacen parecer increíbles, paradójales o difíciles de entender. Este podría ser un factor que motiva la adopción de posturas anticientíficas.

Esa es la tesis de Howard Margolis (1993). Muchos resultados de la actividad científica en la Edad Moderna, como los de Copérnico y Galileo sobre astronomía planetaria, o la idea de que exista la presión atmosférica (es decir, la noción de que el aire tenga «peso»), o el descubrimiento del oxígeno, resultaban absolutamente increíbles, incluso para muchos intelectuales y científicos. Algunos fenómenos físicos observables que son predichos por las ecuaciones de la mecánica cuántica también resultan incomprensibles (y las ecuaciones inaceptables) para muchos. Margolis mostró que esos y otros casos chocan con ciertas «barreras psicológicas» que dificultan o impiden su aceptación. Esas barreras psicológicas pueden ser superadas, por lo menos después de un proceso de educación o entrenamiento; de hecho, han desaparecido actualmente para casi todas las personas con cierto nivel de educación. Sin embargo, hay barreras que persisten, sobre todo ante conclusiones científicas sorprendentes o inusuales.

El caso del oxígeno es ilustrativo. La observación del fuego sugiere fuertemente que un objeto incendiado «pierde materia», «se consume», pues de él se desprenden llamas y humo hasta que finalmente queda solo un poco de ceniza; lo mismo se pensaba de los objetos metálicos calcinados por el fuego; se suponía que la calcinación les hacía perder materia (y peso). Desde la Antigüedad, se postulaba que los objetos inflamables o calcinables contienen un elemento (llamado tradicionalmente «flogisto») que se emite y se pierde durante la combustión o calcinación, de modo que los residuos *deberían pesar menos que lo que pesaba el objeto antes de ser quemado*. La precisión de las balanzas hasta el siglo XVIII, y el difícil problema de «pesar el humo», dificultaban la comprobación de esta «pérdida de flogisto». Unos laboriosos experimentos de Lavoisier y otros científicos, con instrumentos de precisión para medir el peso después de quemar un objeto dentro de un recipiente hermético, probaron, a finales del siglo XVIII, algo sorprendente: los objetos quemados *pesaban ligeramente más* que antes de la combustión o calcinación; *ga-*

naban masa en vez de perderla. Esto resultaba contraintuitivo y aparentemente contrario a la evidencia cotidiana. Por ejemplo, se comprobó que una barra de hierro calcinado pesaba ligeramente más que el hierro original. Solo después de varias teorías erróneas y reiterados experimentos de varios tipos, se descubrió que el aire no es un elemento simple y homogéneo, sino una combinación de varios gases, entre ellos un componente que fue llamado *oxígeno* («generador de óxido»), el que se incorpora a los objetos durante la combustión o la calcinación, dos fenómenos diferentes que resultaron ser esencialmente lo mismo: procesos de *oxidación* (incorporación de oxígeno). Margolis examina con todo detalle la forma en que uno tras otro los investigadores fueron venciendo sus barreras psicológicas, aceptando la nueva teoría del oxígeno y desterrando el flogisto al reino de lo inexistente. Otros ejemplos de Margolis llevan a similares conclusiones.

La teoría de la evolución es otro ámbito de la ciencia que resulta sumamente extraño para mucha gente; ello no se debe a que los conceptos de esa teoría sean tan extraños como los de la relatividad o la Física Cuántica. Al contrario, se basa en hechos muy simples: entre los ejemplares individuales de cada especie hay diferencias o variantes (por ejemplo, en tamaño, color, peso, velocidad, etc.), parte de las cuales tienden a ser heredables. En cada ambiente natural, algunas de esas variantes generan diferencias en la capacidad para sobrevivir y reproducirse. Esto es algo bastante fácil de imaginar, pero en el largo plazo produce resultados que a mucha gente le resulta muy difícil entender y aceptar.

Esas dificultades para imaginar la evolución pueden generar un conflicto no solo con la intuición, sino con las convicciones íntimas de algunas personas en asuntos religiosos o éticos, ante las cuales la idea de la evolución les parece un «ácido universal» que disuelve todo lo que parecía firme y evidente (Dennett, 1995). Quizá por temor a asomarse a esa realidad, muchas familias en los Estados Unidos han reclamado que no se enseñe la evolución de las especies en las escuelas públicas, o que al menos se enseñe paralelamente la doctrina bíblica de la creación, y en algunos casos han logrado electoralmente que las legislaturas de algunos Estados dicten normas para ello (las cuales en general han sido luego derogadas por la Corte Suprema, que las consideró inconstitucionales).

Otro ejemplo de resultados científicos contraintuitivos se remonta a los experimentos de Galileo: una pequeña bola de metal y otra más grande, que se dejan caer desde una altura, *llegan al suelo ambas al mismo tiempo*, lo cual no solo es contraintuitivo, sino que contradice directamente la afirmación opuesta de Aristóteles. También resultan extrañas las teorías de la Física sobre grandes distancias y velocidades cercanas a la de la luz (como la teoría de la relatividad general) o las que se refieren a procesos y partículas subatómicas, como las que explica la Mecánica Cuántica. La ciencia moderna resulta así frecuentemente paradójica y contraria a nuestras intuiciones. Buena parte de la Física moderna, como la relatividad o la Física Cuántica, no solo utilizan un lenguaje difícil (usualmente matemático), sino que implican resultados totalmente ajenos a la experiencia cotidiana,

pues se refieren a dimensiones enormes (cosmológicas) o diminutas (subatómicas) y a propiedades de la realidad (como la curvatura del espacio-tiempo) para las que nuestra evolución como especie no nos ha preparado.

El rechazo de la ciencia, que se funda en una apelación a creencias ideológicas o religiosas, responde a la búsqueda de *certidumbre subjetiva absoluta*, es decir, la certidumbre de que ciertas afirmaciones son absolutamente verdaderas y que nada podría modificarlas. La ideología y la religión ofrecen (y requieren) certidumbres absolutas. La ciencia, en cambio, no puede ofrecerlas. La ciencia ofrece un conocimiento que está siempre en construcción, en el cual hay siempre huecos por llenar, enigmas por resolver, problemas para investigar. También el pensamiento precientífico o no científico tiene las mismas limitaciones, pero solo la ciencia permite ser consciente de ellas, y ofrece además un sendero metodológico para detectar y superar errores, y así avanzar pese a las incertidumbres.

La ciencia ofrece un conocimiento más sólidamente fundado que cualquier creencia no científica, pero nunca completo ni definitivo. Esto contrasta con la adopción de ideas y principios a los que muchas personas adhieren con fuerte certidumbre subjetiva; en muchos casos, esas personas, ante cualquier resultado científico que se oponga a sus creencias, buscan en esas creencias una certeza subjetiva que la ciencia no puede otorgar a sus propios resultados, y que además tampoco puede garantizar para ninguna otra idea o creencia. El carácter tentativo del conocimiento científico es abiertamente declarado por la ciencia, pero la mayor parte de las otras fuentes habituales de creencia, pese a carecer de evidencia objetiva, no son conscientes de esa limitación. Los científicos saben (como lo advierte Weber en su conferencia) que sus descubrimientos y teorías están destinados a ser superados o refutados «en 10, 20 o 50 años» (o más velozmente aún en la era presente, caracterizada por un avance muy rápido de la ciencia y la tecnología).

Por otra parte, no todos entienden adecuadamente el contenido de la ciencia; la comprensión de las conclusiones científicas y de los métodos utilizados para llegar a ellas exige un largo aprendizaje, que familiarice la mente con el pensamiento científico (necesariamente abstracto y complejo) y con sus métodos y aparatos, también muy complicados. Sin ese aprendizaje, muchas conclusiones de la ciencia parecen afirmaciones caprichosas y poco creíbles, o meras opiniones con las cuales cualquiera puede disentir. Aun para los propios científicos, la ciencia no puede ser entendida en su totalidad por nadie, pues el conocimiento es tan vasto y variado que está necesariamente «distribuido»: cada científico comprende solo una pequeña porción, la de su especialidad y tal vez la disciplina (o campo interdisciplinario) en que esa especialidad se inscribe, pero no puede conocer en detalle todas las especialidades de todas las disciplinas. La sociedad moderna está fundada en la ciencia, pero la ciencia como totalidad no es cabalmente dominada por nadie, ni siquiera por cada científico considerado individualmente.

Esto es doblemente válido para los ciudadanos comunes que no son profesionales de ninguna ciencia: solo reciben una educación general, que en principio les permita adoptar una correcta actitud ante la ciencia. Esos ciudadanos comunes, con educación primaria o secundaria, e incluso algunos profesionales que solo entienden su profesión definida estrechamente, se ven luego bombardeados por una inmensa cantidad de datos y opiniones que no siempre reconocen a la ciencia como algo diferente de la pseudociencia, la superstición o las meras falsedades. En el diluvio de información de toda índole que cada persona recibe diariamente, puede ser difícil distinguir entre ciencia y pseudociencia, entre verdad y *fake news*, entre opiniones o creencias por un lado y resultados científicos por otro.

Todos estos factores ayudan a entender cómo surgen y persisten actitudes de rechazo a la ciencia en general, ante ciertos resultados científicos o ante normas que de ellos se derivan, como, por ejemplo, las normas sanitarias ante una pandemia. La ciencia es prudente, pues sabe que sus resultados son provisionales (pese a ser los mejores que la evidencia empírica justifica en un momento dado). La ignorancia es más atrevida, y ello le permite descreer o negar, aun en temas sobre los cuales no cabe ninguna duda razonable.

Solo una buena formación general, en frecuente contacto con la ciencia (no solo la concerniente a la profesión de cada uno, sino también otras disciplinas muy diferentes), junto con un entrenamiento de la mente para practicar el pensamiento racional y crítico, pueden reducir el riesgo de adoptar actitudes anticientíficas basadas en la superstición o la ignorancia, o ser víctima de los engaños de la pseudociencia o de la mera superstición.

3.4 Problemas y abusos con la *peer review* y la bibliometría

La producción científica se materializa en un flujo de *papers* donde se exponen los hechos observados por los científicos y las teorías que ellos proponen para explicarlos. Muchos de esos *papers* han atravesado con éxito el requisito de la *peer review*, y no han sufrido todavía alguna crítica demoleadora a partir de nuevos hechos o de mejores teorías. Esos *papers* son los que más frecuentemente son citados como referencia por otros investigadores. Para que ese sistema funcione adecuadamente, es decir, para que filtre los resultados auténticamente científicos, es necesario que el proceso de publicación y circulación de la ciencia opere con transparencia y eficiencia, y que exista un clima de libre discusión basado en la evidencia. Estas condiciones no siempre se reúnen. Las evaluaciones de *papers* por medio de la *peer review* y la evaluación de los académicos a partir de las citas bibliográficas que reciben sus publicaciones pueden tener problemas de varios tipos y prestarse a varias triquiñuelas y conductas impropias. Esto incluye conductas muy variadas de los autores cuando citan (por ejemplo, algunos citan muy abundantemente; otros lo hacen con más austeridad; algunos recurren a «autocitas» innecesarias y otras deformaciones indeseables en la conducta del propio autor). Por otra parte, para que un artículo pueda ser conocido, citado y a la larga cuestionado debe haber un acceso libre a

los artículos, de modo que todos los científicos, e incluso los ciudadanos comunes, puedan leerlos y en consecuencia usarlos, criticarlos o difundirlos. Uno de esos problemas es la carencia de libre acceso, que se revisa a continuación.

Un aspecto importante del sistema de publicación científica es que la gran mayoría de las revistas científicas son publicadas por casas editoriales privadas como Elsevier, Taylor & Francis, MacMillan, Springer y unas pocas más. Incluso, muchas revistas editadas por universidades y otras entidades académicas han delegado la publicación y circulación a empresas privadas como las mencionadas. Una de las consecuencias (discutidas en la sección 3.4.1) es el elevado costo de las suscripciones, así como también de los ejemplares sueltos o de los artículos individuales, sobre todo en las revistas más especializadas con tiraje más reducido. Más en general, la tensión entre el interés general en la libre difusión de la ciencia y el interés privado en la rentabilidad de las empresas editoriales es un problema que aún no tiene una solución definitiva en la publicación científica, como tampoco lo tiene en general en las economías de mercado, excepto a través de las regulaciones implantadas por el sector público y por las sociedades científicas en que se agrupan los investigadores de cada especialidad. Además de ese aspecto directamente económico, es también posible que algunas prácticas de las revistas (guiadas por el interés privado de las editoriales) colisionen con las características de imparcialidad y universalismo que son esenciales en la actividad científica. Por ejemplo, algunas revistas sugieren a los autores que efectúen citas de otros artículos publicados en la misma revista, o en otras revistas de la misma editorial, aun cuando los autores no hayan citado espontáneamente esos artículos (esta es una práctica que puede ser calificada como «*misconduct*», pero que raramente cobra estado público).

Las secciones siguientes examinan con mayor detalle algunos de los problemas y sesgos que a menudo se pueden detectar en el sistema de publicación científica.

3.4.1 Acceso libre o acceso pagado

Un tema relativamente conflictivo en las últimas décadas ha sido el alto costo de las suscripciones, que impide o dificulta el acceso universal a los artículos publicados al erigir una «muralla monetaria» (*paywall* en inglés). Uno de los «imperativos institucionales de la ciencia» enunciados por Merton (1942) es la disposición a compartir los resultados con otros, una virtud que Merton llamó «comunismo» (aunque aclaró que usaba ese término «en sentido técnico y no político»). Ello implica el *libre acceso* a los materiales científicos. En el sistema de suscripciones pagas, las revistas impiden el acceso a quienes no son suscriptores, a menos que paguen una cierta suma para poder acceder a cada artículo. Esta «muralla» restringe la posibilidad de que los científicos o el público accedan libremente a los trabajos publicados, al menos en su versión final. Muchos científicos actualmente tienen acceso a una «suscripción colectiva» de su respectiva institución, mediante sistemas como JStor, en los que la institución se suscribe a la versión digital

de una variedad de revistas de una o varias disciplinas; pero no todas las instituciones usan ese sistema, y entre las que lo usan puede ocurrir que un científico deba consultar materiales no incluidos en la suscripción. Para remediar estas limitaciones, y dar a los investigadores un acceso amplio a las publicaciones, se han propuesto o implementado varias soluciones o cambios:

- **Libre acceso a los manuscritos y versiones intermedias.** Muchas revistas estipulan que los autores no pueden legalmente publicar en internet una copia de la publicación, pero pueden publicar legalmente en internet copias de los manuscritos preliminares (incluso el último, que es el que mejor corresponde a la versión que se publicó). A su vez, los que reciben las versiones no publicadas podrían usarlas, pero con dificultades; por ejemplo, no podrían saber qué página citar, y a veces tampoco el texto definitivo de la cita, pues no poseen la versión final efectivamente publicada en la revista. Los autores pueden enviar copias de la versión publicada a quienes lo soliciten, pero ese es un acto voluntario que no todos implementan, y ciertamente no constituye un acceso universal.
- **Publicación en series institucionales de documentos de trabajo.** Los *working papers* aún no sometidos a *peer review* pueden ser publicados libremente. Para ello, hay varias modalidades. La versión más reciente del manuscrito puede ser publicada por la institución a la que pertenece el investigador, antes de su presentación a una revista, como parte de una serie de documentos producidos por sus investigadores. Esos documentos no han pasado por una genuina *peer review*; pueden haber pasado (o no) por una revisión interna de la institución donde trabaja el investigador, pero ello no reemplaza a una auténtica *peer review*, ni tampoco goza del prestigio asociado a los trabajos que han sido publicados en revistas que aplican la revisión por los pares.
- **Publicación en un sitio web.** Algunos investigadores colocan la versión publicada o una versión previa como *working paper* en su propio sitio web (institucional o personal), de donde pueden ser descargadas. Algunas revistas lo objetan, otras lo permiten.
- **Repositorios de *working papers*.** En algunas disciplinas se ha creado (fuera de las instituciones donde trabajan los investigadores) un archivo general o «repositorio virtual» situado en la «nube» para que los autores coloquen allí sus *papers* aún no publicados, como, por ejemplo, el sitio arxiv.com, mantenido por la Universidad de Cornell, para trabajos de Ciencias Exactas y Naturales, y el paralelo sitio psyarxiv.com, mantenido por la misma universidad para las Ciencias Psicológicas; hay otros sitios similares, como Academia.edu, ResearchGate o la Social Science Research Network (ssrn.com) para todas las Ciencias Sociales, y Research Papers in Economics (RePEc) para Economía.
- **Crowd review.** Los documentos de trabajo en un sitio público en internet pueden ser leídos por cualquiera. Los autores alientan a sus colegas para que les hagan llegar

sus críticas o aconsejen correcciones, antes de que los *papers* sean enviados a una revista para su publicación. Así, los trabajos pasan por una «*peer review* ampliada» (a veces llamada *crowd review* o «revisión por la multitud») antes de ser evaluados por el panel de revisores designados por cada revista. La Física fue la primera en inaugurar esta modalidad a través de arxiv.com. Mark Newman describe esa iniciativa como el inicio de una transición que acabaría reemplazando a las revistas: «La Física ha mostrado el camino en el movimiento desde la publicación en revistas hacia la autopublicación por el autor en bases de datos *online*, en la que, en ciertos subcampos, la publicación de versiones preliminares [*preprint*] ha reemplazado ampliamente a la publicación en *journals*» (Newman, 2004: 5200).

- **Archivo abierto ilegal.** Existe actualmente la posibilidad de reproducir digitalmente y difundir libros o *papers* ya publicados, en forma «ilegal», en sitios web que difunden muchas obras (libros o artículos) sin tomar en cuenta los derechos de autor o los derechos de las revistas. Hay varios sitios de este tipo; uno de los más conocidos es Library Genesis, un vasto repositorio de artículos científicos y también de libros (científicos o de ficción), que no ha podido ser cerrado totalmente por las empresas editoriales ni por las autoridades de algún país, aunque lo han intentado reiteradamente: el acceso se restablece bajo alguna otra dirección en la Web. Cualquiera puede acceder a ese tipo de repositorio y descargar (legal o ilegalmente) los textos que desee. Plataformas similares (con características propias) son Cloudflare, Sci-Hub, Booksc y otras. No hay en la literatura científica muchos análisis del funcionamiento e impacto de este tipo de sistemas de circulación de la información científica; Cabanac (2016) es uno de los pocos artículos que analiza la Library Genesis como plataforma global para la difusión de bibliografía científica.
- **Open access.** Las revistas han introducido un sistema que permite a los lectores sortear la *paywall* y acceder a los artículos publicados sin requerir una suscripción a la revista, y sin que las casas editoriales pierdan sus ingresos. El sistema consiste en que *los autores*, una vez aceptados sus artículos por el proceso de *peer review*, paguen una cierta suma para que su artículo sea de *acceso libre*. El sistema se aplica en revistas tradicionales impresas y también en muchas que son exclusivamente digitales; en revistas (impresas y/o digitales) que mantienen el sistema de suscripción; y también en otras revistas que operan íntegramente a través del sistema de *open access*. Bajo este sistema se publica una creciente proporción del total de los *papers* publicados (Archambault *et al.*, 2013; Science-Metrix, 2018). Al mismo tiempo, los países más desarrollados, como Estados Unidos y los miembros de la Unión Europea, han estipulado legalmente que *los resultados de todo proyecto que haya contado con fondos públicos deben ser de libre acceso*; como complemento de esa medida, los subsidios de investigación otorgados por el sector público en esos países ahora incluyen fondos para que los investigadores paguen el precio del libre acceso; esto promueve que los

autores opten por esa posibilidad. Algunas revistas que no practican el *open access* (no todas ni mucho menos) ofrecen además libre acceso, sin suscripción ni pago previo, a los académicos que residen en países en desarrollo (lo cual se determina por el código IP de su conexión a internet). Sin embargo, este enfoque, que discrimina según el país desde el cual se solicita cada *paper*, puede en muchos casos ser burlado por quienes usen una «red privada virtual» (*virtual private network* o VPN), que disimula el país de origen de cada conexión.

- **Publicación depredadora.** Hay también revistas digitales que por ser relativamente nuevas no tienen un alto factor de impacto, y que no venden suscripciones, sino que todos los artículos son de libre acceso, y por ello deben ser pagados por los autores. Este tipo de revistas incluye muchas muy respetables, pero también algunas que practican una actividad depredadora (*predatory publishing*) que se examina en la sección 3.4.6; las revistas «depredadoras» no son recomendables, pues solo les interesa el pago de los autores, y su *peer review* es muy ligera o inexistente; esta distorsión hasta ahora no ha podido ser efectivamente erradicada.

¿El final de la era de los *papers* con *peer review*?

La publicación de artículos o *papers* en revistas con *peer review* es la forma principal de comunicación científica. Sin embargo, la era del *paper* (iniciada en la Royal Society of London en el siglo XVII, y consolidada en los siglos XIX y XX) *podría acercarse a su fin*. La revolución en tecnologías de la información en las últimas décadas no solo ha permitido una mayor circulación de los textos científicos, antes limitados a las bibliotecas suscriptas a cada revista: también ha hecho posibles *nuevas maneras de expresar los resultados científicos*, en formas que superan o desbordan las características de los textos impresos; por ejemplo, las exposiciones orales y gráficas en video, o las páginas web en lenguaje de hipertexto (HTML). Los *papers* que aparecen en las revistas ahora van acompañados de *materiales suplementarios* que solo están disponibles *online*: bases de datos, programas o rutinas de cálculo, etc. Somers (2018), en su artículo «El *paper* científico está obsoleto –y qué es lo que viene después» describe algunas de estas posibilidades y nuevos formatos posibles de la comunicación científica. También se tiende a complementar la *peer review* tradicional, a cargo de uno o dos expertos designados por la revista, con formas más amplias de revisión por un número mayor o indefinido de colegas. Estos procesos podrían alterar profundamente el régimen de publicación centrado en revistas especializadas impresas.

La situación creada por la revolución tecnológica digital ha subvertido completamente el sistema de publicación tradicionalmente basado en las revistas científicas impresas

que operan por suscripción. Las distintas posibilidades existentes para asegurar un acceso libre o al menos más amplio tienen diversas limitaciones, y probablemente ello conduzca a un nuevo sistema en el futuro, pero por ahora la situación carece de una solución general. Las revistas que antes monopolizaban la publicación, sobre todo las que tienen un alto factor de impacto obtenido en años anteriores, tratan de seguir cobrando por el derecho de acceso, y en muchos casos aplican tarifas muy altas. Su prestigio y trayectoria previa hacen que se les presente un gran número de artículos que aspiran a ser publicados; esto les permite seguir operando con altos precios para suscripción o para *open access*; ello es así sobre todo en revistas «de amplio espectro», pero no tanto en las revistas muy especializadas que llegan a un público más reducido de especialistas; estas revistas tienen por ello pocas suscripciones, y no reciben tantos artículos para su posible publicación. Como consecuencia, el precio de la suscripción aumenta en razón inversa del número de científicos interesados en la revista. Esto puede constreñir la libre circulación de los avances en disciplinas muy especializadas. Presiones de este tipo contribuyen a la búsqueda de mecanismos alternativos de difusión, y por ello podrían causar la gradual superación o transformación radical del presente sistema de publicación en revistas que operan sobre la base de suscripciones.

3.4.2 Sesgos en la publicación: el efecto Mateo

Entre los problemas relacionados con la *peer review* están los sesgos de los evaluadores designados por las revistas, es decir, las predisposiciones (a menudo inconscientes) que determinan la decisión de recomendar o no la publicación de un artículo, o que influyen en el número de citas que recibe. Esos sesgos pueden ser ajenos a la calidad científica del *paper*. Así, por ejemplo, algunos estudios (como D'Ippoliti, 2017) han mostrado que el número de citas recibidas por un artículo se correlaciona con factores ajenos a su propio mérito científico, como el número de autores del *paper* y sus reputaciones, la lengua en que está escrito, la reputación de la revista, el número de páginas del artículo, e incluso la longitud de su título (cuanto más corto, más citas recibe). En correlación con los sesgos de los evaluadores existen también algunos sesgos de parte de los autores, entre ellos la subdivisión y repetición deliberada de los *papers*, los llamados «sesgos de publicación» en relación con los resultados positivos y negativos de los estudios y experimentos, y otros sesgos relacionados con la publicación.

Uno de los sesgos más importantes es el llamado «efecto Mateo». Como *Matthew effect* se designa en este caso la retroalimentación positiva de los datos bibliométricos, que puede distorsionar la confiabilidad del sistema (Merton, 1968b, 1988). El nombre de ese «efecto» alude a una frase en la «parábola de los talentos» en el Evangelio según San Mateo (cap. 25, versículo 29): «Al que tiene se le dará más, y tendrá sobreabundancia; y al que no tiene, lo poco que le queda se le quitará». Merton aplica el término al hecho comprobado de que los autores que han sido muy citados en el pasado en general

tienden a ser aún más citados en el futuro, de modo que la distribución de las citas recibidas tiende a hacerse cada vez más asimétrica: unos pocos autores reciben un número creciente de citas, mientras muchos otros son citados con poca frecuencia o no son citados en absoluto. Este es un típico ejemplo de un «proceso de ventajas acumulativas», donde cualquier ventaja inicial tiende a ampliarse con el tiempo.

El efecto Mateo, que tiende a reforzar o aumentar las citas recibidas por cada artículo o cada autor, también se relaciona con la forma en que se mide la autoría. En los siglos iniciales del desarrollo de la ciencia, la inmensa mayoría de los trabajos científicos eran obra de un solo autor; pero, con la creciente presencia del trabajo colaborativo, aparece y aumenta casi sin límites la coautoría; un mismo artículo puede ser obra de dos, 10, 100 o 1000 autores: ¿cómo se debe valorar la contribución de cada uno de ellos? Además, ¿qué clase de aportes son los que justifican que a una persona se la considere como autor o coautor de un artículo? Estas cuestiones relacionadas con una autoría dividida o compartida han sido reiteradamente analizadas (por ejemplo, en Biagioli & Galison, 2013). En cualquier caso, los indicadores usuales de medición de las citas recibidas por un determinado artículo otorgan igual peso a un autor único que a cada coautor en artículos con muchos autores. Asimismo, se cuentan todas las citas incluyendo las autocitas de cada autor, que pueden ser artificialmente «infladas». Esto se aplica no solo a las autocitas, sino también a las citas mutuas (si me citas, yo te cito). Además de estas distorsiones deliberadas por parte de algunos autores, el efecto Mateo suele surgir como un fenómeno espontáneo en el cual otros autores tienden a leer y citar preferentemente los artículos más citados sobre cierto tema, con lo cual esos artículos muy citados acrecientan el número de citas, y los que no han sido muy citados permanecen en la semipenumbra de los *papers* poco citados. Las autocitas y las citas mutuas, aunque no sean muy numerosas, pueden dar a cada *paper* una cantidad inicial de citas que desate el proceso acumulativo del efecto Mateo.

El efecto Mateo, un concepto de Merton, tiene curiosamente un eco en las variaciones en la autoría de algunos artículos del propio Merton, en particular aquellos que expresan ambivalencia sobre el papel de su esposa Harriet Zuckerman en la autoría de algunos de sus *papers*. Merton fue siempre un propulsor del universalismo en la ciencia y un oponente de cualquier discriminación; pero al mismo tiempo se percibe que la autoría y la coautoría son temas a los cuales prestaba mucha atención cuando se trataba de sus propios *papers*, incluyendo el que originó el concepto del *Matthew effect*. Merton introdujo en uno de sus artículos dos notables cambios acerca del grado de participación de Harriet Zuckerman en la autoría del trabajo. En primer lugar: al reimprimir en 1973 su artículo de 1968 sobre el efecto Mateo, Merton subrayó el papel que desempeñó su exestudiante y asistente Harriet Zuckerman (quien luego sería su esposa) en el desarrollo del concepto: «Ahora [en 1973] es tardíamente evidente para mí que yo me basé en entrevistas y otros materiales del estudio previo de Zuckerman [sobre los laureados con el Nobel: Zuckerman 1965, 1972, 1977] *en un grado tal que claramente el artículo debió*

haber aparecido con doble autoría» (Merton, 1973a: 439, nota 1; énfasis añadido). Pese a ese tardío reconocimiento, su artículo de 1968 continuó como obra exclusivamente suya en la republicación de 1973 y en subsiguientes ediciones. En otro trabajo de Merton se evidencia el caso contrario, en que la coautoría de Harriet fue inicialmente reconocida y luego denegada: el artículo con autoría conjunta de Zuckerman y Merton (1971) sobre el desarrollo histórico de la *peer review* fue republicado dos años después (Merton, 1973b: 460-496) *con Merton como único autor*, y mencionando a Harriet Zuckerman solo como colaboradora.

El efecto Mateo, como otros procesos de acumulación de ventajas o desventajas, es un fenómeno emergente que no obedece a la voluntad de nadie en particular; así como los restaurantes donde hay mucho público tienden a atraer aún más clientes, también las citas tienden a concentrarse en una élite de autores que ya han sido muy citados, quienes además suelen publicar muchos artículos en forma ininterrumpida (Ioannidis, Boyack, & Klavans, 2014), generando así más «oportunidades de ser citados». En el otro extremo, una alta proporción de autores publican pocos artículos, quizá solo uno o dos en toda su vida (a menudo basados en su propia tesis doctoral), y reciben (salvo excepciones) pocas citas o ninguna. De este modo, los autores que integran cualquier proporción fija de autores más citados (por ejemplo, los que constituyen en una cierta fecha el 1% o el 10% más citado) tienden a recibir una proporción *creciente* del total de citas en períodos posteriores a esa fecha.

Las excepciones son algunos autores que, excepcionalmente, publican muy pocos trabajos pero estos son citados muy abundantemente por otros muchos autores y durante mucho tiempo. Como ejemplo de estas excepciones se puede citar al economista italiano Piero Sraffa (1898-1983), que trabajó en la biblioteca de la Universidad de Cambridge durante gran parte de su vida; solo publicó unos pocos artículos en la década de 1920, y un pequeño libro varias décadas después (Sraffa, 1960); también editó las obras completas de David Ricardo y escribió para esa edición una breve introducción (Sraffa, 1951). Sus obras contienen muy pocas citas, por lo general de obras relativamente antiguas. Pese a ser tan exigua, su obra ha generado miles de citas y muchos libros y trabajos dedicados a analizarla; véanse al respecto su biografía (Potier, 1991) y la biografía sobre Sraffa citada en los *papers* de Pasinetti (2006), Naldi (2006), Rosselli (2006), Mancuzzo (2005), Garegnani (2006), Kurz y Salvadori (2006), y Schefold (2006), todos incluidos en el número especial dedicado a Sraffa en 2006 por el *European Journal of the History of Economic Thought*, vol. 20, n.º 3. «La densidad de [Sraffa, 1960] es tanta que [varias] generaciones de seguidores han trabajado sobre él sin agotar las posibilidades de interpretación; y sin embargo su número de páginas no llega a 100, y [...] su longitud es más la de un folleto que la de un tratado» (Schefold, 2006: 525).

El concepto original del efecto Mateo no se limita a la acumulación de citas bibliográficas, sino en general a la *acumulación de ventajas* (o desventajas) de toda índole. Esa

acumulación ha sido también explorada en términos más generales, como un proceso en que cualquier ventaja inicial engendra más ventajas en el futuro, tanto en el ámbito académico como en otros contextos (Rigney, 2010)⁷¹. Por ejemplo, el hecho de que un libro sea muy exitoso hace que cualquier libro subsiguiente del mismo autor tenga también un éxito considerable. Existen también algunas tendencias «moderadoras» que atenúan o incluso revierten la acumulación de ventajas; por ejemplo, algunos autores que figuraban en el grupo más citado en un cierto período pueden dejar de ser tan citados en el futuro, y así dejar de pertenecer al grupo más citado. En el caso más simple, cuando un autor deja de publicar *papers* o libros debido a su retiro o muerte, el número de citas de sus obras puede decrecer brusca o gradualmente. Esto puede ocurrir porque ese autor ya no publica nuevos artículos, y también porque sus ideas pueden ser superadas por otras, o bien se convierten en «clásicas» y, por ello, ya no se considera necesario citarlas⁷². Entre tanto, pueden surgir otros autores que generan muchas citas y que de algún modo reemplazan al anterior en el grupo de los más citados. De este modo, aun cuando aumente la proporción de citas recibidas por un cierto porcentaje de los autores más citados, la *composición* del grupo más citado cambia con el tiempo, a medida que algunos autores salen de esa élite mientras otros entran en ella.

Si bien se pueden encontrar muchos ejemplos de creciente concentración de las citas en una pequeña minoría de obras y autores citados, hay también alguna evidencia de que (a escala más global y de más largo plazo) ese fenómeno parece haber mostrado una tendencia opuesta, en correlación con la mayor facilidad de acceso a la literatura científica a partir de la difusión de fuentes digitales en internet. Así, Larivière *et al.* (2009), usando una variedad de indicadores concurrentes, hallan una tendencia *decreciente* en el grado de concentración de las citas en el período 1900-2007, lo que se traduciría en una reducción de la «vida media» de los artículos citados, y una tendencia a citar *papers* más recientes.

Así, por varias razones, los trabajos más citados no son siempre los mismos a lo largo del tiempo, sino que se van renovando: los artículos de cada autor tienden a volverse anticuados con el paso del tiempo, o a volverse «clásicos» que ya no es necesario citar, de modo que los trabajos más citados pasan a ser otros más recientes, y probablemente escritos por otros autores. Cada artículo y cada autor así tenderían a tener un «ciclo de vida», que puede incluir un período en que son citados más frecuentemente, y un período posterior en que eventualmente dejan de ser citados o solo son citados raramente.

⁷¹ Los distintos ángulos con que se ha enfocado el efecto Mateo pueden discernirse en Harriet Zuckerman (2017), publicado originalmente en un libro de 1997. Una aplicación a la discriminación contra la mujer (por las ventajas acumulativas de los autores de sexo masculino) ha sido examinado con el nombre de «efecto Matilda» (Rossiter, 1993).

⁷² Por ejemplo: en el siglo XXI se aplica rutinariamente la teoría general de la relatividad en astrofísica y otros campos relevantes, pero no es necesario citar los artículos de Einstein (1911, 1915) donde se expuso esa teoría por primera vez.

Además de esta evolución del *corpus* de trabajos más citados, donde los artículos más citados en una cierta fecha son reemplazados gradualmente por otros más novedosos o más recientes, también hay un gradual reemplazo *de los autores*: el proceso normal de envejecimiento y retiro de los investigadores, y su gradual reemplazo generacional, hace que los autores que eran los más citados en un cierto período reduzcan gradualmente (y finalmente interrumpen) la publicación de nuevos trabajos, y por esa u otras razones reciben gradualmente menos citas. Estos efectos evolucionarios del proceso de acumulación de ventajas aún no han sido estudiados sistemáticamente.

3.4.3 Sesgos en la publicación: inflación de citas

El factor más utilizado para cuantificar el mérito de un científico, de un artículo o de una revista es la cantidad de citas que recibe. Pero el uso de este criterio supone que se trate de citas «genuinas», que reflejen la atención que la comunidad científica brinda a un autor, a un artículo o a una revista. El primer problema de este criterio de valoración es que las citas pueden ser favorables o desfavorables; el impacto de un trabajo puede incluir citas elogiosas o críticas. No hay manera de separarlas claramente en el análisis de la información bibliométrica. Pero aquí se hace referencia más bien a unos vicios que se introducen en las propias citas bibliográficas con el propósito de «inflar» el número de citas y así aumentar ilegítimamente el factor de impacto de un autor, de un artículo o de una revista.

La forma principal de este problema son las *autocitas*. Los autores citan a menudo sus obras anteriores, con lo cual obviamente aumentan el número de citas recibidas por sus trabajos, y también el factor de impacto de las revistas donde aparecieron esos trabajos anteriores. Las autocitas son en principio algo que puede ser legítimo, pues los autores tienen líneas o temas de investigación que se expresan en sus trabajos anteriores, que *deben* ser citados como antecedentes. En algunos casos, sin embargo, los autores recurren a *autocitas claramente innecesarias*, lo cual «infla» indeseablemente las citas de sus trabajos anteriores. Bartneck & Kokkermans (2011); Costas, van Leewen & Bordons (2010); y Hartley (2012) analizan métodos para la detección de autocitas, especialmente las que son innecesarias y buscan «inflar» indebidamente el índice de Hirsch del propio investigador. Incluso parece que las autocitas difieren según se trate de autores o autoras, por razones poco claras (King *et al.*, 2017). Es difícil que un algoritmo pueda distinguir las autocitas necesarias de las indebidas, por lo cual se suele recomendar a los evaluadores que chequeen ese problema al revisar un manuscrito para su eventual publicación.

Una forma más sofisticada son las *citas mutuas* artificialmente infladas. Se suele tratar de una suerte de «cartelización» de las citas entre varios autores que trabajan en el mismo campo y que habitualmente trabajan juntos aunque producen artículos en forma separada; el acuerdo entre ellos se vuelve ilegítimo cuando las citas son sobreabundantes,

innecesarias o injustificadas. Obviamente, los colegas del mismo campo pueden ser citados legítimamente, pues en muchos casos el trabajo de uno de ellos es relevante para el trabajo de otro, pero también puede haber citas mutuas injustificadas.

Un tercer caso es la acumulación innecesaria de citas recibidas por artículos publicados *en la misma revista*, una práctica que a veces ha sido sugerida a algunos autores por los editores de la revista. Esto produce una acumulación ilegítima de citas, que no trata de beneficiar a determinado autor o a determinado artículo, sino que se orienta a incrementar en general *el impacto de la revista involucrada* y, como consecuencia, el de todos los autores y artículos que en ella se publican.

3.4.4 Sesgos en la publicación: multiplicación y fragmentación de *papers*

Otros problemas originados en los autores y que aquejan a las publicaciones científicas son los que procuran aumentar innecesariamente la cantidad de artículos de cada autor. La presión para publicar (*publish or perish*) puede motivar algunas conductas impropias para aumentar artificialmente el número de publicaciones de un autor, o para lograr que sus publicaciones tengan mayor impacto. Las más importantes son **la multiplicación de *papers*** por *fragmentación y repetición de la información publicada*, y por otra parte el «*sesgo de confirmación*» que tiende a exhibir resultados más novedosos y por lo tanto más propensos a ser citados.

La **multiplicación de *papers*** surge del afán de los investigadores por publicar un mayor número de artículos (sobre todo los más jóvenes, que necesitan incrementar su historial de artículos publicados a fin de ser mejor valorados para sus actuales o futuros cargos, y para sus futuros pedidos de financiación de proyectos). Para ello, se fragmentan los resultados de una investigación en varios artículos parciales, cuidando que cada uno de ellos resulte «publicable» (es decir, aceptable para las revistas como un texto independiente) sin dejar de tener un alcance temático limitado, es decir, que alcance a constituir (en la jerga humorística de algunos investigadores) una «*minimum publishable unit*» (MPU). Así, una misma investigación puede ser reportada en varios artículos que se centran en algún aspecto específico de los resultados; todos esos artículos serán diferentes, aunque se basen en los datos y conceptos de una misma investigación.

También se logra un efecto similar cuando los resultados son reportados íntegramente, aunque con leves variantes de énfasis, en dos o más artículos publicados en otras tantas revistas que se especializan en diversos campos temáticos relacionados. Un mismo estudio puede así originar varios artículos parecidos pero focalizados en distintos aspectos, por el mero expediente de añadir algún párrafo (o tal vez algunos datos adicionales) para enfatizar el aspecto deseado. Por ejemplo, un estudio sobre los efectos esperados del cambio climático sobre la pobreza rural en los Andes podría originar un artículo que enfatiza el tema del cambio climático, y otros que destaquen el impacto sobre la pobreza rural, sobre el campesinado andino, sobre los glaciares andinos o sobre los rendimientos

agrícolas, o bien las implicaciones de todo ello para la nutrición infantil o para el estatus de la mujer campesina.

Cada versión es así «cortada a medida» para determinada revista o campo temático. Si la investigación tiene coautores, estos pueden además aparecer en diferente orden en las distintas versiones, lo cual da a cada una de ellas una diferente «identidad»: en lugar de Smith & Jones será Jones & Smith, o peor aún, en lugar de Williams *et al.* será Mayer *et al.*, según a quien le haya tocado figurar primero en la lista de autores. Cada versión (quizá con título y listado de autores adecuadamente ajustados) puede ser presentada en la revista más apropiada para el tema o enfoque enfatizado en cada caso. Asimismo, cada uno de esos artículos puede citar algunos de los otros, con lo cual también aumenta el número de citas recibidas por los autores y sus trabajos.

Esta práctica de «republicación de la misma información con énfasis variable» es condenable en sus versiones extremas, pero en muchos casos puede ser legítima cuando los autores desean hacer conocer sus resultados a expertos de distintas especialidades, que se asocian con diferentes revistas y se interesan en diferentes aspectos del tema. Como ejemplo de una republicación legítima, el artículo de Johnson (2003) sobre la mortalidad causada por la pandemia de 1918 vuelve a presentar, con algunas especificaciones adicionales, los resultados sobre el mismo tema reportados anteriormente por Johnson y Mueller (1992). Este artículo de 1992 presentaba nuevas estimaciones sobre la mortalidad de la pandemia de 1918 (que desde entonces se han convertido en las estimaciones más actualizadas sobre el tema); el artículo de 2003 enfatizaba las diferencias en el efecto de la pandemia en términos de variables demográficas y geográficas, y fue publicado en una revista italiana de población e historia, mientras que el de 1992 apareció en una revista americana de historia de la medicina focalizado en las cifras globales de mortalidad. Este caso es un ejemplo de una republicación legítima, pues introduce especificaciones nuevas que se relacionan con factores demográficos, que estaban ausentes en el *paper* anterior. En otros casos, este tipo de justificación está ausente, y la republicación podría ser solo una repetición «reciclada» de la misma información.

3.4.5 Sesgos en la publicación: el sesgo de confirmación

El **sesgo de confirmación**, también llamado **sesgo de positividad**, es quizá la principal variante del *publication bias*. Ocurre mediante la *publicación selectiva o preferencial de los resultados «positivos»* (esto es, que corroboran la hipótesis que los autores desearían demostrar) en desmedro de los «negativos» (que no corroboran aquella hipótesis, o la corroboran con menor fuerza). Cuando se programa un experimento bajo ciertos protocolos y se obtiene un resultado, este puede corroborar fuertemente la hipótesis inicial, o bien refutarla nítidamente, o bien dar resultados débiles o ambiguos en uno u otro sentido. Esto puede deberse a dos causas: error de muestreo o sesgo (voluntario o involuntario) en el diseño y ejecución del proyecto.

Por una parte, un resultado sorprendente puede ser una casual característica de la muestra estudiada. El promedio de todas las muestras posibles tiende a coincidir con el verdadero promedio que se obtendría en el total de la población considerada, según lo indica el «teorema del límite central» de la estadística; pero una muestra aleatoria específica puede estar muy lejos de esa «verdad poblacional», sobre todo si la muestra es relativamente pequeña. Esa incertidumbre intrínseca de los resultados basados en un estudio particular se acentúa cuando además existen sesgos en el diseño del estudio.

Aparte de los sesgos involuntarios del diseño, existen también sesgos *voluntarios*, es decir, deformaciones «perversas» basadas en las motivaciones de los investigadores. Por ejemplo, un investigador interesado en obtener resultados llamativos a fin de promover su carrera profesional podría repetir el experimento varias veces, con o sin variantes en el modelo o en los procedimientos, hasta obtener un resultado positivo, o más fuertemente positivo, *que es el único que finalmente publica*, aunque ese resultado podría deberse a las variaciones del muestreo o a ajustes *ad hoc* en los detalles del experimento. El resultado de todos estos factores es el que halló Daniele Fanelli (2012): se publican pocos resultados negativos; se publican principalmente resultados positivos y sorprendentes (cuanto más sorprendentes, mejor); «los resultados negativos están desapareciendo», escribe Fanelli.

Esta tendencia, cuando responde a opciones voluntarias o evitables, refleja una conducta *claramente reprochable e impropia*. El resultado positivo, aunque sea objetivamente cierto, es una información sesgada, pues omite los resultados negativos. Hasta algunos años atrás, estos comportamientos no estaban mayormente regulados, pero ello está cambiando rápidamente. En algunas disciplinas (como las ciencias médicas), las regulaciones son muy estrictas. Estos comportamientos pueden ser impedidos o limitados cuando los protocolos experimentales especifican que se registre cada paso del estudio, que se estipulen y registren de antemano todos los parámetros y detalles, que se conserven todas las versiones del estudio, y que se publiquen todos los resultados obtenidos, aunque ellos provengan de varias repeticiones del experimento con o sin variantes en el modelo o en los procedimientos. Estas estipulaciones son habituales en la investigación médica, pero no así en otros campos.

Este sesgo no supone que los resultados omitidos se refieran a efectos intrínsecamente dañinos (por ejemplo, efectos secundarios indeseables de un nuevo medicamento o vacuna), los cuales son de imprescindible publicación; esa clase de omisión sería muy grave y podría tener serias consecuencias legales. El sesgo de confirmación (o de positividad) más común se refiere solo a la publicación selectiva de los datos *que más claramente confirman la hipótesis inicial de los autores, o las que son más novedosas o espectaculares*. A veces, esta mala práctica es descrita como «torturar los datos hasta que confiesen», pero también puede ocurrir por mera casualidad cuando el resultado positivo es solo el que surgió de una muestra aleatoria que por azar arrojó ese resultado. Esta clase de sesgo es

de más difícil identificación, excepto cuando hay obligación de registrar de antemano el protocolo, así como todas las variantes introducidas en los experimentos, y de publicar todos los resultados, incluso los negativos, como es usual en las investigaciones médicas.

En general, un resultado muy sorprendente o espectacular debería ser tratado con cierto escepticismo: una alteración dramática del conocimiento previo no ocurre todos los días; el experimento debería ser revisado o repetido para comprobar si es un hallazgo real o una mera casualidad. Cabe recordar un importante precepto metodológico: *conclusiones extraordinarias requieren pruebas extraordinarias*. Ante esta clase de situaciones, se torna muy importante la *replicación* del estudio, sobre la misma u otra muestra, con el mismo diseño o con otro que carezca de los sesgos detectados en el primero.

Positividad y replicabilidad. El sesgo de positividad goza de incentivos; un *paper* que anuncia resultados inusuales o novedosos podría atraer muchas citas y comentarios, incrementando el factor de impacto del autor, del artículo y de la correspondiente revista. Este sesgo, afortunadamente, genera también un incentivo en sentido contrario para *otros* investigadores, que contribuye a corregirlo aunque sea después de un tiempo. En otras palabras, los incentivos derivados del precepto «publicar o perecer» favorecen la publicación de resultados *novedosos*, lo que incita a formular hipótesis audaces y novedosas, y a publicar *principalmente los resultados confirmatorios*. Esto constituye un sesgo de positividad, que genera «falsos positivos» mientras induce a que los resultados negativos no sean publicados. Pero una vez publicados los resultados positivos inusuales, ello tiene un impacto público y académico que genera incentivos para publicar cualquier resultado válido *que contradiga al anterior*. Este es el principal mecanismo de detección y eliminación de resultados espurios, pero no siempre se concreta.

Por ejemplo, un estudio médico que arrojó un resultado altamente novedoso quizá se basó en una muestra pequeña, por lo cual los otros investigadores de ese campo consideran que ese resultado es solo «preliminar». Algunos de ellos pueden replicar el mismo estudio, con una muestra del mismo tamaño o (preferiblemente) con uno mayor, mientras otros esperan a que se publiquen estudios similares, basados en muestras más grandes o diseños más detallados, antes de aceptar la conclusión del primer estudio. En las replications, las conclusiones iniciales podrían ser desmentidas o atenuadas.

De este modo, la propia publicación preferencial de resultados sorprendentes motiva a otros investigadores para *replicar* el experimento, con lo que pueden potencialmente obtener otros resultados, que ahora serían novedosos pues podrían refutar o confirmar un estudio anterior, tal vez con una muestra más grande o un estudio de mayor duración. Este sería un clásico caso de «corrección de errores» y de «selección natural de teorías» en el sentido de Popper (1972, 1978a).

Este mecanismo selectivo, que puede producir resultados diferentes al original, hace que las conclusiones muy sorprendentes no siempre puedan mantenerse como válidas,

pero ello solo ocurre si el estudio original originase replicaciones. Lamentablemente, muchos investigadores dedican poco esfuerzo a la replicación de experimentos ajenos, por lo cual esto no ocurre con frecuencia; aun cuando haya replicaciones, estas requieren tiempo, y por lo tanto su publicación solo ocurriría con alguna demora. Los revisores o *referees* que evalúan el artículo para su publicación tampoco suelen replicar el estudio ellos mismos, ni solicitan al autor todos los datos y resultados intermedios de la investigación (incluso las variantes que resultaron negativas, o no tan novedosas). Esos revisores tienen otras tareas, y las revistas no les pagan por el tiempo que deban dedicar a la evaluación de *papers* ajenos. Esta situación origina una «*crisis de reproducibilidad*», en que el primer estudio sobrevive sin haber sido corroborado por otros estudios, y así un «falso positivo» podría quedar como el más reciente avance de la investigación en el tema.

Esta posibilidad inspiró una investigación de John Ioannidis. Su primer *paper* sobre el tema (Ioannidis, 2005) está provocativamente titulado «Por qué la mayoría de los resultados publicados son falsos»; otro *paper* del mismo autor (Ioannidis, 2008) se titula «Por qué la mayoría de las asociaciones consideradas verdaderas están infladas»⁷³. El primero de esos artículos desarrolla una argumentación teórica basada en la teoría estadística, y destaca el hecho de que muchas investigaciones solo evalúan la significación estadística, sin considerar la probabilidad previa (*prior probability*) de que el resultado sea verdadero, calculada sobre la base de estudios anteriores. Según Ioannidis, la probabilidad de que un resultado sorprendente resulte confirmado está relacionada con cuatro factores: (1) el tamaño de las muestras, (2) el tamaño del efecto encontrado (*effect size*), (3) el número y variedad de los modelos estadísticos que han sido sometidos a prueba, y (4) la flexibilidad que ha tenido la investigación para ajustar *ex post* el diseño, las definiciones, los resultados, y los criterios para evaluar los resultados.

Los estudios basados en muestras más grandes, en múltiples replicaciones, o en un metaanálisis que sintetice múltiples estudios, y que hayan seguido protocolos más estrictos, tendrían menos probabilidad de ser desmentidos. Ioannidis también concluye que cuanto más grandes sean los intereses (financieros o de otro tipo) o los prejuicios o presunciones existentes en un determinado tema, menor será la probabilidad de que un resultado sorprendente o disruptivo sea finalmente confirmado, y que cuantos más grupos independientes estén investigando el tema, menor será la probabilidad de que un resultado de ese tipo resulte confirmado (pues, si no fuera correcto, prontamente sería desmentido por otros estudios con mejor diseño, más casos y mejores protocolos). El

⁷³ Traducimos «discovered true associations» como «asociaciones consideradas verdaderas» porque ese es el sentido del original: en el *abstract* del artículo se explica que «true» aquí se refiere a una asociación de variables cuya probabilidad de generar resultados por pura casualidad no supera un umbral de significatividad estadística establecido, usualmente $p = 0,05$, con lo cual se suele considerar que la asociación de las variables no es fruto de la casualidad, y por ello es considerada como «verdadera» o «realmente existente». Estrictamente eso no es cierto. Solo se ha probado que hay una probabilidad inferior a 0,05 de que el resultado haya sido generado por obra del azar *si la muestra y los procedimientos no tienen sesgos*.

segundo artículo de Ioannidis (2008) se refiere a la inflación artificial *de la significatividad estadística*, lo que causa el rechazo de la hipótesis nula (según la cual la asociación no existe en la población de referencia) aunque la muestra sea pequeña y también lo sea el tamaño del efecto, lo que normalmente implica que el resultado no es significativo⁷⁴.

Los artículos de Ioannidis, junto con otros como Fanelli (2010a, 2010b, 2012) y Andrews & Kasy (2019), así como varios casos concretos cuyas conclusiones muy sorprendentes resultaron ser «falsos positivos», motivaron en los años subsiguientes la imposición de protocolos más estrictos para los investigadores y revisores⁷⁵. Esos protocolos obligan a presentar todos los datos y resultados, a establecer *de antemano* las hipótesis sometidas a prueba y los criterios para considerarlas estadísticamente significativas, y otros aspectos similares, a fin de evitar manipulaciones *a posteriori* para hacer que un resultado parezca más sorprendente de lo que realmente es. Ellos se aplican ampliamente en ciencias médicas y otros campos, pero no en todos. Sería conveniente tal vez otorgar a las replicaciones «exitosas» un reconocimiento especial que incremente la motivación de los investigadores y revisores para ejercer ese papel de auditoría. Sin ese control de calidad basado en la replicación de estudios sospechosos, el público y otros investigadores pueden ser engañados por publicaciones erróneas o maliciosas. Entre tanto, ante un resultado muy sorprendente es aconsejable esperar a que sea corroborado (o no) por otros estudios y replicaciones.

3.4.6 *Publish AND perish*: la publicación depredadora

En época reciente, han surgido revistas que incurren en conductas abusivas, entre ellas la llamada «publicación depredadora» (*predatory publishing*). Esta expresión se aplica a revistas con *open access* que cobran el costo de publicación a los autores y aseguran una publicación más rápida. Supuestamente aplican *peer review*, pero en realidad publican cualquier texto siempre que los autores paguen el costo de la publicación (Beall, 2012; Butler, 2013; Cobey, 2017; Cobey *et al.*, 2018; Macháček & Srholec, 2019; Weingart, 2017). Su principal atractivo es que se presentan como revistas de acceso libre y con *peer review*; usualmente dicen estar indizadas en las principales bases de datos bibliográficas (aunque muchas no lo están). En la práctica, las «revistas depredadoras» no son publicaciones científicas reconocidas ni indizadas, ni sus procesos de *peer review* son mínimamente serios (por lo general, son inexistentes). Publicar en esas revistas, lejos de

⁷⁴ Ioannidis (2008) contiene una errata numérica que fue posteriormente corregida por la revista (*cf.* *Epidemiology*, 2009, donde se reportan varias erratas, entre las cuales la primera corresponde al artículo de Ioannidis).

⁷⁵ Hay una amplia y creciente literatura sobre el sesgo de publicación. Aparte de Ioannidis (2005, 2008), se puede consultar, entre otros, Song *et al.* (2009); Fanelli (2010a, 2010b, 2012); Simmons, Nelson & Simonsohn (2011); Murayama, Pekrun & Fiedler (2014); y Andrews & Kasy (2019). Por su parte, Fiedler, Kutzner & Krueger (2012); y Schwab, Kreiliger & Held (2021) presentan unas visiones levemente diferentes que apuntan a problemas más profundos inherentes a los «falsos positivos».

añadir credenciales a los investigadores urgidos por la presión de «publicar o perecer», probablemente sea un baldón en su reputación científica. Por publicar de ese modo pueden en realidad «perecer».

Los *predatory publishers* son además los principales difusores de artículos con graves defectos metodológicos. Las revistas de tipo depredador apuntan principalmente a autores novatos, que no están familiarizados con las realidades de la publicación científica, y que son atraídos por la posibilidad de publicación que les ofrecen estas revistas. Un investigador experimentado no enviaría artículos a esa clase de revistas: una simple búsqueda en internet sería suficiente para disuadirlo; pero muchos investigadores novatos caen en la trampa.

Varias iniciativas han tratado de combatir la proliferación de revistas «depredadoras». Una de las principales es la «lista de Beall», un catálogo de revistas y empresas editoras que practican esa clase de publicación (<https://bealllist.net/>). La lista es compilada y mantenida por Jeffrey Beall, quien ha publicado varios trabajos sobre el tema, por ejemplo Beall (2012). Otro esfuerzo similar, más colorido, está constituido por las iniciativas de John Bohannon, un biólogo graduado en Harvard que es columnista de la conocida y prestigiosa revista *Science*, y que ha tratado de poner en evidencia y denunciar las malas prácticas científicas, especialmente la publicación depredadora. En 2015, por ejemplo, escribió un *paper* deliberadamente falso, que firmó como «Johannes Bohannon», presentándose como miembro de un inexistente «Institute of Diet and Health». El artículo reportaba los supuestos resultados de una ficticia investigación según la cual la ingesta diaria de una barra de chocolate acelera la pérdida de peso. El artículo daba todos los detalles técnicos del imaginario estudio, incluso su muy pequeña muestra de solo 15 sujetos y otros aspectos cuestionables, como por ejemplo unas pruebas estadísticas deliberadamente deformadas para que los resultados pareciesen significativos a los lectores no especializados en estadística, pero detectables como defectuosos por expertos en el tema.

Bohannon envió ese *paper* a 20 *journals* de los que se sospechaba que practicaban «*predatory publishing*»; varios mostraron interés, y uno de ellos (*International Archives of Medicine*) lo publicó previo pago de 600 euros como tarifa por «*open access*». Bohannon además difundió un despacho de prensa supuestamente emitido por el ficticio «Instituto de Dieta y Salud», informando de los resultados del supuesto estudio. Varios reconocidos periódicos y programas televisivos en diversos países publicaron la «noticia». Periodistas de diversos medios entrevistaron telefónicamente a Bohannon (que posaba como «Johannes», el supuesto autor del artículo), pero ningún periódico o canal de TV detectó los detalles cuestionables del estudio ni entrevistó a investigadores independientes para que opinasen sobre la validez del sorprendente hallazgo. Bohannon reveló luego que el estudio, lo mismo que el autor y el instituto, habían sido ficticios. El *journal* retiró el artículo, pero sigue funcionando como revista pretendidamente científica, y sigue también catalogado como *predatory publisher* en la lista de Beall. El artículo de Wikipedia sobre

Bohannon (https://en.wikipedia.org/wiki/John_Bohannon) relata todo el episodio del chocolate como método para adelgazar, que ilustra las características de las revistas depredadoras.

Bohannon (2013) documenta otro episodio similar. Un artículo suyo lleno de errores y firmado con nombre ficticio fue publicado sin objeciones por el *Journal of Natural Pharmaceuticals*, otra revista dedicada al *predatory publishing*, perteneciente a una empresa registrada en la India que publica 270 revistas depredadoras. Bohannon (2013) informa que presentó varias versiones del mismo *paper* a 304 revistas similares, y que *más de la mitad de ellas lo aceptaron* sin advertir (o sin considerar importantes) sus evidentes fallas.

Los investigadores noveles, sobre todo de países periféricos, que recurren a estas revistas deberían abstenerse de publicar en ellas.

3.4.7 Fraude científico

La forma más grave de distorsión en la publicación científica es el fraude deliberado, en el que las falsedades y distorsiones causan efectivamente daño (pecuniario, de salud o de otra índole). Ha habido varios casos de fraude a través de la publicación de estudios supuestamente científicos, pero con datos deliberadamente manipulados, cuyos autores de algún modo han logrado publicar los resultados fraudulentos en revistas prestigiosas. Uno muy conocido es un estudio según el cual una vacuna muy común podría causar autismo en los niños vacunados. El estudio, cuyo autor principal era el Dr. Andrew Wakefield, fue publicado en 1998, nada menos que en *The Lancet*. Estudios posteriores desmintieron las conclusiones y demostraron que Wakefield y sus colaboradores habían presentado datos deliberadamente distorsionados o directamente falsos. Más de 20 estudios independientes demostraron la falsedad de aquellas conclusiones. Como resultado, la revista retiró el artículo de su catálogo, los autores fueron sometidos a juicio penal, y a Wakefield se le retiró su matrícula profesional como médico. El episodio ha quedado como un caso arquetípico de fraude científico, que además ha tenido perniciosas consecuencias, pues alimentó los prejuicios antivacunas en algunos grupos sensibles a esas actitudes en el Reino Unido, Estados Unidos y otros países; véase al respecto el libro de Brian Deer (2020) dedicado al análisis del caso Wakefield; se puede consultar también el artículo sobre Wakefield en la Wikipedia (https://en.wikipedia.org/wiki/Andrew_Wakefield).

Este caso muestra que los resultados maliciosos o distorsionados pueden ser corregidos por la replicación de los estudios, el uso de protocolos rigurosos para realizar y documentar las investigaciones, y la aplicación de sanciones legales a los responsables. Desgraciadamente, sus consecuencias perniciosas pueden perdurar, por ejemplo alimentando supersticiones antivacunas que se evidenciaron durante la pandemia de COVID-19, y que pueden haber causado muertes de personas vulnerables por no haberse vacunado a raíz de las publicaciones de Wakefield.

Aparte de los casos de fraude deliberado, también ha habido casos de *prácticas impropias o negligentes* (en inglés *misconduct*), que no implican necesariamente mala fe ni efectos dañinos, pero deben ser prevenidas y a la larga corregidas para preservar y mejorar los estándares éticos de la publicación científica. Entre otros ejemplos, puede hacerse referencia al caso de Dan Ariely. Se trata de un conocido economista del comportamiento, autor de varios libros sobre lo que se suele llamar «*nudges*» o «empujoncitos», es decir, incentivos ligeros para influir en el comportamiento de las personas; Thaler & Sunstein (2008) es el texto clásico sobre el tema. Varias obras de Ariely (2010, 2011, 2012, 2015; Ariely & Kreisler, 2017) versan en general sobre los sesgos «irracionales» del comportamiento humano, y sobre los mecanismos (por ejemplo publicitarios) que explotan esas fallas del razonamiento o los incentivos (*nudges*) que las reducen.

En su libro sobre la honestidad o deshonestidad con la que la gente informa sobre temas personales (Ariely, 2012), se citan tres estudios experimentales: dos realizados por el propio Ariely (con muestras pequeñas de 101 y 60 casos), sobre veracidad en la declaración de gastos de viaje, y otro realizado por una compañía de seguros sobre 13 488 clientes con seguros de automóviles, sobre la veracidad de las declaraciones de millas recorridas. Los tres estudios fueron reportados em detalle por Ariely y otros autores en la prestigiosa revista PNAS (Shu *et al.*, 2012). En los tres estudios, los sujetos estudiados debían firmar una «declaración de veracidad». Mediante selección aleatoria, algunos debían firmarla *antes* de responder las preguntas, y los restantes debían hacerlo *después* de haber registrado sus respuestas. En los tres casos, se reportaba una diferencia significativa entre los dos grupos: los que firmaban antes *mentían mucho menos* que aquellos que firmaban después.

Años después, la misma revista publicó un nuevo *paper* firmado por todos los autores originales y algunos adicionales (Kristal *et al.*, 2020), quienes reportan varios estudios similares, con preguntas análogas y con muestras más grandes, realizados por uno de los autores originales (Bazerman) con dos colaboradores (Ariella Kristal y Ashley Williams). En estos nuevos estudios, *no se encontró ninguna diferencia significativa* en cuanto a veracidad entre los que firmaron antes y los que firmaron después. La conclusión está sintetizada en el título del artículo de Kristal *et al.* (2020): «Firmar al principio versus al final no disminuye la deshonestidad». Este estudio reportó además que los resultados iniciales de Shu *et al.* fueron corregidos por los propios autores al no poder replicarlos en estudios ulteriores. Sin embargo, Kristal *et al.* (2020) no incluía ninguna crítica metodológica de los tres estudios analizados en Shu *et al.* (2012), y no pedía la «retractación» o retiro del *paper original* de Shu *et al.*

Sin embargo, la historias no acabó allí. En 2021, apareció un análisis muy detallado del estudio sobre seguros de autos (Simonsohn, Nelson, & Simmons, 2021). En aquel estudio, se preguntaba a un amplio grupo de 13 488 clientes con seguros sobre sus autos, sobre la cantidad total de millas acumuladas por sus autos hasta el momento del

estudio. En cada caso, los participantes debían firmar una declaración afirmando que sus declaraciones reflejaban la verdad, es decir, que coincidían con el millaje que aparecía en el odómetro de sus vehículos en ese momento. Luego, la compañía de seguros verificaba la cifra efectivamente exhibida en el odómetro de cada auto y la comparaba con el millaje que cada auto había registrado en el momento de obtener la póliza. Esto permitía calcular el *millaje recorrido en el período cubierto por la póliza*, que era la variable final cuya veracidad se estaba examinando. Según los resultados reportados en Shu *et al.* (2012), los clientes que firmaban antes de llenar el formulario mentían mucho menos sobre sus millas totales, y por consiguiente sobre el millaje recorrido durante la vigencia de la póliza, en comparación con los que firmaban después.

Simmons y sus colaboradores solicitaron a Lisa Shu los datos originales de los 13 488 asegurados, los «auditaron» cuidadosamente, y publicaron en su blog Data Colada un reanálisis de los datos usados en 2012 por Shu, Ariely y sus coautores (Simmons *et al.*, 2021). El reanálisis reveló que los datos *habían sido manipulados y alterados* para dar mayor significatividad estadística a los resultados. Ariely y los otros autores han declarado que no estaban al tanto de la falsedad de los resultados que les fueron entregados por la compañía de seguros, que recogió los datos y los procesó para su análisis estadístico. La falsedad no fue descubierta tampoco por los revisores en la *peer review*. Ante la revelación de Simmons *et al.*, la revista *PNAS* procedió a la «retractación» o retiro del artículo (*PNAS*, 2021), con la siguiente explicación: «Los editores retractan este artículo y destacan que Simmons, Simmons y Nelson (<http://datacolada.org/98>) han suministrado evidencia que cuestiona la validez de los datos en el artículo». No se ha alegado la existencia de un fraude deliberado por parte de los autores, sino solo que la evidencia presentada por Simmons *et al.* «*cuestiona la validez*» de los datos. Esto no implica necesariamente fraude, sino quizá una *falta de la debida diligencia* por parte de Ariely y sus colaboradores al evaluar la calidad de la información. Nótese que el reanálisis de Simmons *et al.* no apareció en una revista con *peer review* sino en un simple *blog*, pero *PNAS* indica que los autores le han «suministrado evidencia», y eso bastó a los editores para «retractar» el artículo de Shu *et al.*

El episodio, pese a no demostrar un fraude deliberado, ha sido un serio golpe a la credibilidad de los autores, sobre todo por parte del público lector no profesional. Esto fue especialmente serio en el caso de Ariely, por ser el más conocido a través de sus múltiples libros de divulgación. Ariely no insistió en su hipótesis sobre firmar antes o después, y ha seguido publicando libros y artículos en el campo de la economía del comportamiento; su libro de 2012, *La (honesta) verdad sobre la deshonestidad*, que contiene los resultados ahora desmentidos, no ha sido reeditado, aunque sigue en circulación en formato impreso o digital.

Para Wakefield en el caso de las vacunas, en cambio, los efectos de la revelación de su fraude sobre vacunas y autismo han sido devastadores para su carrera y para su imagen

personal y profesional. En ambos casos, el propio sistema ha generado la demostración de la falsedad de los datos, y también la retractación de los artículos (lo que equivale a retirarles el sello de aprobación de la revista). Al mismo tiempo, estos casos sirven como advertencia para otros autores, que, en situaciones similares, deberán ejercer una supervisión más estricta sobre los datos que provengan de terceros. Simonsohn *et al.* (2021) concluyen su análisis del «caso Ariely» con la siguiente reflexión:

Las consecuencias del fraude se experimentan colectivamente, por lo que eliminarlo debería ser un esfuerzo colectivo. ¿Qué se puede hacer? Nunca habrá una solución perfecta, pero hay un paso obvio por seguir: los datos deben publicarse. La fabricación en este documento se descubrió porque se publicaron los datos. Si se publicaran más datos, el fraude sería más fácil de detectar. Y si el fraude es más fácil de detectar, algunos posibles defraudadores pueden ser más reacios a hacerlo. Otras disciplinas ya lo están haciendo. Por ejemplo, muchas de las principales revistas de economía requieren que los autores publiquen sus datos sin procesar. Realmente no hay excusa. Todas nuestras revistas deben requerir la publicación de datos.

En efecto, no solo las revistas de Economía, sino también las relacionadas con la Medicina y sus especialidades, entre otras, obligan ahora a publicar (*online*) todos los datos, rutinas de cómputo y protocolos relevantes para cada estudio. Este requisito debería ser universal. Además, se requerirían otros cambios que hasta ahora no se han implementado: (1) que los revisores encargados de la *peer review* efectúen al menos algunos controles sobre la consistencia de los datos y procedimientos usados en el estudio; y (2) que una mayor proporción de las investigaciones sean replicadas por otros autores, en especial aquellas que arrojan resultados inusuales.

3.4.8 Posibles cambios en el sistema de *peer review*

Los varios problemas que se han registrado en el sistema imperante de publicación científica podrían ser el anticipo de cambios futuros en el propio sistema. Por ejemplo, como consecuencia del caso Wakefield, las revistas (sobre todo las de medicina, entre ellas *The Lancet*) han adoptado reglas mucho más rigurosas para la detección temprana de artículos fraudulentos (o sospechosos de fraude). Sin embargo, por el momento el sistema continúa conviviendo con esos problemas, y no se ha presentado aún un sistema diferente que pueda reemplazar al actual. Existen de hecho algunas alternativas que en el futuro podrían difundirse más ampliamente, y algunas de ellas están comenzando a emplearse. Esto podría ser la base de un sistema renovado de publicación científica, que logre erradicar los vicios del sistema tradicional. Estos vicios aparecen sobre todo en revistas nuevas o poco conocidas, aunque a veces sorprenden a revistas respetables y prestigiosas como *The Lancet*.

Otro problema es el *costo de las suscripciones*. Ese costo siempre ha sido muy alto en las revistas más antiguas y afianzadas, que surgieron y se desarrollaron antes de la era

digital, cuando la publicación en papel tenía unos elevados costos (tanto fijos como variables) para la impresión y para la circulación de las revistas impresas; pese a la llegada de la era digital, esas revistas siguen cobrando precios exorbitantes por las suscripciones, incluso para las puramente digitales, o exigiendo pagos relativamente altos a los autores que optan por el *open access*.

En un sistema más digitalizado, cuyo costo de acceso refleje mejor los costos reales de la edición digital (y no los costos de la publicación en papel, que se volvería crecientemente obsoleta), se podría rebajar sustancialmente el costo del acceso (pagado por los suscriptores o por los autores), e incluso se podría destinar fondos para pagar los costos de la revisión por pares (en la que en general los revisores prestan gratuitamente ese servicio); eso alentaría a los revisores para realizar un control de calidad más minucioso sobre los datos, métodos y conclusiones de cada artículo, para lo cual no solo deberían ser remunerados, sino también ser pasibles de sanciones si aprueban artículos cuestionables sin los debidos controles previos.

Las revistas más antiguas son también las más prestigiosas, de modo que muchos autores aspiran a publicar en ellas pese a todo. En términos económicos, esas revistas disfrutan de una «cuasi renta» (por su prestigio, su antigüedad y su alto factor de impacto) que no es fácilmente erosionada por la competencia. Este influjo de la demanda en la determinación de una cuasi renta se refuerza por el lado de la oferta, pues las revistas han tendido a consolidarse bajo unos pocos sellos editoriales (Elsevier, MacMillan, Taylor & Francis, Springer, y otros); incluso algunas universidades (como la de Cambridge) encargan parte de sus publicaciones (libros o revistas) a alguno de esos sellos privados. Todo ello permite a las revistas tradicionales la preservación de aquellas cuasi rentas, que serían menos sostenibles en un mercado más distribuido y competitivo. Su mera antigüedad les ha otorgado en general un alto factor de impacto y también un prestigio originado en la gran cantidad de artículos excelentes publicados en esas revistas, lo que genera a su vez un amplio flujo de artículos nuevos que aspiran a ser publicados en ellas, y un flujo incesante de nuevas citas que mantiene o acrecienta el factor de impacto de sus revistas, beneficiarias de un «efecto Mateo» que hasta el momento no ha sido erosionado significativamente por la revolución digital.

Esta situación configura en realidad un *doble efecto* Mateo: en general, los artículos que son publicados en esas revistas (lo cual ocurre después de una exigente selección con *peer review*) probablemente son los mejores entre los muchos que aspiran a ello, y consiguientemente tienden a ser más citados (un efecto Mateo de primer orden), lo que a su vez acrecienta el prestigio de esas revistas y refuerza el interés de los autores para publicar en ellas (un efecto Mateo de segundo orden). Este proceso podría continuar en forma indefinida, pero es balanceado en alguna medida por la muy baja proporción de artículos que finalmente se publican entre los muchos enviados por sus autores a esas revistas; ello derivaría artículos hacia otras revistas donde existen más chances de publicación.

Las cuasi rentas disminuirían si se halla cómo motivar a más autores a enviar sus *papers* a otras revistas, claramente serias y sin cuasi rentas.

El surgimiento y expansión de la publicación puramente digital, cuyos costos de producción son muy bajos en comparación con las revistas impresas, debería progresivamente aumentar el prestigio de las mejores revistas digitales, es decir el de aquellas revistas digitales que demuestren una capacidad de publicar artículos de alta calidad, generadores de muchas citas, lo cual desviaría una porción creciente de la demanda hacia esas revistas, sobre todo porque la proporción de artículos aceptados en las revistas tradicionales es muy baja; en *Econometrica*, por ejemplo, que es con mucho la más prestigiosa de su especialidad, se publica ordinariamente menos del 5% de los artículos recibidos, y muchos de ellos se publican con gran demora. Esto sin duda está ocurriendo, pero no en la proporción requerida, pese a que aumenta persistentemente la proporción de artículos que son publicados fuera de las revistas más tradicionales, y para que estas se vean forzadas a abaratar seriamente sus precios.

La publicación digital de *working papers* aún no sometidos a *peer review*, como los que aparecen en Arxiv, podrían ser objeto de una *crowd review* o revisión masiva a través de comentarios de quienes los lean. Un sistema de *crowd review* podría permitir a los demás científicos no solo participar en la evaluación de cada artículo, sino también identificar los artículos más confiables, aun antes de llegar al tradicional sistema de *peer review*, que se basa en un pequeño número de evaluadores designados por los editores de cada revista, que probablemente no dedican a la evaluación de los *papers* el tiempo necesario para detectar y corregir distorsiones poco visibles.

Todo esto puede ocurrir o no en el futuro. En el sistema de *peer review*, tal como existe en el presente, son evidentes varias insuficiencias, y han surgido algunas novedades como el *open access* y la publicación digital de *preprints*, pero no ha aparecido (o aún no se ha desarrollado) un sistema alternativo con suficiente difusión y aceptación para una evaluación confiable y accesible de los *papers* científicos. Por ahora, la publicación científica sigue exhibiendo características originadas en la «era del papel», sin haberse adaptado totalmente a las exigencias y posibilidades de la era digital.

4. Infecciones, epidemias y pandemias: 100 años de progreso

4.1 La ciencia transforma el mundo

Este libro no versa sobre el *contenido* de la ciencia, sino sobre su *organización*. Sin embargo, después de revisar los cambios ocurridos en la organización de la actividad científica en todas las áreas del conocimiento durante el siglo transcurrido desde la pandemia de 1918, y de haber pasado revista a varios de los desafíos que ha enfrentado o aún enfrenta la actividad científica, es quizá oportuno evaluar brevemente la magnitud del progreso logrado en esa centena de años. Aun una visión superficial de la evolución de la ciencia y la tecnología permite percibir los inmensos cambios ocurridos en esos planos (el conocimiento y sus aplicaciones prácticas) durante las 10 décadas transcurridas desde el final de la Primera Guerra Mundial hasta la pandemia de 2020. Han cambiado profundamente todas las disciplinas científicas, y con ello se han desarrollado una gran variedad de aplicaciones tecnológicas derivadas de aquel progreso de las ciencias, transformando profundamente la vida humana y (en parte) el propio planeta habitado por la Humanidad.

El conocimiento del mundo se ha expandido en una proporción inmensa. Se han descubierto las estructuras y procesos de la Genética, y se ha reconstruido la evolución de la especie humana y de muchos otros seres vivos. En Astrofísica, a partir de un conocimiento relativamente superficial del universo, que se reducía a los límites de nuestra propia galaxia, se ha pasado a entender su origen en el Big Bang, sus dimensiones mucho más grandes y siempre en expansión, y las extrañas propiedades de la materia, la energía, el espacio y el tiempo a escala cosmológica. Se han descubierto y estudiado muchos objetos astronómicos que no eran conocidos o imaginados en 1918: galaxias lejanas, agujeros negros, cuásares, púlsares, exoplanetas, materia oscura, energía oscura y mucho más. Progresos igualmente importantes han ocurrido en la comprensión de las

partículas y procesos atómicos y subatómicos, una esfera de la realidad casi totalmente desconocida hasta comienzos del siglo XX.

Similares transformaciones han revolucionado la tecnología; se ha pasado de un mundo movido básicamente por tracción animal o máquinas de vapor a un mundo que durante un siglo ha sido movido principalmente por hidrocarburos y energía nuclear, y que ya está pasando al uso de otras fuentes de energía, en particular las varias clases de energía renovable. La electricidad, la electrónica y la informática han transformado la vida cotidiana, y han revolucionado las comunicaciones y el manejo de la información. La inmensa transformación de las tecnologías de la información (que en gran parte ocurrió en las últimas tres o cuatro décadas y todavía está progresando velozmente) ha puesto un acervo incalculable de información (que crece a gran velocidad) al alcance de cualquier persona que acceda a una computadora, a un teléfono móvil o a un televisor, y que por supuesto está al alcance de cualquier investigador científico.

Una de las más importantes manifestaciones del progreso científico en esos 100 años ha sido el enorme avance en la lucha contra las enfermedades y la muerte prematura, que ha hecho posible una vida mucho más larga y mucho más saludable. Para ilustrar estos avances y transformaciones, usaremos como ejemplo el enorme progreso logrado por la ciencia con respecto a las enfermedades infecciosas, y en particular las enfermedades respiratorias como la *influenza* que azotó al mundo en la pandemia de 1918-1920, en contraste con la COVID-19 causada por el novedoso coronavirus que hizo su aparición en China a finales de 2019 y causó una nueva pandemia. El siglo que separa esas dos pandemias estuvo marcado por un permanente avance en la comprensión, prevención y tratamiento de esas y otras enfermedades, y de los agentes que las causan.

Esos cambios muestran también un gradual pasaje desde los investigadores individuales de la era victoriana y de la Belle Époque hasta los grandes proyectos nacionales e internacionales que caracterizan a la ciencia del siglo XXI. El progreso acumulado durante 100 años y la organización de la investigación a nivel internacional han permitido enfrentar la nueva pandemia con mucha más rapidez y eficacia que la que pudo desplegarse un siglo antes.

Los cambios, por supuesto, no se limitan al campo de la infectología, pero son especialmente espectaculares en ese campo, el de las enfermedades transmisibles, cuya incidencia y letalidad han disminuido drásticamente. El progreso en la comprensión, prevención y tratamiento de las enfermedades en general, de las infecciosas en particular, y de los agentes infecciosos, implicó una drástica mejora en la capacidad de prevenir, detectar y tratar esas enfermedades, y un descenso gigantesco en la mortalidad causada por ellas.

Los principales resultados para la humanidad fueron la duplicación con creces de la expectativa de vida, la disminución en la mortalidad infantil, la drástica disminución de la incidencia de enfermedades infecciosas, y los avances paralelos en otros proble-

mas de salud, en particular la comprensión y tratamiento de las enfermedades crónicas no transmisibles como (entre otras) la diabetes, las enfermedades cardiovasculares, las neurológicas (como Parkinson y alzhéimer) y el cáncer. Estas enfermedades crónicas no transmisibles tienden a ser las principales causas de muerte en el siglo XXI, y su importancia relativa es más alta cuanto mayor sea el nivel de desarrollo, debido a la menor frecuencia de enfermedades transmisibles en las áreas de mayor nivel económico. Las infecciones siguen dominando la situación sanitaria en las regiones del mundo con menor desarrollo económico y social, pero aun en esas regiones ha habido progresos sumamente importantes. Por ejemplo, la expectativa de vida y la mortalidad infantil en África Subsahariana en la actualidad han llegado al mismo nivel que tenían los países desarrollados unas pocas décadas atrás, y ese era ya un nivel mucho mejor que el que aquejaba hace un siglo a esos mismos países.

4.2 Progresos en la lucha contra la enfermedad y la mortalidad

El progreso en medicina y salud se expresa en menor incidencia de enfermedades transmisibles, menor mortalidad y mayor expectativa de vida. A comienzos del siglo XX, la vida de los seres humanos en promedio seguía reflejando la descripción de Hobbes en el siglo XVII, reproducida por Adam Smith en el XVIII: la vida en esos siglos era «horrible, brutal y corta» (*nasty, brutish and short*), y en gran parte lo seguía siendo en el siglo XIX y comienzos del XX, aun en los países más avanzados. La tabla 3 sintetiza el progreso de la *expectativa de vida al nacer*, que es una síntesis de las tasas de mortalidad por edad reinantes en un año determinado⁷⁶.

Angus Maddison (2007: 30) estima la expectativa de vida al nacer en 1820 (a nivel mundial) en 26 años; 31 años en 1900; cerca de 50 años en 1950; y 66 años en 1999. Los 26 años estimados para 1820 aumentaron muy poco (de 26 a 31 años) entre 1820 y 1900, y habían aumentado muy poco (o nada) en los siglos precedentes: el mismo Maddison (2007: 29) presenta estimaciones de la expectativa de vida en varios países europeos y Japón, desde los siglos XIV o XV hasta el XVIII; las cifras son similares a las que estima para esos países en 1820⁷⁷. La situación en 1820, según esas estimaciones,

⁷⁶ Pese a su nombre, la «expectativa de vida al nacer» correspondiente a cierto año *no equivale* a la duración esperable de la vida de una persona nacida ese año. Es la duración media de la vida de los *miembros de una cohorte teórica* de personas *sometidas durante su vida a las tasas de mortalidad por edad vigentes en ese año*. Ninguna cohorte real ha vivido sometida a esas tasas: la población de hoy ha enfrentado desde su nacimiento las tasas de mortalidad del pasado, y estará sometida en el futuro a las tasas de mortalidad por edad que prevalezcan en cada año del futuro.

⁷⁷ Por ejemplo, la expectativa de vida en Inglaterra en el siglo XIV era de 24,3 años; en 1541-1556 llegaba a 33,7 años; en 1620-1625 alcanzaba los 37,7 años; a mediados del siglo XVIII había bajado a 34,6 años; y era de solo 40 años en 1820 (Maddison, 2007: 29). Estos y otros datos indican un crecimiento sumamente lento desde la Edad Media hasta el siglo XIX. Los estudios sobre condiciones de vida indican un *empeoramiento* durante la Revolución Industrial (≈1750-1840), debido a la mayor aglomeración y hacinamiento en ciudades con condiciones malsanas, sin servicios sanitarios adecuados, con salarios muy bajos y muy largas

era también similar a la que se podría estimar para poblaciones específicas en períodos más remotos. Durante siglos o milenios, la vida humana había sido (en promedio) muy corta; en ello tenía una enorme influencia la elevada mortalidad en la niñez, y las muchas dolencias y peligros que podían causar la muerte prematura de quienes hubiesen sobrevivido a las vulnerabilidades de la niñez.

Tabla 3
Expectativa de vida al nacer (en años, para la población total de ambos sexos)

País o región	Maddison (2007: 30)				Naciones Unidas, revisión 2022							
	1820	1900	1950	1999	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Mundo	26	31	49	66	46	48	56	61	64	66	70	72
Japón	34	44	61	81	59	68	72	76	79	81	83	85
Suecia	39	56	70	79	71	73	75	76	78	80	82	82
Italia	30	43	66	78	66	69	72	74	77	80	82	82
España	28	35	62	78	62	69	72	76	77	79	82	82
Países Bajos	32	52	72	78	71	73	74	76	77	78	81	82
Francia	37	47	65	78	66	70	72	74	77	79	81	82
Alemania	41	47	67	77	67	69	71	73	75	78	80	81
Reino Unido	40	50	69	77	69	71	72	74	76	78	80	80
China	n. d.*	24	41	71	44	33	57	64	68	72	76	78
Estados Unidos	39	47	68	77	68	70	71	74	75	77	79	77
ALC**	27	35	51	69	49	55	59	63	68	71	73	73
Rusia	28	32	65	67	57	68	68	66	69	65	69	71
India	21	24	32	60	42	45	48	54	59	63	67	70
África (total)	23	24	38	52	38	41	45	50	52	53	59	62

Notas. (*) n. d. = no disponible. (**) ALC = América Latina y el Caribe.

Fuentes: Maddison (2007) y <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/>, Estimates, Life expectancy. Países y regiones ordenados según valor de la expectativa de vida en 2020.

Para tiempos más recientes, las estimaciones demográficas de las Naciones Unidas muestran el aumento de la expectativa de vida desde el inicio de las series en 1950 hasta la estimación más reciente (2020 y 2021 en la revisión de 2022 de las estimaciones). En 2019-21, los países más desarrollados alcanzan cifras superiores a 80 años, la media mundial llega a 72 años, y la región más rezagada en este aspecto (África) tiene una expectativa de 62 años, una cifra que es *cercana a la media mundial de 1990* (que fue de 64 años), y es *más del doble de la media mundial de 1900*. Estas cifras son para

jornadas de trabajo, incluso para niños y embarazadas (Fogel, 2004; Thompson, 1963; Ashton, 1948, 1954; Hayek, 1954; Hobsbawm, 1962, 1964; Lindert & Williamson, 1983; Nardinelli, 1990; Taylor, 1975).

el total de la población (ambos sexos); la de las mujeres es usualmente superior a la de los hombres.

Mejora y caída. La media mundial de la expectativa de vida aumentó desde 26 años en 1820 a 31 años en 1900, a 46,5 años en 1950, y a 72,8 años en 2019. Tras ese sostenido aumento, se estima una caída de 1,7 años en 2020-2021, seguramente a causa de la pandemia. La caída estimada en 2020-2021 podría ser finalmente algo mayor, pues los datos sobre la mortalidad ocurrida durante la reciente pandemia son aún provisionales y pueden esconder omisiones en el recuento de muertes.

Desde 1950 solo hubo otro período de caída temporaria de la expectativa de vida en el promedio mundial, de 51,5 en 1958 a 47,7 en 1960, un deterioro explicado enteramente por la gran hambruna resultante del mal concebido «Gran Salto Adelante» en China, que hizo caer la expectativa de vida de ese país de 48,8 años en 1958 a solo 33,3 años en 1960; esta última cifra solo es comparable con la expectativa de vida de China en la década de 1910, un retroceso de 50 años. La expectativa de vida en China y en el promedio mundial se recuperaron rápidamente, superando en 1962 el nivel que tenían en 1958. Las estimaciones para China crecieron desde entonces en forma ininterrumpida hasta estabilizarse en 78 años en el período 2018-2021 (aunque se estima que los datos chinos de 2020-2021 aún son incompletos). Estados Unidos, por su parte, luego de un período de estabilidad en 1953-1970, en que se mantuvo alrededor de 69-70 años, creció luego sostenidamente hasta alcanzar cerca de 79 años en 2009; mantuvo esa cifra sin variaciones significativas hasta 2019, para luego caer a 77,4 y 77,2 años en 2020-2021, en virtud de la alta mortalidad de la pandemia en ese país. En la práctica, entonces, China ha igualado a Estados Unidos en expectativa de vida, mientras los países europeos ya superan los 80 años. Los efectos de la pandemia se reflejan también en las cifras de otros países, por ejemplo, en Rusia, donde cayó 4,5 años, pasando de 73,9 años en 2019 a 69,4 años en 2021.

La influencia de la mortalidad temprana. La expectativa de vida al nacer ha estado fuertemente influida, sobre todo en sociedades preindustriales, por la *mortalidad temprana* (en la niñez o la adolescencia), y sobre todo por la mortalidad *infantil* (niños nacidos vivos que mueren antes de cumplir un año), que en países menos desarrollados o en períodos más antiguos representa la mayor parte de la mortalidad temprana, y una porción sustancial de la mortalidad total. La mortalidad infantil ha sido históricamente muy alta (entre 200 y 300 por cada 1000 nacidos vivos hasta el siglo XVIII o el XIX, y en algunos países hasta bien avanzado el siglo XX) y ello ha incidido fuertemente en la longitud media de la vida. Una expectativa de vida al nacer del orden de los 40 años en 1900 o en 1950, o del orden de 25-30 años en 1820-1900, no significa que *los adultos* morían en promedio a los 25 o a los 40 años. En realidad, esos bajos promedios se deben a la alta proporción de las muertes que se producían en la niñez. Hasta comienzos

o mediados del siglo XIX en Europa, o hasta principios o mediados del siglo XX en el resto del mundo, una alta proporción de los niños nacidos vivos moría antes de los 15 años, la mayor parte de ellos antes de cumplir un año. Los que sobrevivían a esas edades más vulnerables y llegaban a la adultez solían vivir *en promedio* unos 60 años; muy pocos superaban los 70.

La tendencia y sus causas. El aumento tendencial de la expectativa de vida llevó la media mundial desde menos de 30 años en 1820 hasta alrededor de 50 años en 1950; era en esa época cerca de 70 años en los países más desarrollados, y alrededor de 35-40 años en Asia y África. Esa mejora en 1820-1950 fue un efecto directo de mejoras en servicios básicos de saneamiento (provisión de agua potable y mejor manejo de desechos y residuos) y ciertos cuidados básicos como la higiene hogareña, la hidratación en caso de diarrea, la ventilación y desinfección en los hogares y los hospitales, y otros progresos análogos. Estos fueron (sobre todo en los países más avanzados o de mediano desarrollo) los que provenían del descubrimiento (hacia 1880) de que las enfermedades infecciosas eran causadas por microbios que prosperaban en la suciedad. Otras reducciones adicionales fueron logradas en los últimos 100 años, y sobre todo en los últimos 70 años (desde 1950) gracias a mejores tratamientos médicos, a la difusión de diversos medicamentos, y a la vacunación generalizada contra diversas enfermedades infecciosas (bacterianas o virales) que eran comunes en la infancia y también en la edad adulta (sarampión, viruela, poliomielitis, tos convulsiva, escarlatina, paperas, varicela, tétano, fiebre amarilla, tífus, gripe, y otras).

En especial, en la segunda mitad del siglo XX, una nueva oleada de mejoras se originó en el tratamiento de las infecciones con antibióticos y (más tarde) con antivirales, y el copioso desarrollo de nuevas tecnologías médicas en farmacopea, cirugía, radiología, trasplante de órganos y otros campos. Estos progresos, y la mejor nutrición infantil resultante del aumento de los ingresos y del mejor conocimiento científico sobre necesidades nutricionales, no solo redujeron (y en ciertos países casi eliminaron) la mortalidad temprana: también redujeron la incidencia y los efectos letales de las infecciones en todas las edades. Todo ello aumentó la expectativa de vida (y la de vida *saludable*) al prevenir o curar enfermedades y accidentes que antes solían ser mortales y más frecuentes, y al mejorar en general la calidad de vida.

El resultado de estos procesos ha sido el sostenido alargamiento de la vida, que hasta el presente ha llegado a más de 80 años en los países desarrollados, y a más de 60 o 70 años en la mayor parte de los países en desarrollo. La prolongación de la vida y la menor incidencia de infecciones hacen que aumente la proporción de la población representada por los adultos mayores de 60 años, lo que tiene como consecuencia el aumento de la proporción representada por enfermedades crónicas en el total de las muertes; una alta y creciente proporción de las muertes se debe a enfermedades

no transmisibles, como la diabetes, el cáncer o las enfermedades cardiovasculares, así como algunas enfermedades asociadas a inadecuados hábitos de vida, como la obesidad, el alcoholismo y el tabaquismo. Al mismo tiempo, los progresos en medicina y cirugía han implicado que muchas enfermedades que anteriormente eran mortales resulten ahora curables, o se hayan convertido en enfermedades crónicas con las cuales se puede convivir por mucho tiempo.

La generalización de estos avances, por cierto, ha sido y es desigual en las distintas zonas del mundo, y en diferentes grupos sociales dentro de cada país. El avance ha sido menor principalmente en los países en desarrollo, o en sectores marginales de algunos países más ricos en los que no hay un acceso generalizado e igualitario a los servicios de salud, sobre todo los de más alta complejidad. Aun así, la reducción de la mortalidad y la morbilidad ha significado que (aun en países de bajos ingresos) haya aumentado y siga aumentando la expectativa de vida, que haya disminuido y se siga reduciendo la incidencia de las infecciones, y que haya aumentado la sobrevivencia y la calidad de vida de los afectados por enfermedades transmisibles o no transmisibles.

La mortalidad infantil. La tabla 4 muestra la evolución del principal componente de la mortalidad temprana, que es la mortalidad *infantil* (niños que fallecen *antes de cumplir un año*). Su proporción por cada 1000 nacidos vivos es un indicador clave de las condiciones de vida, la salud, el saneamiento y el desarrollo económico y social. Ese indicador ha tenido una persistente caída desde el siglo XIX, que se aceleró desde 1950. En los países de altos ingresos, la mortalidad infantil ha caído a muy pocos casos por cada 1000 nacidos vivos, y no influye significativamente en la mortalidad total o en la expectativa de vida al nacer (tabla 4). Los países de ingresos medios y bajos recorren el mismo proceso con algunas décadas de retraso respecto a los de ingresos altos. A nivel mundial, la mortalidad infantil ha caído de 143 por 1000 en 1950 a solo 28 por 1000 en 2020, lo que implica *una reducción del 80% en la probabilidad de morir en el primer año de vida*. Los países de ingresos bajos tienen en 2020 una mortalidad infantil *muy inferior a la que sufrían en 1950 los países de ingresos altos*. Además, como se verá enseguida, ha caído fuertemente la fecundidad (hijos esperados por mujer), lo cual reduce la influencia de la mortalidad temprana en la expectativa de vida al nacer, pues reduce la proporción de recién nacidos en la población total, a lo cual se suma la menor probabilidad de morir en el primer año.

Tabla 4
Tasas de mortalidad infantil, 1950-2020: niños fallecidos antes de cumplir un año, por cada 1000 nacidos vivos

Regiones	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Mundo	143,4	135,1	98,5	80,4	64,6	53,3	37,1	28,3
Países con ingresos altos *	65,4	40,1	27,4	17,0	10,9	6,9	5,1	4,2
Países con ingresos medios *	157,2	153,0	106,5	84,9	66,1	53,5	36,6	27,1
Países con ingresos bajos *	198,1	163,5	142,6	128,1	110,9	89,8	61,5	45,4
África **	186,6	158,6	139,2	116,4	99,8	85,9	60,9	46,4
África Subsahariana	176,3	153,9	138,2	119,9	107,7	93,0	66,2	50,0
América Septentrional ***	32,7	26,5	20,7	12,5	9,4	7,0	6,1	5,4
América Latina y Caribe **	144,3	113,9	89,3	65,0	43,7	27,3	18,3	13,9
Argentina	67,3	58,8	53,1	35,3	25,0	18,2	13,1	9,5
Brasil	159,1	129,3	103,9	77,4	52,6	30,0	16,5	13,1
Colombia	129,6	96,1	72,5	45,7	29,0	20,9	15,5	11,2
Mexico	159,6	108,7	78,3	54,9	36,3	23,4	16,1	11,6
Asia **	159,1	159,9	104,5	84,0	65,2	51,1	33,2	22,6
China	131,8	197,5	78,0	46,8	40,8	28,9	13,0	6,1
India	181,2	158,2	141,7	115,2	89,8	67,8	45,2	26,6
Japón	56,0	30,5	13,5	7,3	4,6	3,3	2,3	1,8
Europa **	70,2	39,2	28,9	21,9	13,7	8,6	5,3	3,6
Alemania	57,6	35,0	21,7	12,8	7,1	4,4	3,5	3,1
España	74,5	45,5	28,1	11,9	7,6	4,4	3,2	2,5
Francia	51,3	27,2	18,3	10,5	7,4	4,6	3,6	3,7
Italia	63,6	43,8	29,1	14,3	8,1	4,5	3,2	2,3
Reino Unido	30,1	23,1	18,5	12,4	8,0	5,5	4,4	3,7
Rusia	80,8	35,9	33,4	34,8	19,8	15,9	7,9	3,9
Oceanía	63,8	50,3	40,9	31,7	25,1	23,6	20,0	16,4
Australia y N. Zelanda	25,5	20,7	18,2	11,0	8,0	5,7	4,3	3,1
Resto de Oceanía	147,4	111,7	84,0	62,7	50,2	44,8	38,5	31,0

Notas. (*) Clasificación del Banco Mundial según nivel de ingreso real per cápita (ajustado por diferencias de poder adquisitivo del dinero), actualizada en 2022. En fechas anteriores, algunos países estaban en otros niveles de ingreso per cápita. (**) Incluye países no mencionados en la tabla, la cual solo menciona las subregiones o países con más población. (***) Estados Unidos y Canadá.

Fuente: Naciones Unidas, Estimaciones de población, revisión 2022. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/>, Estimates, Infant mortality rate.

El fuerte descenso de la mortalidad infantil en todas las regiones y en la gran mayoría de los países, no solo se debe al nivel de desarrollo económico, sino sobre todo a los

grandes avances de la medicina y la salud pública, que se advierten también en los países menos desarrollados. Una gran parte de la contribución de la ciencia en la reducción de la mortalidad infantil es la generalización de las vacunas, que otorgan inmunidad a los niños contra diversas enfermedades infecciosas, potencialmente letales. Por eso, África, y también el grupo de los países de ingresos bajos, tienen en 2020 una mortalidad infantil similar a la que imperaba en los países de altos ingresos hacia 1950-1960, mientras que China y América Latina ostentaban en 2020 los niveles que tenían los países de altos ingresos en 1990-2000.

Algo similar ocurrió con la fecundidad (tabla 5). El número esperado de hijos por mujer, o tasa global de fecundidad, *se ha reducido a la mitad* a nivel mundial⁷⁸. Tanto en Asia como en América Latina en 2015-2020, la fecundidad es *inferior a la que tenían los países de altos ingresos en 1950-1955*. En África, el nivel de 2015-2020 es inferior a la media mundial de 1950-1955. La menor fecundidad está asociada a menor mortalidad infantil, mayor ingreso y educación, y mejor acceso a servicios de salud.

La fecundidad, entonces, está decreciendo a nivel mundial⁷⁹. A raíz de la decreciente fecundidad, y sin perjuicio de la menor mortalidad, la *tasa anual de crecimiento de la población mundial* se ha desacelerado fuertemente a partir de la década de 1960⁸⁰. Creció desde niveles históricos muy bajos hasta un 1,73% anual en 1950, y siguió aumentando hasta un máximo de 2,27% anual en 1963; a partir de esa fecha, *decreció gradualmente hasta la actualidad*: en 2019, 2020 y 2021, las tasas anuales de crecimiento demográfico mundial se estiman respectivamente en 1,03%, 0,92% y 0,82%, según los datos de población de las Naciones Unidas (revisión 2022). Las proyecciones futuras de esa misma fuente (variante media) auguran tasas de crecimiento demográfico mundial declinantes: la tasa proyectada bajaría a 0,45% en 2050, a 0,06% en 2080, se tornaría negativa en 2086, y se la estima en -0,11% anual en 2100⁸¹. La «explosión demográfica» que se temía en las décadas de 1960 y 1970 (por ejemplo, Ehrlich, 1968) no llegó a estallar: el desarrollo económico y social, los anticonceptivos, así como la educación y participación laboral de la mujer, fueron y siguen siendo los factores principales para ello.

⁷⁸ La tasa global de fecundidad en un cierto año equivale al número medio de hijos que tendrían en toda su vida las mujeres integrantes de una *cohorte teórica* de mujeres sometidas a lo largo de su vida a las tasas de fecundidad por edad *vigentes en el año considerado*. Esto *no equivale* a la fecundidad que tendrían en toda su vida las mujeres existentes en ese año, pues ellas pertenecen a distintas cohortes, que en parte han estado sometidas a las tasas de fecundidad *del pasado*, y en parte estarán sometidas a la fecundidad *del futuro*. Es un concepto análogo al de expectativa de vida.

⁷⁹ La fecundidad en general ha decrecido y sigue decreciendo, pero en los últimos años ha habido un cierto aumento de la fecundidad *en los países más avanzados, con ingresos muy altos y muy alto índice de desarrollo humano* (Myrskylä, Kohler, & Billari, 2009, 2011; Myrskylä, Goldstein, & Cheng, 2013; Doepke *et al.*, 2022).

⁸⁰ <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/>, Estimates, Population growth rate.

⁸¹ <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/>, Medium Variant, Population growth rate.

Tabla 5
Tasa global de fecundidad (hijos esperados por mujer), 1950-2020

Regiones	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
Mundo	4,86	4,70	4,83	3,75	3,31	2,73	2,59	2,35
Países con ingresos altos *	3,01	2,98	2,55	2,00	1,84	1,70	1,72	1,55
Países con ingresos medios *	5,53	5,23	5,50	4,09	3,46	2,70	2,49	2,21
Países con ingresos bajos *	6,58	6,48	6,71	6,69	6,51	6,02	5,38	4,69
África **	6,59	6,67	6,71	6,60	5,91	5,18	4,86	4,36
África Subsahariana	6,50	6,60	6,74	6,77	6,30	5,72	5,31	4,66
América Septentrional ***	2,97	3,58	2,45	1,82	2,04	1,99	1,90	1,63
América Latina y Caribe **	5,80	5,87	5,19	4,16	3,25	2,61	2,19	1,90
Argentina	3,16	3,08	3,09	3,30	3,03	2,59	2,35	1,91
Brasil	6,12	6,06	4,97	4,04	2,91	2,26	1,81	1,65
Colombia	6,41	6,74	5,28	3,86	3,08	2,57	1,99	1,74
México	6,71	6,76	6,55	4,78	3,45	2,72	2,34	1,91
Asia **	5,71	5,19	5,59	3,91	3,32	2,57	2,31	1,98
China	5,81	4,45	6,09	2,74	2,51	1,63	1,69	1,28
India	5,73	5,92	5,62	4,78	4,05	3,35	2,60	2,05
Japón	3,66	2,02	2,09	1,75	1,53	1,37	1,39	1,29
Europa **	2,70	2,58	2,28	1,93	1,72	1,42	1,61	1,47
Alemania	2,09	2,39	2,04	1,54	1,44	1,38	1,39	1,52
España	2,47	2,78	2,83	2,21	1,36	1,22	1,38	1,24
Francia	2,99	2,73	2,50	1,96	1,78	1,88	2,02	1,79
Italia	2,53	2,38	2,39	1,64	1,33	1,25	1,45	1,26
Reino Unido	2,24	2,74	2,44	1,89	1,83	1,64	1,92	1,56
Rusia	2,95	2,58	2,01	1,91	1,90	1,22	1,60	1,49
Oceanía	3,67	4,11	3,56	2,61	2,54	2,45	2,53	2,16
Australia y N. Zelanda	3,15	3,60	2,91	1,92	1,95	1,81	1,99	1,63
Resto de Oceanía	5,92	6,20	6,03	5,32	4,69	4,14	3,69	3,19

Notas. (*) Clasificación del Banco Mundial según ingreso per cápita (ajustado por diferencias de poder adquisitivo del dinero), actualizada en 2022. Algunos países estaban en otros grupos de ingreso per cápita en el pasado. (**) Incluye países no mencionados en la tabla. Solo se mencionan los países o subregiones con más población. (***) Estados Unidos y Canadá.

Fuente: Naciones Unidas, Estimaciones de población, revisión 2022. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/MostUsed/>, Estimates, Total fertility rate.

La carga de la enfermedad. Todavía más importante que el aumento de la expectativa de vida es el de la *expectativa de vida saludable*, que mide los años esperados de vida sin

estar enfermo ni incapacitado. Para ello, a los sobrevivientes de cada edad se les restan los enfermos y discapacitados en esa edad. Este concepto permite estimar la *cantidad media de años de vida saludable*, y su contracara: los *años de vida perdidos por incapacidad o enfermedad*. Ese dato se ha computado desde 1990 y mide el efecto combinado de la muerte prematura y de la incapacidad originada en diversas lesiones o enfermedades, cuyo total se denomina «carga de enfermedad» (*burden of disease*). La *expectativa de vida saludable* ha aumentado más rápidamente que la expectativa de vida general (la que solo refleja la mortalidad, sin tomar en cuenta el tiempo pasado en situaciones de mala salud o incapacidad). En el curso del último siglo, desde comienzos del siglo XX, se puede estimar que los años de vida perdidos por enfermedad, discapacidad o muerte se han reducido fuertemente, resultando en un importante aumento de la expectativa de vida en general, y también de la expectativa de vida saludable. El indicador es computado por la Organización Mundial de la Salud desde 1990⁸².

La incidencia absoluta y relativa de las enfermedades transmisibles sobre la morbilidad y la mortalidad se ha reducido fuertemente, sobre todo a partir de la aparición de antibióticos y antivirales, así como la aplicación masiva de vacunas. Se estima que a comienzos del siglo XX las infecciones representaban una proporción muy importante (del orden del 50% al 60%) del total de años perdidos de vida saludable. Los datos sobre la «carga de enfermedad» (*burden of disease*) calculados a nivel mundial indican que, en 1990, el porcentaje de años de vida saludable perdidos a raíz de infecciones se había reducido al 25% del total, y para 2019 había llegado a solo el 15%. La gran mayoría de los años perdidos de vida saludable actualmente corresponde a *enfermedades crónicas* (cáncer, diabetes y otras), que representan alrededor del 70%, y en menor medida (15%) a años de vida saludable perdidos como consecuencia de la *violencia* intencional o accidental (incluyendo guerras) y del *abuso de sustancias dañinas* (drogas psicotrópicas, alcohol, tabaco). Solo el restante 15% se sigue derivando de enfermedades transmisibles, y se espera que este porcentaje se siga reduciendo (aunque sea por la creciente difusión de la medicina moderna *ya existente*, sin considerar los probables progresos futuros en tecnología de la salud). La declinación de las causas de muerte «tradicionales» (sobre todo las infecciones) y el desarrollo de mejores servicios de salud han llevado a que se preste una creciente atención a la *promoción de la vida saludable*, con creciente relevancia de la *medicina preventiva*. Todo ello es resultado de la creciente disponibilidad de conocimiento y tecnología en materia de salud.

4.3 La ciencia ante las infecciones

Antes de los descubrimientos ocurridos en el siglo XIX sobre bacterias y sobre infecciones bacterianas, ni siquiera se sabía que las enfermedades contagiosas eran causadas por

⁸² Véanse los datos en <https://ourworldindata.org/burden-of-disease>, y los aspectos metodológicos en WHO (2020).

agentes biológicos de tamaño microscópico, y no por el «aire» o los «vapores malsanos», como se creía entonces. Desde mediados del siglo XIX, gracias sobre todo a las pioneras investigaciones de Louis Pasteur y Robert Koch, se sabe que muchas enfermedades que afectan a los seres humanos, a otros animales o a las plantas son *transmisibles*, y son causadas por «microbios» que infectan organismos susceptibles y les causan daños de diversa índole. A partir de las conclusiones alcanzadas en microbiología por investigadores como Pasteur y Koch, desde la segunda mitad del siglo XIX se comenzó a aceptar que la mayor parte de las infecciones eran causadas por bacterias; esos agentes infecciosos eran visibles mediante microscopios, y podían ser aislados en el laboratorio. Hasta comienzos del siglo XX, sin embargo, el conocimiento sobre las bacterias era aún bastante rudimentario, y *la existencia de los virus era completamente desconocida*. Por ese motivo, la pandemia de gripe o *influenza* ocurrida en 1918-1920, la más mortífera desde la peste negra del siglo XIV, era totalmente incomprensible para la ciencia de esa época. Dado que no se conocían los virus, se suponía que el agente infeccioso de la gripe, como el de la viruela y otras enfermedades virósicas, sería alguna bacteria que aún no había sido detectada.

Pese a no saberse nada sobre los virus, se habían desarrollado vacunas contra algunas enfermedades, como la viruela o la rabia, cuyas supuestas bacterias no habían sido detectadas; en realidad, según se supo después, esas infecciones son causadas por virus. Aquellas primeras vacunas para enfermedades virósicas se basaban en métodos empíricos que no requerían la identificación de los agentes infecciosos ni el conocimiento de su naturaleza o su mecanismo de acción. Esas vacunas (como la de Jenner contra la viruela y más tarde la de Pasteur contra la rabia) se valían de métodos indirectos: se vacunaba a los seres humanos con extractos de tejidos infectados, provenientes de animales en los que la enfermedad era reconocidamente más benigna, o cuya infecciosidad podía ser «inactivada» o «atenuada» en el laboratorio antes de ser inoculada en seres humanos. Estas inoculaciones, se sabe hoy, producen inmunidad porque estimulan la producción de *anticuerpos* en el sistema inmunitario, pero este particular método de acción de las vacunas tampoco era conocido, ya que el conocimiento científico sobre los anticuerpos y sobre el sistema inmunitario era muy reciente e incompleto: las pioneras contribuciones de Paul Ehrlich (1854-1915) al estudio de los mecanismos inmunitarios fueron propuestas solo a finales del siglo XIX y le granjearon el Premio Nobel en 1908, pero eran todavía rudimentarias. La teoría moderna de la «red inmunológica» y de los anticuerpos monoclonales (así como la respectiva evidencia empírica) debió esperar a la década de 1970 para que el Premio Nobel de 1984 fuese otorgado conjuntamente a Niels Jerne (1911-1994), Georges Köhler (1946-1995) y César Milstein (1927-2002). Estos avances, a su vez, solo fueron posibles después de otros avances, como la invención del microscopio electrónico en la década de 1930, y el descubrimiento del código genético en 1953.

El conocimiento de las bacterias, o de los microorganismos en general, tiene por consiguiente una historia relativamente breve y reciente, lo mismo que el desarrollo

de la inmunología moderna. La existencia y los efectos de los agentes infecciosos y del sistema inmunitario habían sido en gran parte ignorados durante milenios, tanto en la medicina occidental desde los primeros médicos de Grecia y Roma, como en la medicina de otras tradiciones culturales como las de Egipto o el Lejano Oriente. Las infecciones se atribuían al aire o los vapores malsanos⁸³. También se las consideraba frecuentemente como efecto de fuerzas sobrenaturales (la ira de Dios ante los pecados humanos, o la acción maléfica de los demonios infernales), a las que también se atribuían los terremotos y otras catástrofes naturales. Se había observado que algunas personas parecían inmunes a ciertas enfermedades, pero se desconocían la causa y el mecanismo de esa inmunidad.

Hasta el siglo XVII, tampoco existían microscopios que permitieran observar las bacterias, los diminutos agentes de muchas infecciones, ni mucho menos los virus (mucho más pequeños). La existencia de microorganismos, como la de otras partículas invisibles a simple vista, fue descubierta en el siglo XVII por Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723), un autodidacta neerlandés aficionado a tallar lentes de cristal; él fabricó un microscopio simple que le permitió observar en el agua unos objetos móviles invisibles a simple vista, que consideró como seres vivos; los llamó *diertgens*, *dierkens* o *dierpjes*, vocablos en neerlandés traducidos al latín como *animalculi* («animalitos» o «animales diminutos»), y más tarde denominados *bacterias*⁸⁴. Leeuwenhoek vio y registró también otros objetos invisibles a simple vista, como los hongos microscópicos, los glóbulos rojos, los espermatozoides y otros, aunque no pudo identificar sus estructuras ni sus propiedades, ni imaginó la función de las bacterias en las enfermedades.

Más de 200 años después, en la segunda mitad del siglo XIX, Louis Pasteur (1822-1895), con microscopios más potentes y experimentos cuidadosamente controlados, descubrió los datos centrales sobre las bacterias y otros microorganismos y sobre su actividad biológica (que consiste esencialmente en alimentarse y reproducirse). En primer lugar, esclareció su papel en la fermentación y descomposición de sustancias orgánicas; determinó así que la producción de alcohol por fermentación (en el proceso de producción de vino o cerveza) se debe a organismos unicelulares (levaduras) presentes en las respectivas materias primas (en la piel de las uvas o en el lúpulo usado para hacer cerveza). Pasteur descubrió similares efectos en la putrefacción, y (lo más importante) el papel de las bacterias en la transmisión de varias enfermedades que afectan a plantas, animales y seres humanos. Demostró que tales efectos solo se producen en presencia de

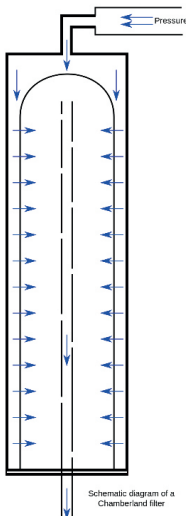
⁸³ Así, la malaria o paludismo, prevaliente por mucho tiempo en Roma y sus alrededores, debe esos nombres a que se atribuía la enfermedad al «mal aire» (*mala aria* en italiano) y a los vapores malolientes de la *palude*, como se denominaban las áreas pantanosas cercanas a la ciudad.

⁸⁴ El nombre «bacteria» es el plural de la palabra griega *bacterion*, que significa «pequeño bastón» (Liddell & Scott, 1996: 303); fue aplicado a las primeras bacterias observadas, que casualmente eran de forma alargada; luego, se aplicó por extensión a toda clase de bacterias. El nombre *bacilo*, dado específicamente a bacterias de forma alargada, viene del latín *bacillum*, diminutivo de *bacullus* (báculo, bastón), en una directa traducción del griego «bacterion».

las bacterias, las que solo se reproducen y multiplican a partir de una población bacteriana inicial que se alimenta de nutrientes ambientales, y que por lo tanto no aparecen por «generación espontánea» en ausencia de otros microorganismos y de un medio con nutrientes aprovechables como el azúcar.

Además de sus descubrimientos sobre las infecciones bacterianas, Pasteur también desarrolló varias vacunas, incluyendo no solo enfermedades bacterianas como el ántrax, sino también enfermedades que (según se demostró más tarde) son causadas por virus, como la rabia (Pasteur, 1922-1939; Robbins, 2001). La obra pionera de Pasteur en Francia sobre enfermedades infecciosas se enlaza con los estudios realizados algo más tarde en Alemania por Robert Koch (1843-1910), quien (entre otros notables aportes) identificó la bacteria responsable de la tuberculosis: el «bacilo de Koch».

Tanto en el caso de Pasteur como en el de Koch, la labor de estos pioneros de la microbiología evolucionó desde investigaciones de pequeña escala hasta la conformación de grandes instituciones de investigación: el Institut Pasteur en París, establecido en 1887 y sostenido por una fundación privada, y el Robert Koch Institut en Berlín, fundado en 1891 por el Reino de Prusia como *Königlich Preussische Institut für Infektionskrankheiten* (Real Instituto Prusiano para Enfermedades Infecciosas), al que se añadió el nombre «Robert Koch» en 1912 (luego que Koch obtuviese el Premio Nobel en 1905 y falleciese en 1910). Ambos institutos fueron creados por fuera de la estructura universitaria, como instituciones autónomas de investigación, y muy vinculadas a la práctica de la medicina.



El filtro de Chamberland. Uno de los avances cruciales en la investigación sobre bacterias fue la posibilidad de obtener líquidos «libres de bacterias» mediante un filtro que retiene las bacterias y deja pasar el líquido (usualmente agua) en que ellas se encontraban. El agua filtrada, es decir, sin bacterias, resulta usualmente incapaz de infectar a otros seres vivos.

El filtro fue inventado en 1884 por Charles Chamberland, asistente de Pasteur, y ***cumplió un papel importante en el descubrimiento de los virus.*** Incluye un tubo metálico *externo* en el que se inyecta agua con bacterias por la parte superior, y un tubo *interno* de cerámica, con poros muy pequeños (mucho más pequeños que todas las bacterias conocidas) y cuyo interior no se comunica con el tubo externo. El agua inyectada a presión en el tubo externo se infiltra por los poros de la cerámica, ingresando al tubo interno,

del cual sale por un drenaje independiente. De este modo, se obtiene agua *libre de bacterias*, que sale por el orificio inferior, mientras las bacterias quedan en el tubo externo, pues no pueden pasar por los pequeños poros del tubo interno de cerámica.

4.4 Encuentros iniciales con los virus

Como ya se ha mencionado en la sección 4.3, el desconocimiento de los virus no impidió desarrollar algunas vacunas contra enfermedades virales como la viruela y la rabia. Pasteur desarrolló en 1885 su vacuna contra la rabia, como en 1796 Jenner había desarrollado su vacuna contra la viruela, en ambos casos a partir de animales infectados con una versión benigna de la enfermedad. Pasteur usó células de un animal enfermo de rabia (un conejo, en cuya especie la enfermedad es más benigna que en los perros), y además atenuó la potencia del material infeccioso dejando secar por 5-10 días el tejido del animal infectado que utilizaría para la vacuna. No pudo aislar la supuesta bacteria transmisora, y solo especuló que podría ser una bacteria más pequeña que las ya conocidas.

Jenner, por su parte, había observado que las personas encargadas de ordeñar vacas no se enfermaban de viruela, aun cuando los animales padeciesen de una enfermedad similar pero más benigna, la «viruela de las vacas». A partir de esa observación, desarrolló su vacuna contra la viruela, usando tejidos o secreciones provenientes de las pústulas que presentan los animales infectados. De este modo, la vacuna de Jenner contra la viruela (*smallpox*) consistía en tejido infectado de animales bovinos afectados por la llamada «viruela de las vacas» (*cowpox*), que en seres humanos es benigna. De este procedimiento proviene el nombre de «vacuna» (*vaccine* en inglés, del latín *vacca*, equivalente al vocablo español *vaca*; la sustancia infecciosa extraída de las pústulas de las vacas y usada por Jenner fue por ello llamada *vaccinia*)⁸⁵. Este nombre se aplicaba inicialmente a la inoculación creada por Jenner para la viruela humana a partir de la viruela de las vacas; Pasteur luego generalizó ese nombre para todas las inoculaciones preventivas, como las que él mismo creó para la rabia, el ántrax y otras, aunque ellas no tuviesen relación alguna con las vacas.

Hasta cerca del final del siglo XIX, los primeros investigadores de las enfermedades infecciosas, centrados principalmente en torno a Pasteur y Koch, basaban sus estudios en la creencia (hasta ese momento corroborada por la evidencia disponible) de que las infecciones eran causadas por algún microbio o microorganismo, que esos agentes pueden ser vistos a través de un microscopio y cultivados en un medio dotado de nutrientes, y que podrían ser retenidos por filtros como el de Chamberland. Esas creencias pronto se verían cuestionadas por observaciones empíricas desconcertantes.

El virus de la enfermedad del tabaco. Los primeros «contactos cercanos» con los virus ocurrieron a finales del siglo XIX, cuando se observó el hecho sorprendente de que a

⁸⁵ La palabra *viruela* no proviene de «virus», sino del vocablo latino *varus*, que significa «pústula» (globo de pus); *variola* es un diminutivo de *varus*, que significa «pústula pequeña» (equivalente a *smallpox*, el nombre de la viruela en inglés).

veces el agua filtrada que salía del filtro de Chamberland *seguía siendo infecciosa*. Entre 1879 y 1886, el longevo bioquímico alemán Adolf Mayer (1843-1942), que trabajaba en la entonces Estación Experimental Agrícola de Wageningen (Países Bajos), hoy Universidad de Wageningen, observó que la savia de las hojas de tabaco afectadas por la enfermedad que él bautizó como «enfermedad del mosaico» podía transmitir la enfermedad a otras hojas sanas. En ese momento no estaba aún ampliamente disponible el filtro de Chamberland, inventado en 1884 en el laboratorio parisino de Pasteur; Mayer examinó la savia infectada mediante microscopios, y aplicó también unos precarios filtros de papel, pero no pudo observar ninguna bacteria (Mayer, 1886; Zaitlin, 1998; Lustig & Levine, 1992). El descubrimiento de las bacterias era una novedad muy reciente. Mayer supuso que la enfermedad era causada por una bacteria todavía no detectada, la cual segregaba alguna *toxina* que luego se mezclaba con la savia de la planta y terminaba produciendo manchas en las hojas.

Otros dos científicos, en 1892 el ruso Dmitri Ivanovsky (1864-1920) y en 1898 el neerlandés Martinus Beijerinck (1851-1931), obtuvieron resultados similares y más completos al estudiar hojas de la planta de tabaco afectadas por la misma enfermedad (Zaitlin, 1998; Lustig & Levine, 1992). Ivanovsky (1892) reportó brevemente su observación de que el extracto de las hojas de tabaco enfermas, una vez pasado por el filtro de Chamberland para extraer las bacterias, seguía siendo activamente infeccioso. En esa breve nota, como en una versión más extensa extractada de su tesis doctoral varios años más tarde (Ivanovsky, 1903), el autor especuló que la infección podría provenir de alguna toxina segregada por bacterias (que eran los únicos agentes infecciosos conocidos). Estaba convencido de que la enfermedad era causada de algún modo por una bacteria aún no identificada, y por ello pensaba que el filtro no era atravesado por la bacteria misma sino por alguna *sustancia tóxica* segregada por la misteriosa bacteria. Esa supuesta sustancia no era vista como un agente infeccioso independiente.

Pocos años después del primer *paper* de Ivanovsky, Beijerinck (1898) realizó un experimento similar y más completo. Filtró y eliminó las bacterias presentes en el extracto de las hojas de tabaco infectadas, y también comprobó que el líquido resultante seguía siendo infeccioso: aplicó ese líquido filtrado a hojas de tabaco sanas, que rápidamente desarrollaron la enfermedad. Beijerinck fue más allá: volvió a pasar por el filtro el líquido filtrado, y encontró que el líquido *doblemente filtrado* seguía siendo capaz de infectar otras hojas sanas. Propuso la hipótesis de que el extracto filtrado contenía *un nuevo tipo de agente infeccioso vivo* capaz de atravesar el filtro, es decir, un agente infeccioso *filtrable* (cf. Bos, 1995). Al igual que Ivanovsky, Beijerinck no concebía ese agente como una partícula o un organismo similar a las bacterias, sino como una sustancia líquida, en este caso concebido como un fluido «vivo», por lo cual lo llamó «fluido vivo contagioso» (*contagium vivum fluidum*). La idea de un líquido dotado de vida, un fluido vivo, era algo creíble en esa época, en que no se conocía exactamente en qué consistía «estar

vivo». De esta concepción inicial del agente infeccioso como sustancia líquida proviene la aplicación del término *virus*, equivalente en latín a «veneno» o «ponzoña», y usado desde mucho tiempo antes para designar cualquier líquido tóxico. De ese mismo uso tradicional proviene también el término «virulento» como adjetivo aplicable a sustancias tóxicas o venenosas, aunque no contengan virus en el sentido actual de esta palabra. Beijerinck también comprobó que ese misterioso agente infeccioso no podía ser cultivado y multiplicado colocando el fluido filtrado en un medio líquido con nutrientes, como se hacía con las bacterias. Su cultivo *solo ocurría cuando el «fluido vivo contagioso» infectaba células vivas*, lo que más tarde se comprobó que es un rasgo general de los virus.

Así, sin haberlos visto todavía y sin conocer su naturaleza o su funcionamiento, se reconoció a esos líquidos filtrados tres propiedades que son en general las que caracterizan a los virus: (1) podían atravesar los filtros de Chamberland, (2) eran infecciosos y (3) no podían ser cultivados en estado aislado sino solo si infectaban células vivas capaces de alimentarse y reproducirse. Los virus, en efecto, carecen de capacidad para incorporar nutrientes del medio ambiente, generar energía, y reproducirse en forma autónoma; solo logran reproducirse invadiendo células vivas (incluyendo bacterias) y explotando en forma «parasitaria» sus fuentes de energía y sus mecanismos de reproducción (Shors, 2017; Payne, 2017; Zimmer, 2011, 2021; Dimmock, Easton, & Leppard, 2016: 4).

El virus de la fiebre aftosa. Las observaciones de Mayer, Ivanovsky y Beijerinck no se referían a enfermedades de animales o de seres humanos, pues surgieron en el contexto de una enfermedad de las plantas de tabaco y de otras especies botánicas de la misma familia (*Solanáceas*), como, por ejemplo, el tomate, la berenjena o el pimiento. El primer contacto con un virus correspondiente a enfermedades zoonóticas ocurrió un año antes del experimento de Beijerinck, cuando los alemanes Friedrich Löffler (1852-1915) y Paul Frosch (1860-1928) pasaron por el filtro de Chamberland un líquido con células de animales enfermos de fiebre aftosa, y encontraron que el líquido filtrado seguía siendo infeccioso. Como en el caso del tabaco, el agente infeccioso no era observable en el microscopio, pero el líquido filtrado tenía la capacidad de transmitir la enfermedad. El hallazgo equivalía a la detección del virus de la fiebre aftosa, el primer virus detectado en conexión con enfermedades animales, aunque no fue identificado como tal porque todavía se ignoraba la naturaleza de los virus y no era posible observarlos. Se comprobó que el agente de la fiebre aftosa, como el del mosaico del tabaco, no era cultivable en un medio con nutrientes, pues solo se reproducía cuando infectaba células vivas (tejidos vivos o bacterias), pero subsistía el misterio de su naturaleza y su mecanismo de acción (Löffler & Frosch, 1897, 1898; Brown, 2003; Dimmock *et al.*, 2016: 4; Fenner, 2009: 15).

La significación del hallazgo para la ganadería y la sanidad animal, y el papel que le cupo al Estado prusiano es discutida en Schmiedebach (1999), quien señala que en 1897 Löffler recibió el encargo de estudiar el tema desde las oficinas de Althoff en el

Ministerio de Cultura de Prusia, donde se había formado una comisión para estudiar la enfermedad que afectaba al ganado en esa región del *Kaiserreich*. Según Schmiedebach, la presión de los *lobbies* ganaderos y del público hicieron que Löffler tuviese que concentrarse en aspectos más prácticos de la lucha contra la fiebre aftosa, como la investigación de una posible vacuna, sin profundizar sus hipótesis sobre la naturaleza de los virus (que hubieran sido esenciales para luchar efectivamente contra la enfermedad).

Elementos ultramicroscópicos y virus bacteriófagos: Twort y d'Herelle. El agente infeccioso de la viruela fue finalmente aislado a comienzos del siglo XX, más de un siglo después de que Jenner inventara su vacuna. Esto ocurrió en los años 1915-1921, cuando hubo algunos avances adicionales en el incipiente estudio de los virus. Fueron estudios similares a los de Ivanovsky y Beijerinck, no ya sobre las hojas de tabaco o la fiebre aftosa de los animales, sino (por primera vez) sobre tejidos *humanos*. Eran aún, sin embargo, resultados empíricos iniciales e inesperados, y que no podían ser comprendidos sin contar con una teoría científica válida sobre la naturaleza, clasificación, reproducción y mecanismo de acción de los virus, por lo cual las observaciones no fueron correctamente interpretadas.

El médico y patólogo británico Frederick Twort (1877-1950) filtró el líquido obtenido de la «pulpa» de la vacuna contra la viruela (es decir, el líquido proveniente de las pústulas de bovinos) y concluyó que el líquido filtrado *seguida siendo infeccioso*, cuando su pasaje por el filtro de Chamberland indicaba ausencia de bacterias. Esto era lo mismo que habían hallado Mayer, Ivanowsky, Beijerinck, Löffler y Frosch. En opinión de Twort, en ese líquido debía haber *elementos ultramicroscópicos* capaces de atravesar los filtros de Chamberland que eran usados para capturar bacterias. No pudo especificar qué clase de «elementos» estaban involucrados. Twort también comprobó, como antes Beijerinck, que esos elementos infecciosos no se reproducían aunque al líquido se le añadiesen nutrientes. Publicó dos *papers* (Twort, 1915, 1921) sobre lo que llamó «virus ultramicroscópicos», que no consideraba como seres vivos, pues no podían reproducirse por sí mismos, sino (al igual que sus antecesores) como sustancias químicas activas, que en su opinión posiblemente serían enzimas, sin comprender aún cómo lograban producir la enfermedad. Fue el primero en usar la palabra *virus*, utilizada en su caso para denominar a los agentes infecciosos causantes de la viruela.

Aparentemente en forma independiente, y sin relación con la viruela, el científico francés de origen canadiense Félix d'Herelle (1873-1949) observó fenómenos similares y los atribuyó a unos hipotéticos microbios que llamó «bacteriófagos», pues observó que en su caso la infección atacaba y destruía bacterias; en efecto, hay una clase de virus que se valen de bacterias, y no de tejidos vegetales o animales, para reproducirse; d'Herelle los concebía así como *antagonistas* de las infecciones, *capaces de destruir bacterias infecciosas*, y por lo tanto no como origen, sino como posibles *agentes curativos* de las enferme-

dades infecciosas (d'Herelle, 1917; Summers, 1999). Paradójicamente, d'Herelle seguía considerando a las bacterias como única fuente de las infecciones, y por ello creía que los «bacteriófagos», capaces de penetrar y destruir bacterias, podrían en el futuro convertirse en armas de la medicina para combatir las enfermedades bacterianas, como lo son los actuales antibióticos. En el título de su principal artículo, los define como antagonistas de la bacteria causante de la disentería, pues los había encontrado al procesar muestras provenientes de personas que padecían esa enfermedad.

En realidad, los bacteriófagos de d'Herelle, como los virus ultramicroscópicos de Twort, no eran antagonistas de las bacterias infecciosas, sino que eran infecciosos ellos mismos, pero necesitaban penetrar células vivas (por ejemplo, bacterias) para reproducirse. Entre Twort y d'Herelle surgió una enconada polémica⁸⁶. El nombre *bacteriófagos* perduró: el término designa un tipo especial de virus, los que se reproducen invadiendo *bacterias* (no células integrantes de los tejidos de un organismo), y que utilizan el sistema reproductivo de las bacterias invadidas para conseguir propagarse.

4.5 El desarrollo de la virología en el siglo XX

¿Existían los virus como seres independientes, o las enfermedades estudiadas eran causadas por una bacteria que segregaba toxinas? Si existían los virus como seres independientes, ¿eran ellos una sustancia inerte o un ser vivo? Tenían alguna característica de los seres vivos (podían reproducirse), pero no otras (no podían alimentarse ni reproducirse *por sí mismos*, sino solo como «parásitos» de células vivas). ¿Qué significaba, entonces, estar vivo? La expansión o modificación del concepto de «ser viviente» para permitir la caracterización de los virus no era posible hacia 1918-1920. La primera tarea pendiente, entonces, era la dilucidación de la naturaleza de los virus: ¿son sustancias líquidas o partículas parasitarias de tejidos o bacterias? Si fuesen partículas, ¿son seres vivos o partículas inertes?

Del virus líquido al virus cristalizabile. Tanto Mayer, Ivanowsky y Beijerinck, como Löffler, Frosch, Twort y d'Herelle, consideraban que el desconocido agente infeccioso era una sustancia líquida, una toxina o veneno. La naturaleza del virus del mosaico del tabaco como una partícula (por oposición a una sustancia tóxica) fue demostrada en

⁸⁶ Duckworth (1976) detalla la polémica entre d'Herelle y Twort sobre la naturaleza de los «virus» o «bacteriófagos»; buena parte de la discusión se refería a la precedencia de uno u otro de ellos en el descubrimiento (d'Herelle negaba la precedencia de Twort en el tema); también hubo amargas polémicas entre d'Herelle y otros científicos franceses y belgas que criticaban sus ideas sobre los «bacteriófagos» como antagonistas de las bacterias patógenas. Más allá de aquellas polémicas de la década de 1920, el «fenómeno Twort-d'Herelle» es reconocido como un hito importante en la historia de la virología (véase las biografías de ambos: Summers [1999] y Twort [1993]). Junto con Mayer, Ivanovsky y Beijerinck, y con Löffler y Frosch, Twort y d'Herelle estuvieron entre los primeros que inadvertidamente aislaron un virus y publicaron artículos reportando el desconcertante fenómeno, cuya naturaleza y función no pudieron explicar.

1935 por Wendell M. Stanley (1904-1971); este científico fue capaz de *cristalizar* el virus de esa enfermedad; logró que un gran número de virus se fusionaran en cristales con determinadas formas geométricas, visibles con un microscopio e incluso a veces a simple vista.

En un crucial corolario de sus análisis, Stanley demostró además que el virus seguía siendo infeccioso después que los cristales eran disueltos nuevamente en un medio líquido (en que los virus agrupados en los cristales se separaban unos de otros y volvían a ser invisibles). Después de haber estado cristalizados, los virus infectaban las hojas de tabaco igual que lo hacían los virus originales antes de ser cristalizados (Stanley, 1935). La cristalización y la ulterior descristalización probaban que los virus se podían fusionar formando cristales, y luego disolverse volviendo a ser virus infecciosos. Esto solo era explicable si los virus fuesen partículas, distintas del resto del líquido. Esto resultaba extremadamente sorprendente, porque los cristales conocidos (como la sal común, los diamantes o el vidrio) son cosas inertes, sin vida, mientras que, después de haber estado cristalizados, los virus volvían a ser activamente infecciosos, y además se multiplicaban, aunque solo lo hacían cuando habitaban en células o bacterias, antes o después de haber estado temporariamente cristalizados.

Los experimentos de Stanley con el virus del mosaico del tabaco demostraron así cabalmente que los virus son partículas (con la peculiar capacidad de reproducirse solo si invaden el interior de una célula viva) y no un «fluido vivo» o una toxina, como suponían los investigadores precedentes desde Mayer e Ivanovsky hasta Twort y d'Herelle (Zaitlin, 1998; Zimmer, 2011, 2021). Tenían una propiedad de los seres vivos (la capacidad reproductiva), pero no tenían otra (la capacidad de alimentarse con nutrientes de su medio ambiente, y así obtener la energía necesaria para reproducirse por sí mismos).

Stanley fue más allá: ¿de qué están hechos los virus? Las fotografías de los cristales obtenidas por Stanley mediante rayos X mostraban que esos cristales estaban hechos básicamente de *proteínas*, los componentes básicos de los organismos vivos; pero no solo de proteínas: los químicos británicos Norman Pirie y Fred Bawden, trabajando con otras plantas Solanáceas como el tomate, que también se infectan con el mismo virus que las hojas del tabaco, mostraron que un 5% del peso de los virus estaba formado por unas sustancias todavía misteriosas, los *ácidos ribonucleicos* (Bawden & Pirie, 1937) que también habían sido observados en el núcleo de las células vivas. Posteriormente, en 1953, Watson y Crick (con el vital apoyo de Rosalind Franklin) mostraron que los ácidos ribonucleicos son el material constitutivo del código genético. Los virus, pues, aunque podían ser cristalizados y descristalizados, tenían un código genético con estructuras similares al material genético de los seres vivos; estaban así en una «zona gris», intermedia entre las sustancias inertes y los seres vivos convencionales.

Los hechos narrados brevemente en los párrafos precedentes indican claramente que la ciencia de los virus (la virología) es una disciplina muy reciente. Hasta la década de

1930, el conocimiento científico sobre los virus era escaso y fragmentario. No se conocía su naturaleza ni el mecanismo de su reproducción. Solo se había inferido su existencia (pero no su naturaleza) a partir de los hallazgos de Mayer, de Ivanowsky, de Beijerinck, de Löffler y Frosch, y de Twort y d'Herelle; se sospechaba su intervención en algunas enfermedades, aunque de modo muy imperfecto. Eran además invisibles, indetectables bajo el microscopio óptico ordinario.

Las primeras microfotografías de conglomerados de virus *crystalizados* las obtuvo Stanley por rayos X en 1935; las primeras imágenes de *virus individuales no crystalizados*, obtenidas con los novísimos microscopios electrónicos, se obtuvieron en 1938-1942. La estructura de los virus y el mecanismo de su reproducción siguieron siendo un misterio hasta que la estructura de doble hélice de los ácidos ribonucleicos fue descubierta en 1953 por James Watson, Francis Crick y Rosalind Franklin. Si bien los virus no eran células, se podría ya imaginar a partir de los descubrimientos de Watson, Crick y Franklin que su reproducción operase a partir de un código genético similar, pero en 1953 también esto era puramente hipotético. Todavía no se conocía el mecanismo por el cual el ADN origina el proceso celular de sintetizar proteínas. Mucho más lejos estaba entonces la posibilidad de secuenciar los genes de cualquier genoma, incluso de los virus: la metodología para lograrlo fue desarrollada por Frederick Sanger en 1977, lo que le granjeó el Premio Nobel de Química en 1980 (Sanger, Nicklen, & Coulson, 1977); una versión más moderna de su método fue usada en 2020-2021 para secuenciar rápidamente el genoma del nuevo coronavirus causante de la nueva pandemia, así como sus múltiples variantes.

El microscopio electrónico. El primer avance crucial para «ver» los virus fue el microscopio electrónico, ya mencionado precedentemente. El conocimiento científico sobre los virus se transformó notablemente en la década de 1930 gracias a ese invento. El dispositivo se basaba en las modernas teorías sobre las estructuras subatómicas (entre ellas los electrones) que surgieron en las primeras décadas del siglo XX gracias a los trabajos de Planck, Einstein y otros. El desarrollo del microscopio electrónico y su aplicación a los virus fue un *emprendimiento familiar* protagonizado por dos hermanos y su cuñado, que trabajaron en estrecha colaboración interdisciplinaria: el físico Ernst Ruska (1906-1988), su hermano el biólogo Helmut Ruska (1908-1973), y el que pronto sería cuñado de ambos, el físico e ingeniero eléctrico Bodo von Borries (1905-1956)⁸⁷. Ernst y Bodo, con otros colaboradores, crearon el primer microscopio electrónico en 1931-1933; poco después, la empresa Siemens los contrató para la producción industrial del aparato, y también contrató a Helmut para desarrollar aplicaciones.

⁸⁷ Bodo von Borries era aún soltero al comenzar su trabajo con los Ruska; en 1937 se casó con la hermana de los Ruska.

El principio básico del microscopio electrónico es que la longitud de onda de los electrones es mucho más corta (de 1000 a 100 000 veces más corta) que la longitud de onda de la luz visible, lo que permite discriminar objetos mucho más pequeños si estos son iluminados con un haz de electrones en lugar de un haz de fotones de luz visible. Esta idea, en la que Ernst trabajaba desde sus estudios de posgrado, era vista con escepticismo por el *establishment* científico de esa época: «Por supuesto, nuestro enfoque no fue tomado en serio por la mayoría de los expertos. Lo consideraban más bien como una pura ensoñación [*a pipe dream*]», diría Ernst Ruska medio siglo después al recibir el Premio Nobel de Física de 1986 precisamente por ese invento (Ruska, 1987: 614).

Después de sus demostraciones en laboratorio, que se plasmaron en una tesis y una patente, Ernst Ruska y Borries continuaron experimentando con diversos modelos para construir un microscopio electrónico técnica y comercialmente viable. Sus intentos se complementaron con los de otros investigadores en Alemania y en Bélgica (Ruska, 1987: 616). El desarrollo práctico de un microscopio electrónico con una magnificación suficiente solo se completó en 1938 con la construcción de dos prototipos cuando Ruska y Borries trabajaban en la empresa Siemens (Ruska, 1987: 618). Esos prototipos permitieron a Helmut Ruska obtener las primeras fotografías de un virus, en ese caso un virus «bacteriófago» que fue fotografiado mientras atacaba a una bacteria. Por primera vez, se podía comprobar visualmente que los virus no eran líquidos, sino partículas. La estructura y el mecanismo de funcionamiento de esas partículas eran aún desconocidos, aunque el examen de los cristales de Stanley había permitido inferir en 1935 que se componían de proteínas y ácidos ribonucleicos.

El microscopio electrónico, cuyo uso se difundió rápidamente en los años subsiguientes, permitió aislar y estudiar los virus de diversas enfermedades. El de la gripe común o estacional había sido «filtrado» en 1933, pero su caracterización y la subsiguiente vacuna llegarían mucho más tarde, y en ello tuvo crucial importancia el microscopio electrónico. Antes se produjeron hallazgos importantes sobre otros virus, como el de la fiebre amarilla: en 1938, Max Theiler (1899-1972) identificó el virus de esa enfermedad y desarrolló una vacuna contra ella, lo que le valió el Premio Nobel de Medicina en 1951, el primer Nobel por identificar un virus y crear la correspondiente vacuna⁸⁸.

⁸⁸ La vacuna de Theiler usaba suero de sangre humana como medio para contener e inocular una forma atenuada del virus de la fiebre amarilla. Accidentalmente, ello causó una numerosa infección de hepatitis B: el laboratorio encargado de producir la vacuna usó inadvertidamente suero de un enfermo crónico de hepatitis B para preparar varios lotes de la vacuna para las tropas de los Estados Unidos. Como resultado, en 1942, más de 350 000 soldados y marinos norteamericanos enfermaron de hepatitis B, cerca de 50 000 fueron hospitalizados con ictericia, y cerca de 100 murieron (Hettrick, 2012: 56 y 95, nota 21). En 1943, se introdujo una nueva forma de la vacuna, contenida en agua y no en suero; solo desde 1971 se usan rutinarios análisis bioquímicos para detectar el virus de la hepatitis B en todas las extracciones de suero.

La genética de los virus. En 1952, se añadió otro elemento clave al conocimiento sobre los virus: Alfred Hershey (1908-1997) y Martha Chase (1927-2003) probaron que la reproducción de los virus (y por extensión la de otros seres basados en el código genético que en esos mismos años estudiaban Watson, Crick y Franklin) se realiza *por replicación de sus ácidos ribonucleicos*. Hasta entonces, se pensaba que la información genética era transmitida por proteínas, que formaban el 95% de la masa de los virus, pues el ácido nucleico era considerado como una sustancia inerte. El experimento de Hershey y Chase mostró que cuando un bacteriófago infecta una bacteria, el ácido ribonucleico ingresa en la bacteria, *pero no lo hacen las proteínas*, y pese a ello en la bacteria infectada se reproducen los virus completos. Esto confirmó la idea de que *el material genético estaba en el ácido, no en las proteínas*, y eso fue un antecedente importante para dirigir la atención de los investigadores hacia los (hasta entonces misteriosos) ácidos nucleicos. Esto llevó al descubrimiento en 1953 de la «doble hélice» del ADN y contribuyó al esclarecimiento de su función (junto con el ARN) en el almacenaje y transmisión de la información genética.

Todo ello fue un avance crucial para secuenciar (décadas más tarde) el genoma de los virus, y poder así acercarse al control de su reproducción. También posibilitó el desarrollo de vacunas y medicamentos contra diversos virus como el VIH y, más recientemente, el SARS-CoV-2, el coronavirus responsable de la enfermedad COVID-19. En este último caso, la vacuna está basada en secciones no infecciosas del virus, específicamente una proteína de las espículas del virus, transportadas por ARN mensajero, y que al ingresar al organismo permiten al sistema inmunitario reconocer la proteína presente en las espículas del virus, y generar anticuerpos específicos, los cuales impiden el ingreso del virus a las células del organismo infectado.

Todos estos descubrimientos no habían ocurrido aún al aparecer la pandemia de 1918. En esa época, se desconocían los virus y (con los pocos «encuentros cercanos» registrados sobre las hojas de tabaco o la fiebre aftosa) tampoco se conocía su naturaleza y función. Había algunas vacunas para enfermedades virósicas como la viruela o la rabia, pero se basaban en tejidos enfermos, sin aislar (ni mucho menos observar o comprender) los virus que las causaban. La gripe o *influenza*, como las demás enfermedades causadas por virus, eran atribuidas tentativamente a alguna bacteria muy pequeña aún no descubierta, o a una toxina producida por esas bacterias indetectables. El virus de la gripe solo fue descubierto muchos años después, y desde entonces pasaron varias décadas hasta que se logró desarrollar una vacuna contra esa enfermedad. Por eso, los intentos de frenar la pandemia de 1918 fueron impotentes ante la enfermedad, que además era en esa ocasión mucho más letal que en epidemias o pandemias anteriores del mismo tipo de enfermedad.

En 1918 tampoco existían antibióticos para tratar el extenso catálogo de enfermedades de origen bacteriano (el primero, la penicilina, fue descubierto en 1928 por Alexander Fleming, y solo se difundió masivamente después de la Segunda Guerra Mundial).

Con mucha más razón, no había aún, ni habría por muchos años, medicamentos «antivirales», capaces de eliminar o desactivar los virus en un organismo infectado: solo a finales del siglo XX aparecieron algunos medicamentos antivirales, como los que se usan para inactivar y mantener inactivo el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), y así impedir que los portadores sanos desarrollen la enfermedad (el sida). El estudio de los virus estaba aún en sus comienzos en 1918. La *influenza* y otras enfermedades virales (algunas muy peligrosas, como la fiebre amarilla o la poliomielitis) seguirían causando estragos durante varias décadas.

Vacunas contra virus: la viruela y la poliomielitis. Casi dos siglos después de que Jenner desarrollase su vacuna contra la viruela, los casos de esa enfermedad se hicieron cada vez más raros como resultado del *programa internacional de vacunación* organizado por la OMS; el último caso conocido fue registrado en Somalia en 1977. En 1980, la OMS la declaró completamente erradicada a nivel planetario. La viruela fue la primera enfermedad infecciosa totalmente eliminada por la ciencia. Dado que siempre existe alguna posibilidad de un rebrote, la OMS conduce todavía un programa de alcance mundial para asegurar un permanente monitoreo y una adecuada preparación internacional para un posible retorno de la enfermedad⁸⁹.

En 2022, aparecieron casos de «viruela de los monos» en seres humanos; esa enfermedad, antes circunscrita a los monos del Viejo Mundo, pasó a ser transmisible de monos a seres humanos, con consecuencias potencialmente mortales; pronto se comprobó que la vacuna contra la viruela tradicional también es eficaz contra esta nueva forma de viruela humana, lo cual seguramente llevará a la reintroducción de la vacuna antivariólica. Todavía no está clara la proyección que tendrá este nuevo tipo de viruela, varias décadas después de que la viruela clásica fuese erradicada totalmente.

Otra importante y exitosa vacuna fue la que permitió la erradicación casi total de la *poliomielitis*. Se creó primero una versión inyectable, basada en un virus *inactivado*, desarrollada por Jonas Salk e introducida en 1954 a nivel mundial en medio de una pandemia de polio; pocos años después, en 1961, apareció una vacuna mejorada (y oral), basada en un virus *atenuado*, creada por Albert Sabin, que es la que se ha empleado desde entonces. En las últimas décadas, la vacunación ha conseguido erradicar casi totalmente la enfermedad (Aylward, 2006): en 1988, al iniciarse el programa de erradicación, aún había unos 350 000 casos por año, que descendieron luego rápidamente; en 2017, se reportaron solo 22 casos en todo el mundo (véase el respectivo informe de la OMS para 2017: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/does-polio-still-exist-is-it-curable>). Hubo un número de casos algo mayor en 1918-1919, y no hay datos confiables aún para 2020-2022 en el momento de escribir esto,

⁸⁹ <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/preparedness-in-the-event-of-a-smallpox-outbreak>

pero las cifras son siempre muy reducidas en comparación con épocas anteriores. La poliomielitis sobrevive endémicamente en algunas zonas aisladas donde casi nadie está vacunado, sobre todo en el sur de Afganistán y zonas adyacentes de Pakistán. La fuerte emigración de afganos y pakistaníes podría eventualmente llevar la enfermedad nuevamente al resto del mundo. En agosto de 2022, el virus de la poliomielitis fue detectado en aguas residuales de Nueva York. Ello sugiere que probablemente hubo (al menos) una persona contagiada (y no detectada) en esa ciudad, por lo que la vigilancia y la vacunación continúan.

4.6 COVID-19: Vacunas, antivacunas, ideología y geopolítica

Ante el surgimiento de la pandemia de 2020, diversos investigadores y laboratorios en varios países comenzaron a desarrollar vacunas contra el novedoso virus SARS-CoV-2 (causante de la enfermedad COVID-19). El virus fue secuenciado genéticamente en forma extraordinariamente rápida. Las vacunas más exitosas están basadas en ARN mensajero (ARNm), utilizado para administrar fragmentos del genoma de una proteína del virus (la que permite al virus ingresar en las células del organismo). Esos fragmentos logran generar anticuerpos que impiden el ingreso del virus en las células. Esa tecnología es potencialmente usable para desarrollar rápidamente versiones actualizadas de las vacunas contra la COVID-19, y para generar vacunas del mismo tipo para otras enfermedades (o para atacar ciertas formas de cáncer). Otras vacunas aplicadas en 2021-2022 se basan en la tecnología más tradicional de los virus inactivados o atenuados. En general, todas reducen (en mayor o menor grado) la probabilidad de contagio, y sobre todo la probabilidad de desarrollar la enfermedad en sus formas más severas.

Dos problemas o desafíos que no se presentaron en épocas anteriores tuvieron una influencia muy importante en la pandemia de 2020. Estos problemas son ejemplos de la persistente influencia de factores ideológicos en la visión popular de la ciencia, que hemos revisado en la sección 3.3. En primer lugar, el surgimiento de un **importante movimiento antivacunas**, alimentado por una serie de rumores y afirmaciones falsas, por la difusión de actitudes de rechazo más amplio de la ciencia, y por teorías conspirativas de variada índole. En segundo lugar, se observó **la intervención indebida de varios gobiernos** que adoptaron criterios geopolíticos e ideológicos en la producción, distribución, compraventa y aplicación de las vacunas.

4.6.1 Vacunas y antivacunas

A lo largo del siglo XX, las vacunas contra diversas enfermedades (de origen bacteriano o vírico) fueron administradas masivamente y sin una oposición significativa. Ello permitió reducir la incidencia o incluso eliminar de muchos países un gran número de enfermedades que hasta 1900 o hasta 1950 afectaban a muchas personas, en especial

a los niños: viruela, varicela, difteria, rubeola, sarampión, paperas, gripe, poliomielitis y otras. En el siglo XXI, en cambio, ha surgido un fuerte movimiento de oposición a las vacunaciones, que se ha manifestado extensamente con motivo de la pandemia de 2020.

En parte, ese movimiento surgió en el contexto de una serie de corrientes culturales que desconfían de la ciencia y la tecnología, como ya se ha referido en la sección 3.3 de este libro. En ese ambiente intelectual surgió y se expandió el movimiento antivacunas. Si bien ya existía en forma marginal, cobró una mayor difusión a partir de dos momentos importantes: primero, el fraude científico protagonizado pocos años antes por el médico británico Andrew Wakefield, según el cual ciertas vacunas tradicionales, usualmente administradas a los niños, serían causantes del autismo (véase la sección 3.4.7); y, más recientemente, las disparatadas teorías conspirativas que circularon (y circulan todavía) sobre el origen de la pandemia, muchos de cuyos creyentes se oponen a todas o a algunas vacunas.

En sus versiones más extremas, esas teorías conspirativas niegan incluso la existencia real del virus SARS-CoV-2, que sería una mera «construcción social» o un conjunto de *fake news* difundidos por los grandes diarios y cadenas televisivas. En otras versiones, el virus se considera real, pero su desarrollo y difusión es atribuido a una conjura deliberada entre gobiernos de varios signos, grandes financistas, y corporaciones tecnológicas y farmacéuticas. Los supuestos responsables más frecuentemente alegados son el Gobierno chino, el financista George Soros, Bill Gates (Microsoft) y Mark Zuckerberg (Facebook). El papel atribuido al Gobierno chino suele ser doble: por una parte, habría desarrollado y diseminado deliberadamente el virus «para dominar el mundo», y, por otra parte, tendría el propósito de usar sus propias vacunas para implantar en los vacunados un *microchip* «con tecnología 5G» que se alojaría en el cerebro de las víctimas para vigilarlas y controlarlas; en esta última versión suele alegarse también la participación de empresas informáticas occidentales como Microsoft o Facebook. En algunas de sus versiones, la supuesta conspiración no tiene origen en China, o solo en China, sino que incluye entidades como el Pentágono, el Banco Mundial, y partidos políticos «de izquierda», incluidos el Partido Demócrata de los Estados Unidos o la socialdemocracia alemana, todos supuestamente controlados por el Partido Comunista chino. Con la invasión de Ucrania por el Gobierno de Putin en 2022, se ha incluido al gobierno ruso en la supuesta conspiración. Faltaría incluir a los judíos y los masones, y tal vez al Papa, para tener un repertorio completo de los villanos mitológicos que reiteradamente han sido considerados responsables de muchos males de la humanidad, incluyendo la pandemia de 2020 y otros eventos y procesos de los últimos siglos, entre ellos el ateísmo y la Revolución francesa. Como cualquier sistema de creencias de base conspirativa, sus seguidores son inmunes al razonamiento y a las evidencias empíricas; el intento de convencerlos es usualmente inútil.

4.6.2 Vacunas, ideologías y geopolítica

En el contexto de la pandemia de 2020, los médicos y las organizaciones dedicadas a promover la salud (como la Organización Mundial de la Salud, que es la agencia de las Naciones Unidas para esa finalidad) recomendaron una serie de medidas preventivas como el uso de mascarillas, el lavado de manos, el distanciamiento social y la vacunación, como métodos con alguna base científica para frenar la propagación del virus, evitar o reducir las muertes, y acabar finalmente con la pandemia. Estos métodos son los mismos que, sin mayor oposición, fueron recomendados y aplicados durante todo el siglo XX, incluso en la pandemia de 1918. En 2020-2022, se adquirió rápidamente el conocimiento científico sobre el virus y sus formas de transmisión, lo cual permitió refinar las medidas preventivas (por ejemplo, se comprobó que el contacto con superficies difícilmente pueda transmitir la enfermedad), y también desarrollar rápidamente las vacunas y modularlas con las restricciones preventivas, para lograr mayor eficacia en la lucha contra la pandemia con una menor disrupción en la vida económica y social.

La aplicación de las políticas gubernamentales fue también influida por las tendencias políticas de los gobiernos, y de las instituciones a través de las cuales se ejerce el poder político en cada país. Por ejemplo, países con regímenes autoritarios como China pudieron imponer la inmovilización masiva de millones de personas en amplias zonas del país, para lograr el aislamiento de los brotes pandémicos, mientras que en países democráticos esto no fue posible y, en consecuencia, las medidas preventivas fueron más laxas. Otro factor político importante fue la importancia relativa atribuida a la protección de la salud pública frente al mantenimiento de la actividad económica; esto determinó grandes diferencias en el grado de restricción de las actividades sociales y económicas, desde países que no impusieron restricciones severas hasta los que prohibieron el funcionamiento de amplias ramas de actividad como la industria manufacturera, el comercio, la hotelería o el transporte público.

A esto se adicionaron algunas creencias no basadas en consideraciones sanitarias o económicas, sino en principios ideológicos, como, por ejemplo, la idea de que la libertad individual debe primar sobre las regulaciones sanitarias, sin importar las consecuencias sociales de las decisiones individuales. En la tradición sanitaria de los tiempos modernos, incluso en regímenes democráticos muy respetuosos de la libertad individual, se autoriza casi universalmente el uso de mecanismos excepcionales de regulación, e incluso de coerción, en períodos excepcionales (desastres naturales, guerra, epidemias). Dentro de los principios que subyacen a la democracia liberal, se entiende habitualmente que las medidas excepcionales no salvaguardan solo la libertad de cada persona sino también el interés común; por ejemplo, en una epidemia o pandemia, cada individuo debe observar ciertas reglas como el aislamiento social o la vacunación

no solo para preservar su propia salud sino para reducir la probabilidad de contagio (y eventualmente la muerte) de otras personas. En esa concepción, que informa la legislación de todas las naciones democráticas, nadie tiene el derecho de usar su libertad individual para causar un daño a otros, y se considera que esto torna legítima la restricción de la libertad en aras del bien común.

En la pandemia de 2020, en cambio, amplios sectores sociales en diversos países insistieron en la idea de que cada persona es dueña de su propio cuerpo y, por lo tanto, puede no aceptar el uso de mascarillas, cuarentenas o vacunas, todo ello en nombre de su propia libertad. Esto, naturalmente, va en contra del principio fundamental de la convivencia social, según el cual la libertad individual no debe infringir los derechos de los demás. Este principio se ha aplicado sin objeciones en todos los órdenes de la vida social, incluso por quienes lo infringieron o lo infringen abiertamente en lo relativo a la pandemia. Aun las personas más partidarias de una irrestricta libertad individual no reclaman ni ejercitan un supuesto derecho a elegir individualmente el lado de la calle por el cual circularían con sus vehículos, en lugar de acatar la norma social de circular forzosamente por un solo lado (sea la izquierda o la derecha). Surgieron, sin embargo, durante la pandemia de 2020 muchos movimientos de protesta y desobediencia civil (negativa a usar mascarilla, a observar el distanciamiento social, o a vacunarse) en nombre de la libertad, incluso en países occidentales que habitualmente exhiben un elevado respeto por la ley y por las reglas de convivencia, como si las normas sanitarias fuesen una forma de despotismo que atenta contra los derechos humanos.

Otro ejemplo de interferencia indebida en la aplicación de políticas sanitarias fue el *manejo geopolítico de las vacunas* por parte de algunos gobiernos. En varios países se produjeron vacunas en instituciones científicas gubernamentales, por ejemplo, en Rusia o China; esos gobiernos luego utilizaron su control de las vacunas para incrementar su influencia sobre otros países mediante la discriminación política en la exportación de las vacunas. Además, algunos de esos mismos gobiernos productores de vacunas han omitido informar públicamente los resultados de las pruebas clínicas a las que deben ser sometidas las vacunas para certificar su inocuidad y efectividad. Así, el uso de esas vacunas depende exclusivamente de las decisiones políticas de los gobiernos que las producen o las compran, sin posibilidad de evaluación internacional objetiva.

A diferencia de otros sectores económicos, las industrias relacionadas con la salud tienen importantes facetas sociales que son responsabilidad de las instituciones públicas. Esto da lugar a diferentes sistemas de articulación entre el sector público y el privado. Todos ofrecen beneficios, y todos son más o menos costosos en vidas humanas y en recursos sanitarios. Las personas no vacunadas contra enfermedades transmisibles son más susceptibles al contagio y tienen más probabilidad de sufrir síntomas graves, de requerir cuidados intensivos, y de morir por la infección. Además, las personas susceptibles de ser infectadas ofrecen mayores oportunidades para que los agentes infecciosos

se multipliquen y produzcan mutaciones. Lo mismo ocurre cuando se opta por vacunas de menor efectividad, en lugar de otras dotadas de mejores credenciales. Se puede cuantificar esos costos a partir de datos verificables sobre infectividad, gravedad y letalidad de las personas vacunadas y no vacunadas, o vacunadas con vacunas de mayor o menor efectividad. El difícil e incierto balance de costos y beneficios usualmente no es tenido en cuenta por las personas y gobiernos que optan por desconocer o relajar las normas sanitarias, y ello contribuye a agravar y prolongar las epidemias, tal como ocurre también con la negativa a vacunarse o la violación deliberada de los protocolos de seguridad e inocuidad de las vacunas o medicamentos, o de las normas de prevención y tratamiento de las infecciones.

Las empresas privadas productoras de vacunas, que prevalecen en las economías de mercado (a diferencia de países como China, Rusia o Cuba), se orientan primariamente por intereses privados y no por objetivos públicos (sean estos basados en la solidaridad o en el deseo de una mayor influencia geopolítica), por lo cual se les aplican diversas regulaciones nacionales o internacionales. En las economías de mercado, la producción y la distribución están mediadas precisamente por las relaciones de mercado; el Estado usualmente interviene tanto en la investigación (a la cual suele subsidiar o realizarla directamente en instituciones públicas) como en la distribución (mediante la administración de las vacunas o medicinas en sistemas de sanidad pública. Esto ocurre sobre todo cuando hay un interés social evidente, y si hay alguna evidencia de que el mercado por sí solo no satisfaría esos intereses sociales. Así, por ejemplo, el sector público realiza o financia investigaciones básicas y aplicadas, aun cuando la producción y distribución de los productos (en este caso vacunas o medicinas) quede a cargo de empresas privadas, que operan por lo general bajo regulaciones públicas. También suele administrar masiva y gratuitamente las vacunas, para que su aplicación no grave los ingresos de los más pobres, y para asegurar su disponibilidad universal e igualitaria.

En la pandemia de COVID-19, en varios países desarrollados hubo asociaciones entre (a) entidades públicas o privadas dedicadas a la investigación, y (b) empresas privadas que se encargaron de la producción masiva de las vacunas, como, por ejemplo, la alianza entre la Universidad de Oxford y la empresa sueca AstraZeneca, o entre Biontech (una empresa alemana de investigación) y la empresa farmacéutica Pfizer (con base en los Estados Unidos). Estas alianzas son típicamente voluntarias, e involucran inversiones de riesgo sobre futuros resultados que no siempre se concretan (por ejemplo, la vacuna de Biontech/Pfizer no enfrentó los inconvenientes que afectaron a la de Oxford/AstraZeneca o a la desarrollada por Janssen). Luego, las vacunas deben ser aprobadas por las autoridades sanitarias.

La tensión entre interés privado y necesidades sociales es una constante en la discusión económica y social al menos desde el siglo XVIII. Esa tensión afecta a todos los sectores económicos, pero se torna más sensible cuando se trata de la producción

masiva de medicamentos o vacunas, o la prestación de servicios de salud. Sobre el rol del Estado y el de los intereses privados, los países han seguido caminos político-institucionales diferentes; el tema es sumamente amplio y complejo, por lo que aquí solo es mencionado en general; su tratamiento detallado excedería las dimensiones y alcances de este libro.

4.7 La reconstrucción del virus de 1918

Las epidemias y pandemias de gripe o influenza tienen una larga historia (Patterson, 1987; Potter, 2001; Pyle & Patterson, 1984; Pyle, 1986; Webster *et al.*, 2013). Su naturaleza y sus causas eran un misterio hasta bien entrado el siglo XX. La más grave y extensa de esas pandemias, la de 1918-1920, ocurrió antes que se conociera la existencia de los virus, y mucho antes de que los varios virus causantes de alguna variante de la influenza fuesen identificados.

El virus de 1918 aparentemente se extinguió. Después de terminada la pandemia de 1918-1920 (que en algunas regiones duró hasta 1921), no se registraron más casos con similar sintomatología, más allá de la gripe estacional que es común en muchos países. A todas luces, el virus de la pandemia se extinguió una vez agotadas las posibilidades de seguir infectando a otros seres humanos y así poder reproducirse. Cuando se desarrolló el conocimiento sobre los virus, y se determinó que las gripes o *influenzas* son causadas por virus, quedó sin responder la cuestión de cuál virus específico había causado la extensa y letal pandemia de 1918. Esto era importante porque se trataba de una variante mucho más letal, y que podría potencialmente repetirse. En ausencia de muestras de tejidos infectados era aparentemente imposible obtener y examinar muestras del virus, incluso después de la invención del microscopio electrónico y de los avances de la virología a lo largo del siglo XX.

Sin embargo, alrededor del año 2000 ocurrió uno de los más interesantes e inesperados logros de la investigación reciente sobre los virus: se obtuvieron muestras bien conservadas del virus causante de la pandemia de 1918, y con ello se logró la secuenciación de su genoma. Esto en general se reputaba imposible, pues el virus en cuestión había dejado de existir al extinguirse aquella pandemia, lo cual permitía suponer que no podría nunca ser examinado por los científicos del siglo XX o del XXI. Con mayor razón, se pensaba que sería imposible determinar la naturaleza de los agentes infecciosos que habrían causado pandemias de siglos anteriores, como la peste negra del siglo XIV y otras varias catástrofes sanitarias similares (incluyendo varias epidemias de *influenza*). Todos esos descubrimientos, sin embargo, se lograron entre finales de la década de 1990 y el primer decenio del siglo XXI.

Un cementerio inuit. La principal fuente de datos para la reconstrucción del virus de 1918 fue la tumba colectiva donde se enterró en 1918 a 72 de los 80 adultos que vivían

en un pequeño asentamiento en la costa occidental de Alaska, la Misión Brevig (así llamada desde 1969 en honor de Tollef Brevig, el pastor luterano noruego que la había fundado en 1900). Casi todos los muertos de esas fechas pertenecían a la etnia ártica inuit, que en esa época eran conocidos como *esquimales*, un apelativo que los inuit rechazan. Todos habían muerto tras enfermar con los síntomas de la *influenza*, entre el 15 y el 20 de noviembre de 1918, cuando el virus llegó a esa pequeña población, traído probablemente por alguno de los comerciantes que solían visitar el sitio en trineos arrastrados por perros. Todos fueron sepultados en una fosa común.

La tumba colectiva permaneció congelada en permafrost sin ser perturbada hasta 1951, cuando el joven microbiólogo sueco Johan Hultin, que estaba preparando su tesis doctoral en Iowa (Estados Unidos), llegó hasta esa remota población con el aventurado propósito de buscar trazas del virus en los tejidos congelados de las víctimas sepultadas en el pequeño cementerio del lugar. Obtuvo autorización de los ancianos de la tribu para la exhumación, y la subsiguiente excavación permitió obtener fragmentos congelados de los pulmones de cinco víctimas. No se pudo verificar si los órganos estaban efectivamente bien conservados. Después de un largo viaje en avioneta hasta Iowa, en que hubo varios aterrizajes en escalas intermedias, donde parte de las muestras pueden haberse descongelado y/o contaminado, Hultin logró finalmente inyectar parte de los tejidos pulmonares en huevos fecundados de gallina, con el objetivo de lograr que el virus se reprodujese, pero sin éxito. El resto de los cuerpos siguió sepultado en Alaska por medio siglo más.

Muchos años más tarde, Hultin leyó un artículo (Taubenberger *et al.*, 1997) en el que se reportaba la secuenciación parcial del ARN del virus de 1918 a partir de una muestra de tejido pulmonar de un soldado norteamericano que sucumbió a la pandemia en Carolina del Sur el 26 de septiembre de 1918. Las muestras de sus tejidos infectados habían sido conservadas por los médicos que lo atendieron. El equipo dirigido por Jeffery K. Taubenberger, trabajando en un laboratorio de patología de las fuerzas armadas, había logrado secuenciar nueve *fragmentos* de ARN correspondientes a cuatro de los ocho segmentos genéticos del virus que habían sido identificados y aislados en los tejidos preservados de aquel soldado. Hultin, que por entonces tenía 72 años, escribió a Taubenberger refiriendo su experiencia de 1951 en la tumba colectiva de la Misión Brevig. Como resultado de esa carta, ambos acordaron que Hultin regresara a Alaska para completar aquel frustrado propósito. En esta segunda tentativa, Hultin logró exhumar el cadáver completo y totalmente congelado de una joven mujer inuit. Hultin extrajo los pulmones, ambos bien preservados en el hielo que envolvía el cuerpo a dos metros de profundidad, y protegidos adicionalmente por la abundante grasa corporal de la joven (que había sido obesa). Hultin preservó los pulmones congelados en un fluido apropiado para su conservación, y se los envió a Taubenberger por vía aérea. Unos días después, recibió la noticia de que en esas muestras se había identificado material genético del

virus de 1918, más completo y mejor conservado que los fragmentos analizados para el artículo de 1997.

El virus de 1918, descifrado. La metodología seguida por Taubenberger y sus colaboradores se basó en las pruebas PCR (*polymerase chain reaction*) actualmente muy conocidas con motivo de la pandemia de 2020; Taubenberger lo reportó del siguiente modo:

En 1976, el historiador Alfred Crosby (1931-2018) escribió: «Obtener muestras del virus de la influenza española ha sido el sueño de los científicos que trabajaron en la influenza durante más de medio siglo, pero solo algo tan improbable como una cápsula del tiempo podría proporcionarlos» (Crosby, 1976). El desarrollo (en la década de 1980) de la tecnología de reacción en cadena de la polimerasa (PCR) fue un primer paso importante para encontrar esa cápsula del tiempo. La PCR de transcripción inversa (RT-PCR) hizo posible por fin recuperar y secuenciar fragmentos de ARN viral altamente degradados retenidos en tejidos preservados de víctimas de la pandemia de 1918-1919. (Taubenberger, Kash & Morens, 2019)

En 1999 y 2000, aparecieron dos trabajos de Taubenberger y su equipo, incluyendo a Hultin entre los autores, donde se describían los genes de dos importantes proteínas del virus de la *influenza* de 1918: el de la glutinina (Reid *et al.*, 1999) y el de la neuraminidasa (Reid *et al.*, 2000). La glutinina es responsable de ligar el virus con los receptores ubicados en la superficie de una célula, permitiendo así la infección de esa célula; la neuraminidasa se encarga de permitir que los nuevos ejemplares del virus, producidos en el interior de la célula infectada, puedan salir de esa célula e infectar otras células vecinas. Entre ambos, esos genes son los que permiten que el virus penetre en una célula para reproducirse, y que luego su «progenie» se disemine e infecte otras células; como se ve, se trata de dos componentes fundamentales en el proceso de reproducción y diseminación del virus dentro del organismo infectado y eventualmente en otros organismos contagiados. El efecto conjunto de ambos genes fue descrito de modo más general por Taubenberger *et al.* (2001a) y más tarde por Kash *et al.* (2004); miembros del mismo equipo ya habían publicado un resumen de su reconstrucción de las porciones esenciales del virus en la revista *Virology* (Taubenberger, Reid, & Fanning, 2000) y presentaron su metodología en las prestigiosas *Philosophical Transactions* de la Royal Society (Taubenberger *et al.*, 2001b).

Estos primeros hallazgos condujeron más tarde a una secuenciación prácticamente completa del virus de 1918, y ello ha permitido relacionarlo con los virus de otras epidemias o pandemias de enfermedades respiratorias similares, entre otros varios análisis⁹⁰.

⁹⁰ A los trabajos citados se sumaron otros como Basler *et al.* (2001); Reid *et al.* (2001, 2002, 2003, 2004a, 2004b); Taubenberger (2003); Taubenberger & Morens (2006); Taubenberger, Reid, y Fanning (2005); Taubenberger *et al.* (2005); Tumpey *et al.* (2005a, 2005b); Duncan (2006); y Bubnoff (2006). Análisis más recientes de la reconstrucción del virus de 1918, en relación con el nuevo coronavirus causante de la

Ha habido también polémicas. Por ejemplo, Gibbs & Gibbs (2006) se sugirió que el virus de 1918 podría ser de origen aviar; esta hipótesis fue cuestionada por Taubenberger & Morens (2006); años antes, el grupo de Taubenberger, sobre la base del genoma viral reconstruido a partir de las muestras obtenidas en Alaska y en Carolina del Sur, ya había llegado a la conclusión de que el virus de 1918 era del tipo asociado a la influenza *porcina* y no a la aviar (Taubenberger *et al.*, 2000: 241). El programa de investigación sobre el virus de 1918, cuyos protagonistas principales han sido Jeffery Taubenberger y Ann Reid, con numerosos colaboradores, resultó particularmente exitoso y se ha consolidado como un amplio programa de investigación interdisciplinaria e interinstitucional para la reconstrucción de virus del pasado y su comparación con los actuales, lo cual tiene importantes implicaciones para prevenir y superar futuras pandemias.

El virus causante de la pandemia de 1918 resultó pertenecer a un tipo de virus de *influenza* conocido como H1N1, al que también pertenece el virus de la llamada «gripe porcina», que en 2009-2010 alcanzó proporciones de pandemia, y que se vincula con un virus similar que infecta a los cerdos (no se sabe exactamente si el virus porcino saltó a la especie humana, o a la inversa: véase Taubenberger, Reid, & Fanning, 2000, 2005). El análisis «arqueológico» del virus de 1918 se basó en muestras de ese virus obtenidas de cadáveres sepultados en suelos permanentemente congelados (permafrost) en latitudes árticas; asimismo, se usaron algunas muestras provenientes de pacientes de la «gripe española» (principalmente soldados norteamericanos) que fueron previsoriamente preservadas por los médicos intervinientes. También se estudiaron muestras de sangre extraídas en la década de 1930 de algunos sobrevivientes de la «gripe española» de 1918-1920 (Smith, Amdrewes, & Laidlaw, 1933); en esas muestras se encontraron anticuerpos que confirmaron la relación del virus de aquella pandemia con el virus del tipo H1N1 causante de la llamada «gripe porcina» (Taubenberger *et al.*, 2000: 241; Webster *et al.*, 2013: 219, 222-223). Con todos esos materiales, aunque incompletos e imperfectos, se usaron técnicas avanzadas de análisis genético-molecular y de inteligencia artificial que permitieron, casi un siglo después de su extinción, identificar y secuenciar el genoma de aquel mortífero virus que asoló el mundo en 1918-1920.

La identificación del agente causal de la peste negra medieval. En otro logro igualmente notable e inesperado, en el año 2000, un equipo de científicos mayoritariamente franceses identificó la bacteria causante de la «peste negra» del siglo XIV, una gran pandemia (aparentemente originada en la China septentrional) que entre 1347 y 1351 mató un tercio o más de la población europea, y causó cifras igualmente elevadas de muertes en Asia: véanse detalles en Raoult *et al.* (2000, 2013) y Drancourt *et al.* (2007). Hasta el final del siglo XX, no se sabía con certeza cuál había sido la enfermedad que causó la pandemia medieval de «peste negra» o «muerte negra», ni cuál era exactamente el agente

COVID-19, son los de Jordan (2019) y Taubenberger *et al.* (2019).

infeccioso. Los síntomas reportados por cronistas o historiadores apuntaban a la «peste bubónica» o una enfermedad similar. La investigación (que examinó muestras bien conservadas de *pulpa dental* de algunos cadáveres en antiguos cementerios en Francia y Alemania) demostró que la enfermedad detrás de la gran pandemia medieval fue efectivamente la peste bubónica, e identificó la bacteria *Yersinia pestis* (con varios biotipos) como el agente infeccioso de la pandemia del siglo XIV, transportada y difundida por la presencia de esa bacteria en ratas. Para ello, los autores utilizaron una novedosa técnica, el «PCR suicida», que se ha usado también en otros estudios similares. El estudio descartó otras bacterias similares y también descartó otras dos enfermedades bacterianas (el ántrax y el tifus) que habían sido consideradas en algún momento como posibles causantes de aquella enorme y mortífera pandemia que arrasó vastos territorios de Europa y Asia en el siglo XIV.

Dientes del Medioevo y de la Antigüedad. Drancourt *et al.* (2007) identificaron además la particular variante implicada, *Yersinia pestis Orientalis*, no solo en la pandemia medieval sino también en otras similares ocurridas entre los siglos V y VII de la era cristiana, para lo cual lograron examinar el tejido de 64 dientes preservados desde esas épocas. En 2022, en otra investigación basada también en pulpa dental de cadáveres recogidos en Kirguistán (Spyrou *et al.*, 2022), se volvió a secuenciar e identificar el genoma del mismo agente infeccioso. Se estableció también en ese estudio que la peste negra de la Europa medieval se había manifestado primero masivamente en 1337-1338 en Asia Central (sudeste de Kirguistán), y que se originó probablemente en años precedentes en algún sitio de Asia Nordoriental cercano a Mongolia, para luego desplazarse lentamente, llevada por mercaderes o animales por la antigua Ruta de la Seda, hasta llegar a Europa a mediados del siglo XIV.

Paleopatología y PCR suicida. La paleopatología, entendida en términos generales, es el estudio e identificación de las enfermedades o heridas padecidas por individuos cuyos restos esqueléticos o momificados pueden ser analizados con técnicas modernas (Ortner, 1976a, 1976b; Ortner & Putschar, 1981; Ortner *et al.*, 2003). Incluye la datación de los restos con métodos arqueológicos (estratigrafía, carbono 14, registros históricos y otros), y el análisis de muestras de los tejidos adecuadamente preservados (entre los cuales sobresalen los huesos, las médulas óseas y las pulpas dentales). Los métodos disponibles incluyen el análisis genómico, a fin de identificar características genéticas y variantes de los agentes patógenos (o sus anticuerpos) existentes en los restos analizados.

En esta clase de estudios, la técnica principal de investigación utilizada en época reciente consistió en la detección de anticuerpos específicos en las muestras de pulpa dental, usando para ello el método conocido como «PCR suicida». Como se sabe, sobre todo, por la pandemia de 2020, la PCR (*polimerasa chain reaction* o reacción en cadena

de la polimerasa) es un procedimiento para obtener rápidamente millones de copias de una determinada muestra de material genético; el «PCR suicida» se utiliza para verificar si una muestra contiene anticuerpos contra un determinado agente infeccioso. A partir de material genético extraído de restos de pulpa dental u otros tejidos análogos, provenientes de cadáveres datados en determinada época, se usó la técnica PCR para amplificar la muestra apuntando a la posible presencia de segmentos genéticos pertenecientes a la bacteria *Yersinia pestis* (disponible a partir de otras muestras de épocas más recientes) o sus anticuerpos. Pese a que los respectivos cadáveres arqueológicos no mostraban huellas de haber sido víctimas de la «peste negra», la amplificación permitió obtener suficientes muestras en la pulpa dental de 19 dientes extraídos de dos cadáveres exhumados cerca de Montpellier (Francia); el análisis permitió también descartar la posibilidad de que los segmentos proviniesen de una subespecie relacionada, *Yersinia pseudotuberculosis*, ni de las bacterias de ántrax o de tifus (de las que también se sospechaba que habían sido causantes de la peste). Para evitar contaminaciones, cada reacción con PCR se usa una sola vez, en un laboratorio donde nunca ha ingresado antes una muestra de *Yersinia*; tras cada experimento, se descarta el material utilizado, de donde proviene el apelativo «PCR suicida» asignado al procedimiento.

Virus: el fin de la ignorancia. Hace 100 años no se conocían los virus. Actualmente, la virología es una disciplina en plena expansión. Los logros de la «arqueología virológica» identificaron y secuenciaron el virus de 1918 y el de pandemias mucho más antiguas. Junto con la rápida secuenciación del coronavirus SARS-CoV-2 y el subsiguiente desarrollo muy veloz de varias vacunas contra la COVID-19, todo ello constituye una amplia evidencia del progreso alcanzado en solo 100 años en el conocimiento científico de los virus. Otros importantes avances en ese campo después de la pandemia de 1918 han sido, como se ha visto, la invención del microscopio electrónico, que permitió la observación directa de los virus individuales; el descubrimiento en 1953 del código genético corporizado en moléculas de ácidos nucleicos (que condujo al descubrimiento de la estructura genética de los virus, basada en ARN); y el desarrollo de diversas vacunas y medicamentos para la prevención y tratamiento de las enfermedades de origen viral, sobre todo las novedosas vacunas basadas en fragmentos del virus transportados por segmentos de ARN mensajero.

Progresos similares han ocurrido desde 1918 en muchas otras áreas del conocimiento, pero el ejemplo de los virus (un campo en el que se pasó de la total ignorancia a un conocimiento profundo y al desarrollo de soluciones tecnológicas sumamente eficientes) alcanza para percibir en este campo la rapidez explosiva con que crece la ciencia contemporánea. El caso de los virus también expresa prácticamente los frutos del trabajo en equipos interdisciplinarios, otro rasgo central de la actividad científica desarrollado después de 1918 y sobre todo en los últimos decenios.

La mayor parte del avance en el campo de la virología (pese a las intromisiones nacionalistas en el desarrollo y comercialización de vacunas) proviene del profundo cambio ocurrido en la *organización* de la actividad científica durante los últimos 100 años. Esta historia también enseña que, si bien esos cambios organizativos e institucionales están detrás de los principales avances de la ciencia durante los últimos 100 años, esos avances no ocurrieron parejamente en todos los países, y que además siguen enfrentando prejuicios, intromisiones políticas y otros problemas análogos.

En el siguiente capítulo, se examinará el importante pero desigual desarrollo en la organización de la actividad científica en América Latina, que evidencia muchos avances y también algunos importantes retrasos en ese proceso de transformación.

Segunda parte: La ciencia en América Latina

5. Investigación y universidad en América Latina

5.1 Avances parciales y retraso relativo

En varios países latinoamericanos, el avance científico ha sido muy importante, incluyendo varios Premios Nobel de ciencias, el desarrollo exitoso de varias nuevas tecnologías en diversos campos, y el desarrollo de líneas de investigación y desarrollo en campos muy avanzados. Por ejemplo, la producción y exportación de reactores nucleares, el desarrollo de cultivos genéticamente modificados, la clonación de varias especies vegetales y animales, o el desarrollo de nuevas técnicas de cirugía neurológica y cardiovascular, como el *bypass* coronario, entre otros varios logros comparables.

Junto con tales avances muy destacables, en algunos países latinoamericanos las universidades (y también la educación primaria y secundaria) no han realizado enteramente la profunda transformación en la organización de la actividad científica y educativa ocurrida en el mundo a lo largo del último siglo, ni se han concretado sus necesarias repercusiones en el sistema educativo. Esos problemas varían fuertemente entre los distintos países de la región; en general, han tenido algún grado de implementación, y ha venido aumentando la formación de científicos latinoamericanos en países desarrollados, y la participación de científicos de la región (residentes o emigrados) en los programas científicos más importantes del mundo; el efecto de tales procesos es desigual, parcial y afectado por un fuerte retraso respecto a los países desarrollados. La educación superior sigue siendo en muchos países un sistema de transmisión de conocimientos, pasivamente absorbidos por los estudiantes, con planes de estudio rígidos basados en el dictado de cursos enciclopédicos, con escasa presencia de actividades de indagación o investigación (sea en las universidades o en la educación primaria y secundaria). La coordinación e integración entre enseñanza e investigación no es un fenómeno generalizado, aunque está presente en varios países y en diversas facultades de muchas universidades de la región.

Un signo del divorcio o independencia entre investigación y enseñanza es el hecho de que en varios países latinoamericanos las universidades tienen organismos de gestión completamente separados para la investigación y para la enseñanza, por ejemplo, dos vicerrectores, uno «de investigación» y otro «académico» (que se ocupa de la organización de la enseñanza). Esa división de tareas no sería necesaria en países donde la formación de investigadores y la práctica de la investigación por los estudiantes de grado y posgrado son parte integral de la enseñanza, y donde los profesores son necesariamente investigadores y también mentores de sus estudiantes en cuanto a investigación. En tales circunstancias, cuando existen oficinas y funcionarios responsables separadamente de actividades de investigación o de enseñanza, ellos tienen responsabilidades muy acotadas y de tipo operativo (por ejemplo, una oficina encargada de conseguir o administrar fondos para investigación, u otra oficina encargada de la programación de los cursos y la coordinación de sus horarios, sin afectar la integración entre enseñanza e investigación).

La actividad principal de los profesores latinoamericanos, en muchos países y disciplinas, no es investigar sino enseñar, como ocurría con la mayoría de los catedráticos alemanes a comienzos del siglo XX. La norma *«publish or perish»* no tiene la misma fuerza que en otras latitudes, y mucho menos la exigencia de publicar específicamente en revistas internacionales reconocidas y con alto factor de impacto. Muchos profesores no tienen tiempo para la investigación, pues deben dictar varios cursos en paralelo, y ello absorbe la mayor parte de sus horas semanales de trabajo, sobre todo si se considera el tiempo necesario para la preparación de clases, las consultas de los alumnos y la evaluación de exámenes.

En las grandes ciudades latinoamericanas, donde coexisten varias universidades, es frecuente ver además al mismo profesor trabajando «por horas» en diferentes universidades, donde suele tener responsabilidades vinculadas solo a la docencia; además, muchos profesores solo dictan unas pocas horas de clase en la universidad mientras dedican la mayor parte de su tiempo al trabajo profesional privado no académico, separadamente de sus cargos universitarios, sin realizar investigación en ninguno de sus puestos de trabajo.

Formación profesional y formación científica. Las universidades latinoamericanas forman no solo en carreras eminentemente científicas, sino en muchas carreras dirigidas principalmente al ejercicio de una profesión fuera del ámbito académico. En estos casos, la formación profesional incluye la aprobación de cursos y la realización de prácticas profesionales, por ejemplo, bajo la modalidad de pasantías en empresas o instituciones relevantes para la profesión. Variantes de esta modalidad se aplican en muchas ingenierías, y a otras carreras «prácticas» como la administración de empresas, la abogacía, la medicina, la contabilidad. En muchos casos, la «tesis de grado» se reemplaza por una memoria de las prácticas realizadas. Cada una de esas profesiones prácticas tiene actual-

mente una base científica, pero suele entenderse que los graduados no necesariamente han de dedicarse a la investigación, es decir, a la ampliación del conocimiento científico relevante para su profesión, sino solamente a la prestación de servicios profesionales. Sin embargo, la rapidez del desarrollo científico y tecnológico en la actualidad (y en el futuro previsible) implica que a los nuevos profesionales no les será posible ejercer competitivamente su profesión por mera aplicación del conocimiento que les fue transmitido en la universidad durante sus estudios de grado: habrá nuevos conocimientos que se encarnarán en la literatura científica relevante, y habrá problemas nuevos que será necesario investigar para poder resolverlos. También hará falta una actualización permanente, que al menos permita seguir y entender los avances científicos relevantes para el ejercicio de la profesión, y tener la capacidad de aplicarlos en el ejercicio profesional.

La actualización profesional permanente implica la capacidad de entender el nuevo conocimiento científico que se desarrollará durante varias décadas después de su graduación. En muchos casos, ello conduce a realizar estudios formales de posgrado, y a adquirir en ellos la capacidad para entender los avances presentes y futuros de la ciencia y para poder aplicarlos de manera rigurosa. La adquisición de esa capacidad, a su vez, no puede ser puramente teórica: se requiere la familiaridad con la literatura científica, sus problemáticas, sus métodos, sus formas de comunicación, y sobre todo se requiere la adquisición de una capacidad de pensamiento crítico. Una maestría, por ejemplo, implica la producción de una tesis que debe seguir protocolos científicos, aun cuando su núcleo principal sea el informe analítico sobre una experiencia práctica: tanto el análisis como las conclusiones y recomendaciones deberán basarse en el estado actual de las respectivas disciplinas científicas, críticamente analizadas, y volcadas a un informe que respete ciertas reglas formales de la comunicación técnica y científica.

Como resultado de ese divorcio entre investigación y docencia, y de que muchos profesores simplemente no investiguen, las habilidades concretas adquiridas por los alumnos en su proceso educativo no son principalmente las de indagar o investigar, sino estudiar ciertos contenidos y rendir exámenes, es decir, unas habilidades que rara vez necesitarán en el resto de sus vidas. Las prácticas profesionales en muchos casos son un requisito formal que se cumple con alguna pasantía en una empresa o institución, pero esa experiencia a menudo se concreta en actividades operativas subalternas, que no permiten una formación práctica más completa, que prepare efectivamente a cada estudiante para las tareas que deberá desempeñar en el futuro como profesional.

En muchos países, por otra parte, la graduación profesional tiene como requisito realizar y aprobar una tesis de grado, la cual usualmente tiene las características de un trabajo científico, para el cual los estudiantes reciben escasa formación teórica y práctica. Por ello, a los estudiantes les resulta difícil definir y completar sus tesis de grado, y lo mismo ocurre con las tesis de posgrado, pues para ello deben usar otras habilidades (plantear problemas e investigar) que nunca enfrentaron antes, y para las cuales no han

sido preparados en modo adecuado, teórica y prácticamente, durante el largo tiempo que ello exigiría.

La educación indagativa y experimental en los niveles primario y secundario. Pese a muchas recomendaciones de pedagogos y otros especialistas, y a la existencia de muchas escuelas exitosas que aplican esas recomendaciones, en general la educación primaria y secundaria de América Latina todavía sigue en gran parte basada en la transmisión del conocimiento preexistente, impartido por los docentes y recibido por los estudiantes. En casi toda la región, los jóvenes llegan a la universidad sin haber adquirido capacidades básicas para la indagación y la experimentación, para el pensamiento crítico y el afrontamiento y solución de problemas; muchas veces cursan y completan sus estudios universitarios sin desarrollar ni practicar esas capacidades.

En diversos países se han empezado a aplicar métodos pedagógicos ligados a experiencias y proyectos, desde la escuela primaria y más especialmente en la secundaria. Este enfoque (*project-based learning* o aprendizaje basado en proyectos) implica la dedicación de los estudiantes a «proyectos» sobre temas diversos, y esto a su vez requiere una reducción de la carga horaria de los cursos instruccionales. Los profesores de distintas disciplinas, en este enfoque, no pretenden enseñar todos los temas sino solo los básicos, y organizar el estudio de muchos temas cuando estos son afrontados como proyectos prácticos de los estudiantes. Los profesores participan en esas actividades indagativas prestando asesoramiento a los estudiantes para la realización de sus proyectos, sin por ello dictar un curso sistemático. En la era de la información, esos conocimientos específicos pueden ser adquiridos directamente en la internet, sin necesidad de aprender (y memorizar) grandes masas de información, como era usual en épocas pretéritas.

Educación vertical, educación horizontal. La persistencia de los esquemas tradicionales de enseñanza tiende a perpetuar en la universidad una relación educativa unidireccional (del profesor al estudiante) similar a la que caracterizaba a los «barones de cátedra» que imponían sus reglas autoritarias en las universidades europeas hasta principios del siglo XX. Ese es el tipo de relación educativa que Weber deploraba en 1919. La indagación y el cuestionamiento son, a veces, desalentados; en algunos casos extremos, apartarse de lo que enseña el profesor puede ser considerado como un signo de insolencia o rebeldía; exhibir conocimientos que el profesor ignora o no ha enseñado, o formular interrogantes incómodos, puede ser visto casi como una ofensa. Las ideas o soluciones erróneas que surgen inevitablemente en un proceso cognitivo de tipo experimental no son vistas como oportunidades positivas para detectar fallas en métodos o razonamientos y para la reformulación de los enfoques o métodos utilizados, sino como base para no aprobar los requisitos pedagógicos a los que esa tarea práctica está ligada.

En décadas recientes, se han dado pasos, aún parciales e incompletos, y no en todos los países, hacia una mayor presencia del debate académico y de la investigación en las uni-

versidades, mediante el fomento de la actividad científica de los profesores, y la promoción de sistemas pedagógicos que no siguen la antigua tradición de las clases magistrales.

Las secciones siguientes exploran algunos de los problemas que se pueden detectar en la organización de la actividad científica en diversas universidades de América Latina.

5.2 La investigación como actividad y como requisito formal

La situación que se describe en los párrafos precedentes ya no es, por fortuna, una situación universal, sea en América Latina o en otras regiones y países en desarrollo. Pese a muchas limitaciones, el influjo del desarrollo científico y tecnológico internacional ha llegado a todas partes. Es así como al menos las normas formales comienzan a exigir legalmente que todas las universidades fomenten la investigación, y que sus profesores, o al menos un cierto porcentaje de ellos, tengan títulos doctorales, dediquen una porción significativa de su trabajo a actividades de investigación, y publiquen regularmente sus aportes en revistas científicas reconocidas.

El requisito formal de investigar, sin embargo, solo puede ser esperable cuando se trata de profesores de tiempo completo, y aún ocurre (lamentablemente) que una proporción apreciable de los docentes tiene una *dedicación horaria limitada*, que solo cubre el dictado de clases; muchos reparten su actividad docente entre varias universidades, sin funciones de investigación, o dedican la mayor parte de su tiempo al ejercicio de su profesión en el sector público o en el privado, en actividades que en la mayor parte de los casos no implican investigación. Por otro lado, una parte de los profesores de tiempo completo tienen una *excesiva carga docente*, que no les deja tiempo para la investigación, la que –por otra parte– en muchos casos no cuenta con financiación suficiente. Una parte (decreciente pero importante) de los profesores tampoco han completado una educación de posgrado, sobre todo doctoral, en la cual habrían tenido que hacer investigación, aunque sea solo para llevar a buen término sus tesis.

Un factor positivo, presente en muchos países latinoamericanos, es la existencia de actividades de investigación en centros privados de investigación (muchos de los cuales reciben financiación internacional y participan en proyectos colaborativos con entidades del exterior). Esos centros pueden ser instituciones autónomas, o bien pueden estar integrados en universidades privadas, cuya mayor elasticidad institucional permite una mayor cuota de innovación. También se suele hacer investigación fuera de la universidad en organizaciones como los Institutos Nacionales de Estadística, las agencias públicas de experimentación agrícola, las empresas tecnológicas, algunas organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro, y otras entidades no universitarias en que la investigación es usual, esperada e incentivada, aunque esas entidades no intervengan directamente en la formación de investigadores.

Otro factor positivo es que el mercado laboral de los profesionales (fuera del mundo académico) exige cada vez más frecuentemente ciertos estudios o títulos de posgrado

para acceder a cargos directivos o a funciones técnicamente demandantes, y así las carreras universitarias clásicas (que llevaban y aún llevan solo a un bachillerato superior o a una licenciatura) ya no son suficientes para lograr éxito profesional o académico. Esto genera una fuerte demanda de estudios de posgrado por parte de profesionales que necesitan esos estudios para progresar en su desempeño profesional, aunque no pretendan convertirse en investigadores. En varios países hay normas legales que establecen que todos o la mayoría de los profesores universitarios deben poseer un título doctoral. Asimismo, los títulos de posgrado a menudo aparecen como requisito para quienes aspiran a determinados cargos en empresas privadas o en instituciones públicas. Esa exigencia también genera una demanda no solo de maestrías sino también títulos doctorales, la que en parte proviene de profesionales de mediana edad que hicieron sus estudios de grado muchos años antes, y que quizá no recibieron formación en investigación científica ni realizaron investigaciones durante sus años de ejercicio profesional.

En forma similar, como parte de este proceso de modernización de la enseñanza superior, los principios que rigen las políticas educativas en diversos países suelen establecer que la universidad *debe* investigar, y como consecuencia los profesores *deben* ser también investigadores. Ello suele traducirse en normas legales que *exigen* títulos doctorales a los profesores, aun a los que ya ocupaban el cargo desde años antes, y además los *obligan* a investigar y a publicar para conservar sus cargos o ascender de categoría. Esta tendencia ha sido en los últimos decenios toda una novedad en el mundo de las universidades «latinas», incluyendo en esta categoría también las de España, Italia y otras, sobre todo en la parte meridional del Viejo Mundo, junto con las de varios países de América Latina. En la práctica, sin embargo, en muchas universidades de América Latina una alta proporción de los profesores no son doctores, y muchas de las publicaciones que realizan son libros de texto o artículos de divulgación.

En los países donde la investigación es una tarea prioritaria y habitual de los profesores no hay para ello necesariamente una obligación legal, sino un sistema de incentivos formales o informales a partir de los cuales los profesores se embarcan de todas maneras en actividades de investigación, principalmente por su propio interés en impulsar sus carreras sobre la base de sus logros científicos. Esto suele abarcar disciplinas en las que la investigación podría no parecer esencial, como es el caso de los contadores, los abogados, los enfermeros o los farmacéuticos. Si bien en América Latina las publicaciones científicamente válidas en esos campos son escasas y no exigibles, en los países desarrollados todos los profesores que intervienen en la formación de esos profesionales también tienen que «publicar o perecer», y por ello existe una corriente de investigaciones en esas disciplinas, publicada en una variedad de revistas especializadas en esos campos de estudio. Esa exigencia, por otra parte, los educa para la indagación en sus propias disciplinas, para la actualización permanente de sus conocimientos, y para la comunicación formalizada acerca de sus investigaciones.

Un tercer factor positivo es que en las economías latinoamericanas se incrementa la demanda (pública o privada) de personal con suficiente formación para poder entender el trasfondo científico y tecnológico de los servicios que prestan o los bienes que producen. Una buena formación científica o tecnológica comienza a ser un requisito para muchos cargos profesionales en instituciones públicas o empresas privadas, pues de otro modo quienes ocupan esos cargos no podrían desempeñar las funciones (medias o altas) para las cuales son contratados por esas organizaciones. En esta clase de demanda no se trata solo de un requisito formal (que se satisface con la mera presentación de un diploma o certificado legalmente válido, sin importar la calidad de la formación recibida), pues la entidad contratante suele tener un interés vital en que su personal tenga efectivamente una formación de alta calidad, que permita un desempeño eficiente y competitivo en los cargos que ocupen.

De todas maneras, por una conjunción de estos y otros factores, el requerimiento formal de que los profesores universitarios (y también los estudiantes, sobre todo los de posgrado) hagan investigación y se formen para ello tiende a ser cada vez más generalizado, como una obligación que se considera inescapable; pero también es cierto que en muchos casos (en América Latina) la exigencia es puramente formal. Lamentablemente, esto es más frecuente en el sector público que en el privado, aunque en varios países haya instituciones académicas privadas que pueden operar sin atender requisitos de excelencia. El requisito formal de hacer investigación hace que muchos funcionarios o profesores que no tienen «la ciencia como vocación» se encuentran en la incómoda situación de tener que obtener un título doctoral en su edad madura, o de hacer investigación obligatoriamente como exigencia de sus estudios de posgrado o de sus cargos docentes, pese a no haberse formado ni preparado para la actividad científica.

Muchos simplemente no investigan. «Publicar o perecer» no es necesariamente un mandato inescapable: se puede sobrevivir en muchos sectores del mundo académico latinoamericano sin investigar ni publicar, o realizando solo algunas investigaciones artesanales que casi nunca generan artículos publicables en revistas científicas con proyección internacional y con exigentes sistemas de *peer review*. Donde existe la obligación de publicar, ella frecuentemente puede ser formalmente cumplida con publicaciones que no constituyen comunicación científica en sentido estricto, por ejemplo, mediante artículos de divulgación periodística, o publicaciones en revistas locales carentes de un sistema de *peer review*.

En algunos países existe una categoría especial de personal científico, como los investigadores vinculados a los consejos nacionales de investigación similares al CNRS de Francia, el CNR de Italia, el CSIC de España, el CNPq de Brasil o el Conicet de la Argentina. Los investigadores de esas categorías especiales pueden ser o no ser profesores universitarios. En algunos países, ellos reciben una remuneración específica *como investigadores*; trabajan en institutos especializados de investigación (dentro o fuera de las

universidades), y siguen una «carrera» como investigadores, desde los becarios iniciales hasta los investigadores principales y los eméritos. Esa élite de investigadores suele ser muy competitiva y exigente, y la mayor parte de los participantes están relacionados con instituciones académicas del mundo desarrollado, o participan en programas de alcance internacional.

Muchas instituciones como las citadas, y también algunas instituciones no académicas, sean privadas o de cooperación internacional, financian investigaciones en las universidades y en diversos centros o institutos; tienen además programas de becas para la formación de investigadores jóvenes en programas de grado (licenciaturas) o de posgrado (maestría, doctorado o nivel postdoctoral), y disponen de fondos de origen nacional o internacional para otorgar una remuneración adicional a los investigadores y para financiar proyectos que consideren prioritarios y con alta calidad. Todo esto contribuye a fortalecer el sistema científico de los países involucrados.

Sin embargo, los integrantes de esas élites de investigadores a tiempo completo suelen ser una minoría. Una buena parte del resto de los profesores no hacen investigación, o la hacen de modo artesanal; muchos no han alcanzado el grado doctoral, y pocos tienen experiencia o formación teórico-práctica para la actividad científica, la cual debe incluir no solo la capacidad para realizar la investigación propiamente dicha sino también las capacidades necesarias para la comunicación de resultados en revistas académicas con un sistema riguroso de *peer review*. Dada la estructura actual de la comunicación científica, ello implica por lo general la capacidad de escribir en inglés. Todas esas capacidades deben ser obtenidas en forma práctica y experimental, durante años de educación, la cual no debe ser memorística sino de carácter indagativo y práctico, todo lo cual en muchos casos no es factible, no ha ocurrido y quizá no ocurrirá fácilmente en el futuro inmediato.

5.3 La tesis como obstáculo

Como se ha intentado mostrar en la sección 5.2, la obligación legal de hacer investigación tiene poco efecto práctico, como lo tendría una ley por la cual se estableciese que todos los profesores de música deban ser compositores reconocidos. Si alguien no ha sido formado como investigador, ni tiene la «vocación» de serlo en el sentido weberiano, tampoco podrá improvisarse como tal. Quizá apruebe los cursos de una maestría o doctorado, pero chocará con un obstáculo: la obligación de hacer una tesis, que a su vez implica algo que nunca aprendió ni practicó: *investigar*, plantear *problemas* y formular *preguntas* (e intentar darles *respuestas novedosas*) en vez de memorizar o repetir *respuestas preexistentes*; *producir* conocimiento en vez de *aprenderlo*. Así, **la tesis se convierte en un obstáculo**, y suele ser el principal factor que impide a muchos terminar sus estudios de grado o de posgrado. En muchos casos, las tasas de graduación en programas de doctorado suelen ser muy bajas en América Latina, en el orden del 10%,

aun cuando se considere para ello un plazo de tres o cuatro años después de completar los cursos. Por ello se vuelven necesarios los textos sobre *cómo hacer una tesis*, como el de Umberto Eco (2007): publicado originalmente en la década de 1970, da consejos prácticos a los estudiantes (italianos) de ciencias sociales y humanidades, a partir de problemas frecuentes para la preparación de las tesis. El libro de Eco es muy anterior a la revolución tecnológico-digital en cuanto a la información y redacción científica, y eso le resta alguna relevancia actual, pero sigue siendo acertado en la identificación de los problemas involucrados.

El retraso en la terminación de las tesis es algo que ocurre también, aunque con menor frecuencia y más breve retraso, en los países desarrollados, aun cuando en esos países se dedique mucho esfuerzo pedagógico y práctico para que los estudiantes aprendan a investigar y a poner por escrito sus proyectos y sus resultados (Delamont & Atkinson, 2001; Carlino, 2005b). En diversos países, y particularmente en ciencias naturales, muchos inconvenientes derivan de las dificultades prácticas encontradas por los estudiantes (especialmente en ciertas universidades) para realizar sus experimentos de laboratorio o sus trabajos de campo, a veces como efecto de una inadecuada supervisión. En América Latina, el problema se multiplica; se añaden a todo aquello la deficiente capacidad de los estudiantes para planear y escribir sus tesis y otros documentos expositivos vinculados a la investigación, las dificultades para encontrar un buen tutor de la tesis, y la falta de recursos económicos para realizar la tesis. En la región latinoamericana, donde es menor la formación en investigación, donde incluso la supervisión de las tesis suele ser más escasa e insuficiente, y donde además la realidad social y ocupacional de los estudiantes plantea inconvenientes adicionales, las dificultades para completar las tesis se multiplican y se extienden por más tiempo, hasta que muchos abandonan los estudios.

Además de que muchos profesores no tienen la investigación como una de sus actividades permanentes y más importantes, la situación es aún peor entre los estudiantes, sobre todo los de posgrado, muchos de los cuales ya son profesores o profesionales con varios años de experiencia. Desde la escuela primaria, su proceso formativo ha consistido principalmente en la absorción de conocimiento preexistente, transmitido por los profesores y manifestado luego en los exámenes. Si bien en algunas profesiones (como la medicina) se incluye una fase de enseñanza práctica, con pacientes reales en hospitales, ello se centra en la actividad profesional y no tanto en investigación. En general, los graduados de muchas disciplinas no están preparados para la investigación, es decir, para producir conocimiento novedoso. Su formación no suele incluir su participación activa en procesos de investigación.

Algo similar ocurre con la comunicación científica. A muchos estudiantes se les pide a lo largo de sus estudios que escriban monografías como parte de los cursos o seminarios en que participan, o se les exige que sigan algún curso de metodología de la investigación, sobre todo como preparación para la tesis. Para la mayoría, sin embargo,

las principales actividades que practican durante sus estudios primarios, secundarios y universitarios son las de asistir a clase, estudiar y rendir exámenes. Si en su formación universitaria no reciben adecuada formación práctica e inmersiva en investigación y comunicación científica, ello tiene luego consecuencias no solo al tener que hacer su tesis, sino en su vida profesional. Ello afecta no solo a quienes escogen embarcarse en una carrera de investigación, sino también a quienes escogen en cambio el ejercicio de su profesión fuera del ámbito académico.

En efecto, en su trabajo profesional (en la universidad, el gobierno, las empresas o el ejercicio profesional privado) tendrán que enfrentar tareas *prácticas* muy similares a la investigación, aunque solo sea para resolver los casos y problemas inesperados que deberán afrontar. Esas tareas incluyen las de *formular o reformular los interrogantes o problemas, y afrontarlos o resolverlos racionalmente* mediante la *lógica* y la *evidencia empírica*. También tendrán la necesidad de leer y comprender la literatura científica sobre los temas de su trabajo. Esto se aplica no solo a la investigación académica, sino también a las tareas profesionales en disciplinas que experimentan un rápido progreso científico y tecnológico. Aunque solo sea para *entender* las bases científicas de su labor, los profesionales tienen que permanecer actualizados en su disciplina, y saber cómo funciona la ciencia y cómo avanza la investigación científica en ese campo, lo cual implica familiaridad con las formas de comunicación científica empleadas para ello (que en su mayoría están escritas en inglés). En un mundo en rápida transformación tecnológica, los problemas profesionales cotidianos implican leer y escribir informes técnicos, elaborar propuestas originales sobre los problemas encarados, y a veces diseñar soluciones prácticas novedosas. Esto será difícil sin una formación práctica en investigación y comunicación. Por ello, la formación en investigación y comunicación científica se vuelve cada vez más esencial para la vida profesional, incluso en esferas ajenas al mundo académico.

Al llegar a la tesis, los estudiantes de posgrado enfrentan graves limitaciones. Así como los escritores suelen enfrentar un «bloqueo de la página en blanco», muchos estudiantes de posgrado enfrentan un «bloqueo de la tesis», que les impide culminar con éxito sus estudios de posgrado. Les cuesta elegir o delinear el tema de su tesis, y luego no saben cómo desarrollarla por su *defectuosa formación en investigación* y por la *carencia de un ambiente científico adecuado* en la universidad donde estudian. Posteriormente, aun cuando realicen la investigación requerida por su tesis, la *falta de capacidad para la comunicación científica* es otro factor que incide en ese problema.

Una universidad que no está focalizada en la investigación no puede ayudarlos en esos aspectos. El estudiante de posgrado se ve frecuentemente rodeado de profesores que en su mayoría no hacen investigación, o que (si la hacen) no forman para ello equipos o grupos donde puedan participar los estudiantes de posgrado, ni están familiarizados con el arte de la comunicación científica. En consecuencia, los estudiantes eligen sus temas de tesis de manera solitaria y sin mucha información previa, luego buscan algún

profesor que oficie de tutor o director de esa tesis, y por último deben todavía enfrentar sus propias limitaciones en cuanto a la comunicación. El profesor elegido como director de la tesis, frecuentemente, no es un investigador habitual, o (si lo es) se dedica a temas y problemas que (probablemente) no guardan relación con los temas elegidos espontáneamente por los estudiantes, y también puede tener limitaciones para la redacción de escritos expositivos que expongan sus resultados y que puedan ser publicados en revistas académicas reconocidas; véase, por ejemplo, el informe de Romo Morales (2021) sobre la problemática relación de los estudiantes de posgrado con su director de tesis, en el caso específico de los estudios en Educación en México. Para el típico profesor latinoamericano, la dirección de una tesis es una tarea usualmente ajena a sus temas de interés, y una carga extra de trabajo que no enriquece ni su investigación ni su labor docente.

El resultado es que las tesis a menudo no reciben adecuado asesoramiento o supervisión, y se deben realizar prácticamente como una actividad solitaria. No es extraño, por todo ello, que completar la tesis sea el *scollo principal para la graduación en programas de magíster o de doctorado*, sobre todo si se pretende un alto nivel académico en esos ciclos de posgrado. Solo una pequeña fracción de los alumnos de posgrado aprueba su tesis y se gradúa en los tiempos previstos; unos cuantos se gradúan con retraso, y una elevada proporción, a veces la mayoría, abandona el posgrado sin obtener el título final. En general, sus tesis –cuando son realizadas– son trabajos aislados, realizados con escaso asesoramiento, no integrados en programas de investigación más amplios en los que el estudiante haya participado, y en los que participe también el director de la tesis.

En América Latina, la elección del tema de tesis generalmente *precede* a la familiarización con el estado del conocimiento científico en el respectivo campo temático; se elige el tema sin tener cabal conocimiento de los problemas que efectivamente se discuten en ese campo, ni las formas en que esos problemas están siendo afrontados. Esto debería ser al revés: primero hay que ser conocedor del tema y su problemática, y así *descubrir problemas* que valga la pena investigar. Se investiga sobre problemas que surgen en áreas temáticas ya exploradas o conocidas. Muchas veces no se distingue con claridad entre el *estudio* de un tema y la *investigación* sobre ese mismo tema (Maletta, 2019: 423-425; Maletta, 2009: 108-109). La investigación requiere ser de antemano un *buen conocedor del área temática*, y por lo tanto presupone el *estudio* de ese campo, a fin de estar familiarizado con él *antes* de elegir un tema de tesis relacionado con ese campo del conocimiento. Sobre áreas poco conocidas, en efecto, lo primero es *estudiarlas*. Solo se puede investigar en un campo temático previamente conocido. Esa es la distinción fundamental entre dos procesos cognoscitivos netamente diferentes: el *estudio* y la *investigación*.

Para tener un adecuado conocimiento previo sobre un tema, su problemática y sus debates recientes o actuales, no basta con algunas lecturas: es necesaria una inmersión previa en ese tema, es decir la adquisición *práctica* de conocimientos teóricos, habilidades metodológicas y experiencias en investigación que permitan conocer el estado actual

de ese campo de estudio, y a partir de ello definir el *problema* que la tesis ha de afrontar. Ese problema debe ser efectivamente un *problema* para una teoría o programa científico o tecnológico. No basta con que sea un «problema social», pues muchos problemas sociales ya han sido investigados acabadamente y solo se justificaría estudiar algún aspecto que realmente sea un problema cuya solución se requiere para entender o resolver el problema social en cuestión.

Tampoco basta con elegir un «tema» para la tesis, incrustarle *a posteriori* un «marco teórico» y formular unas «hipótesis» que a menudo no son inferencias lógicas derivadas del marco teórico. Las tesis deben afrontar algún *problema* científico o tecnológico, identificable en el marco de un determinado programa científico (o paradigma, o teoría); las hipótesis interesantes, como lo señalaba Popper (1962a), no son meros enunciados caprichosos, sino *consecuencias observables que se desprenden lógicamente de una teoría*, y que son *empíricamente contrastables*. Su eventual refutación empírica exigiría una *reformulación o superación* de la teoría de la cual aquellas hipótesis son una consecuencia lógica observable. No se puede definir un plan para una tesis sin previa familiaridad *conceptual y práctica* con el programa científico en que se puede encuadrar y formular el *problema* que se pretende afrontar. Lamentablemente, la preparación educativa recibida en las universidades usualmente no incluye la inserción de los estudiantes en programas de investigación, a partir de los cuales se pueda identificar la problemática de esos programas, y elegir así un «problema de tesis» interesante. El estudiante es dejado a sus propios arbitrios para buscar y elegir un «tema» (usualmente no un «problema»), sobre el cual generalmente tiene poco conocimiento o experiencia. Solo con un enfoque diferente *de la educación universitaria* (donde se integre orgánicamente a los estudiantes en la práctica de la investigación) se podría lograr que la tesis no siga siendo un obstáculo, muchas veces insalvable, en los estudios de posgrado.

5.4 Persistencia de la investigación artesanal

Si bien el «modelo norteamericano» (Weber, 1979) se ha ido extendiendo por el mundo, aún subsisten muchos elementos del esquema tradicional, incluso en algunos países de Europa, y particularmente en América Latina. La universidad a menudo proporciona solo *enseñanza*, es decir, transmisión de conocimientos preexistentes, con escaso énfasis, dentro de las actividades regulares de esas universidades, en la investigación misma y en la formación de profesionales capaces de indagar e investigar en su futura vida profesional. Una pretensión legal de que los profesores sean doctores y realicen investigación (como se ha venido exigiendo en diversos países de América Latina) choca con varios obstáculos prácticos.

Muchos profesores se desempeñan sin doctorado y se ven presionados para adquirir un grado doctoral; a menudo intentan obtenerlo en universidades que no exigen alta calidad en las tesis doctorales; de este modo, los nuevos doctores no tendrán realmente

capacitación práctica para una labor científica de excelencia, y probablemente seguirán aplicando un modelo tradicional de enseñanza. Muchos docentes dedican apenas una fracción de su tiempo a la universidad; el resto del tiempo lo dedican a su labor profesional, y no están dispuestos a volverse profesores e investigadores de tiempo completo. Además, muchos de los que dedican todo su tiempo a los cargos académicos reparten ese tiempo entre dos o más universidades en las que solo dictan clases en uno, dos o más cursos. Con una población estudiantil cada vez más grande, y con presupuestos escasos, muchas universidades tienen insuficientes recursos para la investigación o para que muchos profesores sean de tiempo completo y puedan dedicar una parte significativa de su tiempo a la investigación. En muchos países no existen instituciones oficiales de fomento de la investigación, o (si existen) tienen recursos muy limitados. No son abundantes los programas de investigación colaborativos con otras universidades del mismo país o del exterior.

Como resultado, muchos profesores (aunque sean de tiempo completo) no dedican mucho esfuerzo a la investigación, ni logran una productividad significativa en esa labor. Con una elevada carga docente y una crónica escasez de recursos, solo pueden aspirar a la realización de investigaciones «artesanales», a publicar sus trabajos en revistas no reconocidas internacionalmente, o a publicar solo artículos de divulgación en periódicos destinados a un público no especializado. La formación e implementación de programas de investigación de amplio alcance tampoco es la regla general. Como consecuencia de todo ello, las maestrías y doctorados en su mayoría (excepto en algunas de las ciencias naturales) carecen de una estructura organizada de investigación, donde los estudiantes puedan integrarse a grupos de trabajo para formarse como investigadores, y así afrontar exitosamente su tesis y su ulterior vida profesional.

Por lo general, las tesis de los estudiantes de maestría o de doctorado son proyectos individuales que se plantean y se realizan en forma *desconectada*: sin conexión con otras tesis que se estén desarrollando al mismo tiempo; sin conexión directa con la enseñanza; sin conexión con programas de investigación que existan (si es que existen) en la universidad, y muchas veces sin conexión siquiera con las investigaciones que estén llevando a cabo los directores de las tesis (si es que estos realizan efectivamente alguna investigación) u otros estudiantes del mismo doctorado. En muchas disciplinas, las investigaciones de los profesores son también individuales y artesanales, aun las que cuentan con algún subsidio externo; muchas solo son proyectos de corto plazo, y no forman parte de un programa de más largo alcance. También es poco frecuente que los proyectos o programas estén a cargo de un grupo de trabajo, ya sea en la misma institución o con investigadores de otras instituciones: la mayoría son proyectos aislados, aunque reflejen a lo largo del tiempo una cierta «línea de investigación».

Corregir esa situación requiere adoptar una *organización de la investigación* que refleje la complejidad que tienen las actividades de investigación en la producción científica

contemporánea, y que considere como parte integral de la formación de grado y de posgrado la participación de los estudiantes en programas de investigación multipersonales, y quizá también interdisciplinarios e interinstitucionales. Lograrlo requiere un *enfoque superador* que permita trascender de la situación actual hacia modelos que se aproximen a la práctica contemporánea, o al menos a los que hace un siglo recomendaban Weber y Dewey, y hace medio siglo, Merton o Price. Esto tendrá como primer resultado un incremento en la *producción científica de la universidad* (bajo la forma de artículos publicados en revistas reconocidas, por autores afiliados a cada casa de estudios), y también un impacto visible en la *tasa de graduación* de los posgrados, así como en su *calidad científica y académica*.

5.5 Insuficiencias en la comunicación científica

Se ha visto en la sección 2.11.3 que la formación impartida en lengua española sobre comunicación científica exhibe insuficiencias en comparación con los principios que guían esa formación en otros países, principalmente los anglófonos. Como correlato existe una insuficiente práctica de ese tipo de comunicación durante los estudios de grado y posgrado. La incapacidad para completar las tesis es el principal obstáculo para la graduación en los estudios de posgrado. Esa dificultad en parte se debe a la *insuficiente experiencia práctica en investigación* (que necesariamente incluye una insuficiente experiencia en comunicación científica escrita), y en parte a la *insuficiente formación práctica específica para la redacción de escritos científicos*. Un factor adicional es que actualmente la gran mayoría de las revistas científicas se publican en inglés, la *lingua franca* de la ciencia (*cf.* la sección 2.7), y muchos académicos hispanohablantes, desde jóvenes graduados hasta profesores con experiencia, no son capaces de redactar competentemente en inglés.

También se ha revisado en la sección 2.11.3 la gran importancia de la comunicación científica como parte integrante de la actividad científica, y el papel de la formación en ese aspecto dentro de los estudios y prácticas formativas de los científicos y académicos en lengua inglesa, lo que en general vale también para el alemán, francés, portugués y otros. En los países hispanohablantes, la formación para este aspecto de la actividad científica suele presentar dificultades especiales, que no solo se derivan (en el caso de América Latina) de insuficiencias educativas generales de los países, sino de problemas más específicos relacionados con la teoría y la enseñanza de la lengua española, y la falta de conexión sistemática entre el desarrollo lógico de un trabajo científico y la estructura de su expresión escrita. Estas dificultades afectan no solo a América Latina, sino también (tal vez en menor medida) a España⁹¹.

⁹¹ Un panorama de los problemas en este tema en el caso de España en las dos primeras décadas del siglo XXI puede hallarse en Castelló (2007b, 2007b); en Castelló, Iñesta y Monereo (2009); en Castelló, Iñesta y Corelles (2013); y en Teberosky (2007).

Un frecuente problema en materia de comunicación científica para científicos cuya lengua materna es el español es una asimetría entre las habilidades profesionales de los científicos y las de quienes escriben sobre comunicación científica. Por una parte, los científicos hispanohablantes, y con mayor razón los estudiantes de ciencias, a menudo no tienen un acabado dominio de la comunicación escrita formal, incluso en su lengua materna y mucho menos en inglés, lo cual es una consecuencia de dos factores: las limitaciones de la enseñanza de la lengua escrita formal, que se remontan a la escuela primaria, y la escasa práctica en redacción y publicación en la vida académica de los países hispanohablantes. Al mismo tiempo, muchos profesores padecen similares dificultades y no pueden evaluar la calidad de la comunicación escrita de sus alumnos.

Por su parte, los autores de textos sobre comunicación y los eventuales profesores de cursos sobre ese tema son principalmente profesionales de Lengua o de Letras, frecuentemente con escasa preparación en las reglas de la argumentación racional y mucho menos en el desarrollo de textos escritos en materias científicas específicas como (entre muchas otras) la Física, la Ingeniería o la Economía, cada una con su propia terminología y otras particularidades. La mayoría de los textos sobre preparación de tesis se refieren principalmente a tesis de ciencias humanas, con muy pocas excepciones (entre ellas Villagrán & Harris, 2009, que versa sobre la redacción de artículos científicos en ciencias médicas).

A las dificultades antes mencionadas se une probablemente la fuerte tradición «ensayística» en la vida cultural española y latinoamericana, una tradición muy diferente de las formalidades propias del discurso expositivo científico, que exige una organización racional del texto y un estilo preciso y conciso. La redacción científica internacional tiene una redacción probablemente más simple, pero muy específica: es básicamente informativa, con oraciones simples, directas e impersonales, sin metáforas ni giros coloquiales. Una tarea importante, por tanto, es la de mejorar y coordinar el entrenamiento de los científicos en comunicación formalmente científica, y el entrenamiento de quienes enseñan lengua y redacción, acerca de las convenciones y vocabulario de las disciplinas científicas. Es importante señalar que en la formación impartida en las facultades de Letras o de Lengua se enfatiza frecuentemente la escritura creativa, o el género ensayístico, antes que la redacción científica o técnica.

Como hemos visto antes, redactar escritos científico-técnicos no es solo poner una serie de oraciones unas después de otras, sino *construir un discurso racional y organizado* que refleje y exponga en forma clara y ordenada una *argumentación racional*, basada en *formulaciones teóricas* y en *datos empíricos*. Esto no siempre se logra. Los párrafos no suelen estructurarse en función de la argumentación lógica subyacente. Las oraciones no siempre son «simples y directas» como recomienda Barzun (2001), sino que a menudo se pierden en circunloquios y digresiones, cuando no en ambigüedades sintácticas y complejidades gramaticales innecesarias. Las habilidades de redacción en general, y en espe-

cial las necesarias para la expresión escrita de una argumentación científica compleja, se debieran enseñar gradualmente desde el nivel primario y secundario, como ocurre en el mundo anglosajón y países con otras lenguas europeas como (al menos) el alemán y el francés. Esto no ocurre igualmente en la lengua española. En comparación con otras lenguas europeas, *la composición escrita de tipo expositivo recibe relativamente poca atención en la educación formal de países de habla española*. Tampoco es enfatizada en los cursos y seminarios sobre la preparación de tesis, que suelen dictarse en los ciclos de posgrado.

Se ha visto antes que en otras lenguas la enseñanza de la lengua incluye la *composición y la retórica*, en particular en lo concerniente a la escritura de textos expositivos que transmitan una argumentación racional, como en la comunicación científica y en otros géneros análogos. En español no abundan tampoco los textos sobre argumentación y retórica, materias que por otra parte no se enseñan explícitamente en ningún nivel del sistema educativo. La enseñanza de la lengua española *no se refiere a los textos complejos como estructuras lingüísticas por derecho propio* y, en particular, no toma como objeto de análisis los textos *expositivos*, que son los textos propios de la comunicación científica.

Las habilidades requeridas por la comunicación expositiva (incluyendo la capacidad lógico-argumentativa) se deberían adquirir gradualmente en todos los niveles del sistema educativo. Esto es lo que se practica ampliamente en los sistemas educativos de los países de habla inglesa, y algo similar ocurre en otras lenguas, como se ha visto precedentemente para los países de habla francesa o alemana. En general, en los sistemas educativos en las lenguas mencionadas, la formación en composición o redacción expositiva y en la lógica de la argumentación es parte normal de la educación básica en lógica y lengua (rudimentos en el nivel primario y profundización en el secundario), lo cual se refuerza y amplía en el nivel universitario y en cursos de actualización dirigidos a profesionales. Así, gradualmente se aprenden y practican las habilidades necesarias para plantear y escribir documentos expositivos formales, que son los que se aplican en la comunicación científica.

Esto contrasta con la *relativa debilidad de esa formación en el mundo hispanohablante*. Por ello, en América Latina, y hasta cierto punto también en España, se requiere reforzar esa formación, en lo inmediato mediante el entrenamiento y la práctica de la redacción científica en los estudios universitarios; en el mediano plazo, se debería implementar o mejorar además la enseñanza teórico-práctica de la redacción expositiva, y correlativamente la enseñanza de la argumentación lógica, en los niveles educativos preuniversitarios. Los docentes de esos niveles deberían ser entrenados primero, pues en su propia formación previa probablemente han sufrido la misma deficiencia.

En la actualidad, la importancia de la comunicación expositiva, así como la capacidad para afrontar problemas mediante una indagación técnica, son habilidades que resultan indispensables en una sociedad en la que hay una creciente presencia de actividades que dependen del conocimiento científico y técnico. Esto se aplica tanto en

países avanzados como en países en desarrollo, que solo con esas capacidades pueden incorporar adecuadamente las posibilidades tecnológicas actuales y las que vendrán en el futuro. Para ello, todos los profesionales, aun cuando no se dediquen plenamente a la investigación, necesitan dominar esas habilidades para desempeñar en forma competente sus profesiones.

El rápido desarrollo de una «sociedad de la información» y una «economía del conocimiento» ha aumentado la importancia de la escritura y la producción de textos expositivos en la educación, en la vida cotidiana, en el ejercicio de las profesiones, en los campos de la economía y la política, así como en la ciencia, la tecnología, la cultura y los medios de comunicación. A través de la escritura, se refuerzan organizaciones y redes sociales, se desarrollan proyectos, se informa a colegas y clientes, y se generan mejores bases para las decisiones. Esto conlleva la necesidad de adquirir información y desarrollar capacidades de redacción, de argumentación y de retórica, no solo para la investigación sino para el desempeño de actividades profesionales en general, atravesadas actualmente por el rápido progreso del conocimiento y la tecnología.

Cómo estudiar la retórica de la argumentación científica. Más allá de las traducciones al español de la *Lógica* y la *Retórica* de Aristóteles, y de algunas otras obras del mismo tipo escritas en siglos más cercanos, casi no hay en español textos que sirvan para aprender las reglas de la argumentación compleja y jerárquica aplicables en los trabajos científicos. Se han publicado en español (con larga demora) las obras modernas fundamentales de retórica y de teoría de la argumentación: la obra fundacional de Perelman y Olbrechts-Tyteca, publicada en francés en 1958, se tradujo al castellano más de 30 años después (1989); el libro principal de Toulmin (publicado en inglés en 1958) apareció en español casi medio siglo más tarde (2007). Muchos otros textos sobre el tema en inglés, francés o alemán nunca han sido traducidos. Obras originales en español sobre esta temática son prácticamente inexistentes. Un correlato de la extrema escasez de textos sobre este tema en las publicaciones en español es que el tema *no forma parte de los programas de estudio* en ninguno de los niveles educativos. Para estudiar el tema en formulaciones modernas y adecuadas, más allá de esos textos clásicos, se debe recurrir a bibliografía en otros idiomas, principalmente en inglés.

Cómo aprender a escribir textos científicos. Hay algunos trabajos escritos en español sobre composición de textos expositivos científicos, pero son muy escasos. Entre ellos pueden ser citados algunos sobre *preparación de tesis*, como el artículo de Ortiz-Ocaña (2018) y libros como Soriano (2008), Buela-Casal (2010), Beltrán y Fernández (2012), Gómez, Deslauriers y Alzate (2014), Rivera-Camino (2014), y Ramos Vivas (2019, 2021). Casi todos son breves; su principal preocupación es enseñar a «escribir correctamente» desde el punto de vista gramatical, lo que se suele limitar a las palabras y las oraciones. Tratan la estructura de la exposición en forma extremadamente sumaria

(cuando la tratan, lo que no siempre es el caso). La mayoría de estos materiales sobre la preparación de tesis han aparecido en fechas posteriores al año 2000; ello se debe probablemente a la multiplicación reciente de posgrados en España y América Latina, que ha generado una creciente demanda de textos sobre este tema, que antes recibía poca o ninguna atención.

Cómo escribir en ciencias naturales. Es destacable en este punto que entre los (relativamente pocos) manuales españoles o latinoamericanos sobre redacción de artículos científicos o de tesis de grado o de posgrado, la mayoría se refieren básicamente a tesis *en ciencias sociales y humanidades*. Casi no hay textos originales en español sobre la preparación de tesis, informes o artículos siguiendo los esquemas que prevalecen en ciencias naturales; entre los pocos ejemplos, se cuentan los libros de Sánchez Upegui (2011) y de Contreras y Ochoa Jiménez (2010), referidos a artículos científicos en general, y algunos concernientes a determinadas disciplinas como el de Villagrán y Harris (2009), referido a informes de investigación en ciencias médicas.

La escasa producción de textos en español sobre la redacción de textos científicos en ciencias naturales probablemente se deba a la mayor prevalencia del idioma inglés en la bibliografía de esas disciplinas; esa circunstancia probablemente determina que los científicos hispanohablantes *dedicados a la investigación en ciencias naturales* están en general familiarizados con las prácticas de redacción de artículos prevalecientes en las revistas científicas internacionales, y muchos manejan razonablemente bien el inglés, por lo que no tienen tanta necesidad de manuales en español. Ese problema se presenta sobre todo para profesionales de las ciencias naturales que no publican en revistas internacionales sujetas a *peer review*, sino principalmente en revistas locales no indizadas. Pero esta es solo una hipótesis que debería ser demostrada empíricamente.

La redacción científica como tema de discusión entre especialistas. Desde el inicio del siglo XXI han surgido en España y América Latina diversos *análisis especializados* sobre la escritura académica en general, y sobre la formación en esa materia, escritos por especialistas en Lengua, Filología, Lógica o Educación, y dirigidos a colegas de las mismas disciplinas. Probablemente ello esté relacionado con los cambios en la enseñanza superior, la que (como la Alemania de 1919) se ha estado «americanizando» mediante la creciente difusión del posgrado, y por consiguiente de la necesidad de escribir tesis así como artículos científicos. Al mismo tiempo, las legislaciones universitarias han comenzado a exigir que los profesores posean títulos doctorales, y todo ello genera una demanda de formación en investigación y en comunicación científica, no solo en los estudios de posgrado sino en los de grado, y pronto se advirtió que ello no podía lograrse solo en la universidad, sino que debe comenzar en la educación básica (primaria y, sobre todo, secundaria).

La bibliografía post-2000 sobre estos temas (con muy pocos ejemplos antes del cambio de siglo) es, con todo, bastante limitada; los ejemplos más importantes son los

varios trabajos de Paula Carlino (2002, 2003a, 2003b, 2004a, 2004b, 2005a, 2005b, 2007, 2012, 2013); también los de Montolio (2000, 2014), Arnoux *et al.* (2010), Sánchez Upegui (2011), Navarro (2021), Ramos Vivas (2019, 2021) y unos pocos más. En los artículos de Carlino no solo se documenta ampliamente la situación de América Latina: también se la compara con la situación en los Estados Unidos y otros países desarrollados, y se formulan recomendaciones para lograr mejoras en este campo. Esa autora, por ejemplo, ha analizado (Carlino, 2002) la posibilidad de implementar en América Latina un programa similar al WAC norteamericano, para incorporar la formación en escritura académica en todos los cursos, sin confinarla a los cursos especiales de lengua. Se ha referido además al ejemplo de programas de desarrollo de la escritura académica en diversas universidades de los Estados Unidos, entre ellas las más prestigiosas (Harvard, Princeton, Yale, Stanford) y otras menos conocidas, incluidas algunas del sector público como la Colorado State University. Estas recomendaciones ya tienen 20 años de publicadas y –hasta donde se tiene información– programas como el WAC aún no existen en América Latina, y son pocas las universidades, sobre todo privadas, que han implementado programas de formación específicos en esos temas.

El limitado número de publicaciones en el mundo hispanohablante que aborden los distintos aspectos involucrados es un signo del escaso reconocimiento de este tema como un *problema*, es decir, como una deficiencia tanto en la enseñanza del español como en la formación de científicos, que requiere *ser abordado institucionalmente*. Esa situación también podría estar revelando un escaso reconocimiento del carácter internacional de la actividad científica contemporánea, con estándares internacionales de calidad, y con rasgos distintivos como la exigencia de «publicar o perecer», la publicación con *peer review* en revistas con un significativo factor de impacto, y todo ello escrito en buena parte en la *lingua franca* de la ciencia, es decir, en inglés. Muchos de los trabajos existentes se refieren sobre todo a las ciencias sociales y las humanidades, probablemente porque en algunas de esas disciplinas los usos internacionales sobre comunicación científica tienen menos vigencia; esto se manifiesta en que dentro de la producción en ciencias sociales y humanidades la proporción que se publica en español es superior al porcentaje respectivo en ciencias naturales. Al parecer, existe en español un más escaso tratamiento académico de las cuestiones referentes a la publicación científica, una menor presión institucional para publicar en revistas internacionalmente reconocidas, y también una menor presión para que los trabajos tengan una estructura discursiva estrechamente ligada con una argumentación lógica subyacente.

El reconocimiento de dificultades en la educación superior (por ejemplo, en la preparación de tesis) no suele percibirse como resultado de una deficiente enseñanza de la redacción en los sistemas educativos formales, ni como una deficiencia en los textos usuales para la enseñanza de la lengua; tampoco se percibe en esos estudios especializa-

dos una relación entre la deficiencia en redacción y el carácter enciclopédico-memorístico del aprendizaje y de la docencia, que aún persiste en varios sectores y niveles de los sistemas educativos. Merced a ese carácter de la enseñanza, la indagación (y, por ende, la necesidad de escribir textos con aportes científicos novedosos) suele tener un papel secundario o inexistente en la carrera profesional de los profesores y en la formación de los estudiantes.

Superar la insuficiente formación en investigación y en comunicación científica implica no solo dictar cursos sobre esos temas: se precisa un enfoque moderno e integral, que recoja los desarrollos internacionales en la materia, lo que implica integrar la enseñanza práctica de la redacción (sobre todo la expositiva) en la enseñanza primaria y secundaria, y organizar mejor la formación *práctica e inmersiva* en investigación (y consiguientemente en comunicación científica), y así mejorar la capacidad de investigadores y estudiantes para escribir textos de alta calidad expositiva y lingüística.

La preeminencia de la lengua inglesa como lengua internacional de la ciencia ha tenido como una de sus consecuencias que los estándares de comunicación científica desarrollados en los principales países anglófonos (principalmente los Estados Unidos) se convirtieran en los estándares de la comunicación científica internacional. Esos estándares comprenden las principales reglas comúnmente aceptadas para la composición de textos expositivos científicos como los artículos de investigación y las revisiones de la literatura. Las normas y estándares tradicionales de la redacción científica en otras lenguas, como el alemán, el francés, el portugués o el español, como se ha mencionado, tienden a converger hacia los estándares internacionales. Estas tendencias sugieren que en la formación de investigadores en el nivel universitario, y en lo posible en la enseñanza secundaria, resultará conveniente enseñar (*en la práctica*) a organizar un texto expositivo como la expresión escrita de una argumentación lógica subyacente, según los estándares internacionales en la materia.

La concepción de la redacción de textos científicos que se ha desarrollado en el ámbito académico y educativo anglosajón se funda en una larga tradición sobre la organización de tales textos. Esos principios organizativos pueden hallarse encarnados en textos expositivos clásicos, como los libros de Charles Darwin (1859, 1871), y en manuales de «*grammar and composition*», que desde (al menos) la primera mitad del siglo XX orientaron la composición de textos expositivos en la escuela secundaria y la universidad, como Warriner (1988), cuya primera edición apareció en 1946, y Wren y Martin (2000), que data de 1935.

Warriner (1988) comienza su manual de redacción con un capítulo dedicado a «pensar y escribir», que se centra en la necesidad de aplicar un *pensamiento crítico* ante los esquemas teóricos y los datos empíricos. Como *primer aspecto* de la composición, se destaca la *composición de párrafos*, a la cual se dedica todo el capítulo II, con 50 páginas. Otro capítulo trata (en 38 páginas) la composición de «*research papers*» (Warriner, 1988).

El planteo prominente y la extensión dedicada a estos temas en un texto de «composición y gramática» *para la escuela secundaria* subraya la importancia del párrafo como unidad argumentativa en el discurso expositivo y la centralidad de los *papers* de investigación en la educación básica anglosajona, en este caso la de los Estados Unidos. La evolución de la enseñanza ha motivado también la aparición de otros libros de texto más modernos, especialmente para el nivel universitario, en el que la composición de *papers* (incluyendo los científicos) es una tarea que surge en casi todos los cursos de grado y de posgrado, como se ha comentado (citando bibliografía) en la sección 2.11.1.

En conclusión, el examen del estado de la investigación y la comunicación científica en América Latina muestra un desarrollo desigual, en el que los estándares internacionales rigen en pocas universidades (principalmente privadas) y en pocas facultades y departamentos en las universidades públicas. Una porción importante de la educación universitaria de grado y posgrado es realizada por profesores cuyas responsabilidades se refieren únicamente a la enseñanza y no a la investigación; muchos no tienen título doctoral (y muchos están tratando de obtenerlos en una edad relativamente tardía); y los que hacen investigación frecuentemente realizan investigaciones artesanales y de reducido alcance. Las tesis de posgrado son también emprendimientos individuales, artesanales y de poco alcance, que cuentan con poca supervisión y no están integrados en programas de investigación organizados por los profesores. Durante los estudios de grado y posgrado, los estudiantes por lo general no participan sistemáticamente en programas o proyectos de investigación dirigidos por los profesores, y no reciben por ello una formación práctica en investigación y comunicación científicas.

Revertir estas deficiencias implica muchos cambios en la universidad y en todo el sistema educativo. En el capítulo siguiente, se formulan algunas propuestas más modestas que pueden encararse sin necesidad de esos cambios estructurales, que siguen siendo necesarios.

6. Un enfoque integrador

6.1 Síntesis de problemas existentes

El examen de la situación reinante en América Latina (y en parte en España) en relación con la organización de la actividad científica y su integración con la enseñanza universitaria permite detectar una serie de problemas, que afectan a la estructura institucional de las universidades, a los investigadores y a los estudiantes (especialmente los de posgrado). Esos problemas pueden ser resumidos en la forma que se presenta en el cuadro siguiente. Algunos de esos problemas pueden ser atenuados (o quizá superados) por medio de algunas modificaciones normativas y prácticas que hacen a la organización de la actividad científica y a la incorporación de las actividades de investigación dentro del curso normal de la enseñanza universitaria.

Hay en América Latina, como aquí se ha expuesto, deficiencias observables en la enseñanza y práctica de la investigación y en la formación de investigadores, en la organización de la actividad científica más allá de la investigación artesanal, en la enseñanza y práctica de la pesquisa bibliográfica, y en la redacción o composición de textos expositivos de carácter científico, con buen manejo del lenguaje, los números y los gráficos. Los varios problemas enumerados en el siguiente cuadro pueden ser atacados mediante mejoras en el proceso de formación en general, en la organización de la investigación, o en el desarrollo de la capacidad para la comunicación científica.

Problemas (o síntomas) detectados

➤ **En la estructura universitaria**

- Separación entre la gestión de la enseñanza y la gestión de la investigación.
- La investigación no está integrada en la enseñanza.
- Baja tasa de graduación oportuna en los posgrados, con altas tasas de deserción y retraso.

➤ **En los profesores-investigadores**

- Poca dedicación a la investigación.
- Investigación mayormente individual, artesanal y de pequeña escala.
- Poca publicación en revistas científicas internacionales.
- Enseñanza mayormente informativa, sin oportunidad o aliento para la indagación.

➤ **En los estudiantes en general**

- Mucha carga de clases de tipo informativo.
- Poca formación y práctica en investigación dentro o fuera de los cursos.
- Poca formación en argumentación y en redacción expositiva de tipo científico.
- Escasa participación en investigaciones de los profesores.

➤ **En los estudiantes de posgrado**

- Se elige un tema de tesis de posgrado sin conocimiento previo de la bibliografía relevante.
- Se elige el área temática de la tesis, no de un problema de investigación relevante.
- Poca integración de las tesis con programas de investigación conducidos por investigadores formados.
- Dificultades para contar con un director de tesis involucrado en investigación sobre la misma temática.
- Tesis basadas en investigación artesanal, individual y de pequeña escala.
- Baja tasa de graduación; altas tasas de deserción y de retraso en los estudios de posgrado.
- La tesis como principal obstáculo para completar los estudios de posgrado.

Superar estos problemas requiere la renovación de algunas características de la enseñanza universitaria, sobre todo en América Latina, integrando en lo posible la investigación y la comunicación científica en los planes de estudio, y generando un sistema organizativo de la actividad científica que promueva la formación de investigadores, la

adquisición de habilidades necesarias para la investigación y la comunicación científica, y la organización de la investigación en programas que articulen proyectos vinculados entre sí en aspectos conceptuales, empíricos y metodológicos.

En lo que se refiere a la **investigación**, el carácter artesanal y desarticulado de las investigaciones encaradas por profesores y por estudiantes de posgrado debería transformarse en un *sistema de producción científica organizada*, con programas colaborativos que promuevan la formación de investigadores y la realización de proyectos y tesis *en el marco de programas de mayor alcance*, tendiendo a *superar las barreras que existen entre la enseñanza y la investigación*. En lo que se refiere a la **comunicación** científica, y para decirlo en forma sencilla, *hay que aprender a leer y a escribir*, esto es, a leer y escribir *textos expositivos de carácter científico o técnico*. Para cada investigador esto significa aprender a estar actualizado sobre el estado de cada problema, sin verse inundado y desconcertado por un océano inabarcable de información. También implica aprender a organizar lógicamente una argumentación científica apoyada en la investigación, y saber exponer por escrito el planteo y resultados de esa investigación, y su relación con el estado actual de la problemática en la que la investigación se inserta.

Todo esto requiere de **capacidades** cuyo desarrollo debe formar parte de la formación de los investigadores, no solo en teoría sino sobre todo en la práctica, que debe ser una práctica *inmersiva*; no solo se trata de cursos sobre técnicas y métodos de investigación, sino la adquisición activa del arte de la investigación y la comunicación científica. Esto debería comenzar en etapas más tempranas del proceso educativo, o al menos desde el inicio del ciclo universitario. Pero a menudo los estudiantes llegan al nivel de posgrado sin dominar esas habilidades. Las universidades debieran implementar la actividad científica como parte de la formación de grado, y entre tanto las deficiencias existentes deben ser encaradas como parte de la formación de posgrado, no tanto como cursos teóricos sino como actividades prácticas sistemáticamente programadas y organizadas, con presentaciones o clases complementarias. En los estudios de posgrado, los estudiantes deberían integrarse a grupos de trabajo que desarrollan un programa de investigación, y definir sus tesis como parte de ese programa. Esa puede ser la base de un enfoque superior, que cubra varios frentes: formar investigadores, superar el obstáculo representado por la tesis, organizar e integrar los proyectos en programas más amplios, aumentar la tasa de graduación en el posgrado y mejorar la calidad científica de las universidades.

6.2 Lineamientos conceptuales

Comenzar a trascender las deficiencias subsistentes en la organización de la actividad científica de América Latina requiere *integrar la investigación con la enseñanza*, y *fomentar el desarrollo de programas de investigación y la formación práctica de investigadores* en los grupos de trabajo de esos programas, integrados por investigadores formados, investigadores en formación, y estudiantes de grado y de posgrado. Un enfoque de este tipo

debería *promover programas duraderos y amplios de investigación; integrar la investigación en la formación profesional*, sobre todo la de posgrado; y fomentar la *inserción de las tesis en los programas de investigación*. Para ello, sería conveniente promover el surgimiento de *programas de investigación* cuyo desarrollo implique la realización de un conjunto de *proyectos* sucesivos o simultáneos, en el marco general de cada programa.

Para que esto sea posible, se requiere que los investigadores planteen programas de investigación de ese tipo, y que se incentive la integración en esos programas por parte de las tesis de grado y de posgrado, superando así un estilo de investigación artesanal, solitario y desarticulado. También requiere reforzar la formación teórico-práctica en metodología de investigación y en preparación de tesis y otros escritos científicos, y promover con todo ello la práctica organizada de la producción científica (indagación, análisis, redacción) durante el curso de los estudios. Esto, sin duda, implica como contrapartida la reducción del tiempo y los recursos dedicados a la enseñanza puramente instruccional, que suele ser enciclopédica y memorística, para dar espacio a una enseñanza basada en la experiencia, sobre todo en el posgrado y en las fases avanzadas de los estudios de grado, de modo que la enseñanza no consista solamente en la transmisión de un acervo preexistente de conocimientos, sino también en el aprendizaje práctico necesario para adquirir capacidades adecuadas en investigación y en comunicación científicas.

Este enfoque práctico se enmarca en un enfoque más amplio. Tal como lo entendía Weber, y también otros autores más recientes pero ya clásicos, como Dewey, Merton o Price, la capacidad de investigar es imprescindible en la sociedad moderna, no solo para los investigadores en sentido estricto, directa y formalmente involucrados en la investigación científica o tecnológica como actividad principal, sino también para que todo profesional pueda estar actualizado en su profesión y ejercerla con responsabilidad y creatividad, lo cual implica la capacidad de *afrentar problemas y resolverlos racionalmente*, mediante la *comprensión del conocimiento científico* relevante, la *indagación metódica* sobre la realidad, la *interpretación racional* de los datos empíricos, y la *comunicación* de los resultados obtenidos, todo lo cual equivale a adoptar una actitud científica en toda la vida profesional. Dicha capacidad científica en sentido amplio, aun fuera de la esfera académica, incluye actividades de identificación y formulación precisa de *problemas* conceptuales o prácticos; manejo del acervo bibliográfico relevante; indagación empírica metodológicamente válida; y búsqueda de *respuestas o soluciones* para aquellos problemas. Esto también incluye la *innovación* para el *desarrollo de nuevas soluciones prácticas*. Ante el rápido desarrollo científico y tecnológico, el mero ejercicio de una profesión no es posible sin una permanente labor de indagación y renovación, para lo cual es necesario prepararse mediante el aprendizaje práctico del arte de indagar, de formular y reformular problemas, de experimentar posibles respuestas o soluciones, de conectar la investigación propia con el avance científico relevante, y de expresar las conclusiones

por escrito con claridad y con lógica. Más aún, cualquier tarea profesional calificada en el siglo XXI requiere un cierto grado de comprensión de la información científico-tecnológica, y herramientas para buscarla, hallarla y utilizarla.

La enseñanza a través de proyectos y actividades prácticas de indagación está siendo incorporada en los sistemas de educación formal en varios países de América Latina. La adquisición de la capacidad investigativa (teórica y, sobre todo, práctica y experimental) debería ser incorporada en los planes de estudio, no solo en cursos específicos de métodos de investigación, sino a través de tareas prácticas de indagación y desarrollo de respuestas o soluciones para problemas científicos o tecnológicos, dentro de las diversas materias que integran un plan de estudios. Ese aprendizaje experimental debería involucrar a los estudiantes en pequeños proyectos (individuales o grupales) desde la escuela primaria, y en forma creciente en la secundaria y la universidad. Si ello no ocurre con adecuada intensidad o eficiencia en la educación básica, será necesario hacerlo en la universidad. En síntesis, una propuesta integradora incluiría dos elementos: la *formación de la capacidad indagativa de los estudiantes* y la *inserción de los estudiantes de posgrado (y de sus tesis) en programas más amplios de investigación*. La formación basada en la experiencia y la indagación sirve no solo a quienes tengan «vocación por la ciencia», sino también a quienes ejercen su profesión fuera del ámbito académico.

6.3 Los programas de investigación como concepto teórico

La propuesta de organizar la investigación en torno a *programas* tiene una profunda resonancia en los estudios contemporáneos sobre la ciencia. El concepto de «programa de investigación científica» surgió alrededor de 1970 en la obra del filósofo de la ciencia Imre Lakatos (1922-1974), como una caracterización de la forma que adopta el progreso del conocimiento científico. Las ideas de Lakatos surgieron como un refinamiento de las ideas de Popper y en el marco de las discusiones entre positivistas, falsacionistas y otras posiciones filosóficas, sobre la validez de las conclusiones de la ciencia. Por ello es conveniente detenerse en el origen y significado de ese concepto, y del contexto histórico de las discusiones en que se enmarca su surgimiento.

6.3.1 La actividad científica y la teoría de la ciencia

Las discusiones del siglo XX sobre las proposiciones científicas se enmarcan en una problemática más general, que es la «teoría del conocimiento», una disciplina que tradicionalmente se consideraba como parte de la reflexión *filosófica* sobre la naturaleza y validez del conocimiento humano; la historia de esa problemática se remonta a Platón, quien consideraba que la filosofía puede generar «conocimiento verdadero» (*logos, episteme*) a diferencia de las experiencias empíricas que son siempre dudosas y solo contienen «opiniones» (*doxa*). La discusión en favor o en contra de esta concepción platónica del

conocimiento ha dado lugar a múltiples doctrinas filosóficas, desde el realismo de Aristóteles hasta filósofos de la Edad Moderna como Hume, Berkeley, Kant, Hegel y otros.

Una digresión terminológica: teoría del conocimiento y teoría de la ciencia

La teoría del conocimiento humano en general, y del conocimiento científico en particular, se expresa a través de distintos términos en las varias lenguas occidentales. En español, por ejemplo, la filosofía (o teoría filosófica) del conocimiento humano se denomina *gnoseología*, y también «teoría del conocimiento». En alemán, se la conoce como *Erkenntnistheorie* (literalmente «teoría del conocimiento»). En inglés, esa disciplina recibe el nombre de *epistemology*, término derivado del vocablo platónico *episteme*, que alude al «conocimiento verdadero». El término «*epistemología*», según su principal acepción en el diccionario de la RAE, no equivale a la filosofía del conocimiento en general; se define como la «*teoría de los fundamentos y métodos del conocimiento científico*», es decir, una «teoría de la ciencia». De modo similar, en francés, el diccionario Larousse define *épistémologie* como «la disciplina que toma como objeto de estudio el conocimiento *científico*». En inglés, en cambio, el estudio del conocimiento *científico* recibe el nombre de *philosophy of science*; esa denominación tiene costados discutibles: por una parte, implica que el tema es *puramente filosófico*; por otra parte, en inglés la palabra *science* se refiere solo a las ciencias naturales, sin abarcar las ciencias sociales. En alemán, en cambio, la *teoría de la ciencia* se denomina *Wissenschaftstheorie* o *Wissenschaftslehre*, donde *Wissenschaft* cubre no solo las ciencias naturales sino también las ciencias sociales y las humanidades. El diccionario Duden de esa lengua define *Wissenschaft* como «una actividad de investigación fundamentada, ordenada, y considerada segura, que es productora de conocimiento en un área específica», una definición muy amplia que abarca prácticamente todas las actividades académicas capaces de «producir conocimiento». **En el presente libro, la palabra «epistemología» se usa con el sentido de la RAE**, que coincide con la definición en francés del diccionario Larousse, y con el concepto alemán de *Wissenschaftstheorie*: es el ***estudio de los fundamentos y métodos del conocimiento científico***. Ese «estudio» puede ser un ejercicio puramente filosófico, o puede incluir una investigación científica basada en la evidencia empírica. En los siglos XX y XXI, el conocimiento humano ha tenido un creciente aporte de las *ciencias cognitivas*, de modo que la teoría del conocimiento no es solo una reflexión filosófica, sino una reflexión *informada* por el conocimiento científico. Lo mismo vale para la teoría de la ciencia, que hoy debe estar *informada* por el estudio *científico* de la actividad científica, el cual recoge aportes de distintas disciplinas científicas: biología evolucionaria, neurociencias, psicología, sociología, economía, y otras.

El estudio (filosófico) del conocimiento científico se ha centrado históricamente en determinar la *validez* (o valor de verdad) *de las proposiciones y teorías* producidas por la actividad científica. Para ello, ese análisis filosófico ha tratado de dar un basamento lógico-racional a las ciencias empíricas, similar al de las ciencias formales como la Lógica y las Matemáticas, cuyas proposiciones no se basan en la observación empírica sino en el puro razonamiento, y cuyas conclusiones estarían dotadas de absoluta *certidumbre*, pues se deducen lógicamente a partir de axiomas o principios fundamentales.

Desde el siglo XVII, las ciencias empíricas justificaban sus resultados apelando al principio metodológico de la *inducción*. El análisis puramente filosófico de la inducción como base de las ciencias empíricas ha arrojado en general, sin embargo, conclusiones negativas o agnósticas: la inducción no puede *verificar* hipótesis o teorías sobre el mundo real (Hume, 1739-1740, 1748; Popper, 1934); tampoco puede *refutar* inequívocamente una hipótesis o teoría: esta generalmente puede ser «salvada» mediante ajustes en sus hipótesis auxiliares (Duhem, 1906; Quine, 1951); las propias ciencias formales deductivas (Lógica o Matemáticas) dependen de la elección, esencialmente arbitraria, de un lenguaje formal, unos axiomas y unas reglas de inferencia (Wittgenstein, 1953); y los sistemas formales no pueden garantizar su propia coherencia, y los que son coherentes, son incompletos (Gödel, 1931).

Estas conclusiones, frente al extraordinario progreso de la ciencia (y sus aplicaciones) durante los últimos siglos, llevan a preguntarse cómo se explican esos logros y su progreso a lo largo del tiempo, lo que exige una investigación *científica* de la ciencia. Esa es una de las conclusiones de un libro anterior sobre el tema (Maletta, 2019): la teoría de la ciencia (tradicionalmente considerada como fruto de una pura reflexión filosófica sobre la validez de las proposiciones de la ciencia) tiende a convertirse en un campo de investigación científica. Para ello, ha incorporado en décadas recientes varios enfoques y métodos propios de las ciencias empíricas. Ello no excluye, naturalmente, que pueda ser también objeto de una reflexión filosófica, la cual, sin embargo, en esta concepción, debe ser una reflexión *científicamente informada*.

Esto significa que una teoría de la ciencia no apuntaría a evaluar la validez de las proposiciones obtenidas por la investigación científica, las cuales, por otra parte, son reconocidas desde Popper (1934) como enunciados provisorios, falibles y perfectibles, que la pura reflexión lógico-filosófica es incapaz de justificar como verdaderos. Apuntaría en cambio a explicar (dada esa carencia de justificación lógica) cómo es que la actividad científica y los correspondientes avances tecnológicos pudieron alcanzar el enorme desarrollo que han tenido desde sus inicios en el siglo XVII. Esta cuestión no remite a primeros principios puramente filosóficos, sino a *una cuestión práctica*: ¿cómo procede la ciencia para obtener reiterada y sistemáticamente tantos resultados que se ven corroborados por la evidencia empírica? Esta cuestión es el punto de partida de una profunda transformación en la forma de analizar la ciencia, y, por ello, un profundo cambio en la

Epistemología entendida como estudio de los fundamentos y métodos del conocimiento científico.

De la Filosofía de la Ciencia hacia una teoría científica de la ciencia. Desde el siglo XVII y hasta comienzos del siglo XX, los científicos y filósofos de la ciencia procedieron *como si* la inducción condujese (o debiese conducir) a afirmaciones científicamente comprobadas o verificadas. Así lo concebían (antes del nacimiento de Hume) los experimentalistas ingleses de la Royal Society of London (fundada en 1660), basados en la «Nueva lógica de la ciencia» (*Novum Organum Scientiarum*) de Francis Bacon, publicada en 1626. Luego de la primera generación de experimentalistas reunidos en la Royal Society, surgió una multitud de otros investigadores experimentales, en Inglaterra, en Escocia, en Francia, en Alemania y en otros países. Esa visión práctica y empírica fue la base de una renovación y sistematización metodológica de la ciencia, que aspiraba a constituir una nueva «revolución científica» (después de la que protagonizaron Galileo, la Royal Society e Isaac Newton, entre otros). Esa nueva revolución científica se expresó en múltiples tratados; recibió el nombre de *positivismo* a partir del *Cours de philosophie positive* (1830-1842) de Auguste Comte (1798-1857), y fue expuesta detalladamente en el *Sistema de lógica inductiva y deductiva* (1843-1872) de John Stuart Mill (1806-1873). A comienzos del siglo XX, el *positivismo lógico* intentó sistematizar lógicamente y filosóficamente el reinante positivismo; sostenía que los enunciados de la ciencia debían ser solo reflejo de resultados empíricos, sin apelar a entidades o fuerzas «metafísicas», y que esos enunciados podían considerarse como verificados o ciertos; su expresión más sistemática fue la de Ludwig Wittgenstein (1889-1951) en su *Tractatus logico-philosophicus* (1921). Sin embargo, algunos positivistas lógicos encontraron que la verificación siempre reposa en axiomas o principios lógicos carentes de una demostración empírica; así lo percibió el propio Wittgenstein, como ya hemos visto, en su libro póstumo (Wittgenstein, 1953).

Karl Popper (1902-1994), en su libro *Logik der Forschung* (Popper, 1934), traducido al español como *La lógica de la investigación científica* (Popper, 1962b), reformuló el problema de un modo diferente: la inducción no es capaz de *verificar* una proposición o teoría, pero sí puede *refutarla*, cuando las predicciones observables derivadas de esa proposición o teoría no se comprueban empíricamente en la realidad. Las proposiciones y las teorías científicas son *conjeturas*, cuyas consecuencias lógicas *observables* deben ser *empíricamente refutables*. Esas proposiciones refutables se consideran válidas en tanto no hayan sido refutadas por los resultados empíricos. La ciencia se compone así de conjeturas refutables que todavía no han sido refutadas. Esas proposiciones científicas podrían ser eventualmente refutadas y son, por lo tanto *falibles*, es decir perfectibles y reemplazables, aunque (mientras no sean refutadas) siguen siendo el conocimiento más sólido disponible.

En su forma original, la concepción de Popper suponía que las teorías no pueden ser confirmadas o verificadas, pero sí pueden ser refutadas cuando la evidencia empírica no las respalda. Pero la posibilidad de la refutación ha sido cuestionada. El filósofo norteamericano Willard van Orman Quine (1951) llamó la atención sobre la posibilidad de enfrentar las anomalías empíricas mediante ajustes en los supuestos e hipótesis auxiliares, preservando lo esencial de la teoría. De ese modo, la teoría podría ser *salvada* de la refutación, aun cuando esos ajustes implicaran una reducción en los alcances de la teoría. Quine mencionó como precedente la obra de Pierre Duhem (1906); ese físico francés había formulado esa idea a comienzos del siglo XX, pero sus ideas nunca habían sido consideradas en relación con la obra de Popper (y tampoco había sido traducida su obra al inglés hasta que Quine logró que fuese traducida y publicada en 1954); así, la idea de Quine es conocida como «la tesis de Duhem-Quine».

Esa tesis tuvo consecuencias importantes para la teoría de la ciencia. Popper había retomado la idea de Hume al afirmar que era imposible verificar una proposición; ahora la tesis de Duhem-Quine afirmaba que las proposiciones contradichas por la evidencia podían ser «salvadas» mediante ajustes en sus supuestos o en sus hipótesis auxiliares. De este modo, «desde un punto de vista lógico» (que es el título del libro de Quine [1953] en el que reapareció su artículo) la filosofía *no podría justificar el conocimiento científico*, pues la combinación de Hume-Popper con Duhem-Quine implica que los métodos empíricos no pueden (desde un punto de vista lógico-filosófico) *ni verificar ni refutar* inequívocamente ninguna proposición o teoría que requiera ser fundamentada en la evidencia empírica.

La incapacidad de la lógica para confirmar o refutar una teoría científica de base empírica motivó dos caminos contrapuestos. Por una parte, surgieron una serie de corrientes *relativistas* o de *escepticismo radical* que negaron todo valor a la ciencia empírica. Por otra parte, surgió una corriente completamente novedosa que modificó totalmente la cuestión que tradicionalmente se planteaba la filosofía de la ciencia. Esa cuestión era la determinación (por parte de la filosofía de la ciencia) de la validez o invalidez de las teorías y proposiciones de la ciencia empírica; este tipo de cuestión asignaba a la filosofía la función de evaluar la veracidad o falsedad de las teorías científicas. La modificación de la cuestión invirtió totalmente la naturaleza del problema: los científicos comenzaron a tomar la ciencia como un dato de la realidad, y a preguntarse cómo logra generar teorías y proposiciones que efectivamente «funcionan», que generan previsiones que se cumplen, que solucionan efectivamente problemas prácticos, y que finalmente ha logrado en los últimos siglos una auténtica transformación del conocimiento humano y de la capacidad humana para actuar sobre los fenómenos empíricos y transformarlos mediante la tecnología. La tarea de determinar *cómo la ciencia logra tales espectaculares resultados*, cuando la filosofía ha determinado que no es posible ni verificar ni refutar las afirmaciones de la ciencia, es una tarea que no puede ser encarada como una tarea propia de la

pura reflexión filosófica, que se vale de primeros principios e inferencias lógicas, sino que es una cuestión *que solo puede ser encarada por la investigación empírica*.

Esto abrió *un nuevo capítulo* (o una nueva etapa) para la epistemología, entendida como «el estudio (científico) de los fundamentos y métodos del conocimiento científico». Ello implica el desarrollo de una «ciencia de la ciencia», cuyo primer esbozo también lo introdujo Quine (1969b) al proponer la posibilidad de una «epistemología naturalizada», convertida en una teoría científica *basada en datos empíricos* sobre el conocimiento en general, y sobre el conocimiento científico en particular.

6.3.2 Lakatos y los programas de investigación científica

Si la filosofía de la ciencia no encontraba una manera lógicamente sólida para verificar una proposición, ni para refutarla acabadamente, entonces la ciencia parecía ser en un campo totalmente opinable y sin un fundamento sólido para sus afirmaciones. Esto dio lugar a dos importantes transformaciones en el tratamiento de la ciencia como objeto de estudio: una *deriva hacia el relativismo* y una *evolución hacia un estudio científico de la ciencia*. La «*deriva relativista*» niega o pone en tela de juicio la validez de la ciencia; tuvo sus máximas expresiones en varios filósofos como Feyerabend y Kuhn, y en varios autores «posmodernos», y no será tratada en detalle en este libro (véase Maletta, 2019, cap. 4).

Por otra parte, el *cul de sac* al que llegó la reflexión filosófica sobre la ciencia motivó un *cambio de perspectiva en el estudio de la ciencia*: en lugar de acudir a la filosofía en busca de una «justificación» de la ciencia, se produjo un giro hacia una explicación *científica* de la ciencia: el enorme crecimiento de la ciencia en los últimos siglos, y las profundas transformaciones que ello produjo en el mundo y en el conocimiento humano, hacen que la pregunta pase a ser otra. No ya la búsqueda de una justificación lógico-filosófica, sino una explicación del desarrollo científico: ¿cómo es que la actividad científica ha conseguido esos espectaculares resultados? ¿Qué factores determinaron la expansión del conocimiento científico-tecnológico, un conocimiento que efectivamente «funciona»? (Maletta, 2019, caps. 5 y 6).

Los primeros autores que plantearon la cuestión de este modo fueron el propio Popper en su madurez (1972, 1983), Thomas Kuhn (1962, 1970a, 1970b, 1977a, 1977b) y sobre todo Imre Lakatos (Lakatos & Musgrave, 1974; Lakatos, 1976). A partir de allí, se ha desarrollado toda una tradición intelectual que se funda en el análisis científico de la ciencia, una naciente «*ciencia de la ciencia*» que suplementa (sin cancelarla) la «*filosofía de la ciencia*». No analizaremos aquí en detalle los estudios científicos sobre la ciencia que han aparecido en las últimas décadas; solo se resumen aquí brevemente los planteos del Popper maduro y los de Lakatos, y algunas de sus derivaciones, pues ello proporciona un marco conceptual sobre los «programas de investigación» y sobre las formas que asume la organización de la actividad científica contemporánea.

La formulación de Popper en su obra de 1934 se refería al análisis de *proposiciones* específicas, que requieren evidencia empírica; Popper mostró que tales proposiciones no pueden ser definitivamente *probadas* pero pueden ser *refutadas* por la evidencia. Posteriormente, modificó su enfoque refiriéndolo a *teorías*, constituidas por múltiples proposiciones entrelazadas lógicamente en un marco conceptual complejo (que incluiría también supuestos e hipótesis auxiliares). En esta reformulación, Popper da a su enfoque un carácter «evolucionario», en el cual las teorías no son refutadas y abandonadas cuando algunas de sus consecuencias observables se contradicen con la evidencia empírica. En la reformulación evolucionaria de Popper (1972, 1983), las teorías no son necesariamente abandonadas cuando alguna de sus consecuencias observables choca con una «anomalía», sino que son por lo general corregidas y reformuladas para seguir avanzando:

Teoría 1 → Conjetura observable → Errores o anomalías → Correcciones o ajustes → Teoría 2 →

Esta nueva formulación de Popper implica una *evolución* de las teorías mediante sucesivos ajustes y correcciones, lo cual refleja mejor la forma en que procede efectivamente el progreso científico. Popper y luego Lakatos plantean un proceso evolutivo de ajustes y correcciones en los programas de investigación y las teorías de la ciencia. Es conveniente notar en este punto que el concepto de «programa» desarrollado por Lakatos, y la concepción evolucionaria de Popper, no son equivalentes a la concepción de Kuhn, cuyos «paradigmas» son considerados como un trasfondo invariable de la «ciencia normal» hasta que el paradigma reinante es abandonado mediante un «cambio de paradigma» o «revolución científica» que equivale a una suerte de «conversión» entre dos concepciones que son excluyentes e «incommensurables» entre sí⁹².

⁹² El concepto de «paradigma» de Kuhn presentaba varias ambigüedades, y su uso tendía fuertemente al relativismo epistemológico, sobre todo por la supuesta «incommensurabilidad» de los paradigmas. Si dos paradigmas fuesen realmente incommensurables, no se podría aseverar imparcialmente que uno es superior al otro (por ejemplo, no se podría determinar si la astronomía de Newton constituye un progreso respecto de la de Tolomeo, porque cada uno usa criterios de valoración propios, no compartidos por el otro, de modo que el lenguaje y los supuestos de ambos serían incommensurables entre sí). Kuhn trató reiteradamente de aclarar esos problemas y de negar el relativismo de su postura, sin mucho éxito; véase, por ejemplo, Kuhn (1977a, 1977b), su libro póstumo (Kuhn, 2000) y el «Postcript-1969» añadido por Kuhn en la segunda edición de su libro (Kuhn, 1970), incluido como «Postdata: 1969» en la edición en español del Fondo de Cultura Económica. El concepto ha sido usado muchas veces con definiciones divergentes o poco claras, por lo cual no resulta ya tan útil como al principio parecía. Hay sobre la obra de Kuhn una copiosa bibliografía que trata críticamente este tema, como, por ejemplo, Devlin & Bokulich (2015); Fuller (2002); Hoyningen-Huene (1993); Hoyningen-Huene & Sankey (2001); Sankey (2016); y Sardar (2000). El tema es tratado en forma más detallada en Maletta (2009; secciones 1.33 y 1.4.3) y en Maletta (2019; secciones 3.1 y 4.2).

La evolución de las teorías, en la versión evolutiva de Popper, incluye lo que denomina una «selección natural de teorías»; los ajustes y reformulaciones de las teorías pueden acrecentar la potencia explicativa de las teorías, o reducirla; esos ajustes pueden afectar solo aspectos de detalle, o bien pueden comprometer aspectos conceptuales más importantes de la teoría; lo mismo puede ocurrir entre tanto con otras teorías alternativas; esa *competición entre teorías* puede acabar con la predominancia de una de ellas, o el surgimiento de una nueva teoría, mientras que otras terminan abandonadas (Popper 1972, 1978a).

Este enfoque del Popper maduro fue expresado en forma más amplia en el concepto de *programas de investigación científica* introducido por Lakatos (1974, 1976) en el marco de su propia reformulación de las ideas de Popper. Los *programas* de Lakatos son *esfuerzos prolongados, usualmente colectivos, centrados en una cierta problemática y en varias teorías interrelacionadas*, que *evolucionan* según como les vaya frente a la evidencia empírica. Esos programas están definidos por ciertas *ideas centrales*, unas *hipótesis auxiliares* y unos *procedimientos* («*heurísticas*») para analizar la realidad y hacer avanzar el programa (o defenderlo de críticas o ataques). De esos programas surgen *hipótesis empíricamente contrastables*, cuya contrastación empírica se produce mediante *proyectos* concretos. Esos proyectos solo tienen sentido dentro del programa más amplio, pues los problemas solo son «problemáticos» dentro de cierto programa científico más amplio. Para Lakatos, la refutación empírica de una hipótesis no implica el abandono del programa, sino que abre un período de reformulación conceptual y metodológica. El programa sigue siendo el mismo en tanto su *núcleo central* no sea abandonado totalmente, aunque puede ser *reformulado* en algunos aspectos no esenciales. La revisión del programa normalmente incluye cambios en sus supuestos o hipótesis auxiliares, y en sus procedimientos (su «*heurística*»), y quizá algunos ajustes en la formulación de su núcleo central.

Los programas, tal como fueron definidos por Lakatos, no se identifican solo por el *área temática* a la que se refieren, sino por el intento de definir (o redefinir) ciertas *problemáticas*, y tratar de *comprenderlas y resolverlas*. Pueden llegar así a existir dos o más programas diferentes, que reflejan diferentes enfoques teóricos; ellos pueden *coexistir* durante un tiempo hasta que alguno de ellos enfrenta problemas y anomalías más difíciles de superar, hasta que es abandonado y reemplazado por otro que, entre tanto, haya expandido y fortalecido sus alcances y su respaldo empírico. Estos enfoques no son simplemente *teorías*, sino *programas de investigación*. A menudo, un programa de investigación de largo alcance surge como intento de superación de las anomalías o limitaciones de *otros* programas (o versiones anteriores del mismo programa) que intentaban explicar o comprender un aspecto de la realidad empírica. Como lo insinuaba Popper (1972), *un programa no es abandonado mientras no haya otro claramente superior*.

En la concepción de Lakatos, un *programa de investigación científica* es un conjunto de teorías entrelazadas, que incluyen un *núcleo* fundamental de ideas, un «cinturón protector» de hipótesis auxiliares que se suponen aceptadas, y unos procedimientos o «heu-

rísticas» para enfrentar las propias anomalías y expandir la cobertura teórica y empírica del programa (Lakatos, 1976; Lakatos & Musgrave, 1974). El trabajo científico se define a partir de *problemas* que aparecen en el marco de un determinado *programa* o que surgen como «acertijos» (*puzzles*) o «anomalías» que son inexplicables desde el programa en que se enmarcan. En la visión de Lakatos (y en la del Popper maduro) hay una más clara definición del progreso científico, el cual no ocurre mediante «saltos», «conversiones» o «cambios de paradigma» (como en Kuhn), sino mediante ajustes y correcciones graduales, que modifican el marco teórico para dar cuenta de las anomalías encontradas bajo la versión anterior, y sin abandonar el programa (aunque subsistan anomalías) mientras no exista un nuevo esquema conceptual que pueda sustituirlo y superarlo.

Por ejemplo, el programa iniciado con la obra de Copérnico, publicada en 1543, apuntaba a superar ciertas inconsistencias conceptuales y anomalías empíricas de la astronomía tolemaica que databa del siglo II, pero el propio programa copernicano mostraba insuficiencias (por ejemplo, sus órbitas circulares, que no coincidían exactamente con el movimiento de los planetas y obligaban a incorporar artificios no sustentados en los datos). El programa de Newton, publicado en 1687, basado en su teoría de la gravitación universal, apuntaba a superar y dar un marco más amplio a las concepciones de Copérnico y otros astrónomos posteriores a él, como Galileo Galilei, Tycho Brahe y Johannes Kepler, resolviendo algunos problemas de los modelos planetarios propuestos por esos autores. Algunas anomalías que luego se evidenciaron en el modelo de Newton fueron a su vez superadas por las implicaciones astronómicas de la teoría general de la relatividad propuesta por Einstein en 1915, en la cual la «solución» de Newton aparecía como una versión simplificada que provee una buena aproximación dentro de ciertos límites, pero no logra explicar o superar varias anomalías e inconsistencias. En cada caso, los anteriores programas relacionados con el sistema solar enfrentaban anomalías que los programas posteriores lograban (hasta cierto punto) superar; cada uno (excepto hasta ahora el de Einstein) fue abandonado (o reducido a ser solo un caso particular) cuando resultó evidente que había sido claramente superado por un programa mejor o más amplio. Cada uno de esos programas sobre el sistema solar sufrió ajustes después de su formulación inicial, sin renunciar a su núcleo de ideas centrales, hasta ser abandonado cuando se tornó evidente que otro programa era mejor.

Un «programa», tal como los definió Lakatos, es más amplio que un «proyecto», y también es más estructurado que una simple «línea de investigación»; incluye unas ideas centrales que lo definen, una determinada *problemática* (un conjunto de problemas que usualmente otros programas rivales no pueden resolver, y que el propio programa puede atacar y resolver); esa problemática genera *interrogantes* o *acertijos* que se afrontan mediante *proyectos concretos de investigación*, que aplican la metodología (o «*heurística*») propia del programa general. Esos proyectos apuntan a corroborar empíricamente las consecuencias observables del programa, o a ajustar y mejorar esas predicciones median-

te refinamientos metodológicos o sustantivos. Un mismo programa puede así originar diferentes *subprogramas*, que a su vez originan *proyectos* específicos para analizar determinados aspectos teóricos, anomalías empíricas, o casos concretos en los que se aplican (o se quiere aplicar) las ideas centrales del programa.

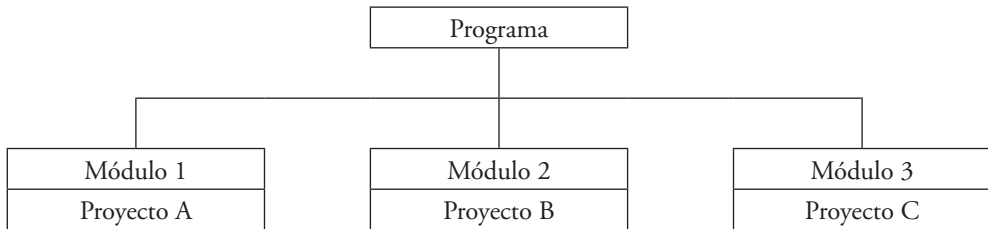
En la formulación inicial de Lakatos, los programas aparecen como una *sucesión* de teorías que corrigen o ajustan teorías anteriores, como lo había sugerido Popper (Teoría 1 \rightarrow Teoría 2 \rightarrow ...). En el desarrollo del concepto de programa, sin embargo, Lakatos y otros autores posteriores consideran a cada programa como un *conjunto de teorías entrelazadas* y en evolución, que incluyen diferentes conjuntos de proposiciones, algunas de las cuales pueden ser modificadas para corregir errores o explicar anomalías. De manera que, en el esquema general, las formulaciones denotadas como «teoría 1» o «teoría 2» en el esquema simplificado de tipo secuencial, deben entenderse como una *versión* de un *programa*, conformado por un *conjunto de teorías interconectadas*. Cada programa, y cada versión de un programa, puede involucrar varias teorías específicas. Algunas de ellas en algún momento enfrentan anomalías o inconsistencias que ameritan introducir reformulaciones teóricas o metodológicas, cuyas nuevas predicciones empíricas deberían evitar los problemas que había encontrado la formulación precedente. Una sucesión de teorías constituye un *programa secuencial*; un conjunto de teorías parciales interrelacionadas conforma un *programa complejo*, que puede también ser *secuencial* si evoluciona y se modifica a través de sucesivas reformulaciones.

Estos programas complejos están formados por varias teorías entrelazadas, focalizadas en las particularidades de diferentes *casos concretos* o en diferentes *aspectos* del problema general. Los varios aspectos o casos concretos estudiados dentro del programa frecuentemente tienen cierta *autonomía relativa*, y pueden ser operativamente separados; cada uno de esos estudios puede así originar uno o más *proyectos de investigación*. En otras palabras, un programa de este tipo constituye un *marco general* dentro del cual se desarrollan diferentes *proyectos* concretos de investigación. Los estudios empíricos de la ciencia permiten detectar y estudiar diferentes programas de este tipo, a través de los cuales múltiples investigadores realizan diversas investigaciones dentro de un mismo marco general. El propio marco general también evoluciona a medida que la evidencia empírica así lo exige; esa evolución puede refinar y desarrollar diferentes partes de ese marco, que siguen inscriptos conceptualmente en el mismo programa, aunque investiguen casos o aspectos particulares. De esta concepción originada en Lakatos se desprende el concepto que aquí queremos aplicar para la organización de la investigación y para la formación de investigadores: los programas *modulares*.

6.4 Programas modulares de investigación

Un programa modular está compuesto por varios *módulos* operativamente separables, que se ocupan de diferentes aspectos o de diferentes aplicaciones del programa global.

Un *programa* de investigación puede originar diferentes *módulos*, que avanzan mediante uno o más *proyectos concretos*, los cuales serían *operativamente separables* aunque compartan el marco teórico y metodológico del programa, y ciertas especificaciones adicionales propias de cada módulo. El siguiente diagrama ilustra un programa simple con tres módulos dedicados a un proyecto cada uno.



En programas más complejos, algunos de los módulos pueden ser *subprogramas* que se implementan mediante varios *proyectos*. Este proceso puede ampliarse añadiendo más niveles. La consideración de una problemática como definitoria de un programa, un subprograma o un proyecto, depende de la perspectiva adoptada: una investigación puede ser solo un proyecto dentro de un programa más vasto, pero en sí misma puede constituir a su vez un programa que se integra con varios proyectos (o con varios subprogramas que incluyen varios proyectos cada uno).

Como se mencionó al final de la sección precedente, hay básicamente dos criterios (no excluyentes entre sí) para la definición de módulos en los programas modulares: la replicación del enfoque general del programa en *varios casos concretos*, y la desagregación del enfoque global en *varios aspectos analíticos*. Ambos tipos de módulo pueden coexistir en el seno del mismo programa general. Por su parte, cada módulo podría originar más de un proyecto concreto (en la ilustración precedente, cada módulo origina solo un proyecto, lo cual constituye el caso más simple pero no el único posible).

6.4.1 Módulos referidos a diferentes aspectos

Como ejemplo de un programa global con componentes que cubren diferentes *aspectos analíticos*, se pueden considerar los programas que apuntan a evaluar y prever el *cambio climático*, sus *efectos o impactos*, y las posibilidades de *mitigación* del cambio climático (por ejemplo, mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero). Esta clase de programas son *emprendimientos interdisciplinarios* basados en *modelos globales* del clima, con alcance planetario, con *secciones analíticas* sobre los océanos, las áreas terrestres y la atmósfera. Los modelos permiten desarrollar proyecciones de los cambios en la temperatura, la precipitación pluvial, o el nivel del mar, sobre la base de diversos escenarios sobre la evolución futura de algunas variables. También permiten realizar estudios que *desagregan geográficamente* los modelos globales para estimar el clima futuro

en *regiones geográficas específicas*; otros posibles estudios podrían centrarse en los *impactos previsibles* del cambio climático sobre aspectos como los bosques, la producción agrícola, las poblaciones costeras o los arrecifes de coral, así como las *posibles adaptaciones* sociales o naturales ante esos impactos, y las posibles medidas para *mitigar* o *atenuar* el propio cambio climático. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) produce periódicamente informes de evaluación en los que actualiza y resume la información científica disponible sobre estos distintos aspectos⁹³.

En un programa tan complejo como el referido al cambio climático hay varios componentes o *subprogramas*, dedicados a estudiar procesos muy diferentes entre sí. Cada componente o subprograma exige conocimientos especializados de varias disciplinas, aunque los principios teóricos generales sean los mismos para todos. Cada subprograma alberga diferentes *proyectos* concretos; por ejemplo, el componente dedicado a la dinámica de los océanos en un proceso de calentamiento global puede albergar (entre otros) un proyecto que apunte a proyectar la subida previsible del nivel del mar hasta el año 2100, a partir de dos factores principales: (i) la *expansión térmica* del volumen de agua contenida en el mar, como efecto de la temperatura creciente; y (ii) el flujo de agua adicional hacia los océanos debido al derretimiento de glaciares, también causado por el calentamiento global. Otros proyectos relacionados pueden estudiar aumentos o reducciones en el nivel del mar que hayan ocurrido en el pasado, o pueden concentrarse en el impacto esperado de ese proceso sobre las áreas costeras en el mundo. Los varios subprogramas de este tipo pueden originar docenas o centenares de estudios concretos, realizados y actualizados en múltiples centros de investigación de varios países, luego consolidados por el IPCC.

6.4.2 Módulos referidos a diferentes ámbitos de aplicación

La estructuración modular de un programa puede surgir también cuando se aplica a *varios campos de la realidad*. Un ejemplo sencillo en Ciencias Sociales podría estar constituido por la aplicación de un mismo marco conceptual a diferentes países, regiones o grupos humanos. Así, una investigación sobre los mecanismos y procesos a través de los cuales una determinada política económica afecta la conducta de los agentes económicos relevantes (empresas, consumidores, etc.) podría ser aplicado a diferentes países, desarrollados o en desarrollo; asiáticos, africanos o latinoamericanos, etc., lo cual no solo

⁹³ El IPCC ha publicado seis informes de evaluación (*assessment reports*) en 1990-1992, 1995, 2001, 2007, 2013-2014 y 2021-2022. Cada *assessment report* cubre tres áreas temáticas: (1) el *cambio climático* como tal; (2) el *impacto* del cambio climático sobre aspectos ambientales y sociales, y las *adaptaciones* naturales o humanas a ese cambio; y (3) las posibles medidas o políticas de *mitigación* del cambio climático. Además de sus periódicos «*assessment reports*», el IPCC también publica estudios especiales sobre temas específicos (véanse todos ellos en <https://www.ipcc.ch/reports/>). Cada informe tiene muchos autores y evaluadores, y se basa en un gran número de referencias bibliográficas publicadas con *peer review*.

añadiría información al enfoque general sino que probablemente conduzca a la incorporación de variantes conceptuales o metodológicas que refinen o hagan más específico el programa en cuestión.

Otro programa que se ha diversificado en cuanto a sus campos de aplicación es la Economía Neoclásica, que es la más importante o predominante en el campo del análisis económico. Actualmente, se usan *modelos económicos para el análisis de procesos no estrictamente económicos*; uno de los autores principales en este programa (pero, por cierto, no el único) es el premio Nobel de Economía Gary Becker, que aplicó conceptos de Economía a fenómenos sociales como el matrimonio y la familia (Becker, 1981), las adicciones (Becker & Murphy, 1988), los gustos personales (Becker, 1996), la discriminación (Becker 1957), el terrorismo (Becker & Posner, 2009); la conducta criminal (Becker & Landes, 1974), la donación de órganos (Becker & Elías, 2007) y otros temas análogos, todos ajenos a lo estrictamente económico. Esta aplicación de los principios de la Economía Neoclásica a fenómenos no estrictamente económicos tiene su principal fundamento en que esa teoría económica es en realidad una *teoría de las decisiones racionales*, que de por sí puede aplicarse a cualquier tipo de decisiones; esa teoría no cuestiona los **finés** o las **preferencias** del decisor, sino solo la racionalidad de los **medios** utilizados para alcanzar esos fines o satisfacer esas preferencias. Su proyecto consiste, esencialmente, en demostrar que una gran variedad de decisiones humanas son (en ese particular sentido) decisiones *racionales*, previstas en la teoría neoclásica aun cuando no se trate de decisiones económicas. En realidad, la teoría subyacente es que *a nivel agregado* las conductas no racionales tienden a ser eliminadas o minimizadas, pues usualmente no consiguen los fines especificados, de modo que la confrontación de las decisiones con la realidad opera como un mecanismo selectivo, una suerte de *selección natural de comportamientos*; este punto surge del planteo metodológico de Friedman (1953b), en el cual se basa el «programa» de Becker: véanse al respecto los *papers* compilados en Mäki (2009), especialmente el de Vromen (2009).

6.4.3 Un macroprograma modular: la selección natural generalizada

Como un ejemplo más amplio de un programa que se desagrega en módulos (o subprogramas) dedicados a diferentes ámbitos de aplicación, se puede citar la *generalización del principio de la selección natural*, enunciado y usado por Darwin (1859) para explicar la evolución de las especies biológicas. Ese principio general de la selección natural ha sido reconocido como un principio teórico con validez más amplia, y se lo ha utilizado para explicar otros procesos. Ronald Fisher (1930) percibió tempranamente que Darwin había aplicado a la evolución de las especies *un mecanismo de alcance más amplio: la selección natural*, y propuso estudiar los procesos de selección en general. Esta sugerencia fue ignorada por mucho tiempo. Solo desde alrededor de 1970 la selección natural (resultante de la interacción entre diferentes agentes y sus ambientes) fue reconocida

como un mecanismo general que explica el *surgimiento, desarrollo y autoorganización de sistemas complejos adaptativos* que no han sido diseñados *ex profeso* (Kauffman, 1993; Dawkins, 1983, 1985, 2009). La selección natural (presionada por el ambiente y por factores endógenos) es actualmente considerada como *el único* mecanismo conocido capaz de explicar los procesos de surgimiento y evolución de *sistemas complejos adaptativos*, que cambian en función de sus circunstancias y desarrollan nuevas formas sin necesidad de un diseño previo o de intervenciones intencionales; este principio universal del desarrollo selectivo, «la peligrosa idea de Darwin» como la denominó Daniel Dennett (1995), se encuentra expuesto en algunas obras de carácter general como Cziko (1995) o Plotkin (2010)⁹⁴. El polifacético físico inglés Freeman Dyson (1925-2020) ha escrito acertadamente:

Se pueden ver en el cielo muchas analogías de procesos astronómicos [con procesos] biológicos [...]. Y se pueden ver analogías similares de procesos intelectuales y biológicos en la evolución y taxonomía de las disciplinas científicas. La evolución del universo y la evolución de la ciencia se pueden describir en el mismo lenguaje que la evolución de la vida. (Dyson, 1998: 118)

Son muy variados los procesos selectivo-evolutivos que han sido estudiados con una óptica «darwiniana» en la naturaleza y la sociedad: evolución de empresas, organizaciones y mercados (Nelson & Winter, 1982), y más genéricamente la Economía Evolucionaria (Hodgson, 1993, 1999, 2005, 2013, 2019; Anderson, Arrow, & Pines, 1988; Arthur, Durlauf, & Lane, 1997; Hodgson & Knudsen, 2006, 2010; Foster, 2011; Gowdy, 2004; Potts, 2000); la evolución de lenguajes (Christiansen & Kirby, 2003; Pinker, 2003, 2007, 2010, 2013; De Swaan, 1993a, 1993b, 1998, 2002); el surgimiento y evolución de la ciencia y del conocimiento científico («Epistemología Evolucionaria»): véase Maletta, 2019: 253-319 y además Wuketits (1984, 1990) y O'Hear (2012); la evolución del conocimiento «desde la ameba hasta Einstein» (Popper, 1972, 1978a); la evolución de las disciplinas científicas (Hull, 1988, 2001); la adquisición individual y cultural de conocimiento (Campbell, 1960, 1970, 1990); la «selección natural de universos» en Cosmología (Smolin, 1992, 1997, 2008; Krauss, 2010, 2012; Kaufmann, 1993; Unger & Smolin, 2015); el desarrollo endógeno de «orden» en sistemas complejos «desordenados» (Auyang, 1999; Hooker, 2011).

⁹⁴ Este enfoque deja de lado ciertas visiones pseudocientíficas como el lamarckismo (heredabilidad de rasgos adquiridos) de inicios del siglo XIX, el «darwinismo social» de Spencer (que, paradójicamente, contó con el rechazo del propio Darwin), la «evolución teológica» de Teilhard de Chardin, o la «eugenesia» (un movimiento ya mencionado, que tuvo gran difusión en los inicios del siglo XX), así como las doctrinas raciales del Tercer Reich, todas ajenas a la teoría de la selección natural, y que en el siglo XXI son consideradas como totalmente ajenas al campo científico (Lustig, Richards, & Ruse, 2004; Puschner, 2016; Engels & Glick, 2008; Hodgson, 2004). Véase una historia de los conceptos de «raza», «higiene racial» y «eugenesia» en Alemania, desde el siglo XIX hasta después del Tercer Reich, en Weingart, Kroll & Bayertz (1988).

Otros campos análogos incluyen la Psicología Evolucionaria (Richards, 1987; Bar-kow *et al.*, 1992; Buss, 2016, 2019; Plotkin, 1994, 2004; Dunbar & Barrett, 2007); las neurociencias cognitivas evolucionarias (Platek, Keenan, & Shackelford, 2007; Platek & Shackelford, 2009); la evolución de sistemas sociales (Hemerlijik, 2005; Bergstrom, 2002); la selección de estrategias de investigación científica (Bechtel & Richardson, 2010); el desarrollo del cerebro (Gonçalves, 2009), o, más sintéticamente, «la evolución de todo» (Ridley, 2015). Hay una extensa literatura sobre estas y otras variantes de este programa, que ha sido llamado «Darwinismo universal» (Dawkins, 1983; Campbell, 2011) o «Darwinismo generalizado» (Hodgson, 2005), y que también podría llamarse «selección natural generalizada» (Fisher, 1930) o «teoría de la selección» (Campbell, 1990). Sobre la perspectiva evolutiva en general, además de los ya citados, se puede consultar Aldrich & Rueff (2006); Aldrich *et al.* (2008); Cochran & Harpending (2009); Richards (1987); Schmid & Wuketits (1987); Wuketits & Antweiler (2004); Wuketits & Ayala (2005); y Fabian (1998).

Estas aplicaciones de la selección natural a otros procesos, en realidad, no se basan en «analogías» con la evolución de las especies: la concepción de Darwin es *solo una de las posibles aplicaciones empíricas de un mecanismo de alcance mucho más general: los procesos selectivos espontáneos*. Esos procesos solo requieren la presencia de tres elementos: *variación, presión selectiva, y algún mecanismo de propagación o replicación*. En aplicaciones que no son puramente biológicas, el mecanismo de propagación no es (o no es solamente) la heredabilidad genética mediante la reproducción biológica, sino que incluye otros procesos como la imitación, el aprendizaje o la transmisión cultural, y en algunos casos la interacción entre procesos biológicos y procesos físicos o culturales. Surgieron así varias aplicaciones de ese mecanismo genérico para explicar procesos de evolución, autoorganización y transformación observables en la realidad, diferentes de la evolución de las especies estudiada por Darwin. Esta «generalización» de los procesos selectivos no diseñados despertó inicialmente reservas, pero esas reservas han declinado por el avance de los enfoques evolucionarios (Machery & Cohen, 2011).

En resumen, el programa evolucionario basado en procesos selectivos, aplicado por Darwin para la evolución de las especies, se ha diversificado en diversos subprogramas, hasta cubrir varios nuevos *campos de aplicación*. Dada la amplitud de ese proceso, cada uno de esos componentes puede considerarse como un módulo o subprograma del programa evolucionario global, o como un programa en sí mismo con varios subprogramas y muchos proyectos de investigación. En cada modalidad, a su vez, se pueden estudiar varios *casos específicos*; por ejemplo, Hull (1988) aplicó un esquema de «selección natural» para estudiar la evolución de la clasificación de los animales en Zoología Sistemática, desde sus orígenes en la clasificación morfológica de Linneo en el siglo XVIII hasta una clasificación basada en el parentesco evolucionario de las especies zoológicas; un proyecto análogo podría analizar con los mismos principios los procesos de transformación ocurridos en otras disciplinas o subdisciplinas.

6.4.4 Magnitud y alcances de los programas modulares

El ejemplo de la selección natural generalizada, esbozado en la sección precedente, es, quizá, un ejemplo demasiado vasto; origina subprogramas en diversas disciplinas (biología, economía, psicología, ciencias cognitivas, astrofísica, evolución de las disciplinas científicas, y otras), y cada una de estas aplicaciones a su vez puede subdividirse en varios subprogramas, con diversos proyectos en cada uno de ellos. Hay también programas de más modesto alcance, con menos subprogramas, que se concretan a su vez en un *número limitado de proyectos*. Los programas de investigación, así entendidos, y en particular los que pueden ser planteados como programas modulares en una determinada disciplina o subdisciplina, pueden tener distintas magnitudes y alcances. Pueden ser muy amplios y de larga duración, con participación de múltiples investigadores de varias disciplinas, quienes se dedican a distintos subprogramas y proyectos; o bien pueden ser programas de menor escala, que solo involucraron a unos pocos investigadores en un determinado país o en un cierto período.

Según la complejidad y amplitud de cada caso, los módulos primarios pueden ser también *subprogramas* compuestos de módulos de menor nivel; la aplicación potencialmente iterativa de este principio puede dar lugar a una suerte de «programa jerárquico» con varios niveles subordinados. Así, un emprendimiento complejo que se considere como un módulo dentro de un programa aún más amplio (por ejemplo, la dinámica de los océanos en el proceso global de cambio climático) puede ser a su vez un subprograma que sirve de marco de diversos proyectos concretos sobre varios aspectos (expansión térmica del agua en los océanos, dinámica de los arrecifes de coral, cambios en la vida marina, efectos marítimos de la deglaciación, etc.). Los programas de investigación trascienden así los límites de los proyectos de investigación; estos surgen como *partes de un programa* o de un subprograma, entendidos como emprendimientos más amplios y de más largo plazo que cada proyecto particular. Cada programa o subprograma, y frecuentemente cada proyecto, puede involucrar a varios investigadores e instituciones, y sus hallazgos pueden también influir sobre el curso del programa o subprograma en el que están insertos, o sobre otros programas relacionados.

Dado el carácter jerárquico y casi indefinidamente divisible de los programas de gran magnitud, es difícil establecer una nomenclatura uniforme. Un proyecto dentro de un programa puede alcanzar una complejidad técnica e institucional que justifique considerarlo como un *subprograma*, integrado por varios proyectos, pero estos proyectos también pueden ser complejos, lo cual conduce al surgimiento de *subproyectos*. Estas denominaciones pueden ajustarse a cada caso, y a la perspectiva que corresponda; lo que en un caso puede considerarse como un proyecto podría ser calificado como un programa cuando se lo considera en forma independiente. Por ejemplo, el «proyecto» LIGO-Virgo sobre ondas gravitacionales es en realidad un multifacético programa internacional cu-

Los principales componentes son los proyectos LIGO (en los Estados Unidos) y Virgo (en Europa). Pero estos componentes y el programa conjunto que los vincula son solo designaciones *institucionales*, que no necesariamente responden a la definición que aquí estamos ofreciendo sobre programas y proyectos. Además, lo que en una mirada general puede considerarse como un proyecto dentro de un programa, mirado más de cerca podría ser considerado como un programa. Desde un punto de vista científico, LIGO y Virgo son institucionalmente diferentes, pero como actividad científica ambos forman un único «programa», con una multitud de subproyectos donde quizá participan científicos tanto norteamericanos como europeos. Mirado en una perspectiva más amplia, todo el programa científico que intenta medir las ondas gravitacionales (y que, de hecho, ya lo ha logrado) puede considerarse como un proyecto concreto que trata de demostrar uno de los aspectos del enorme «programa cosmológico» iniciado por Einstein en 2011-2015, en el cual han existido y siguen existiendo varios otros «proyectos» de diferente magnitud, y de diferente nivel de complejidad. En la práctica, se trata de una jerarquía potencialmente infinita, donde un componente puede ser un mero proyecto dentro de un programa mayor, y al mismo tiempo servir como programa de cobertura para varios proyectos concretos, que a su vez pueden albergar subproyectos, y así sucesivamente.

Los programas *modulares*, en resumen, son aquellos que pueden desarrollar varios subprogramas o *proyectos concretos* que sean *operativamente separables*, para el estudio de diferentes *casos* o de diferentes *aspectos* del programa general. Los programas modulares no son necesariamente gigantescos; pueden ser emprendidos en un determinado programa de posgrado, con un coordinador o director, y con pocos proyectos, para estudiar un número limitado de preguntas o problemas referentes a diferentes aspectos o diferentes casos empíricos. De ese modo, un programa de menor escala puede involucrar a uno o varios profesores, y servir de marco a varios proyectos; de cada proyecto puede surgir, como mínimo, una tesis, y quizá también uno o varios artículos científicos publicables. Los resultados del programa pueden también originar uno o más libros (cada uno con múltiples autores) sobre la totalidad o una parte de los aspectos cubiertos en el programa.

Un programa de alcance relativamente limitado puede desarrollarse en un plazo relativamente corto (entre uno y tres años) pero también puede extenderse por un tiempo más prolongado con participación de varias «generaciones» de investigadores y de estudiantes de posgrado que realicen sus tesis en el marco general ofrecido por el programa. El programa mismo, por otra parte, es un emprendimiento autotransformativo, que puede ajustar sus rasgos iniciales (problemas, hipótesis, métodos) a medida que avanzan los proyectos enmarcados en el programa.

Unos ejemplos concretos de programas que se extienden en el tiempo pero que pueden mantenerse dentro de una escala moderada son los que se derivan de la exploración de un sitio arqueológico, cuyo estudio puede insumir dos o más décadas, durante las cuales el programa global puede cambiar de director, y los estudios concretos pueden encadenarse

en el tiempo, con participación de diversos investigadores y originando docenas de tesis y de artículos científicos a lo largo del tiempo. Por ejemplo, el programa de estudio de la cultura protohistórica «Tarteso», en el sudoeste de España, ha estudiado varios sitios arqueológicos, con largos períodos de excavación, datación y análisis de los objetos y construcciones encontrados en cada sitio, y estudios orientados a entender las características de esa cultura extinta, en la que la antigua población ibérica interactuó con colonizadores fenicios durante varios siglos antes de la era cristiana. Un mismo arqueólogo (Sebastián C. Pérez) ha dirigido el programa durante 23 años; en ese emprendimiento científico han trabajado docenas de estudiantes e investigadores, cuyo trabajo ha originado muchas tesis y publicaciones; véase un resumen en Pérez & López Ruiz (2020).

Los proyectos concretos surgidos como partes de un programa modular apuntan a generar resultados útiles o necesarios para el avance del programa en que se inscriben. Los proyectos arrancan con un marco teórico y metodológico general que es propio del programa; en ese marco suelen subsistir diversos problemas o interrogantes que orientan la investigación. El hecho de que el programa posea una *problemática común* facilita la formulación, avance y culminación de los proyectos concretos que buscan afrontar los diferentes problemas que el programa considera como anomalías o enigmas que deben ser explicados y resueltos. Esos marcos teóricos y metodológicos son, a su vez, gradualmente modificados a la luz de los datos empíricos y argumentaciones conceptuales que surgen en el mismo programa o en programas competidores o rivales.

6.5 Programas modulares y organización de la investigación

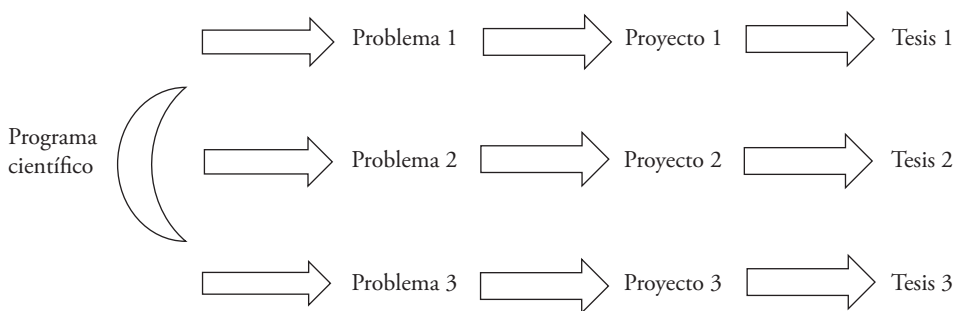
Los conceptos precedentes pueden enmarcar el análisis y las propuestas sobre organización de la actividad científica y la formación de investigadores en torno a programas modulares de investigación. Para que los proyectos de investigación y las tesis de posgrado no sean iniciativas aisladas e individuales, es conveniente que formen parte de programas de investigación representados por investigadores en la misma universidad (o en otras asociadas), para que los estudiantes de posgrado se familiaricen con una problemática y las correspondientes teorías y metodologías. Esto requiere que los profesores-investigadores, a su vez, formulen e implementen programas de investigación que puedan servir como marco para *varios* proyectos concretos. Estas recomendaciones conducen precisamente al desarrollo de *programas modulares de investigación* como marco de las tesis de posgrado y de la formación de investigadores.

Ese marco no es excluyente: puede coexistir con proyectos de tesis individuales si estos son desarrollados por estudiantes específicos. Aun cuando debe subsistir la libertad de hacer tesis aisladas sin conexión a un programa, es conveniente que los estudiantes de posgrado tengan la posibilidad de encarar tesis integradas a programas, pues ello es *beneficioso para todos*: para la universidad (pues aumenta la tasa de graduación), para los profesores (que pueden encarar programas más amplios y no solo «artesanales») y para

los estudiantes (pues la tesis tendrá una proyección más amplia, y su realización será grandemente facilitada por los desarrollos teóricos, metodológicos y empíricos de cada programa). Para que esto funcione, deben surgir programas de investigación cuyas partes sean módulos o partes separables, que pueden ser encarados como tesis. Los programas modulares consisten, básicamente, en un conjunto interrelacionado de problemas que son analizados a partir de un núcleo de enfoques teóricos y metodológicos que dan origen a una pluralidad de proyectos concretos.

La inscripción de un proyecto dentro de un programa origina también un interés mutuo de cooperación entre los integrantes de los grupos de investigación que se dedican a los diversos interrogantes o problemas específicos que el programa debe considerar o afrontar a fin de desarrollarse y fortalecerse. También genera un interés mutuo entre el director o coordinador y los estudiantes que trabajan en sus tesis: a ambos les conviene que las tesis se completen. Inscribir proyectos de investigación dentro de un programa mayor no solo significa que tratan la misma problemática, sino que comparten el marco conceptual, las problemáticas y las metodologías que cada programa posee (y que están también expuestas a ser cuestionadas y modificadas).

La ciencia es una actividad dinámica: no está formada por un conjunto de «cosas que se saben», sino por *problemas* que se definen y se atacan mediante ciertas estrategias conceptuales y metodológicas propias de cada programa. Todo ello define **proyectos** que son esencialmente tareas que hay que realizar para hacer avanzar el programa en su conjunto. Esos proyectos, si son encarados y completados, pueden generar productos escritos como artículos o tesis. El siguiente esquema ilustra un programa relativamente simple, con solo tres problemas, solo un proyecto por problema, y solo una tesis como resultado de cada proyecto.



Cada problema o proyecto constituye un «módulo» *operativamente* separable, aunque *conceptualmente* integrado al conjunto. Dado que cada programa define su problemática general en el marco de ciertas ideas centrales que involucran una o varias disciplinas, y especifica también las estrategias generales para atacar los diferentes problemas de investigación, los responsables de cada proyecto encuentran un «marco teórico y meto-

dológico» general ya definido, y solo les tocará definir aspectos teóricos y metodológicos específicos de su particular proyecto, realizar las actividades de investigación correspondientes, y escribir los resultados en forma de tesis (o, si es el caso, en forma de artículos científicos destinados a la publicación). La implementación de programas modulares, y la incentivación a los estudiantes para que definan sus tesis dentro de un programa modular, son mecanismos muy poderosos para superar algunos de los problemas que plantea la subsistencia de una práctica científica artesanal. Estos efectos benéficos incluyen varios aspectos:

Ampliación del alcance de las investigaciones. Cuando un investigador define su propio proyecto de manera «artesanal», se ve obligado a plantear ese proyecto en forma muy limitada. Es frecuente que se deba plantear un proyecto que pueda ser implementado por el propio investigador, tal vez con algún asistente. Esto implica que el proyecto ha de ser de alcance limitado en cuanto al objeto de estudio, y en cuanto a los enfoques metodológicos que pueden ser factibles bajo esas restricciones. Un programa modular, en cambio, permite plantear proyectos (o programas) de mayor alcance en cuanto a los objetos de estudio y en cuanto a la cobertura de diferentes aspectos. La investigación puede así ser, potencialmente, más abarcadora, más profunda, más potente en sus posibilidades científicas, sin requerir en principio un aumento proporcional de los recursos humanos y financieros comprometidos en la investigación. Esto se puede lograr mediante la concentración de varios investigadores y varios estudiantes de posgrado en el mismo emprendimiento de investigación, sin variar significativamente los recursos humanos y materiales que de todos modos manejarían esos investigadores. De este modo, la implementación de programas modulares puede permitir una investigación más amplia sin por ello requerir necesariamente mayores recursos financieros: una parte de los recursos se pueden obtener reasignando los que previamente se dedicaban a proyectos individuales o a cursos y experiencias prácticas desconectados entre sí y sin conexión con un programa más vasto; por otro lado, la división del trabajo y la participación de más personas (investigadores formados y estudiantes de posgrado) aumenta usualmente la productividad. También es frecuente que los primeros logros de un programa modular atraigan recursos adicionales para el programa, reforzando así los recursos con que inicialmente contaba. Esto puede incluir recursos de varios tipos: presupuestos para más personal remunerado, asignación de instalaciones más amplias, equipamiento adicional, y otros.

Facilitación de la elección de tema de las tesis. Un programa modular puede ofrecer a los estudiantes unas posibilidades de elección de tema que están ligadas a problemas concretos que **deben** ser investigados para que el propio programa avance; el programa, además, suministra un marco conceptual de alcance más general, que puede servir como punto de partida para el diseño conceptual y metodológico de las varias tesis o proyectos que pueden generarse a partir de ese programa.

Por otra parte, el surgimiento de los temas de tesis en el marco de un programa modular implica que las tesis se definan en función de auténticos *problemas de investigación*, y no solo por la identificación de un área de la realidad o unos conceptos teóricos desconectados de una problemática que efectivamente necesite ser investigada.

Mejora en la supervisión de las tesis. En el modelo tradicional, el profesor que potencialmente podría dirigir la tesis podría no hacer investigación, o estar interesado en su propia investigación «artesanal», que no guarda relación con los múltiples temas de tesis que pueden plantear sus alumnos en busca de un director de tesis. Como resultado, el profesor no está necesariamente interesado ni familiarizado con la temática de cada una de las tesis, y la tarea de supervisarlas le resta tiempo para su propia investigación (si la tiene). En un programa modular, en cambio, el profesor ha contribuido a definir los posibles proyectos en los que se han de basar las tesis, y está directamente interesado en que existan proyectos de tesis que contribuyan al desarrollo del programa, extendiéndolo a nuevas realidades o profundizando alguno de sus aspectos. Esto incentiva la supervisión de las tesis por parte de los investigadores, y provee a los tesisistas con una dirección de tesis más interesada, más motivada y, consiguientemente, más efectiva.

Aumento en la tasa de graduación. En los estudios de posgrado, la exigencia de realizar un tesis suele ser un factor que demora o impide la terminación de los ciclos de estudio y la obtención de los respectivos grados académicos. La pertenencia de una tesis a un programa más amplio facilita la elección del tema o problema de tesis, mejora su supervisión, y aumenta las chances de que la tesis sea completada. Esto no solo beneficia al estudiante involucrado, sino también al ciclo de posgrado en su conjunto, ya que los estudios de posgrado suelen adolecer de una elevada tasa de deserción, que en buena parte se debe al obstáculo constituido por las tesis. La propia subsistencia de un programa académico de posgrado puede verse amenazada por una tasa de graduación muy baja, por lo que este problema reviste también importancia institucional desde el punto de vista de la universidad involucrada.

Ofrecer e incentivar. Para que un sistema basado en programas modulares tenga éxito, se requiere que haya al menos un programa modular activo en cada programa de posgrado; que los investigadores de cada programa ofrezcan posibles temas o problemas de tesis a los estudiantes de posgrado; y que la adhesión de los estudiantes a esa posibilidad se encuentre de algún modo incentivada. No es necesario que todos los estudiantes adhieran a esta modalidad, ni que todos los profesores dirijan programas modulares de investigación. Cada alumno puede optar por una tesis individual desconectada de cualquier programa, y cada profesor puede elegir programas que no sean modulares. Pero para lograr beneficios «sistémicos» es necesario que *algunos* profesores implementen programas modulares, y que *algunos* estudiantes de posgrado se integren dentro de un programa modular.

Los incentivos intrínsecos de este esquema (facilidades para la formulación y supervisión de las tesis) se complementan con algunos otros incentivos posibles. Por ejemplo, en un programa modular pueden integrarse también estudiantes de grado, que realicen allí sus tesis de grado y participen en la investigación en tareas auxiliares; aparte de favorecer la formación práctica de esos estudiantes en cuanto a las actividades de investigación, su participación enriquece los grupos de trabajo y la realización más efectiva de algunas tareas de obtención y análisis de datos.

En definitiva, la adopción de programas modulares y la participación en ellos de estudiantes de grado y posgrado arroja beneficios para las universidades, para los investigadores y para los estudiantes. Es una clásica «bala de plata» que puede lograr varios objetivos a la vez. Contribuye a generar investigaciones más amplias y ambiciosas, y a incrementar la tasa de graduación en los posgrados. Para participar eficazmente en programas modulares de investigación, tanto los profesores como los estudiantes deben *mejorar sus capacidades*, tanto para la investigación propiamente dicha como para la colaboración y la comunicación científica. Las secciones 6.6 y 6.7 explican con mayor detalle estos aspectos.

6.6 Aprender a investigar

6.6.1 Principios generales

Antes de definir cuál será su tesis, los estudiantes de posgrado deben *conocer el área temática* y el estado del conocimiento sobre los aspectos que les interesan dentro de esa área temática. Deben además haber adquirido *en forma práctica* la capacidad de hacer investigación y comunicación científica con buen nivel de calidad. Es necesario capacitar a los estudiantes en esos aspectos, y para otras investigaciones o indagaciones que deberán realizar luego en el ámbito profesional o académico. Ello requiere que la investigación y la escritura se estudien y practiquen durante los estudios de grado y de posgrado. La capacitación debe incluir el aprendizaje teórico-práctico acerca de *cómo detectar y formular problemas, cómo investigar esos problemas, y cómo generar y publicar productos científicos escritos* que comuniquen los resultados alcanzados. En los estudios de grado, no solo se requieren cursos de metodología, sino una inmersión temprana de los estudiantes en grupos de investigación que llevan adelante algún programa o proyecto, para que puedan observar cómo se realizan las diferentes tareas, recibir asesoría sobre sus propias tareas, y participar en las actividades del programa, encarando gradualmente tareas de creciente complejidad y mayor responsabilidad.

A los estudiantes de posgrado, la inserción en un programa no solo les enseña a investigar: también les asegura la atención de un director de tesis; un marco teórico y metodológico general ya elaborado que se deberá adaptar para cada tesis individual; asistencia técnica asegurada de parte del programa; probable publicación de los resultados como

artículos o libro; y algo que puede resultar importante para la carrera futura del tesista: la adscripción institucional de la investigación de tesis como parte de un programa de investigación. Sin embargo, ingresar en un programa no debería ser obligatorio: elegir un tema aislado, a la usanza tradicional, debería mantenerse como opción válida. Aunque carezca de las ventajas e incentivos de la inserción en un programa, la tesis aislada puede ser también la manera de introducir ideas originales. De igual modo, no todos los investigadores deben encabezar programas modulares que incluyan tesis; basta con que haya en cada carrera de posgrado al menos uno de esos programas. No necesariamente se deben limitar a un solo posgrado: puede haber programas que por su temática alberguen proyectos de tesis de dos o más maestrías o doctorados.

Los programas modulares, aparte de ser *ventajosos para los estudiantes*, también ofrecen *ventajas a los investigadores* que formulan y dirigen esos programas de investigación, pues les permiten cubrir temáticas más amplias con un equipo de trabajo más numeroso, y cubrir más casos y/o más aspectos de la problemática escogida. También ofrecen *ventajas institucionales*: (i) los programas modulares con incentivos adecuados facilitan el desarrollo y terminación de las tesis, aumentando la tasa de graduación. (ii) También generan estructuras para la formación de investigadores y profesionales con habilidades de indagación y preparación de escritos técnico-científicos. (iii) Este tipo de programa suele también atraer más recursos económicos para las universidades, en comparación con proyectos desconectados entre sí.

6.6.2 Formación teórica y práctica en investigación

Para la formación en investigación no basta con el dictado de cursos de metodología; hace falta aprender a investigar en la práctica, como recomendaba Dewey, y a dejar una «huella» o registro de cada labor realizada, en forma de trabajos escritos de diferente alcance y finalidad. En el nivel de posgrado, la mayor parte de los cursos y seminarios deben enfocarse como **ejercicios de indagación activa**, y no como procesos de aprendizaje pasivo. El estudiante no debería «dar examen», sino preparar *papers* dando cuenta del trabajo realizado y del aprendizaje adquirido.

Los cursos habituales de «métodos de investigación» y muchos seminarios temáticos optativos no cubren por sí solos estos requisitos. Si bien los cursos de metodología son necesarios, no son suficientes, así como escuchar las clases de un curso sobre métodos y estilos de natación, y aprobar el respectivo examen en forma de un cuestionario de elección múltiple, no es suficiente para desempeñarse como nadador. Tampoco son adecuados o suficientes los cursos que enseñan cómo escribir una monografía o tesis: primero, porque habitualmente están a cargo de profesionales del área de lenguaje, que no necesariamente conocen las materias sobre las cuales versan las tesis; segundo, porque escuchar un curso no es lo mismo que realizar la tarea en la práctica. En ese nivel avanzado, los especialistas en redacción científica deben estar familiarizados con la producción

científica relevante para cada programa, y pueden *asesorar* a quienes están preparando artículos o tesis, pero *en relación estrecha con los equipos de investigación* correspondientes, y en cercanía con la preparación de los escritos que deben escribir los estudiantes de posgrado. Esto no obsta para que, **en una etapa previa**, los estudiantes pasen por un curso teórico-práctico de redacción científico-técnica.

La práctica del proceso integral de producción científica incluye la participación en el debate científico, la familiarización con los problemas (teóricos, empíricos, metodológicos) que son materia de discusión para los científicos de cada área, la participación en programas de investigación que afronten alguno de esos problemas, y la expresión de los resultados en trabajos escritos viables, dirigidos a la comunidad científica de cada disciplina o especialidad, y que tengan algún «valor agregado» reconocido por esa comunidad.

Lo que hace falta, pues, a los estudiantes de posgrado es la *participación práctica en actividades científicas*, incluyendo investigación, discusión y comunicación, en el marco de programas grupales, relacionados e integrados con la comunidad científica relevante. Esta «comunidad» no es solamente el grupo local de colegas o investigadores en la misma casa de estudios, ni el público en general. La comunidad científica relevante (sin excluir otros «públicos» a quienes pueden interesar los resultados) incluye la red interconectada de especialistas en el tema, con alcance internacional, sin perjuicio de otros públicos interesados en el tema.

Además, como ya se insinuó antes, el proceso formativo del investigador debe incluir la lectura y sistematización de literatura científica relevante, y la preparación supervisada de informes y monografías que vayan dando cuenta de los distintos pasos que da el futuro investigador a lo largo de su formación como tal. Para «aprender a escribir» sería deseable no solo asistir (en los estudios de grado) a un curso de redacción, sino poder consultar (en ese nivel o en el posgrado) a un asesor y revisor, que no solo escriba bien, sino que esté familiarizado con las convenciones propias de los textos expositivos estructurados y formalizados, según las modalidades de cada disciplina. En las últimas etapas de sus estudios de posgrado es cada vez más usual que los candidatos deban escribir artículos referidos a su tesis y lograr su aceptación para ser publicados en una revista especializada y prestigiosa de nivel internacional. Para hacerlo en mejores condiciones, el estudiante de posgrado debe estar *en un ambiente poblado de investigadores activos*, que investigan y publican sobre sus líneas de investigación.

6.6.3 La investigación como parte de los estudios de posgrado

Por todo lo que antecede, la investigación debe ser una parte integral de la formación de los estudiantes de posgrado. La docencia y la investigación deben estar integradas *prácticamente*. Ello requiere un *proceso organizado de producción científica* (en forma de programas de investigación pluripersonales, en los que cada estudiante se hace cargo de un «módulo» específico para su tesis), y *la integración del proceso de producción científica*

en la formación profesional de grado y posgrado. La tesis de posgrado debería surgir como colofón natural de ese proceso. Esas tesis de hecho se van escribiendo por etapas a medida que avanza el proceso de investigación, que incluye cursos de metodología de la investigación, y requiere la inserción del estudiante en programas de investigación básica, aplicada o tecnológica, como parte central de su formación de posgrado.

Involucramiento de alumnos de posgrado. En una etapa temprana de sus estudios, los alumnos de posgrado deberían familiarizarse con los programas de investigación modulares a los cuales podrían integrarse. Frecuentemente, serán programas dirigidos por profesores-investigadores del mismo ciclo de posgrado, pero en principio podrían ser programas de otros posgrados en la misma universidad, o dirigidos por investigadores de otras universidades o centros de investigación. Los programas en sí mismos también podrían involucrar a dos o más instituciones. En esa etapa preliminar, los estudiantes se suman a uno o más grupos de trabajo, asisten a sus reuniones, leen bibliografía de referencia sobre la problemática del programa, y participan en tareas prácticas de recolección o análisis de datos. Si se han incorporado inicialmente a más de un programa, luego deberían decidirse por uno de ellos. En la fase de posgrado, la enseñanza no debería centrarse solo en cursos obligatorios, sino también en seminarios o cursos optativos, y así se les podría ofrecer seminarios sobre la problemática del programa en que están enrolados. A través de este sistema, los estudiantes de posgrado adquieren conocimientos especializados sobre la problemática y enfoque del programa, y sobre sus problemas de investigación viables. Esto cumple con un principio básico: solo puede investigar quien ya conoce el área temática, los problemas que podrían ser investigados en esa área, y los métodos adecuados para afrontarlos.

Involucramiento de estudiantes durante sus estudios de grado. No es necesario esperar al nivel de posgrado para incorporar la investigación en la enseñanza. Si bien la investigación es un elemento esencial de la formación de posgrado, también resulta deseable involucrar alumnos de grado, en varios niveles y evitando cuidadosamente que ello resulte en una simple utilización de mano de obra auxiliar. Debería estar presente también en las carreras de grado, como una etapa de formación inicial en las principales capacidades necesarias para la labor científica. Esta etapa incluye tareas de investigación dentro de los cursos o materias de cada carrera, incluyendo los cursos o seminarios optativos (algunos de los cuales podrían ser obligatorios para los alumnos enrolados en determinado programa de investigación), y también ciertos requisitos o tareas, en muchos casos por fuera de los cursos o materias que se suelen exigir a cada estudiante como parte de sus estudios de grado. También pueden sumarse a programas existentes, aprendiendo las habilidades de investigación a través de la práctica.

Las carreras de grado usualmente exigen un trabajo final o tesina, y sus planes de estudio suelen incluir cursos o seminarios optativos y también cursos en métodos de

investigación, pero tales exigencias deberían poder ser cumplidas mediante la participación organizada de los estudiantes en programas de investigación, como parte integral de la formación profesional. No como simple «mano de obra» para tareas auxiliares de tipo mecánico (búsqueda de datos, manejo de muestras o especímenes en laboratorios, lectura de aparatos, etc.), sino participando en el programa, junto con los investigadores y los estudiantes de posgrado, en actividades formativas como seminarios, grupos de discusión, revisión de avances, y otras que permitan integrar sus experiencias prácticas con el programa en su conjunto. Esto no requiere necesariamente una expansión del tiempo que los estudiantes dedican a sus estudios, sino, sobre todo, la convergencia de requisitos que ya existen en los planes de estudio (seminarios, prácticas profesionales, monografías, tesis y otros), para que todos se integren en un mismo programa. Así, durante su formación profesional, el estudiante se forma como investigador activo.

La investigación como parte de los cursos. Con la posible excepción de algunas materias básicas (por ejemplo, Matemáticas), la educación debería complementar la enseñanza de contenidos preexistentes con tareas de indagación, experimentación e investigación, incluyendo la resolución de problemas, la búsqueda y análisis de materiales bibliográficos sobre puntos concretos, y (donde corresponda) la obtención de datos secundarios (por ejemplo, datos proporcionados por organismos públicos o por empresas privadas) o primarios (visitas de campo o encuestas sobre temas atinentes a las diferentes materias). Cada tarea de este tipo debería ser reflejada en un informe técnico escrito, a cargo del estudiante, y que formaría parte de su evaluación.

Disminuir el enciclopedia. Los planes de estudio de las carreras de grado tienen a menudo una gran carga informativa con enfoque enciclopédico. Los cursos de este tipo son muchos, las clases absorben generalmente 20 o más horas por semana, y esto, sumado al estudio en el hogar, ocupa la casi totalidad del tiempo de los estudiantes. Se les exige absorber (y demostrar en exámenes) una gran cantidad de datos que se consideran necesarios para su formación profesional. Aun cuando los datos fuesen imprescindibles, su memorización usualmente no lo es. La información en la actualidad suele tener una corta vida útil, y debe ser actualizada permanentemente. Por ello, el enciclopedia no debería llevar a un aprendizaje mnemotécnico, sino a la adquisición de habilidades para la adquisición y manejo de la información actual y futura. Los detalles memorizados son olvidados rápidamente por los estudiantes, y, por otro lado, la ciencia y la tecnología avanzan con tanta rapidez que en pocos años gran parte de esos contenidos serán obsoletos. Se requieren menos cursos y que sean menos enciclopédicos, orientados a un aprendizaje continuo («aprender a seguir aprendiendo»), y mecanismos que permitan adquirir y usar los conocimientos especializados en la medida en que los proyectos lo requieran.

Una primera aproximación necesaria, pero de difícil implementación, es *adelgazar el volumen de contenidos y reducir el número de cursos puramente informativos* en los planes

de estudio. El objetivo de esta estrategia es que el alumno tenga tiempo para iniciarse en la investigación. Que no se limite a acumular conocimientos preexistentes, sino que «aprenda a aprender» o, mejor aún, que «aprenda a indagar». Esta es en primer lugar la capacidad de seguir aprendiendo durante el resto de su vida, de manera práctica o experimental, a través de una permanente actualización bibliográfica (no pasiva, sino selectiva y crítica); y, en segundo lugar, la capacidad de generar nuevos conocimientos y nuevas soluciones, y de poner los resultados por escrito en forma clara y concisa; más que recordar un conocimiento, saber buscarlo cuando haga falta. En lugar de rendir examen es mejor escribir un *paper* original y saber defenderlo. Todo esto requiere aprender a estar actualizado; a formular preguntas inteligentes e informadas; a buscar y eventualmente descubrir nuevas soluciones para los problemas.

Tareas de investigación fuera de los cursos. La investigación debe estar presente en casi todos los cursos, pero el plan de estudios debería incluir también **tareas extracursos**, como ocurre en diversas universidades y campos de estudio, en los cuales se prevé que los estudiantes dediquen parte de su tiempo a esa clase de tareas. En general, esto solo puede ser posible si el tiempo y el contenido de los cursos teóricos no ocupa todo el tiempo de los estudiantes, lo que permite dedicar algún tiempo a tareas de indagación y experimentación. Esas no deben ser tareas aisladas, para diferentes profesores, solo para cumplir las horas o «créditos» de investigación establecidos en el plan de estudios: los estudiantes deberían realizar esas tareas *participando* en programas de investigación existentes, a fin de familiarizarse con los objetivos y métodos del programa, asistir a reuniones de los grupos de trabajo, percibir su tarea como parte del trabajo del grupo, habituarse al trabajo intelectual colaborativo de indagación, formulación y discusión de hipótesis, análisis de datos y de resultados, y otras formas de aplicación del pensamiento crítico y del enfoque científico de la realidad. De este modo, si los planes de estudio prevén una cierta cantidad de horas o «créditos» para tareas de investigación, ellas deberían motivar la *incorporación temprana de los estudiantes en un programa de investigación*.

De esa experiencia puede surgir el interés por una problemática, que puede continuar en el posgrado o en la vida profesional. En algunas carreras de grado, se exige un trabajo final, que puede ser una práctica profesional o pasantía, o bien una monografía o «tesina». Si el estudiante ha estado ligado a un programa de investigación, sería lógico que ese trabajo final tenga relación con el área temática del programa en que ha participado, o de alguno de los cursos o seminarios optativos que ha cursado. Aun cuando el trabajo final consista en una pasantía dentro de una empresa u organización, el trabajo escrito no debería ser una mera narración, sino un análisis crítico de esa experiencia. Ello contribuiría a que los estudiantes puedan familiarizarse con la práctica de la investigación, aun antes del posgrado.

Nivelación. Los alumnos de posgrado de una universidad pueden provenir de diferentes universidades, no todas igualmente desarrolladas, e incluso de dos o más profesiones

afines. Una escasa o nula preparación en investigación en los estudios de grado podría requerir un *período de nivelación* para quienes no hayan tenido esa formación en sus estudios profesionales previos. Esa nivelación, naturalmente, no puede consistir solo en asistir y aprobar un curso informativo, sino en participar también en alguna experiencia práctica de investigación. Los eventuales cursos pueden ser breves e intensivos, sin sujetarse al calendario general de los cursos universitarios.

En síntesis: (1) no aumentar la carga total de trabajo; (2) disminuir el número de cursos «informativos» o «enciclopédicos» y adelgazar en lo posible sus contenidos; (3) capitalizar ese tiempo usando los recursos más elásticos y flexibles de los planes de estudio (que podrían ser ajustados para cumplir mejor esa función). Esos recursos más flexibles son básicamente (a) los *cursos y seminarios optativos* y (b) el requisito de cumplir con un *cierto número de horas en tareas de investigación o de práctica preprofesional* durante los estudios de grado. Los seminarios o cursos optativos y las horas o créditos de investigación o de práctica preprofesional no deberían elegirse de cualquier modo: deberían relacionarse (en lo posible) con un programa de investigación en que participen los estudiantes, dándoles no solo una formación práctica más completa en métodos y técnicas de investigación, sino una orientación en la problemática de una cierta línea de investigación, y también (si es el caso) las bases para el trabajo final de su carrera de grado, y sus eventuales estudios de posgrado. Tanto los seminarios electivos como el cumplimiento de las tareas de investigación obligatorias no deberían ser actividades que dispersen la atención de los estudiantes, sino que estén *directamente relacionadas con un programa de investigación* en el cual están trabajando los estudiantes desde antes de su graduación.

6.7 Mejorar la comunicación científica

La actividad científica implica no solo la investigación, sino también la *comunicación escrita* de esa investigación: sus objetivos, sus métodos, sus resultados. Los *escritos científicos* (desde los artículos o *papers* hasta las *tesis doctorales* y otros escritos extensos) permiten *validar* el trabajo científico cuando este es dado a conocer a otros colegas, pues puede así ser evaluado, comprobado, discutido y eventualmente aceptado o rechazado. El desempeño en la comunicación científica depende esencialmente de la adquisición de dos habilidades: saber leer y saber escribir. Esto es: saber *leer, entender y resumir escritos científicos*, y saber *escribir artículos y tesis de alta calidad*.

6.7.1 Aprender a leer: formación en búsqueda y uso de bibliografía

En la preceptiva de la lengua española, donde hay deficiencias respecto de la estructuración de textos expositivos, también se detectan deficiencias respecto de la *intertextualidad* que es propia de los textos académicos, es decir, en lo que atañe al manejo del *aparato bibliográfico*. Los textos científicos o académicos no son nunca textos autocontenidos, sino

que deben necesariamente *citar los estudios anteriores relevantes*, a los cuales cada nuevo texto añade alguna aportación propia. «La actividad de escribir textos académicos es una actividad de construcción del texto propio a partir de textos ajenos (intertextualidad)», escribe Anna Teberosky (2007). El escritor es primero un lector: su escrito interviene en «conversaciones» intelectuales ya iniciadas, y aspira a ser citado y comentado por otros autores en textos que aún no existen. Así, cada texto es solo *un punto en una red de textos interconectados*, pasados y futuros. El desarrollo de la *peer review* y de los análisis bibliográficos basados en la bibliometría dan amplias bases técnicas para que los escritos científicos incorporen orgánicamente la intertextualidad, y puedan intervenir válidamente en los debates científicos en curso. Para ello es esencial la lectura y comprensión de los antecedentes relevantes para cada caso. Los investigadores en formación deben *aprender a leer y procesar intelectualmente* la bibliografía actualizada de cualquier tema. Cada escrito científico debe *citar* los antecedentes relevantes, lo que implica *identificarlos, leerlos y citarlos* en los pasajes donde la cita sea requerida por la estructura expositiva.

Leer textos científicos no es lo mismo que leer novelas o cuentos, que requieren una lectura «lineal» de la primera a la última página. En ciencia se debe «leer» (y entender) en primer lugar el texto como totalidad, antes de leer sus partes. *El todo se debería «leer» y «entender» antes que las partes*. Los textos científico-técnicos tienen una *organización lógica*, con subdivisiones organizadas jerárquicamente (capítulos, secciones, párrafos), reflejando la estructura conceptual de la argumentación que exponen. Lo primero es *comprender la estructura lógica* del documento como un todo: lo que el autor quiere mostrar o demostrar y los pasos que sigue para ello. Luego de entender la totalidad, se puede entrar en sus partes y detalles. En sus consejos sobre preparación de *papers* de Economía (que pueden aplicarse a otras disciplinas), Thomson (2001) aconseja que los artículos se escriban de tal modo *que no sea necesario leerlos íntegramente*. El lector, escribe Thomson, debería «entender» los aspectos esenciales del artículo por el título, el *abstract*, tal vez los títulos de las secciones, las tablas o figuras, y quizá las conclusiones. Esta comprensión general ocurre usualmente *antes* de la lectura detallada. Esto es inevitable en disciplinas o temas en que el acervo bibliográfico es inmenso y se actualiza prácticamente cada día. *Es imposible leer todo*. Por ello, en ciertas disciplinas, como las biomédicas, el *abstract* sigue un formato estándar muy estructurado; muchos lectores pueden decir, solo por el título o el *abstract*, si el artículo vale la pena. Solo en ese caso se justifica la lectura íntegra del *paper*.

Antes de leer un texto, entonces, primero hay que encontrarlo, y (antes de leerlo) *decidir si es relevante*. En la actualidad, el problema principal no consiste en la escasez de textos relevantes, sino en la sobreabundancia de textos que *podrían* ser relevantes. Es preciso saber cómo seleccionarlos *antes de leerlos efectivamente*. Una búsqueda en Google (o en su rama científica, Google Scholar), o en sistemas de bibliografía científica como Scopus, Web of Science o Medline, produce en pocos segundos un «diluvio bibliográfi-

co» con miles o millones de referencias. *No se puede leer todo*: «leer» y luego «citar» exige una selección *previa*, antes de la lectura, basada sobre todo en técnicas bibliométricas y en indicadores simples del contenido (como el título o el *abstract*). Hay que ubicar los aportes recientes más importantes, y tener para ello una estrategia para descubrirlos; luego hay que rastrear sus antecedentes. Son muy útiles las *reviews* o revisiones de la bibliografía sobre un tema o problema, pero las *reviews* existentes no siempre están actualizadas, y entonces el mismo investigador debe encontrar los trabajos más recientes y relevantes. Si ya se han hallado algunos trabajos recientes relevantes, se puede con ellos identificar algunas referencias bibliográficas comunes a todos ellos y que parecen ser antecedentes valiosos para las investigaciones recientes. Aparte de buscar esos trabajos anteriores, citados por todos los artículos relevantes, una búsqueda focalizada en otros trabajos que hayan citado a esos mismos trabajos anteriores ampliaría la bibliografía inicial. Con similares técnicas, se puede seguir ampliando la bibliografía relevante sobre la base de las citas efectuadas en trabajos recientes.

Una regla básica en esta búsqueda es *elegir y citar literatura científica original* (no artículos periodísticos ni obras de divulgación). Esto incluye la cita de los textos (si es posible) en su lengua original, y no en una traducción a la propia lengua (por ejemplo, al español). Esto vale sobre todo para la preparación de escritos científicos en inglés, que es la *lingua franca* de la ciencia: si se cita un libro originalmente publicado en alemán o francés, el lector de un artículo publicado en inglés espera encontrar la cita del original (en alemán, francés u otra lengua). Si en ese caso se cita una traducción, debería citarse la traducción *al inglés*, no la traducción al español, pues la cita ocurre en un artículo escrito en inglés.

Otra regla es la *pesquisa retrospectiva*: comenzar por los aportes más recientes, y retroceder en el tiempo a partir de sus *referencias bibliográficas*, pero *solo hasta donde sea necesario* para hallar las obras clave, es decir, las que *deben* ser citadas como referencia necesaria de un escrito nuevo sobre la misma problemática. La lectura de las obras debería plasmarse en *breves resúmenes y reseñas*, sintetizando las conclusiones principales, e incluyendo preguntas u observaciones suscitadas por el texto. Estas breves reseñas o notas no están primariamente destinadas a la publicación, sino que son la materia prima en que se basará la sección o capítulo referente al «estado del arte», o sea el estado actual de la discusión científica sobre el tema o problema escogido.

En suma, la pesquisa bibliográfica actualizada, y organizada según lo requiere cada programa o proyecto de investigación, es un elemento fundamental para que el trabajo se inserte en la «conversación» actual de los especialistas. Por ello, los investigadores deben dominar el arte de la pesquisa bibliográfica. Sobre esto, se puede ver el cap. 5 («Pesquisa bibliográfica») en Maletta (2009: 182-200), y la bibliografía preceptiva sobre las revisiones de la literatura (*literature reviews*), que se detalla más adelante en esta misma sección.

Números y gráficos: superar el analfabetismo numérico. Aprender a escribir documentos científicos implica también aprender a manejar números y gráficos, aun en disciplinas esencialmente cualitativas. Aparte de los problemas de organización argumental y comunicación expositiva, muchos investigadores y estudiantes (sobre todo en ciencias humanas) sufren de deficiencias en el arte de entender y comunicar datos numéricos en forma comprensible a través de tablas y figuras, y de explicarlos claramente. Hay mucha bibliografía sobre ese tema, como Thomson (1999, 2001) para la economía matemática, los libros de Tufte (1997, 2001, 2006, 2020) sobre representaciones gráficas, y el clásico y muy simple texto de Zeisel (1980) sobre el manejo y presentación de los datos numéricos. Alley (2013) y Schwabish (2017, 2021) son útiles guías para la preparación de presentaciones eficaces sobre conceptos o resultados empíricos (con o sin PowerPoint). Como se suele decir en inglés, aparte de mejorar la *literacy* (manejo del lenguaje), es igualmente importante mejorar la *numeracy* (manejo de los números), *aun en estudios cualitativos*, y el manejo de herramientas comunicacionales como las presentaciones. Esto vale tanto para estudiantes como para docentes.

6.7.2 Aprender a escribir: formación en argumentación y redacción científica

No existe ciencia sin comunicación. La redacción, aceptación y publicación de los resultados de la investigación es parte esencial del proceso de producción científica. En los artículos científicos (y en la publicación de libros científicos) ello requiere *peer review*, es decir, que el texto sea aceptado por los expertos designados por la dirección científica de la revista o de la casa editorial. La aceptación de una tesis por un panel de investigadores especializados en el tema es el requisito equivalente para la obtención de un grado académico superior, aun cuando la tesis no sea publicada.

La aceptación de un escrito científico en los medios de circulación científica (especialmente revistas con *peer review*) requiere no solo un contenido original que merezca ser publicado, sino además que el escrito se ajuste a determinadas reglas de organización y de formato, para desarrollar de manera ordenada y sistemática el conjunto de la argumentación del autor. Los escritos deben ajustarse además al formato establecido por la respectiva universidad, editorial o revista.

Argumentar y demostrar. Los textos expositivos académicos, como los artículos científicos o las tesis, tienen como finalidad la exposición ordenada de una *argumentación lógica*, por lo general corroborada por *evidencia empírica*. Este es un requisito fundamental del enfoque científico, presente en la concepción de la ciencia desde Aristóteles, y expresado en la Edad Moderna por filósofos y científicos como Bacon, Galileo, Boyle, Hume, y en los últimos dos siglos por Stuart Mill, Popper y otros. En el siglo XVII, la Royal Society adoptó como lema la frase latina «*nullius in verba*», que se puede traducir

como «en la palabra de nadie». Ese lema significa que las afirmaciones de la ciencia *deben ser demostradas*, sin creer en la palabra de nadie por grande que sea su autoridad. Se debe probar que las hipótesis y teorías científicas son lógicamente *coherentes* (en sí mismas y en relación con otras teorías o proposiciones científicas) y que están *no contradichas sino* (en lo posible) *corroboradas por la evidencia empírica*. Cada paso del análisis debe ofrecer elementos de prueba, que pueden expresarse en un simple enunciado o mediante demostraciones detalladas reforzadas por elementos externos: citas bibliográficas, gráficos, cuadros estadísticos y otras evidencias pertinentes.

La argumentación general de un texto científico se descompone usualmente en una serie de argumentaciones de menor nivel, las que se concretan en secciones o capítulos del texto, y estas a su vez se componen de microargumentaciones que proponen y sustentan ideas simples, cada una de las cuales origina típicamente un *párrafo*. Cada afirmación debe ser respaldada en estudios anteriores o en evidencia nueva, con las necesarias referencias para demostrar la solidez de esas pruebas.

Argumentar y redactar. La argumentación lógica de un trabajo científico debe ser expresada en forma escrita, desarrollando ordenadamente los distintos pasos de la argumentación. La estructura lógica de la argumentación no siempre es «lineal», con una secuencia única y necesaria desde la primera hasta la última conexión causal: a veces, la trama argumental es más complicada, con muchos factores colaterales entrelazados, y ello plantea desafíos y opciones para volcar la argumentación en un texto escrito (que debe ser inevitablemente *secuencial*). El conjunto de ideas centrales y sus derivaciones laterales, todas contribuyendo a sustentar el edificio argumentativo general, debe ser *expresado en una exposición escrita y, por lo tanto, secuencial* (que puede incluir algunas conexiones laterales como las notas al pie o las referencias bibliográficas). Normalmente lo que se pretende explicar es un *resultado* de un conjunto de factores o antecedentes, por lo cual el entramado causal puede ser simplificado, enunciando solo aquellos nexos causales que, de un modo u otro, influyen sobre el resultado final en el cual se centra la argumentación. En algunos casos es al revés: se parte de un cierto factor y se estudian sus múltiples consecuencias. En ambos casos, la elección del factor central (antecedente o consecuente) permite simplificar grandemente el *entramado causal*, dejando de lado los nexos causales irrelevantes para cada argumentación específica.

Detrás de la *redacción expositiva* hay siempre una *argumentación*. No en el sentido de una polémica, sino como expresión de un razonamiento lógico. Detrás de la secuencia expositiva subyace una lógica argumentativa que le otorga sentido a esa exposición. El desarrollo de la argumentación ha sido objeto de múltiples enfoques lógico-filosóficos, y ha experimentado un gran desarrollo en la segunda mitad del siglo XX e inicios del XXI, sobre todo en el campo de la *teoría de la argumentación*, que sustenta en última instancia la organización de los textos expositivos. Las reglas lógicas de la argumentación se

remontan a Aristóteles, pero la argumentación científica moderna ha sido reformulada desde mediados del siglo XX por diversos autores. A partir de ese desarrollo conceptual, surgió una vasta bibliografía sobre la *enseñanza de la argumentación lógica* y de las *buenas prácticas de organización expositiva y estilo* en la comunicación científica. Dado que la ciencia es un emprendimiento falible, perfectible y evolutivo, la propia experiencia de la actividad científica ha desarrollado (en parte por prueba y error) una serie de prácticas y protocolos para evitar errores y desviaciones de la investigación o la comunicación científicas. Parte de estas «buenas prácticas» pueden estar especificadas explícitamente en protocolos técnicos y códigos de ética aplicables en cada especialidad y cada tipo de investigación.

La redacción científica reposa sobre esos dos basamentos: la teoría de la argumentación lógica y las reglas de organización y estilo del discurso expositivo. La teoría moderna de la argumentación y las reglas para la organización de textos expositivos, como se ha visto antes, están en general ausentes en el currículum educativo de los países de habla española, y hay muy pocos textos escritos en español sobre ese tema (esos contenidos son mucho más abundantes en la bibliografía y los planes de estudio de los países que históricamente han estado más profundamente insertos en la cultura científica y técnica). Esa insuficiencia está siendo gradualmente superada en los países latinos de Europa, como España o Italia, por varias vías: (i) por la mejora general del nivel educativo que acompaña al desarrollo económico de esos países; (ii) por el influjo de las normas educativas y sistemas de evaluación de la Unión Europea y la OCDE; y (iii) por la necesidad de rediseñar la enseñanza y la investigación para que sean compatibles con el papel central de la ciencia y la tecnología en la sociedad contemporánea. En América Latina esa transición va en el mismo camino, pero es aún incipiente o incompleta.

Argumentaciones simples, complejas y jerárquicas. Los escritos científicos, en general, exponen una *argumentación*. Una argumentación racional fundamenta proposiciones o teorías a partir de su coherencia lógica interna, su coherencia con otras teorías relacionadas, y una fuerte evidencia empírica. La estructura de la argumentación puede variar desde las más simples hasta las más elaboradas y complejas. Una argumentación *simple* consiste en una *idea o proposición* y los argumentos que se esgrimen para fundamentarla⁹⁵. Sus arquetipos clásicos son el *silogismo* y el *teorema*: en ambos se usan *premisas* (es

⁹⁵ Es frecuente que en los manuales de lógica o de filosofía se considere que el término *idea* es equivalente a *concepto*. Aquí estamos usando «idea» con un significado usual en la teoría de la argumentación, en que se considera que una *idea* no se expresa en un *concepto* aislado, sino en una *proposición*, en la cual se afirma algo acerca de una u otra *realidad*, representada en uno o más conceptos. De este modo, «Los truenos preanuncian la lluvia» es una idea o proposición; «trueno», «preanunciar» o «lluvia» son conceptos aislados que pueden formar parte de diversas proposiciones. Los conceptos como tales no requieren una fundamentación lógica o empírica si se los usa con un significado preciso. La verdad o la falsedad no son atributos de los conceptos, sino de las proposiciones (y de teorías formadas por proposiciones entrelazadas).

decir, principios teóricos y datos objetivos) para demostrar una proposición o tesis que se deriva lógicamente de esos antecedentes. Su secuencia lógica sería: *Supuestos y datos* → *Conclusión*. Esto podría expresarse por escrito en *un solo párrafo*, cuya oración tópica estipularía qué supuestos y qué datos son necesarios para causar el efecto final considerado, y el resto del párrafo serían varias *oraciones de soporte* que detallarían esos supuestos y datos especificando su descripción, las fuentes consultadas, y (tal vez) el mecanismo por el cual esos supuestos y datos condicionan o causan el efecto final.

Lo que antecede solo será posible si cada supuesto y cada evidencia empírica puede expresarse en una oración del mismo párrafo. El sendero lineal y directo desde los supuestos y datos hacia la conclusión puede complicarse cuando alguno de los supuestos o datos requiere a su vez una fundamentación, de modo que el argumento general tendría dos niveles: primero deben fundamentarse los supuestos o datos que lo requieran, y luego esos supuestos y datos pueden ser invocados para fundamentar la proposición principal. En esos casos hay una *secuencia jerárquica* en los argumentos: se debe primero demostrar que los supuestos son correctos y que los datos son válidos, para luego invocar esos supuestos y datos para fundamentar la proposición principal a la que apunta la argumentación. Estos esquemas jerárquicos pueden tener más de dos niveles; hay algunos que proceden acumulativamente desde ciertas argumentaciones elementales, a través de varios niveles intermedios, para llegar a la exposición de la argumentación principal. Se origina así una *pirámide argumentativa* que puede constar de varios niveles.

Los elementos primarios de una argumentación compleja son las *microargumentaciones*. Cada una es un razonamiento breve que trata de justificar o desarrollar una proposición simple. Su expresión escrita suele estar contenida en un *párrafo*. Un párrafo *argumentativo* usualmente expone una idea simple por medio de una *oración tópica*, y su desarrollo o fundamentos pueden expresarse por escrito dentro del mismo párrafo bajo la forma de unas *oraciones de soporte*. Estas oraciones proporcionan detalles, pasos causales intermedios, razones para la vinculación de los factores involucrados, y ocasionalmente ejemplos o referencias a procesos similares ya conocidos. Esa clase de párrafo suele cerrarse con una *oración conclusiva*, la cual resume las oraciones precedentes y puede también servir como transición hacia siguiente paso de la argumentación.

Un texto argumentativo sumamente simple, por ejemplo una breve nota técnica, podría consistir solo de varios párrafos de este tipo, quizá con un párrafo de apertura y otro de cierre. En una argumentación un poco más compleja, puede haber *argumentaciones parciales*: varias argumentaciones simples (cada una contenida en un párrafo) constituirían una *sección* del texto, dedicada a un aspecto o a un paso lógico dentro del argumento general; otras secciones se construyen del mismo modo. Las varias secciones contribuyen a la argumentación general del texto, que puede estar contenida en una sección final.

Esta estructura jerárquica puede ser más compleja, cuando consta de dos, tres o más niveles intermedios. Un ejemplo simple de una argumentación *multinivel* son las argu-

mentaciones sobre *procesos en cascada*, donde hay una *sucesión* de pasos intermedios: el factor A causa el efecto B, este causa el efecto C, y así los efectos intermedios D, E, etc., hasta llegar al efecto final considerado, que es el objeto de la argumentación; probados los pasos intermedios, se podría argumentar que el factor inicial A desencadena un *proceso en cascada* que termina causando el efecto final.

Una argumentación en cascada

- (A) Gran parte de la energía utilizada en el mundo proviene de combustibles fósiles.
 (B) El uso de combustibles fósiles emite dióxido de carbono o CO_2 ($A \rightarrow B$).
 (C) Las moléculas de CO_2 tienden a permanecer en la atmósfera durante un tiempo prolongado ($B \rightarrow C$).
 (D) Un sostenido aumento de CO_2 en la atmósfera retiene parte de la energía solar reflejada por la Tierra, reduciendo su salida al espacio exterior, en un efecto similar al de un invernadero ($C \rightarrow D$).
 (E) El efecto invernadero incrementa la temperatura de la Tierra (áreas terrestres, mares y glaciares) ($D \rightarrow E$).
 (F) El derretimiento de glaciares y la mayor temperatura marina expanden el volumen de los océanos y aumentan por consiguiente el nivel del mar ($E \rightarrow F$).
 (G) El aumento del nivel del mar puede inundar áreas costeras ($F \rightarrow G$), y **por lo tanto**:
 (H) El uso sostenido de combustibles fósiles puede causar la inundación de zonas costeras ($A \rightarrow H$).

El resultado de esta cadena de argumentos (aquí burdamente simplificados) es que el uso de combustibles fósiles puede causar la inundación de zonas costeras, es decir que, *en última instancia*, $(A) \rightarrow (H)$. Por supuesto, en un argumento de este tipo habría que introducir más complicaciones, como la magnitud y velocidad de los cambios climáticos y de sus efectos, o los posibles factores contrarrestantes que podrían atenuar esos efectos, pero este esquema simplificado de una argumentación *en cascada* es suficiente como ejemplo. Para probar que la proposición (H) es válida hay que probar todos los pasos intermedios desde (A) hasta (G). Cada una de las proposiciones intermedias ($A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, $C \rightarrow D$, etc.) debe ser fundamentada, por ejemplo citando estudios científicos que así lo demuestran; de todo ello se sigue la validez de la conclusión general ($A \rightarrow H$). Los modelos *en cascada* son bastante frecuentes en la ciencia; ellos no implican que la consecuencia final considerada (H) sea el único resultado de los factores intervinientes; ellos pueden también causar otros efectos no mencionados (por ejemplo, que el aumento de temperatura origina mayor evaporación del agua y, por lo tanto, mayor precipitación

pluvial); estos efectos «paralelos» no son objeto de la argumentación y pueden ser ignorados siempre que no acentúen, atenúen o reviertan el efecto final de la argumentación (en este caso, la inundación de zonas costeras por el aumento del nivel del mar).

Un texto que pretenda mostrar cómo se produce esa causación en cascada (en una forma simple, por ejemplo, en un artículo de divulgación sobre cambio climático) podría tratar cada efecto intermedio en forma muy sumaria: cada paso intermedio podría ser desarrollado en un *párrafo*; cada eslabón de esa cadena de párrafos debería ser corroborado mostrando su coherencia lógica y la evidencia empírica que lo sustenta. En un texto científico más exhaustivo, cada paso de la cadena causal podría ser desarrollado en un *capítulo*, cada uno con varias *secciones* y quizá *subsecciones*, que finalmente están formadas por varios párrafos, y quizá esos párrafos son acompañados por gráficos estadísticos, tablas numéricas y otros materiales accesorios.

Por ejemplo, los informes de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) desarrollan el tema del aumento del nivel del mar y sus consecuencias sobre las áreas y poblaciones costeras a través de muchas páginas con múltiples evidencias y detalles, distribuidas entre el análisis de los aspectos *geofísicos* del cambio climático (informe del Grupo de Trabajo I), el estudio de la magnitud e implicaciones de su probable *impacto* sobre la sociedad y la naturaleza, y las correspondientes *adaptaciones* (espontáneas o inducidas) de la sociedad y la naturaleza ante ese impacto (informe del Grupo de Trabajo II) y el análisis de posibles políticas de mitigación que pueden aplicarse sobre cualquiera de los eslabones de la cadena causal (informe del Grupo de Trabajo III). La compleja argumentación requeriría un texto muy extenso, pero podría abreviarse en una exposición sumaria del asunto; los informes completos del IPCC, que aparecen en tres extensos volúmenes, son sintetizados en un «Resumen técnico» mucho más breve, que de todos modos puede tener muchas páginas.

Esto indica que el planteo del problema y su desarrollo argumental y escrito puede ser más breve o más extenso, según el propósito y los destinatarios de cada exposición. El texto resultante puede variar desde un breve *artículo periodístico*, pasando por un *artículo científico* compuesto por varias secciones, hasta un *libro* con varios capítulos (quizá dividido en varias «partes» o volúmenes).

La argumentación principal, expresada en *el conjunto del texto*, y recapitulada en la parte final (H), recoge y organiza las microargumentaciones y las argumentaciones intermedias, como partes de un razonamiento general. Ese argumento general debe corresponder con el objetivo o tesis central de la obra, todos cuyos desarrollos convergen en ese argumento central. Por ejemplo, el presente libro trata aspectos muy diferentes entre sí, pero enlazados en *una única argumentación central* cuyos principales componentes lógicos son básicamente tres:

- a) La ciencia en el mundo ha evolucionado de determinadas maneras durante los últimos 100 años;

- b) América Latina muestra retrasos respecto a esa evolución internacional;
- c) Hay algunas propuestas que pueden contribuir a la mejora de esa situación.

Cada una de estas tres proposiciones, sin embargo, requiere una fundamentación y desarrollo más complejo, que tiene varios aspectos y cuya exposición se extiende a lo largo de varios capítulos con sus respectivas secciones. Esto obliga a organizar la exposición en varios niveles argumentativos que se expresan en una estructura expositiva jerárquica compleja, en la cual el texto se subdivide en partes, capítulos, secciones y subsecciones, en correspondencia con la complejidad de la argumentación. En el caso de este libro existen hasta cinco niveles en la jerarquía argumental (y en el texto resultante):

Lógica	Proposiciones	→	Argumentos de nivel 1	→	Argumentos de nivel 2	→	Argumentos de nivel 3	→	Argumentos de nivel 4	→	Argumentos de nivel 5	→	Argumento general
Texto	Oraciones	→	Párrafos	→	Subsecciones	→	Secciones	→	Capítulos	→	Partes	→	Libro
Numeración	-		-		1.1.1		1.1		1.		-		-

Párrafos y argumentaciones simples. Una argumentación muy simple con un análisis también simple puede caber en un solo párrafo: una oración expone una idea central, equivalente a la tesis de un teorema. Las otras oraciones del párrafo presentan sintéticamente datos o inferencias que dan sustento a la tesis principal del párrafo. El sustento puede contener razones, detalles o ejemplos de los cuales se pueda deducir que la idea principal del párrafo tiene buen sustento lógico o empírico. Esas oraciones de soporte pueden citar bibliografía, o referir la atención del lector a un cuadro estadístico o un gráfico, para reforzar algunas de las razones o algunos de los ejemplos que se proponen como sustento de la idea principal del párrafo. También puede referir a demostraciones anteriores dentro del mismo texto.

En suma: una argumentación simple se expresa en un párrafo, formado por una oración central o nuclear (la «oración tópica»), y otras oraciones que se suelen llamar oraciones de sustento o de soporte. A veces, el párrafo concluye con una oración conclusiva o transicional que recapitula la argumentación ofrecida o conduce a la siguiente argumentación. Estos párrafos expositivos, pues, exponen una proposición sencilla y ofrecen fundamentos para ella. Por ejemplo, la proposición (A) del ejemplo precedente, es decir la emisión de CO₂ causada por el uso de combustibles fósiles, podría ser fácilmente demostrada con una breve explicación del proceso químico de combustión de los hidrocarburos (1-3 oraciones), tal vez apoyada con una ilustración gráfica de ese proceso químico.

Argumentaciones complejas. Otras argumentaciones, aunque relativamente simples, involucran la necesidad de exponer y sustentar varias proposiciones, que no se pueden condensar en un solo párrafo. Esto obliga por lo menos a descomponer la argumenta-

ción en *una serie de párrafos* en los que se desarrollan varias argumentaciones simples interconectadas, y que convergen en una conclusión general; este tipo de argumentaciones suele expresarse en un artículo o nota breve. Una argumentación un poco más compleja podría requerir un *paso intermedio*, pues la argumentación incluye varias argumentaciones concatenadas, cada una de las cuales requiere varios párrafos. En este caso, la exposición escrita sería un artículo dividido en dos o más *secciones*, cada una dedicada a una de las argumentaciones intermedias. En cada sección, las argumentaciones simples, expuestas en un párrafo cada una, conducen a una conclusión de la sección, resultante de esos varios párrafos. Las secciones en conjunto fundamentan entonces la tesis principal, expuesta al final en una sección final o en un párrafo conclusivo.

En una argumentación aún más compleja (multinivel), la estructura argumentativa de cada división primaria del texto (un *capítulo*) se subdivide en varias *secciones* compuestas por diversos *párrafos*. Esta estructura reconoce tres niveles (párrafos, secciones, capítulos) para llegar a la argumentación principal. Esta clase de «argumentaciones anidadas» puede tener más niveles (por ejemplo, subsecciones), ya que no hay más límite que la facilidad de lectura. La estructura argumentativa (y también la expositiva) se configuran así de un modo *jerárquico*, en tres o más niveles, donde cada nivel engloba varias subdivisiones de nivel más desagregado. En estos casos, el desarrollo expositivo se plasmaría en un artículo más largo y más complejo, o (más probablemente) en un libro, como por ejemplo este libro, que tiene cinco niveles argumentativos (párrafos, subsecciones, secciones, capítulos y partes) para llegar a la argumentación de conjunto.

Un texto de este tipo presenta en su conjunto una macroargumentación general, compuesta por varias argumentaciones subordinadas, que surgen en última instancia de múltiples «microargumentaciones» expresadas en párrafos. No se trata aquí tan solo del *estilo* de esos textos, que es un aspecto primordialmente formal, sino de su *estructura lógico-argumental*, donde se articulan argumentaciones de diferente nivel, organizadas jerárquicamente desde la microargumentación contenida en un párrafo hasta la macroargumentación expresada en la totalidad de un texto. Esto implica *conectar la lógica de la argumentación con su expresión lingüística*. Para que esto se exprese en la comunicación científica, se requiere de una fuerte mejora en la formación de los investigadores en materia de argumentación científica y redacción de textos científicos, desde artículos breves hasta libros.

La comunicación científica requiere siempre conectar la estructura del *texto expositivo* con la estructura lógica de la *argumentación subyacente*. Un texto expositivo generalmente contiene una (y solo una) larga argumentación principal que da unidad al texto. Lo mismo es aconsejable para cada una de sus partes (capítulos, secciones), cada una referida a una determinada argumentación lógica, y en última instancia para cada uno de sus párrafos. De este modo, el texto expositivo expresa en su estructura multinivel un encadenamiento jerárquico de argumentos, conducentes a una única argumentación

global. En una argumentación de este tipo, a cada nivel de la argumentación lógica le corresponde un tipo de estructura discursiva en el texto, desde la argumentación más simple o de «nivel 1» (también llamada microargumentación), correspondiente a la sustentación de *una proposición simple* y expresada en *un párrafo*, hasta la argumentación general, necesariamente compleja, expresada en la totalidad del libro.

6.7.3 Géneros de la comunicación científica

La formación en comunicación («aprender a escribir textos científicos») implica conocer los usos y normas que rigen los diferentes **géneros** de la comunicación científica. En la enseñanza del inglés para su uso en ámbitos específicos, el enfoque predominante es el denominado «análisis de géneros» (*genre analysis*)⁹⁶. Tanto para la revisión de la bibliografía, como para reportar los resultados de la propia investigación, es preciso entender cuáles son los *principales tipos o géneros de los textos científicos* y cómo debieran ser escritos y leídos. Para empezar, hay una clara subdivisión por la extensión, entre *documentos extensos* y *documentos breves*. Los *artículos científicos (papers)*, más breves que una tesis y con alcance más limitado, son la porción más numerosa e importante de la literatura científica.

Las *tesis* y los *libros monográficos* son usuales en la producción científica; otros libros no son obras monográficas, sino *compilaciones* que publican en forma conjunta una serie de artículos breves. Cada género tiene sus propias características; el lenguaje se usa siempre con el propósito propio de cada género, y varía según el autor, la audiencia, la situación y la intención. La comunicación científica incluye varios *géneros* (informes de investigación, tesis, revisiones de la literatura, reseñas de libros, propuestas de proyectos, y otros). Estos aspectos formales están también afectados por la difusión de la digitalización (Weingart & Taubert, 2017). Dos clases de *papers* breves predominan en la comunicación científica: los informes de investigación (*research papers*) y las revisiones bibliográficas (*literature reviews*). Estas categorías, que se revisan a continuación, pueden incluir no solo resultados empíricos, sino también una *discusión teórica o metodológica*. Los artículos puramente teóricos o metodológicos no necesariamente se ciñen a los esquemas habituales de los informes de investigación o de las revisiones sistemáticas de la literatura.

⁹⁶ El vocablo inglés «*genre*» (de origen francés) se refiere al *género de los escritos*, y no debe confundirse con «*gender*» (género de las *personas* y las *palabras*), aunque en español ambos conceptos se expresan con la misma palabra. Los géneros de los escritos científicos incluyen informes de investigación, reseñas de libros, revisiones de la literatura, discusiones teórico-conceptuales, libros de texto, tratados sobre un tema, etc. Hay una copiosa bibliografía sobre el «análisis de los géneros de los escritos» (*genre analysis*), sobre todo como estrategia pedagógica para enseñar el uso de la lengua en contextos específicos (*English for specific purposes* o ESP), que incluye, entre otros, el lenguaje académico y científico (*English for academic purposes* o EAP). Referencias: Swales (1990, 2004); Swales & Feak (2012); Bazerman, Bonini & Figueiredo (2009); Devitt (2004, 2009); Hewings (2001); Johns (2002); Morganna (2017); Paltridge & Starfield (2013); Rezat & Rezat (2017); Thompson (2016).

Informes de investigación (*research papers*)

En muchas disciplinas, especialmente en las ciencias naturales, una clase principal de artículo son los *informes sobre resultados de investigación* (*research papers*). Ellos siguen un esquema general que comprende secciones de Introducción, Métodos, Resultados, y Discusión. La secuencia se conoce en inglés por la sigla IMRAD, abreviatura de *Introduction, Methods, Results And Discussion* (la sigla en español es IMRyD). Uno de los pocos textos en español que explican clara y brevemente el sentido del esquema IMRyD (Villagrán & Harris, 2009) indica del modo siguiente el significado de cada parte de un típico informe de investigación científica:

Preguntas clave para cada parte del formato IMRyD		
I	Introducción →	¿Cuál es el problema abordado?
M	Materiales y Métodos →	¿Cómo se realizó el estudio del problema?
R	Resultados →	¿Qué se encontró?
D	Discusión →	¿Qué implican esos resultados?

Basado en Villagrán y Harris (2009: 72).

Además de las partes substantivas (I, M, R y D), los *papers* de investigación tienen elementos accesorios o *paratextuales* (pero esenciales): al inicio van el *título* (que debe ser *informativo y específico*), el nombre y afiliación institucional de los autores, y el resumen (*abstract*). Al final van las *referencias bibliográficas* citadas⁹⁷. La estructura básica IMR&D, por cierto, admite matices y variantes según las disciplinas (Samraj, 2016).

Revisiones bibliográficas (*literature reviews*)

Las *literature reviews* revisan y sintetizan la bibliografía actualizada sobre un cierto tema o problema (en español suelen llevar como título «estado del conocimiento», «estado del arte» o «estado de la cuestión»). Pueden constituir artículos independientes, o formar parte de una obra mayor, como una tesis. Para estas revisiones de la literatura no hay un esquema simple como el IMRyD, pero se han desarrollado ciertos estándares⁹⁸. Se dis-

⁹⁷ Las listas de referencias bibliográficas deben ajustarse a las normas de formato establecidas por cada revista. Sobre la redacción de introducciones de *papers*, véase Swales (1981); y Swales & Feak (2012) sobre la redacción de *abstracts*. En algunas disciplinas (como Medicina) hay un formato de «*abstract* estructurado» que incluye todos los detalles técnicos del artículo (objetivo, muestra estudiada, métodos, resultados, etc.). En otras disciplinas, el *abstract* es un párrafo breve, con una extensión de 100-200 palabras, que describe sucintamente el contenido del artículo sin citas bibliográficas ni notas.

⁹⁸ Hay muchos textos en inglés que enseñan a hacer una revisión de la literatura, por ejemplo: Aveyard (2007); Berdanier y Lenart (2021); Efron y Ravid (2019); Feak y Swales (2011a, 2011b); Fink (1998); Galván y Galván (2017); Garrard (2017); Greetham (2021); Harris (2020); Hart (1999, 2001); Hempel (2020); Jesson, Lacey y Matheson (2011); Machi y McEvoy (2016); Oliver (2012); Pan (2017); Pursell y McCrae (2020); Ridley (2012).

tinguen, sobre todo en época reciente, hasta tres tipos de revisión bibliográfica: la de tipo «*narrativo*» o «*tradicional*»; la revisión «*sistemática*»; y la basada en un *metaanálisis*.

Revisión narrativa (o tradicional) de la literatura. Es un análisis cualitativo de las obras, ordenadas y comentadas en función de los problemas que se pretende enfrentar. No es simplemente un conjunto de resúmenes o citas de las obras de diferentes autores, sino que está organizada según una *estructura lógica* que surge del programa de investigación, las preguntas específicas que el proyecto quiere afrontar y responder, y (en muchos casos) la evolución histórica de los enfoques utilizados para el tratamiento del tema. La selección de trabajos reseñados debe reflejar la evolución o pluralidad de enfoques del problema, es decir, las sucesivas o paralelas conceptualizaciones del problema (si las hay), y las maneras en que esos conceptos son aplicados prácticamente, sobre todo en época reciente.

Dado que la revisión se refiere solo a ciertas preguntas o problemas, lo más obvio es *partir de la definición del problema*. Si esa cuestión o problema ha sido tratado previamente, el «estado (actual) de la cuestión» debe ser fácilmente deducible del examen de las principales obras que se han ocupado del asunto recientemente, pasando luego a las referencias bibliográficas de esos estudios. De ese modo se apunta a descubrir el contexto (o los contextos) en que ha surgido originalmente (o se ha modificado después) la pregunta o problema; los conceptos con que el problema es formulado; los métodos utilizados para afrontarlo; y los aspectos en que esas definiciones podrían ser cuestionadas o mejoradas. El problema puede haber sido tratado anteriormente, o bien (en algunas ocasiones) no ha sido planteado como tal en la bibliografía anterior; en estos casos es el autor quien debe detectar la existencia del problema (por ejemplo, una deficiencia metodológica o la necesidad de un replanteo teórico), y explicar el asunto en la introducción de la *literature review*.

La revisión misma suele consistir en una «reconstrucción racional» de la historia del problema (estos son términos de Lakatos). La *investigación* de esa historia debe hacerse, por lo común, de manera retrospectiva, comenzando por las obras más recientes para luego explorar hacia atrás los antecedentes que originaron esa forma de definir y afrontar la cuestión. Ese retroceso en el tiempo, sin embargo, debe retroceder *solo lo necesario* para entender la versión actual del problema, y para justificar cualquier cambio de enfoque que se haya de proponer en el proyecto. No se debe retroceder hasta los primeros principios, ni explorar los orígenes históricos remotos de cada concepto, sino solo el uso actual y reciente de los conceptos y relaciones (*tal como han sido usados en el contexto del problema*), la forma reciente en que se plantea la cuestión, y sus variantes conceptuales o metodológicas.

Ese enfoque retrospectivo, usado para *investigar* la historia del problema, no se debe reflejar necesariamente en el *orden de exposición* del asunto en el texto de la revisión;

usualmente la presentación es cronológica, aunque a veces no hay una simple evolución histórica, sino que se define el *problema* y se explican los diferentes enfoques en los cuales el problema existe o ha sido tratado.

De esto se desprende que una revisión del estado del arte debería estar subdividida y organizada en función de un determinado esquema conceptual, y referida a determinados *problemas*, o *aspectos del problema*, de modo que el examen de los títulos y subtítulos dentro de la revisión permitan formarse una idea de su estructura lógica. Los principios ordenadores que pueden servir como base para dicha organización pueden ser varios: los distintos aportes pueden ser organizados por *subtemas*, o bien por *etapas cronológicas*, o bien por *escuelas de pensamiento*, o en función de *preguntas* establecidas inicialmente por el propio investigador, entre otros principios organizativos que pueden ser dictados por la materia misma y por las intenciones del autor.

Un procedimiento poco recomendable para realizar una revisión de la literatura, o la previa pesquisa bibliográfica, sería avanzar «de lo general a lo particular», arrancando de conceptos y materiales de índole más general o clásica sobre el tema de la investigación, para desembocar luego gradualmente en el problema concreto que se desea investigar. Por ejemplo, en una investigación sobre la violencia familiar en la clase media de un país a comienzos del siglo XXI, esa táctica poco recomendable buscaría primero bibliografía genérica sobre «familia», sobre el concepto de «clase media», sobre el concepto de «violencia familiar», y sobre el país al que se refiere el estudio; desde allí, trataría de ir descendiendo gradualmente hasta circunscribirse a la problemática específica que se desea analizar en el país elegido. Este enfoque no es muy recomendable porque a menudo empieza demasiado atrás y demasiado arriba, y así cuesta mucho llegar a la bibliografía relevante para la investigación concreta. Es mejor partir del problema actual, y revisar hacia atrás solo la que es necesario revisar para el problema en sí.

Por otra parte, un artículo de investigación se dirige principalmente a *colegas en el mismo campo temático*, por lo cual no es necesario explicar los elementos rudimentarios del tema, que se suponen conocidos. La definición de cualquier problema utiliza por cierto conceptos; esos conceptos no deben ser reexaminados cuando *no son problemáticos* y son *ampliamente conocidos* por la audiencia profesional a la cual va dirigido el artículo, excepto para introducir alguna precisión necesaria.

En la mayoría de los casos, lo más adecuado (como ya se indicó antes) es empezar la investigación bibliográfica desde las referencias más específicas y recientes, alejándose hacia el pasado y hacia temas más generales *solo en la medida necesaria*, mediante una pesquisa bibliográfica *retrospectiva y focalizada*. En este enfoque, el investigador (que, como es obvio, debe conocer previamente el tema) revisa primero los antecedentes bibliográficos más inmediatos y actualizados. Como excepción, en la discusión inicial del tema se puede citar, si es necesario, a los «autores clásicos» que iniciaron el tratamiento científico del tema, aunque pertenezcan a una fecha relativamente lejana en el pasado;

pero solo cuando ese tratamiento «clásico» sea una contribución muy especializada o que sea necesario reintroducir en el debate actual. Este proceso de búsqueda de antecedentes, que probablemente conduzca a dar mayor precisión al problema, procede desde lo particular y cercano hacia lo general y más amplio, pero *debe tener un límite*. Se debería detener cuando se logre un panorama suficiente para enmarcar y delimitar la investigación y para enfocar los problemas que la investigación efectivamente aborda. Esto no requiere llegar muy atrás en el tiempo, ni examinar conceptos muy lejanos.

Este tipo de *pesquisa retrospectiva y focalizada* es de naturaleza *inductiva*: parte de estudios recientes y específicos, lo más cercanos que sea posible al tema de la propia investigación, y desde allí va retrocediendo hasta cubrir una literatura más amplia sobre el tema, pero siempre apuntando al problema específico. Para ello es conveniente *focalizar* la revisión, para evitar dispersarse en temas colaterales, y no explicar aspectos que ya son conocidos por la audiencia destinataria.

Un enfoque focalizado, centrado en la literatura más reciente, reduce fuertemente el número de obras por revisar, pero al mismo tiempo obliga a una búsqueda muy detallada de antecedentes en los contextos en que esos estudios probablemente se han realizado o publicado. Un investigador debe ser de antemano un *buen conocedor del área temática*, y por lo tanto debería saber dónde buscar esos antecedentes (si no es así, debería empezar por *estudiar el tema*, y absorber su contenido y literatura, antes de querer *investigar* alguna cuestión relevante en ese tema). La investigación siempre debe versar sobre un *problema* dentro de un *área temática conocida* por el autor, y enfocada en determinados *problemas* (Maletta, 2019: 571-573). Estas recomendaciones no impiden que, en algunos casos, el tipo de producto escrito imponga una bibliografía más cuantiosa y el tratamiento de una variedad de temas laterales en torno al objetivo central del escrito (este libro es uno de esos casos).

Revisiones sistemáticas de la literatura. Las *systematic literature reviews* (Jesson, Lacey, & Matheson, 2011: 103-127; Purssell & McCrae, 2020) siguen «una metodología estandarizada, estructurada y guiada por un protocolo» (Jesson *et al.*, 2011: 103). Esta clase de revisión es apropiada cuando se dispone de una *pluralidad de estudios comparables*, que hayan estudiado el mismo fenómeno con conceptos e indicadores similares, como por ejemplo el análisis de Ramírez-Zea (2005) sobre una serie de estudios empíricos que estiman ecuaciones predictoras de la tasa de metabolismo basal como función del peso corporal y otras variables conexas, con el fin de determinar las mejores ecuaciones para estudios poblacionales sobre las necesidades medias de energía dietaria por sexo y edad⁹⁹.

⁹⁹ El metabolismo basal es la cantidad de energía que gasta un organismo mientras está *en reposo*. La necesidad total de ingesta alimentaria (dietaria) de energía equivale al metabolismo basal, más la energía necesaria para la *actividad física*.

Esta clase de revisiones de la literatura normalmente parten de unas preguntas muy concretas, y establecen de antemano la clase de información que deberán contener las obras incluidas en la bibliografía, los indicadores que se usarán para seleccionar los estudios previos que serán incluidos en la revisión, los datos que se tomarán de cada una de las obras, y los criterios para procesar y evaluar esos estudios previos. El objeto de la revisión es la recopilación de los métodos, especificaciones y resultados de todos esos estudios, indicando si cabe sus insuficiencias, con el fin de fundamentar la estimación más adecuada de la variable o variables de interés. Las revisiones sistemáticas son usuales en ciencias biomédicas, psicología, educación, análisis de políticas educativas o sanitarias, estudios de movilidad social intergeneracional (padres-hijos) o intrageneracional (durante la vida), estudios sobre la gradual difusión o adopción de nuevas tecnologías, y otros campos análogos en los que sea factible encontrar una cierta cantidad de estudios comparables.

Metaanálisis de la literatura. Entre las clases de *reviews* de tipo sistemático, que tratan de presentar el estado actual de un problema o disciplina, ha surgido en las últimas décadas una nueva categoría: el *metaanálisis*. Si bien el resultado suele ser considerado como un tipo de *literature review* (por ejemplo, Pan, 2017), y más específicamente como un tipo de *systematic literature review*, el metaanálisis como tal no es un tipo de revisión bibliográfica: es un *método estadístico* para sintetizar y consolidar los resultados cuantitativos de varios o muchos estudios independientes. Ese método se basa en una serie de procedimientos para lograr una cuantificación global representativa, a partir de una variedad de estudios, cada uno de los cuales debe ser ponderado según algún criterio estadístico (por ejemplo, el tamaño de la respectiva muestra o el tamaño de la población que representa) y sometido a otros controles análogos, a fin de lograr una consolidación general que le otorgue a cada estudio la ponderación más adecuada. El metaanálisis se parece a las revisiones sistemáticas, pero tiene una meta más estricta y más ambiciosa: sintetizar varios estudios cuantitativos mediante la consolidación ponderada de esos estudios, para lograr una estimación estadística global que represente a todos ellos.

Un metaanálisis termina produciendo una *review* que refleja el aporte neto al conocimiento de un problema a partir de una cantidad de estudios independientes, pero es bueno distinguir entre el *método estadístico* del metaanálisis y el *resultado escrito* que puede tener la forma de una revisión sistemática de la literatura relevante. Típicos ejemplos de metaanálisis son los estudios evaluativos de la calidad de un medicamento o vacuna a partir de estudios empíricos realizados independientemente (pero siguiendo los mismos conceptos y métodos) sobre diferentes poblaciones. Los estudios basados en metaanálisis suelen tener una estructura interna del tipo IMRyD, y se los considera más como artículos de investigación que como *reviews*. No suelen integrar una obra mayor, sino que son

por sí mismos un artículo independiente¹⁰⁰. Las revisiones de la literatura pueden tomar cualquiera de las formas antedichas (narrativa, sistemática o metaanálisis), pero siempre deben apuntar específicamente a la clarificación o replanteo del problema central de una investigación. Dado que se dirigen a un público profesional, *presuponen un conocimiento general del tema* por parte de los lectores; por ello, no es necesario explicar los rudimentos conceptuales o metodológicos, sino solo los temas e interrogantes específicos a los cuales apunta la revisión.

6.8 Estándares internacionales de comunicación científica

La comunicación científica en el mundo está convergiendo hacia estándares comunes en cuanto al formato, revisión y publicación de escritos científicos. En virtud de la amplia prevalencia del inglés como lengua de la ciencia, la preceptiva anglosajona sobre redacción expositiva, incluyendo la que concierne a la redacción científica, tiende a ser la que rige la comunicación científica internacional (que en gran parte se escribe en inglés), y se extiende crecientemente a la redacción científica en otros idiomas. En esta sección, se resumen sus aspectos principales. Ellos comienzan con lo relativo a la lógica de la argumentación, y continúan con los estándares de composición de textos científicos.

6.8.1 Retórica y argumentación científica

Además de su carácter de textos expositivos, los escritos científicos tienen como principal objetivo la exposición de una *argumentación* sustentada en fundamentos *racionales* como la evidencia empírica y las inferencias lógicas. Su *único* propósito es dar a conocer hechos objetivos y los vínculos lógicos y causales entre ellos, sin permitir que esa finalidad sea perturbada por motivos de índole emocional, ideológica o puramente estética. Por ello, la enseñanza de la lógica y de la argumentación racional es un elemento muy importante en la formación de los investigadores en cuanto a comunicación científica; su enseñanza debe ser también práctica, mediante el desarrollo correcto de argumentaciones en documentos escritos durante el proceso de formación, de modo que la argumentación lógica sea correctamente reflejada en la exposición escrita.

Tanto en inglés como en otras lenguas, esta formación se suele concretar a través de dos clases de actividades: (i) cursos y seminarios teórico-prácticos sobre organización lógica de la argumentación científica y sobre redacción de textos científicos, y (ii) aplicación de los principios de la argumentación y la redacción expositiva mediante la preparación supervi-

¹⁰⁰No es posible entrar aquí en los detalles metodológicos del metaanálisis; una bibliografía sobre ese tema podría incluir los siguientes títulos: Borenstein *et al.* (2009); Card (2011); Cleophas & Swinderman (2017); Cohn & Becker (2003); Cooper, Hedges & Valentine (2009); Ellis (2010); Hanji (2017); Hartung, Knapp & Sinha (2008); Hunter & Schmidt (2004); Khan (2020); Koricheva, Gurevitch & Mengersen (2013); Kulinskaya, Morgenthaler & Staudte (2008); Normand (1999); Pigott (2012); Schmid, Stijnen & White (2021).

sada y evaluada de documentos escritos vinculados a los otros cursos o a los proyectos de investigación en que participan los estudiantes, tanto los de grado como los de posgrado. Como actividad complementaria, también los docentes de los cursos científicos deben aprender el arte de la comunicación científica (con sus aspectos lógico y de redacción), para poder enseñar y evaluar el aprendizaje de sus estudiantes en los diferentes cursos.

La retórica y la argumentación racional: los clásicos. El arte de organizar una argumentación racional tiene una larga historia, que se remonta a la antigüedad griega y romana. Por ello, además de la enseñanza de la composición de textos expositivos, otro proceso formativo paralelo se desarrolló (primero en Europa, luego en Norteamérica) en torno a la versión moderna de una antigua disciplina, la Retórica, clásicamente tratada por Aristóteles (1998).

Aristóteles hace una importante distinción entre *tres tipos de argumentación*: las que apelan a las emociones («*pathos*»), las que se basan en el carácter de las personas y en apelaciones morales («*ethos*») y las que se basan en hechos y razonamientos («*logos*»). Solo esta última es la que guía legítimamente la argumentación científica. El *logos* representa la argumentación *racional*, es decir, la argumentación *lógica* (palabra derivada de *logos*). Este tipo de argumentación lógico-racional no permite que el argumento sea dominado por el *pathos* o el *ethos*. En la esfera científica, el intento de persuadir solo debe basarse en argumentos racionales, los cuales rara vez incluyen argumentos morales o emocionales, y en todo caso un argumento de ese tipo no tendría ningún peso en la argumentación científica.

La argumentación científica, por lo tanto, es esencialmente *un intento de persuadir racionalmente*. Prohíbe el uso de argumentos emocionales, apelaciones morales, argumentos de autoridad, y toda clase de falacias lógicas. Esta clásica concepción aristotélica tiene así dos características: (a) es un intento de *persuadir* a otros; y (b) ese objetivo debe basarse *únicamente* en hechos objetivos críticamente examinados, y en razonamientos lógicos. Aristóteles pensaba sobre todo en desacreditar a los *sofistas*, que difundían afirmaciones falaces basadas en errores lógicos, hechos inexistentes y apelaciones no racionales. Por eso, suele oponer lo que llamaba *dialéctica* (discusión basada en opiniones, y frecuentemente en falacias lógicas) y lo que llamaba propiamente *retórica*, que consistía esencialmente en la exposición de una argumentación racional. También distingue entre los debates sobre *opiniones* y los argumentos *apodícticos*, que se basan únicamente en hechos y en razonamientos lógicos. Ambas buscan persuadir, pero la argumentación racional se basa únicamente en argumentos lógicos y evidencia empírica. Una gran parte de la literatura sobre argumentación no especifica claramente esta diferencia.

Es bueno subrayar aquí que la persuasión, o sea el logro de la aceptación o consenso de otros sobre las proposiciones expuestas en una argumentación racional, no es un requisito necesario para convalidar una exitosa argumentación científica. La definición de una argumentación científica incluye solo el *intento* de persuadir racionalmente, no

necesariamente el *logro* de ese objetivo. En el mejor de los casos, las críticas y objeciones llevan a una reformulación o ajuste del argumento original, para dar cuenta de hechos nuevos o de ambigüedades y errores en la formulación teórica inicial. De todas maneras, el logro del consenso en la comunidad científica es algo que a veces tarda muchos años en llegar. Muchas teorías científicas novedosas no han logrado fácilmente ser aceptadas por la comunidad científica, lo cual no les quita legitimidad. Copérnico, Galileo, Pasteur, Darwin y muchos otros no lograron convencer a muchos de sus contemporáneos, y eso ha sucedido a otros científicos aun en tiempos muy recientes:

Algunas teorías [inicialmente rechazadas] han sido luego reivindicadas como científicas; por ejemplo los [tardíos] Premios Nobel de Medicina otorgados en 2005 a Barry Marshall y Robin Warren por su descubrimiento (en 1982) de que las úlceras son causadas por la bacteria *Helicobacter pylori*, una teoría que fue por mucho tiempo negada, discutida e incluso ridiculizada por la profesión médica; o el [también tardío] Premio Nobel de Química otorgado en 2011 a [Dan] Schechtman por su descubrimiento (también en 1982) de los «cuasi cristales» [cristales no periódicos], una estructura que la Química ortodoxa consideraba imposible (Schechtman fue incluso [separado] de su puesto como investigador debido a su insistencia respecto a los cuasi cristales). El consenso de los científicos en apoyo de estas teorías terminó por establecerse, pero [los casos citados demuestran que] la falta de consenso no significa que una teoría deba ser abandonada, ni el consenso indica que la teoría no deba ser cuestionada. (Maletta, 2019: 145; texto en corchetes añadido)

La *retórica moderna*, sobre todo en lo referido a la argumentación científica, se centra exclusivamente en la construcción y exposición de argumentaciones racionales, por lo cual se conecta directamente con la *lógica de la argumentación*, de la cual las versiones contemporáneas más salientes son las de tipo «pragmático» o «pragmadialéctico» (Toulmin, 1958; Toulmin, Rieke, & Janik, 1984; Kienpointner, 2009; Eemeren, 2001, 2009a, 2009b, 2017; Eemeren & Grootendorst, 2004; Eemeren *et al.*, 2014), Freeman, 2011; Hinton, 2021).

Gran parte de la literatura sobre retórica y argumentación tiene un enfoque «dialéctico» o «dialógico», en el cual el discurso tiene por objeto persuadir a un oponente. La mayor parte de las veces, la discusión versa sobre cuestiones opinables (doctrinas jurídicas, opiniones políticas, etc.). Esa forma de argumentación no es la más frecuente en el ámbito científico: pocas veces el análisis científico asume la forma de una polémica; aun cuando se haga una crítica de otros análisis científicos, el discurso tiende principalmente a la presentación formal de resultados empíricos novedosos, o de conceptos y argumentos teóricos que interpretan esa evidencia. Se sobreentiende que cualquier duda o disidencia sobre los resultados puede despejarse mediante el examen de toda la información relevante (datos, protocolos, rutinas de cómputo, etc.) o mediante la *replicación* del estudio sobre esta o sobre otra nueva muestra. Asimismo, cualquier necesidad de re-

planteo teórico puede dar origen a *papers* con ese propósito. La comunicación científica se materializa precisamente en *textos expositivos que desarrollan una argumentación racional*, sustentando sus proposiciones con inferencias lógicas y con fundamentos teóricos y empíricos. Cualquier disidencia tendría que adoptar ese mismo formato.

El surgimiento de la *retórica moderna*, dedicada expresamente a la *argumentación racional*, tuvo como principal hito contemporáneo el libro ya clásico de Perelman y Olbrechts-Tyteca (1958); y también otras obras de Perelman (1977, 1979). Las aplicaciones de la retórica moderna en el ámbito científico empezaron con Overington (1977), y más recientemente el importante texto de Alan Gross (1996), quien se basa en gran medida sobre la obra de Perelman, aunque critica lo que considera su relativismo filosófico, lo que no es fundamental para la aplicación de su formulación retórica. Hay varias obras en español que se basan en los principales desarrollos teóricos, como la retórica de Perelman y el enfoque pragmático de Toulmin y Eemeren; por ejemplo, Lo Cascio (1998), Marafioti (2003) y Martínez Castillo (2015).

En la literatura académica sobre argumentación (encarada en muchos casos por especialistas en lógica o en lengua) es frecuente que los ejemplos incluyan toda clase de argumentos: orales o escritos, basados en apelaciones racionales o emocionales, o ambas. Quizá por razones didácticas, la mayor parte de los ejemplos corresponden a argumentaciones surgidas fuera de la literatura científica, en ámbitos como los alegatos judiciales, el periodismo, los debates parlamentarios, etc. Por ejemplo, Martínez Castillo (2015: 128), al analizar las argumentaciones analítico-prácticas según el esquema propuesto por Toulmin, ofrece (entre otros) un ejemplo en el «campo científico»; el ejemplo no es un artículo o libro científico, sino un fragmento de un *texto periodístico*, que en pocas líneas y de manera informal se refiere a los prototipos de un automóvil que usaría hidrógeno como fuente de energía, sin incluir ninguna referencia científica al respecto (de hecho, no se especifica el tipo de motor, el proceso químico en que es usado el hidrógeno, los costos comparativos o la eficiencia relativa de esos autos en comparación con otros, ni cualquier otro detalle técnico; tampoco aparece la cita precisa de la nota periodística en cuestión, ni las referencias bibliográficas de esa nota si es que tuviera alguna).

Retórica y argumentación en la ciencia y la enseñanza. La formación en retórica y argumentación aplicada a la preparación e interpretación de textos científicos usualmente se integra con la formación en comunicación y redacción científica, y no siempre lleva el nombre de «retórica». Ese nombre tiene más entidad sobre todo en los países de habla alemana, en la cual hay una abundante bibliografía sobre *Rhetorik*, hoy una materia obligatoria en la escuela secundaria y la universidad. El estudio de la retórica fue reintroducido en alemán por Heinrich Lausberg (1949, 1960), sobre todo en lo referente a la retórica *literaria*, especialmente en textos de la Antigüedad clásica, como las tragedias griegas. Luego, se extendió a la retórica *expositiva* y *argumentativa* (oral y escrita), con muchos textos

de enseñanza dedicados a aplicaciones contemporáneas¹⁰¹. Esto muestra la amplitud de las aplicaciones de la retórica en la cultura alemana, más allá del ámbito educativo y académico. Este fuerte desarrollo de la retórica en alemán, así como la difusión de la «nueva retórica» de Perelman (surgida en Francia), han extendido su influencia también a otros idiomas. En la esfera anglosajona, el tema ha sido desarrollado especialmente por Toulmin (véanse Toulmin, 1958; Toulmin *et al.*, 1984; y Walton & Krabbe, 1996).

El desarrollo reciente de la retórica y la argumentación reconoce fuentes remotas que datan de la antigua Grecia, pero incluye ideas y desarrollos nuevos. El término «retórica» es más usual en el sistema educativo alemán; el asunto es aludido bajo otros nombres en otras lenguas (por ejemplo, «pensamiento crítico» o «teoría de la argumentación»). Las referencias principales son varias obras mayores sobre argumentación científica y retórica de los textos científicos. Una introducción a las versiones contemporáneas en teoría de la argumentación, y especialmente de la argumentación científica, se puede hallar en Maletta (2019, cap. 12: 541-555).

Argumentación y texto. La redacción de textos científicos produce una *expresión escrita* de una *argumentación lógica subyacente*. La estructura expositiva está íntimamente ligada al desarrollo de una argumentación lógica, que se nutre de nociones teóricas, datos empíricos y reglas de inferencia que organizan el contenido de un modo sistemático. Por ello, la redacción no procede como una improvisación literaria, sino como una *exposición ordenada de un razonamiento fundamentado*. Esto es particularmente difícil cuando la argumentación subyacente no es lineal, con una sucesión de pasos intermedios *en cascada*, sino que incluye efectos colaterales, factores intervinientes (amplificadores o atenuadores), y varias consecuencias entrelazadas que, a su vez, pueden interactuar entre sí. Es frecuente que una «red» de relaciones lógicas multifactoriales tenga que ser expuesta en un texto, que es un objeto «plano» que exige una exposición *secuencial*. Hay potencialmente varias formas de organizar el texto recogiendo todos los matices y meandros de una argumentación. Entre esas varias formas se debería preferir la que mejor exprese el argumento central del texto; si es necesario, algunas argumentaciones laterales pueden ser omitidas, reducidas a unas notas al pie o a unos «recuadros» (*boxes*), o relegadas a un

¹⁰¹ Un panorama detallado sobre *Rhetorik* en Alemania puede hallarse en Fix, Gards & Knape (2009), entre otros el *paper* de Kienpointner (2009). Además: Bartsch *et al.* (2012); Braun (2018); Gabriel (2013); Ottmers (2007); Schmohl (2016); Thiele (1991); Ueding & Steinbrink (2005). En alemán hay también textos sobre retórica oral y escrita *para profesionales y gerentes* (Ammelburg, 1991; Etzel, 2019; Kirchner, Kirchner, & Kirchner, 2006) y sobre la *retórica de los escritos científicos* (Frank, 2017, 2019; Kalverkämper, 2020; Kellner, 2020; Kornmeier, 2007, 2008; Rettig, 2017). Otras referencias relevantes sobre retórica o teoría de la argumentación en general o en determinadas disciplinas, en la literatura en alemán y en inglés, son: Boogaart *et al.* (2021); Clift (2009); Doyle (2017); Fahnestock (2009); Freeman (2011); Furley & Nehamas (1994); Gross (1996); Krips *et al.* (1995); Lunsford, Ruskiewicz y Walters (2016); MacDonald (2017); Mäki (1986, 1988); McCloskey (1998, 2000); McCloskey & Nelson (1994); McNally (1970); Nelson, Megill & McCloskey (1987); Segal (2009); Swearingen & Schiappa (2009), y Weston (2018).

anexo o apéndice, que es uno de los posibles elementos *paratextuales* de un determinado texto troncal.

6.8.2 La estructura argumentativa en la redacción de textos científicos

Un texto científico, que expone por escrito una argumentación racional, es necesariamente un discurso *estructurado*. No se parece a un ensayo informal ni a una pieza literaria de ficción. *Su organización interna reproduce o refleja la estructura de la argumentación lógica subyacente.*

Párrafos. Uno de los aspectos más importantes en la enseñanza de la redacción científica concierne a la estructura y función de los *párrafos*. En lengua española no hay un cuerpo teórico sobre estos objetos lingüísticos, que solo son definidos por su apariencia tipográfica, como un conjunto de líneas de texto en prosa que terminan con un punto y aparte (RAE, 2014, artículo «Párrafo»; véanse más detalles en la sección 5.5). En la enseñanza del idioma inglés, en cambio, se otorga al párrafo un papel importante como *unidad discursiva* en la exposición de una *argumentación racional*. Se considera que cada texto expositivo en su conjunto expone una argumentación global, que se estructura en una jerarquía de micro- y mesoargumentaciones; cada microargumentación elemental (una idea simple y sus fundamentos) se expone en un párrafo con una estructura interna típica que refleja ese contenido.

Los párrafos son la *unidad primaria de la redacción científica*. Obviamente, los párrafos están hechos de oraciones, y las oraciones están formadas por palabras, pero ni las palabras ni las oraciones son la unidad fundamental del discurso académico. Palabras y oraciones son solo los ingredientes de la unidad fundamental que es el párrafo.

Capítulos y libros sobre párrafos

Hay una copiosa bibliografía en inglés sobre la composición de párrafos en general o específicamente en textos expositivos. Hay libros enteramente dedicados al tema (Ostrom & Cook, 1993; Rooks, 1988) y otros que le dedican capítulos o secciones, como Booth *et al.* (2016, cap. 13: 189-199); Foerster & Steadmann (1941: 50-74); Hairston (1992: 159-178); Vivian & Jackson (1961, cap. 7: 163-204); Kennedy, Kennedy & Muth (2017, cap. 21, sección «Paragraphing»); Merriam-Webster (1991: 104-197); Oshima & Hogue (1997: 67-87); Schwegler & Anson (2014: 61-77); Ruszkiewicz *et al.* (2014, caps. 12-14: 185-215); Strunk & White (2000, cap. 13); Troyka & Hesse (2018: 76-96); Wren y Martin (2000: 355-358); y Zemach & Rumisek (2005: 11-55).

La razón para el papel sobresaliente del párrafo en el discurso expositivo es que los párrafos expresan en forma escrita las argumentaciones simples, que se articulan luego en argumentaciones más amplias. Los textos expositivos exponen una argumentación: tienen algo para exponer, y lo exponen de manera organizada y sistematizada, no solo enunciando sus proposiciones, sino justificándolas racionalmente con apoyo de la lógica y la evidencia empírica.

Una argumentación compleja es en última instancia la articulación de una serie de unidades argumentativas mínimas, o microargumentaciones. Cada una de ellas contiene una idea o proposición junto con una breve expresión de sus fundamentos. Este tipo de argumentación elemental se expresa por escrito, generalmente, mediante un *párrafo*. Internamente, los típicos párrafos *argumentativos* contienen una *oración tópica*, en que se expresa la *conclusión* de una microargumentación, y varias *oraciones de soporte* que sintetizan razones, detalles o ejemplos capaces de dar fundamento a la idea principal. Estas oraciones de soporte, si es necesario, pueden remitir a elementos probatorios externos al párrafo: al pie, cuadros estadísticos, gráficos ilustrativos, citas bibliográficas, apéndices o anexos, y otros párrafos o secciones del texto relevantes en el párrafo actual.

Este enfoque lógico-expositivo, que combina la lógica con la escritura, en realidad vale para cualquier texto, como la narrativa, pero se torna más riguroso y exigente en la redacción científica. De este modo, *el orden lógico y la relación mutua de las ideas determina la estructura de la exposición escrita*. La práctica temprana y reiterada de esa conexión del texto con la lógica subyacente sirve para adquirir con mayor detalle el arte de la comunicación científica. Un típico mecanismo para lograr esa conexión es la preparación de un esquema lógico de los varios puntos de la argumentación, para convertirlo luego en una exposición ordenada y detallada. El orden de la exposición puede diferir del orden racional del esquema lógico, según el énfasis relativo que se desee dar a los distintos pasos lógicos. Por otra parte, los textos científicos tienen ciertas características en su «tono» y estilo, que también deben ser aprendidas y aplicadas. En general, los textos científicos son textos *formales*, que mantienen un *tono objetivo e impersonal*, sin apelaciones emocionales ni expresiones humorísticas o coloquiales.

Esta estructura de los párrafos expositivos está fuertemente arraigada en la enseñanza de la lengua inglesa: fue expuesta claramente (al parecer por primera vez en forma completa) en el clásico texto de Alexander Bain (1866) y sigue en vigencia. Bain fue el primero en formular un texto de gramática y retórica en inglés, y el primero en considerar al párrafo como la unidad primaria de una exposición racional. Definió el párrafo como «Una colección de oraciones con una unidad de propósito», a lo cual añade que un párrafo «maneja y agota un tópico específico» (Bain, 1866, parte I, §158, p. 142), y además: «El párrafo debe poseer unidad, lo que implica un propósito definido, y prohíbe digresiones y materiales irrelevantes» (parte I, § 178, p. 151). También definió varias clases de composiciones, entre ellas la *exposición*, definida así: «Es el modo de manejo

[de la redacción] aplicable al conocimiento o información, en lo que se llama ciencias, como las matemáticas, la filosofía natural, la química, la fisiología, la historia natural, la mente humana [...]. Hay otras ciencias, en gran medida derivadas de las anteriores, y con referencia a la práctica, o al logro de ciertos fines, como la navegación, la mecánica práctica, la medicina, la lógica, la ética, la política, la jurisprudencia. Las reglas de la exposición son similares para ambas clases [de ciencias]» (parte II, § 40, p. 185). Desde Bain, los textos expositivos en inglés reflejan esas reglas básicas, y otras complementarias, enunciadas por el propio Bain o por autores más recientes.

La estructura de los párrafos expositivos o argumentativos no siempre se aplica en los párrafos auxiliares, por ejemplo en los introductorios, conclusivos y transicionales. La preceptiva anglosajona utiliza esa forma estándar, con una oración tópica y unas oraciones de soporte, no como una *descripción* de lo que hacen mayoritariamente los autores, ni como una *regla absoluta de aplicación obligatoria*, sino como una *guía para el aprendizaje práctico* de una comunicación científica sucinta y eficaz, que admite sin embargo variaciones en casos específicos.

En el discurso expositivo, los «párrafos lógicos» o «semánticos», sobre todo los «argumentativos», que son los principales, deberían corresponder a *unidades elementales de argumentación*, de modo que cada párrafo contenga una *microargumentación* en que *se expone y fundamenta una idea simple* (Maletta, 2019, cap.14, secciones 14.3 a 14.7, pp. 608-639). Esa noción apunta a que el párrafo sea un texto «unificado» o dotado de «unidad» (Ruszkiewicz *et al.*, 2014: 186). La «unidad» es el principio básico de la construcción de párrafos en el clásico libro de Wren y Martin sobre gramática y composición: cada párrafo expone y fundamenta una idea central, *y no más de una*:

El primer principio (y el más importante) que debe ser observado en la construcción de un párrafo es el de la Unidad. Así como cada oración expresa un solo pensamiento, cada párrafo se ocupa de un tópico o idea –y no más de uno. (Wren & Martin, 2000: 355)

Es importante notar que, en este enunciado, Wren y Martin indican como algo obvio que «una oración expresa un solo pensamiento». Esto implica por lo general *oraciones simples*, que se limiten a decir algo acerca de algo, un predicado acerca de un sujeto, sin cláusulas subordinadas ni circunloquios innecesarios. Este consejo es singularmente oportuno en el mundo hispanohablante, y también en alemán: en esas lenguas es frecuente que cada oración incluya estos elementos secundarios, con lo cual deja de expresar «un solo pensamiento», que se supone simple. Al contrario, es frecuente hallar oraciones que enuncian la conjunción de dos o más pensamientos relacionados, expresados como partes de una misma oración. En general, por ello, es bueno subrayar que la redacción científica contiene principalmente oraciones «simples y directas» (Barzun, 2001). Esto se aplica por extensión a las argumentaciones *simples* o microargumentacio-

nes, que enuncian una idea central o tónica en una oración principal, y varios elementos que la fundamentan o desarrollan expresados en las oraciones de soporte (cada una limitada a un argumento de soporte, y no más de uno).

En la literatura sobre construcción de párrafos para la comunicación científica hay diversas reglas o consejos para vincular las oraciones de soporte con la oración tónica, o entre sí. El vínculo puede ser introducido mediante frases como «por ejemplo», «sin embargo», «por ello», «por último» o «en resumen». Esas frases u otras similares operan como *transición* entre una y otra oración, o entre uno y otro párrafo, reforzando la argumentación o señalando posibles objeciones o situaciones diferentes de lo normal. Esto ayuda a establecer mejor las relaciones entre las oraciones de un párrafo, y entre los párrafos, incluyendo vínculos *internos* (con las otras oraciones del párrafo) y *externos* (con otros párrafos vecinos o lejanos) en el marco del desarrollo de una determinada argumentación. Las oraciones de soporte pueden ofrecer diversos tipos de fundamentación para la oración tónica: ejemplos, detalles, razones, datos, clasificaciones, relaciones causales, etc., lo que depende del tipo de argumentación usada en el párrafo.

Aparte de los párrafos argumentativos (que pueden ser, por ejemplo, corroborativos, adversativos o comparativos), el discurso expositivo puede contener párrafos introductorios, recapitulativos, y conectivos o transicionales; estos párrafos «auxiliares» aparecen sobre todo como párrafos de apertura, de conclusión, o marcadores de una transición temática. Los de *apertura* anticipan en forma muy condensada el objetivo del texto que sigue (que usualmente es una sección o capítulo del texto total), mencionando quizá también los pasos que se seguirán en su desarrollo. Un párrafo conclusivo o *recapitulativo*, en cambio, resume los argumentos precedentes y la conclusión que brota de todos ellos. Un párrafo *transicional* usualmente liga una sección o capítulo con el que antecede o con el que sigue («En la sección precedente se ha visto...», «En la siguiente sección se analizará...»).

Del párrafo al texto completo. El esquema general del texto en su conjunto debe ser preparado **antes** de redactar el texto expositivo. Ese esquema general es un ordenamiento de los temas principales, cada uno de ellos dividido en subtemas si es necesario. Esa estructura jerárquica (con dos o más niveles) acaba en las argumentaciones más simples que puedan ser expresadas en un párrafo. Los párrafos son las unidades primarias que encierran una argumentación elemental y *simple*. Las argumentaciones simples, a su vez, sustentan una argumentación jerárquicamente superior, en la cual una serie de párrafos fundamentan una conclusión que resulta de todos ellos; en un típico artículo científico, esta argumentación del nivel inmediatamente superior se expresa en una *sección* del artículo; lo mismo ocurre con cada sección en cada capítulo de un libro. El capítulo, a su vez, tiene una conclusión general que surge de las argumentaciones expuestas en sus diferentes secciones, las cuales resumen las conclusiones de los varios párrafos que las

integran. Esto configura una *estructura argumentativa piramidal*, donde cada nivel fundamenta al nivel inmediatamente superior, hasta llegar a la totalidad del texto

Texto y paratexto. La estructura de un texto científico comprende dos partes: el **texto troncal** y los **elementos paratextuales**. El texto troncal es un texto continuo, dividido en capítulos o secciones, que puede ser leído del comienzo al fin. Los elementos paratextuales son materiales escritos que son *invocados* en el texto troncal pero están ubicados por fuera de la secuencia de ese texto troncal. Ejemplos típicos de elementos paratextuales son las notas al pie, los cuadros y gráficos, la lista de referencias bibliográficas, el *abstract* o resumen, la tabla de contenido, etc. Algunos elementos paratextuales se vinculan a un punto específico del texto troncal; por ejemplo, cada nota al pie está ligada a la respectiva *llamada*; cada cuadro o gráfico suele ilustrar o fundamentar determinadas *oraciones* donde se los menciona. Otros elementos paratextuales no están ligados a ningún punto en especial, sino que se vinculan con el texto troncal en su conjunto: tabla de contenido, lista de referencias bibliográficas, *abstract*.

El texto principal o troncal es un texto unificado y estructurado, que puede potencialmente ser leído secuencialmente de principio a fin; suele estar estructurado en *partes, capítulos y/o secciones*, que a su vez constan de una serie de *párrafos*. Esa estructura *jerárquica* desarrolla una *argumentación* general compuesta por varias argumentaciones subordinadas, en dos o más niveles, que forman en conjunto una *jerarquía argumentativa* desde las ideas o razonamientos más simples (expresados en un párrafo) hasta los más complejos, expresados en el argumento global que el texto expone. Los elementos paratextuales suministran, en general, *información suplementaria* que refuerza o amplía una oración o párrafo, o que complementa el texto troncal en su conjunto.

Texto e hipertexto. La distinción entre el texto troncal y sus elementos paratextuales pone de manifiesto una característica de los textos científicos: existen *conexiones* o *vínculos* entre sus diferentes partes; los vínculos se expresan con llamadas¹ o con invocaciones más explícitas («véase el cap. 2» o «véase Smith (2009)»). Algunas de las conexiones, por ejemplo cada libro o artículo que figure en la lista de referencias bibliográficas, remiten a textos (u otros objetos) situados *fuera* del texto, en alguna biblioteca o en algún sitio de internet. Esto determina que cualquier texto científico es en realidad un *hipertexto*. El texto suele contener citas de otros textos, y luego podrá ser luego citado por otros textos. Cada texto es así potencialmente un *nodo* en una trama de textos interconectados, y cada texto a su vez tiene nodos internos que vinculan entre sí sus diferentes partes. Este carácter intertextual o hipertextual existía mucho antes que la internet, pero esta «red de redes» permite conexiones no planeadas por ninguno de los autores involucrados. El texto científico no es un texto lineal, como el de una novela, sino un hipertexto lleno de vínculos (actuales o potenciales) dentro del mismo texto, y en relación con textos externos.

Hay varios formatos para la presentación del texto troncal y los varios elementos paratextuales; en cada documento expositivo, la forma de presentar los elementos y la compleja imbricación entre el texto troncal y los paratextos responde a reglas establecidas por el autor, la editorial o la revista. La enseñanza de la redacción expositiva (sobre todo la científica) incluye normalmente el aprendizaje necesario para el manejo de los elementos paratextuales y los vínculos internos o externos, algo que normalmente no forma parte de la enseñanza de la lengua y de la redacción en español. En la era de la internet, la intertextualidad se complejiza y amplía considerablemente; por ejemplo, además de la mención, se puede incluir el sitio web involucrado, o el código identificador de cada objeto digital (DOI = *digital object identifier*), un código internacional invariable que identifica, por ejemplo, cada edición de cada libro, o cada artículo de cada revista. La internet y su lenguaje de hipertexto (HTML) es otro elemento que contribuye a consolidar la organización internacionalmente aceptada de los textos expositivos.

La organización del discurso expositivo, y la centralidad del párrafo como unidad argumentativa, que fueron y son características corrientes en la enseñanza de la lengua inglesa y de redacción científica en esa lengua, tienden a ser adoptadas también en otras lenguas. Esas características se concretan luego en la construcción de textos expositivos, desde una breve reseña bibliográfica hasta todo un libro. Esto es resultado de la preeminencia del inglés como *lingua franca* de la ciencia, y de la internet como vía universal de comunicación. Por ello, las convenciones sobre organización de textos científicos originados en la lengua inglesa tienden crecientemente a convertirse en estándares internacionales de comunicación científica, o académica en general.

6.9 Resumen sobre problemas de la comunicación científica

En el mundo hispanohablante, junto con una organización a menudo inadecuada de la investigación, que todavía sigue siendo artesanal en muchas disciplinas, reina además una *insuficiente capacitación práctica* sobre comunicación científica. Los estudiantes, incluso los de posgrado, reciben una enseñanza que en muchos casos no es indagativa ni experimental, sino de transmisión unidireccional de conocimientos preexistentes. Cuando participan en indagaciones, búsquedas o investigaciones, muchas veces no enfrentan ni superan los problemas relacionados con la comunicación científica.

La enseñanza de la gramática y sintaxis de la lengua española en la enseñanza primaria, secundaria y (hasta cierto punto) universitaria por lo general no desarrolla adecuadamente (y en la práctica) la capacidad de construir y exponer por escrito argumentaciones lógicas (Maletta, 2019, cap. 12). No enseña a organizar y redactar textos expositivos, sobre todo los científicos, en función de una argumentación lógica subyacente (Maletta, 2019, cap. 13). Tampoco estudia o regula la construcción de párrafos expositivos como unidades básicas de la argumentación racional en los discursos expositivos, los que a su vez se articulan en capítulos o secciones del texto total (Maletta, 2019, cap. 14, esp. pp. 608-639).

Estos defectos deberían ser revertidos, reduciendo la enseñanza informativa unidireccional, y planteando en cambio una didáctica indagativa y experimental, que incluya la redacción de documentos escritos que resumen las actividades realizadas o sus conclusiones. Estos temas debieran ser incluidos en la enseñanza desde niveles previos a la universidad, y desarrollados en forma práctica en unas rutinas de comunicación escrita que tiendan a dejar una huella escrita de las actividades o proyectos.

En lo inmediato, mientras tales reformas en los niveles de enseñanza primaria y secundario no sean implementadas, esa formación debería al menos ser materia de estudio teórico y de aplicación práctica en los primeros años de la universidad, no solo en cursos de lengua sino en todos o casi todos los cursos. En esa formación se deben generar habilidades que luego serán usadas en la práctica a lo largo de los estudios de grado y posgrado. Muchos de los exámenes podrán ser reemplazados por la redacción supervisada de informes monográficos o documentos similares, que deben ser evaluados en cada curso, no solo por el conocimiento que reflejan, sino también por su calidad como instrumentos de comunicación académica. Para ello, muchos docentes necesitarán también esa clase de formación, para sí mismos y para poder evaluar la capacidad de comunicación escrita de sus estudiantes.

7. Recapitulación

Cambios en la ciencia a lo largo de 100 años. Este libro pone en evidencia los grandes cambios experimentados por la organización de la actividad científica en el mundo en el período de aproximadamente 100 años delimitados por dos grandes pandemias, la de 2020 y la de 1918, aunque algunos de los cambios se estaban gestando o desarrollando desde las últimas décadas del siglo XIX.

Esos cambios incluyen varios procesos de modernización y tecnificación de la actividad científica, tanto en la actividad de investigación como en la de comunicación científica, y en la formación del personal científico. En el siglo transcurrido, la ciencia dejó de ser una actividad relativamente artesanal, típicamente a cargo de investigadores individuales, para convertirse gradualmente en una actividad realizada en forma colectiva por *grupos* de investigadores en *proyectos colaborativos*, a menudo *interdisciplinarios*, que frecuentemente involucran la colaboración de científicos afiliados a diferentes instituciones que, además, pueden estar situadas en diferentes países.

Al mismo tiempo, la investigación exige crecientemente sistemas complejos para la adquisición y procesamiento de la información, desde aparatos mecánicos o electrónicos hasta sistemas extremadamente complejos, entre ellos los aceleradores de partículas subatómicas (como el CERN en Ginebra) o los observatorios espaciales Hubble y James Webb. La revolución en ciencias y tecnologías de la información, y el proceso de digitalización que ella conlleva, han conducido al manejo de grandes masas de datos y a la aplicación de procedimientos complejos en todos los ámbitos de la ciencia, desde las investigaciones sociológicas hasta la secuenciación de genomas o el estudio de galaxias lejanas. En materia de comunicación científica, ese proceso ha sido reforzado por la convergencia hacia una lengua común, el inglés, como medio principal de comunicación científica y como lengua mediadora entre científicos de diferentes lenguas maternas.

Este desarrollo científico ha exigido la formación masiva de personal científico, superando en mucho las dimensiones que tenían los sistemas de formación superior a comienzos del siglo XX, y ha desarrollado también una serie de cánones internacionales que incluyen la emergencia del inglés como lengua global de la ciencia, la generalización de los doctorados y los estudios posdoctorales, la sistematización de la publicación científica, la vigencia de protocolos internacionales para una gran parte de las investigaciones, y el desarrollo y universalización de los sistemas de control de calidad de la producción científica (en especial la revisión por los colegas o *peer review*).

América Latina. Frente a este desarrollo científico internacional, el desarrollo científico en América Latina ha progresado notablemente, pero aún presenta problemas en la organización de la investigación y comunicación científica, y en la formación de investigadores, en comparación con los patrones organizativos predominantes en América del Norte y Europa Occidental. Esos problemas incluyen un sistema universitario que aún está basado principalmente en la enseñanza (con la investigación en un plano secundario), un sistema educativo centrado en la transmisión (antes que en la producción) de conocimiento, un sistema de investigación que por necesidad gravita hacia proyectos de alcance artesanal.

Un síntoma importante es la baja tasa de graduación en los posgrados, donde el principal obstáculo para la graduación es la dificultad para realizar, escribir y aprobar las tesis. Esta deficiencia es un resultado de la poca importancia de la investigación en la formación de posgrado, lo cual está relacionado con la escasa integración de los estudiantes de posgrado en programas de investigación durante los estudios, y con la falta de una integración más estrecha entre investigación y enseñanza en los varios niveles educativos, y principalmente en los estudios de posgrado.

Propuestas para América Latina. Ante este conjunto de problemas, se ha esbozado aquí una posible estrategia que se caracteriza más por una reorganización de los recursos y actividades que por un incremento sustancial de los recursos disponibles. En el centro de esa estrategia se encuentran la promoción de *programas de investigación* y el énfasis en la *conexión temprana con la investigación* por parte de los estudiantes de grado y posgrado. Esos programas debieran ser el ámbito en el que se aprenden prácticamente las habilidades de investigación y comunicación científica, y en el que se definen y ejecutan las tesis como «módulos» de un programa mayor. Al mismo tiempo, se recomienda implementar, como ya lo han hecho o lo están haciendo algunos países, las actividades de indagación y experimentación dentro de los procesos de aprendizaje de todos los niveles, para superar una educación basada principalmente en la transmisión de conocimientos preexistentes.

En la formación universitaria de grado y posgrado se constata una generalizada desorganización de las actividades de investigación: los profesores realizan investigaciones

que frecuentemente son individuales, y de pequeña escala en lo que atañe a los medios utilizados; los estudiantes de grado no realizan mayormente tareas de investigación, y los estudiantes de posgrado se dedican principalmente a seguir y aprobar cursos, para luego plantear y (con grandes dificultades) llevar adelante una tesis para la cual no se han preparado debidamente.

La propuesta de este libro está orientada a integrar los estudiantes en programas de investigación, permitiendo que las tesis broten de su trabajo previo en grupos de investigación de esos programas, y haciendo posible que los profesores que hacen investigación encaren *programas* más complejos y definan *módulos* dentro de esos programas que puedan ser implementados como tesis de posgrado. De este modo, no solo se promueve la formación práctica e inmersiva de los estudiantes en actividades de investigación, sino que también se hace posible que los investigadores formados encaren proyectos más ambiciosos, más duraderos en el tiempo, y que puedan originar diferentes proyectos específicos. Esta clase de programas, consistentes en partes operativamente separables, se llaman *programas modulares*.

Programas modulares. La organización de la investigación debería incluir (como forma estratégica pero no excluyente) la implementación de *programas modulares de investigación*, en los que se pueda identificar varios *problemas concretos de investigación*, que pueden servir a los estudiantes ligados a cada programa como planteos iniciales para sus tesis de posgrado. Estos programas funcionan a través de la colaboración entre investigadores formados e investigadores en formación.

Grupos de trabajo organizados. Los programas modulares dan lugar a la formación de grupos de trabajo en los que participan investigadores formados, alumnos de maestría o doctorado, investigadores posdoctorales, y eventualmente estudiantes de carreras de grado (típicamente de segundo o tercer año en adelante) que deseen iniciarse en la investigación de determinada área temática en la que exista algún programa al que puedan y deseen incorporarse. Cada grupo de trabajo debería ofrecer a los potenciales participantes la posibilidad de integrarse al grupo, familiarizarse con el programa y sus materiales de estudio, y participar en discusiones y tareas concretas de investigación. El grupo debería además ofrecer en cada semestre algún seminario o curso optativo sobre la temática del programa y motivar a los estudiantes ligados al programa para que elijan precisamente esos cursos y seminarios, a fin de profundizar su conocimiento de la temática del programa. Otros estudiantes que participen de esos cursos o seminarios podrían por su parte encontrar allí la información y la motivación para participar del programa.

Los proyectos de tesis integrados en programas resolverían así varios problemas. Los directores y otros investigadores formados podrían servir como directores de tesis como parte de las tareas de avance del programa. La tesis en sí debería versar sobre un problema que el grupo de trabajo considera importante, de modo que el director de tesis

esté directamente interesado en que la investigación (y la tesis) se concrete y se complete. Las tesis surgidas del programa podrían ser la base de publicaciones conjuntas de los correspondientes profesores y estudiantes, y en su conjunto podrían contribuir a la preparación de libros referentes al programa como tal. La existencia de esta clase de programas podría también resultar una buena base para la obtención de recursos externos que permitan encarar investigaciones más ambiciosas dentro del programa o como derivación del programa.

La formación de investigadores. No todos los estudiantes querrán o podrán integrarse en un programa modular, y no todos los profesores e investigadores podrán o querrán organizar un programa modular de investigación. Los efectos de esos programas se pueden concretar aun cuando solo una parte de los profesores e investigadores organicen sus actividades en la forma de un programa modular. Los estudiantes, considerados como investigadores en formación, debieran ser partícipes del proceso de investigación, mediante una formación inmersiva y eminentemente práctica. Una de las formas para ello es la participación en programas modulares.

Los estudiantes que participen en programas modulares deben estar incorporados desde un comienzo a la discusión de la problemática del programa, para lo cual deben leer los materiales bibliográficos, participar en las periódicas reuniones y seminarios internos del grupo, redactar breves informes de sus distintas actividades (reseñas de lecturas, informes de tareas de campo, presentación de resultados obtenidos, etc.), y luego presentarlos y discutirlos en el grupo de investigación. Si el estudiante debe llevar cursos o seminarios electivos, el programa debería ofrecer tales cursos o seminarios dentro de la temática del programa, para que la formación electiva contribuya a familiarizar a los estudiantes con la problemática conceptual y metodológica del programa en que participen. Estas actividades de formación de investigadores son fundamentales para vencer la tendencia a la investigación individual «desconectada», emprendida sin suficiente conocimiento previo del tema, y muchas veces basada en la idea de que la tesis sea una afirmación personal, una expresión de los anhelos, convicciones y deseos de cada uno, o solo un intento utilitario de progresar en su actual empleo profesional.

Por otra parte, como ya se ha insistido aquí, los posgrados (y también los estudios de grado) deberían incluir una preparación en investigación dentro de la formación profesional. Ello incluye la formación práctica en pesquisas y revisiones bibliográficas; la familiaridad con los métodos y enfoques actuales relevantes; la obtención y uso de datos de cada profesión o especialidad, y la habilidad para redactar textos expositivos estructurados en forma de artículos, sobre temas técnico-científicos relevantes y con el aparato bibliográfico y técnico que la temática exija.

Problemas de investigación. Un *programa modular* con participación de estudiantes de grado y posgrado, sobre todo los que están preparando sus tesis, aporta a la forma-

ción de investigadores, facilita la definición y completamiento de las tesis, y promueve programas de mayor escala y más largo aliento. Asimismo, los programas modulares facilitan la definición de múltiples planes de tesis, cuya problemática esté definida dentro del programa, de modo que los investigadores principales del programa tengan interés en que tales problemáticas sean estudiadas, y por lo tanto estén dispuestos a apoyar la realización de las tesis que aborden esas problemáticas.

Un programa modular se propone investigar una materia compleja, que proviene de desarrollos científicos preexistentes, y para ello define los lineamientos generales de un marco conceptual y metodológico central, el que contiene una serie de problemas de investigación; el desarrollo del problema, a su vez, usualmente genera *nuevas problemáticas*, con interrogantes surgidos en la implementación previa del programa. Esas problemáticas pueden orientarse a afrontar varios tipos de cuestiones:

- Problemas relacionados con *aspectos del marco conceptual y metodológico* del programa que requieren ser refinados, desarrollados o reformulados.
- Problemas relacionados con el *tratamiento en detalle de la problemática* del programa, es decir, de los problemas o desafíos que el programa debe afrontar.
- Problemas relacionados con la *aplicación del marco conceptual central en áreas de la realidad diferentes* de las cubiertas anteriormente por el programa, o en *aspectos* aún no explorados dentro de ese marco conceptual.

Un programa que señala *problemas que se necesita investigar* puede llevar a la identificación de nuevos módulos de investigación relativamente diferenciados, que pueden concretarse en proyectos específicos. De este modo, el programa supone la constitución de un grupo de trabajo (que podría ser multidisciplinario), de modo que cada miembro individual (o subgrupo) se encargue de afrontar uno de los problemas identificados, en conexión con quienes trabajan en otros módulos y bajo la orientación conceptual y metodológica del programa. Esta concepción de los programas complejos como programas modulares es una de las posibles formas en que puede ser operacionalizado el concepto de programas de investigación científica formulado por Imre Lakatos (1976). Ese concepto reconoce en cada programa un *núcleo central*, una *heurística* que establece las formas legítimas de hacer avanzar el programa, y una serie de *hipótesis auxiliares* que se refieren al ámbito de validez del programa en su teoría o sus métodos, y que evitan que la aplicación del programa tropiece con anomalías indeseables.

Esta clase de programas son habituales en la ciencia contemporánea, con programas de pequeña, mediana o gran escala. Ejemplos de programas de gran magnitud son las investigaciones internacionales sobre características y tratamiento de epidemias y pandemias de los últimos decenios (HIV, ébola, gripes aviar y porcina, COVID-19, viruela del mono), y los avances en genética, cosmología o física de partículas, tanto en investigación básica (genoma humano, bosón de Higgs) como tecnológica (vacunas, tecnología

agrícola, ingeniería genética, robótica, etc.). Dentro o fuera de esos programas de gran escala se pueden definir programas más limitados, factibles a la escala de una universidad o de un programa de posgrado, aunque sería conveniente fomentar programas interinstitucionales para incrementar los alcances de los proyectos. Los programas de gran envergadura no son más que una categoría de tamaño: pueden definirse programas modulares de una escala más manejable, en los cuales puedan definirse módulos relativamente autónomos que puedan ser realizados como tesis.

La propuesta de impulsar programas modulares, y de promover la inserción de estudiantes en ellos desde los estudios de grado hasta las tesis doctorales o los estudios posdoctorales, no implica la desaparición de los proyectos individuales de los investigadores ni de las tesis individuales no conectadas a un programa. No es necesario que *todas* las investigaciones adopten la modalidad de los programas modulares, ni que todos los estudiantes tengan la obligación de acoplar sus estudios y sus tesis en ese esquema. Es una propuesta que solo necesita que en cada ciclo o carrera de posgrado exista al menos un programa modular, y si es posible más de uno, y que al menos algunos estudiantes de grado y posgrado se incorporen a esos programas. También es bueno precisar que la implementación de esta modalidad no requiere de por sí más recursos económicos que una situación en la que solo existen proyectos individuales de pequeña escala. Solo debería haber una cierta proporción de profesores de tiempo completo, e incentivos institucionales y/o económicos para que ellos planteen y conduzcan programas modulares de investigación, en los que puedan participar otros profesores y/o estudiantes.

Los programas modulares permiten que los estudiantes se familiaricen con unas problemáticas determinadas; los estudiantes que definan sus tesis dentro de esas problemáticas, contarán con el apoyo del programa, lo que facilitará la formulación del problema específico de cada proyecto, y asegurará la supervisión del programa durante la ejecución de la tesis. Esto constituye un marco de incentivos que tendería a motivar la participación de los estudiantes de posgrado en los programas modulares.

Un sistema de posgrado basado en un enfoque activo de la enseñanza, integrando la investigación mediante programas modulares colaborativos y participativos, contribuye a la formación de investigadores, y en general de profesionales, capaces de afrontar problemas y proponer soluciones basadas en la evidencia. También contribuye a que las universidades y los investigadores encaren programas de investigación de más amplio alcance, fomenta los programas interdisciplinarios e interinstitucionales, y mejora la probabilidad de graduación en el posgrado.

Ponerse al día. La vocación por la ciencia y el propio sistema científico han evolucionado muy profundamente desde 1919, cuando Max Weber dictó su conferencia sobre la ciencia como vocación. Existe hoy una ciencia más compleja, de creciente sofisticación, que usa métodos ligados a la tecnología propia de cada disciplina y a la tecnología de

la información y la comunicación, que realiza proyectos amplios y colaborativos organizados en programas de largo alcance, y que requiere a su vez un aprendizaje activo y práctico, en un clima de permanente indagación, innovación y renovación. Sin embargo, en muchos países, y en particular en América Latina, las formas organizacionales que predominaban en el mundo en 1919 se han prolongado en el tiempo, y en algunos aspectos y lugares han llegado hasta la actualidad. Esas formas organizativas hace mucho que son obsoletas, y deben cambiar.

La adecuación de las formas actuales de organización de la producción científica a las necesidades del siglo XXI requiere no solo modernizar el planteo de los programas o proyectos de investigación. Supone también la modernización de las universidades, y la formación masiva de personal científico y técnico como sostén de una sociedad y una economía con base científica y tecnológica, la que (sobre todo en el siglo XXI) se ha llamado también *the knowledge economy*, es decir «la economía [basada en el] conocimiento» (Unger, 2019). La transición desde la ciencia artesanal que predominaba a comienzos del siglo XX, y que aún perdura, hasta una actividad científica más organizada, más colaborativa y de mayor escala, como la que se requiere en el siglo XXI, está muy avanzada en los sistemas universitarios y científico-tecnológicos de los países desarrollados, pero requiere ser implementada más extensa y profundamente mediante iniciativas adecuadas en la mayoría de los países latinoamericanos. Muchos de ellos ya han avanzado en ese camino, y muchos de sus investigadores integran la red internacional de científicos que participan de esa *knowledge economy*, pero subsisten rezagos y limitaciones.

En este libro se han esbozado algunos enfoques y propuestas para que la formación universitaria esté más firmemente centrada en la investigación, incluyendo una formación práctica y participativa en actividades científicas desde los estudios universitarios de grado, y sobre todo en el posgrado. Ello, a su vez, exige cambios correlativos en la enseñanza primaria y secundaria. Dado que el desarrollo económico en este siglo se basa principalmente en el desarrollo técnico y científico, los países de América Latina necesitan orientarse firmemente en el camino de una economía y una sociedad basados en el conocimiento y en la actividad científica y tecnológica, como único camino posible para alcanzar un nivel de desarrollo más avanzado, acercándose a los niveles que predominan en los países desarrollados, y relacionándose con ellos de una manera más orgánica y fructífera. Dado que el sistema mundial de la ciencia se desarrolla cada vez más rápidamente, el esfuerzo que se necesita desplegar para ello en América Latina debe ser *más intenso* que el dedicado durante los últimos 100 años por los países desarrollados, en los que ese tipo de desarrollo científico ya existe y se expande cada vez más. Si América Latina aspira a integrarse al desarrollo económico mundial, debe desarrollar un sistema científico-tecnológico competente en el siglo XXI. Dado que en el mundo la ciencia y la tecnología progresan cada vez más rápidamente, para América Latina es hora de pisar el acelerador.

Referencias

- Abbas, Ash Mohammad. 2011. Weighted indices for evaluating the quality of research with multiple authorship. *Scientometrics* 88: 107-131.
- Abbott, Benjamin P. *et al.* 2016. Observation of gravitational waves from a binary black hole merger (LIGO Scientific Collaboration & VIRGO Collaboration). *Physical Review Letters* 116: 061102. <https://journals.aps.org/prl/pdf/10.1103/PhysRevLett.116.061102>
- Académie des Sciences. 1982. Rapport de l'Académie des Sciences sur la langue française et le rayonnement de la science française. *Comptes Rendus* 295: 131-146.
- Adair, W. C. 1955. Citation indexes for scientific literature? *American Documentation* 6(1): 31-32.
- Adam, Thomas & Ruth Gross (eds.). 2006. *Traveling between worlds: German-American encounters*. Texas A&M University Press.
- Akçeşme, Banu; Hasan Baktır & Eugene Steele (eds.). 2016. *Interdisciplinarity, multidisciplinary and transdisciplinarity in Humanities*. Cambridge Scholars Publishing.
- Akiyama, Kazunori *et al.* 2022. (The Event Horizon Telescope Collaboration). First Sagittarius A* Event Horizon Telescope results. I. The shadow of the supermassive black hole in the center of the Milky Way. *The Astrophysical Journal Letters* 930(2). (381 autores).
- Aldrich, Howard E. & Martin Rueff. 2006. *Organizations evolving*. 2.^a edición. Sage Publications.
- Aldrich, Howard E.; Geoffrey M. Hodgson, David L. Hull, Thorbjørn Knudsen, Joel Mokyr & Viktor J. Vanberg. 2008. In defence of generalized Darwinism. *Journal of Evolutionary Economics* 18(5): 577-596.
- Allen, Kieran. 2004. *Max Weber: A critical introduction*. Pluto Press.
- Alley, Michael. 2013. *The craft of scientific presentations*. 2.^a edición. Springer.
- Alley, Michael. 2018. *The craft of scientific writing*. 4.^a edición. Springer.
- Allwood, Jens; Olga Pombo, Clara Renna & Giovanni Scarafile. 2020. *Controversies and interdisciplinarity: Beyond disciplinary fragmentation for a new knowledge model*. John Benjamins.
- Álvarez Menéndez, Juan Manuel. 1991. La enseñanza de la redacción desde el punto de vista didáctico. *Comunicación, Lenguaje y Educación* 9: 11-30.
- Ammelburg, Gerd. 1991. *Rhetorik für den Ingenieur*. Springer.
- Ammon, Ulrich & Marlis Hellinger (eds.). 1991. *Status change of languages*. De Gruyter.

- Ammon, Ulrich. 1991. *Die internationale Stellung der deutschen Sprache* [La posición internacional del idioma alemán]. De Gruyter.
- Ammon, Ulrich (ed.). 2001a. *The dominance of English as a language of science: Effects on other languages and language communities*. De Gruyter.
- Ammon, Ulrich. 2001b. *Die Stellung der deutschen Sprache in der Welt*. De Gruyter. Traducción en inglés: *The position of the German language in the world* (Routledge, 2019).
- Ammon, Ulrich. 2006. Language planning for international scientific communication: An overview of questions and potential solutions. *Current Issues in Language Planning* 7(1): 1-30.
- Ammon, Ulrich. 2007. Global scientific communication: Open questions and policy suggestions. *AILA Review* 20: 123-133.
- Ammon, Ulrich. 2010. Über Deutsch als Wissenschaftssprache: Kaum noch ein Prozent Weltanteil in den Naturwissenschaften [Acerca del alemán como lengua de la ciencia: Apenas uno por ciento del total mundial en ciencias naturales]. *Forschung und Lehre* [Investigación y docencia] 17(6): 318-320.
- Ammon, Ulrich. 2012. Linguistic inequality and its effects on participation in scientific discourse and on global knowledge accumulation – With a closer look at the problems of the second-rank language communities. *Applied Linguistics Review* 3(2): 333-355.
- Anderson, Philip W.; Kenneth J. Arrow & David Pines (eds.). 1988. *The Economy as an evolving complex system*. Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity. Addison-Wesley.
- Andrews, Isaiah & Maximilian Kasy. 2019. Identification of and correction for publication bias. *American Economic Review* 109(8): 2766-2794. <https://doi.org/10.1257/aer.20180310>
- Ansart, Séverine; Camille Pelat, Pierre-Yves Boelle, Fabrice Carrat, Antoine Flahault & Alain-Jacques Valleron. 2009. Mortality burden of the 1918-1919 influenza pandemic in Europe. *Influenza and other respiratory viruses* 3: 99-106.
- APA. 2020. *Publication manual of the American Psychological Association*. 7.^a ed. APA.
- Apostel, Leo (ed.). 1972. *Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in universities*. OECD, Centre for Educational Research and Innovation.
- Aranda Torrello, Eduardo; Nicolás Mitru Tejerina & Rolando Costa Arduz. 2009. *ABC de la redacción y publicación médico-científica*. 2.^a ed. La Paz, Bolivia: Elite Impresiones.
- Archambault, Éric & Étienne Vignola-Gagné. 2004. *The use of bibliometrics in the social sciences and humanities*. A report from Science-Metrix, prepared for the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRCC). Science-Metrix. <http://www.science-metrix.com>
- Archambault, Éric & Vincent Larivière. 2009. History of the journal impact factor: Contingencies and consequences. *Scientometrics* 79(3): 639-653. https://www.science-metrix.com/sites/default/files/science-metrix/publications/history_of_the_journal_impact_factor_post_print_0.pdf
- Archambault, Éric; D. Campbell, Yves Gingras & Vincent Larivière. 2009. Comparing bibliometric statistics obtained from the Web of Science and Scopus. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (Jasist) 60(7): 1320-1326.
- Archambault, Éric; Didier Amyot, Philippe Deschamps, Aurore Nicol, Françoise Provencher, Louise Rebout & Guillaume Roberge. 2013. *Proportion of open access peer-reviewed papers at the European and world levels 2004-2011*. A report prepared for the European Commission Directorate-General for Research and Innovation. Science-Metrix. <http://www.science-metrix.com>
- Archambault, Éric; Étienne Vignola-Gagné, Grégoire Côté, Vincent Larivière & Yves Gingras. 2006. Benchmarking scientific output in the social sciences and humanities: The limits of existing databases. *Scientometrics* 68(3): 329-342.

- Ariely, Dan & Jeff Kreisler. 2014. *Dollars and sense*. Harper.
- Ariely, Dan. 2010. *Predictably irrational: The hidden forces that shape our decisions*. Edición revisada y expandida (primera edición publicada en 1987). Harper.
- Ariely, Dan. 2011. *The upside of irrationality: The unexpected benefits of defying logic at work and at home*. Londres: Harper.
- Ariely, Dan. 2012. *The (honest) truth about dishonesty. How we lie to everyone –especially ourselves*. Harper.
- Ariely, Dan. 2015. *Irrationally yours: On missing socks, pickup lines, and other existential puzzles*. Harper.
- Aristóteles. 1982. *Tratados de Lógica (Organon)*. Volumen I: *Categorías y tópicos sobre las refutaciones sofísticas*. Gredos.
- Aristóteles. 1988. *Tratados de Lógica (Organon)*. Volumen II: *Sobre la interpretación – Analíticos primeros – Analíticos segundos*. Gredos.
- Aristóteles. 1998. *Retórica*. Alianza Editorial.
- Armeson, Robert D. 1964. *Total warfare and compulsory labor: A study of the military-industrial complex in Germany during World War I*. Martinus Nijhoff.
- Armstrong, Claire. 1997. Thousands of women sterilized in Sweden without consent. *British Medical Journal* 315(7108): 563.
- Arnott, Struther. 2006. Historical article: DNA polymorphism and the early history of the double helix. *Trends in Biochemical Sciences* 31(6): 349-354. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2006.04.004>
- Arnoux, Elvira Narvaja de; Mariana Di Stefano & Cecilia Pereira. 2010. *La lectura y la escritura en la universidad*. Eudeba (Editorial de la Universidad de Buenos Aires). Reedición de la edición original de 2002.
- Arnsward, Ulrich; Friedrich Stadler & Peter Weibel (eds.). 2019. *Der Wiener Kreis: Aktualität in Wissenschaft, Literatur, Architektur und Kunst* [El Círculo de Viena: actualidad en ciencia, literatura, arquitectura y arte]. LIT Verlag.
- Arslan, Cüneyt. 2014. *Der Mann ohne Eigenschaften und die Wissenschaftliche Weltauffassung: Robert Musil, die Moderne und der Wiener Kreis* [El hombre sin atributos y la concepción científica del mundo: Robert Musil, la modernidad y el Círculo de Viena]. Springer.
- Arthur, W. Brian; Steven N. Durlauf & David Lane (eds.). 1997. *The Economy as an evolving complex system*. Volume II. Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity. Addison-Wesley.
- Ash, Mitchell G. 2006. Bachelor of what, master of whom? The Humboldt myth and historical transformations of higher education in German-speaking Europe and the US. *European Journal of Education* 41(2): 245-267.
- Ashtekar, Abhay; Robert Cohen, Don Howard, Jürgen Renn, Sahotra Sarkar & Abner Shimony (eds.). 2003. *Revisiting the foundations of relativistic Physics*. Springer.
- Ashton, Thomas S. 1948. *The Industrial Revolution: 1760-1830*. Oxford University Press.
- Ashton, Thomas S. 1954. The standard of life of the workers in England, 1790-1830. En Hayek (1954): 127-159.
- Astbury, William T. & Florence O. Bell. 1938a. X-ray study of thymonucleic acid. *Nature* 141 (3573): 747-748. <https://www.nature.com/articles/141747b0>
- Astbury, William T. & Florence O. Bell. 1938b. Some recent developments in the X-ray study of proteins and related structures. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 6: 109-121. <http://symposium.cshlp.org/content/6/109>

- Astin, Helen S. 1978. Factors affecting women's scholarly productivity. En Astin & Hirsch (1978): 133-157.
- Astin, Helen S. & Werner Z. Hirsch (eds.). 1978. *The higher education of women: Essays in honor of Rosemary Park*. Praeger.
- Atkinson, Dwight. 1999. *Scientific discourse in sociohistorical context: The Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1675-1975: Rhetoric, knowledge, and society*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Auyang, Sunny Y. 1999. Foundations of complex-system theories. En *Economics, evolutionary biology, and statistical physics*. Cambridge University Press.
- Aveyard, Helen. 2007. *Doing a literature review in health and social care: A practical guide*. Open University Press.
- Ay, Karl-Ludwig & Knut Borchardt (eds.). 2006. *Das Faszinosum Max Weber. Die Geschichte seiner Geltung* [La fascinación por Max Weber: historia de su vigencia]. UVK (Universität Verlag Konstanz).
- Ayer, Alfred J. 1936. *Language, truth, and logic*. Gollancz. Nueva edición: Penguin, 2001.
- Ayer, Alfred J. 1940. *The foundations of empirical knowledge*. Macmillan.
- Ayer, Alfred J. 1954. *Philosophical essays*. Macmillan.
- Aylward, Raymond B. 2006. Eradicating polio: today's challenges and tomorrow's legacy. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 100(5-6): 401-413. <https://doi.org/10.1179/136485906X97354>
- Ayes, Peter. 2020. *Women and the natural sciences in Edwardian Britain*. Springer.
- Backhaus, Jurgen G. 1993. The university as an economic institution: The political economy of the Althoff System. *Journal of Economic Studies* 20(4/5): 8-29.
- Baier, Horst; M. Rainer Lepsius, Wolfgang Mommsen, Wolfgang Schluchter & Austin Harrington. 2000. Overview of the text of «Economy and Society» by the editors of the Max Weber Gesamtausgabe. *Max Weber Studies* 1(1): 104-114.
- Bailey, Stephen. 2011. *Academic writing. A handbook for international students*. 3.^a ed. (primera edición: 2003). Routledge.
- Bain, Alexander. 1866. *English composition and rhetoric: A manual*. Londres: Longman. Edición norteamericana: D. Appleton (1867), reproducida en facsímil por HardPress Publishing (Miami), 2014.
- Balköse, Devrim; Ana Cristina Faria Ribeiro, A. K. Haghi, Suresh C. Ameta & Tanmoy Chakraborty (eds.). 2019. *Chemical science and engineering technology: Perspectives on interdisciplinary research*. Apple Academic Press.
- Ball, Philip. 2014. *Serving the Reich: The struggle for the soul of physics under Hitler*. University of Chicago Press.
- Balsiger, Philipp W.; Rico Defila & Antonietta Di Giulio (eds.). 1996. *Ökologie und Interdisziplinarität: Eine Beziehung mit Zukunft? Wissenschaftsforschung zur Verbesserung der fachübergreifenden Zusammenarbeit* [Ecología e interdisciplinariedad: Una relación con el futuro? Investigación científica para mejorar el trabajo interdisciplinario]. Springer.
- Barkow, Jerome H.; Leda Cosmides & John Tooby. 1992. *The adapted mind: Evolutionary Psychology and the generation of culture*. Oxford University Press.
- Barnes, Barry & David Bloor. 1982. Relativism, rationalism, and the Sociology of Knowledge. En M. Hollis & S. Lukes (eds.), *Rationality and relativism* (pp. 21-47). MIT Press.
- Barnes, Barry; David Bloor & John Henry. 1996. *Scientific knowledge: A sociological analysis*. University of Chicago Press.

- Barnes, Barry & David Edge (eds.). 1982. *Science in context: Readings in the Sociology of Science*. MIT Press.
- Barry, Andrew & Georgina Born. 2013. *Interdisciplinarity: Reconfigurations of the social and natural sciences*. Routledge.
- Barry, John M. 2005. *The Great Influenza: The story of the deadliest pandemic in history*. Viking.
- Bartneck, Christoph & Servaas Kokkelmans. 2011. Detecting h-index manipulation through self-citation analysis. *Scientometrics* 87: 85-98.
- Bartsch, Tim-Christian; Michael Hoppmann & Bernd F. Rex. 2012. *Trainingsbuch Rhetorik* [Libro de entrenamiento en Retórica]. Verlag Ferdinand Schöningh.
- Barzun, Jacques. 1993. *The American university: How it runs, where it is going*. Reedición de la primera edición publicada en 1968). The University of Chicago Press.
- Barzun, Jacques. 1995. *On writing, editing, and publishing*. University of Chicago Press. Reedición de la primera edición publicada en 1971.
- Barzun, Jacques. 2001. *Simple and direct: A rhetoric for writers*. 4.^a ed. (primera edición: 1975). University of Chicago Press.
- Barzun, Jacques & Henry F. Graff. 1992. *The modern researcher*. 5.^a ed. (primera edición: 1957). Harcourt Brace Jovanovich.
- Bashford, Alison & Philippa Levine (eds.). 2010. *The Oxford handbook of the history of eugenics*. Oxford University Press.
- Basler, Christopher F.; Ann H. Reid, Jody K. Dybing, Thomas A. Janczewski, Thomas G. Fanning, Hongyong Zheng, Mirella Salvatore, Michael L. Perdue, David E. Swayne, Adolfo García-Sastre, Peter Palese & Jeffery K. Taubenberger. 2001. Sequence of the 1918 pandemic influenza virus non-structural gene (NS) segment and characterization of recombinant viruses bearing the 1918 NS genes. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 98(5): 2746-2751.
- Bauer, Franz & Eduard Schmidt. 1985. Die bayerischen Volksgerichte 1918-1924. Das Problem ihrer Vereinbarkeit mit der Weimarer Reichsverfassung [Los tribunales populares de Baviera 1918-1924. El problema de su compatibilidad con la Constitución de Weimar]. *Zeitschrift für Bayerische Landesgeschichte* 48: 449-478.
- Bauer, Franz J. 2006. Volksstaat Bayern [El Estado Popular de Baviera]. Publicado online el 26/6/2006. *Historisches Lexikon Bayerns*. http://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Volksstaat_Bayern
- Baumgart, Peter (ed.). 1980. *Bildungspolitik in Preußen zur Zeit des Kaiserreichs* [Política educativa en Prusia en tiempos del Segundo Imperio]. Klett-Cotta.
- Baumgarten, Eduard. 1964a. *Max Weber: Werk und Person*. Mohr-Siebeck.
- Baumgarten, Eduard. 1964b. Zur Frage der datierung der Vorträge Webers: Wissenschaft als Beruf und Politik als Beruf [La cuestión de la fecha de las conferencias de Weber: la ciencia como vocación y la política como vocación]. En Baumgarten (1964a): 715 y ss.
- Bawden, Frederick C. & Norman W. Pirie. 1937. The isolation and some properties of liquid crystalline substances from solanaceous plants infected with three strains of tobacco mosaic virus. *Proceedings of the Royal Society. Series B, Biological Sciences* 123(832): 274-320.
- Bazerman, Charles. 1988. *Shaping written knowledge: The genre and activity of the experimental article in science*. The University of Wisconsin Press.
- Bazerman, Charles. 2013. Understanding the lifelong journey of writing development. *Journal for the Study of Education and Development* 36(4): 421-441.

- Bazerman, Charles; Adair Bonini & Débora Figueiredo (eds.). 2009. *Genre in a changing world*. The WAC Clearinghouse and Parlor Press.
- Beall, Jeffrey. 2012. Predatory publishers are corrupting open access. *Nature* 489(7415): 179. <https://www.nature.com/articles/489179a>
- Beaver, Donald & R. Rosen. 1978. Studies in scientific collaboration. Part I. The professional origins of scientific co-authorship. *Scientometrics* 1(1): 65-84.
- Beaver, Donald & R. Rosen. 1979a. Studies in scientific collaboration. Part II. Scientific co-authorship, research productivity and visibility in the French scientific elite, 1799-1830. *Scientometrics* 1(2): 133-149.
- Beaver, Donald & R. Rosen. 1979b. Studies in scientific collaboration. Part III. Professionalization and the natural history of modern scientific co-authorship. *Scientometrics* 1(3): 231-245.
- Beccatini, Giacomo. 2018. Marshall, Mary Paley (1859-1944). En *The New Palgrave dictionary of Economics*. 3.ª ed. (20 volúmenes, edición digital en un volumen). Palgrave MacMillan, 2018: 8375-8376.
- Bechtel, William & Robert C. Richardson. 2010. *Discovering complexity: Decomposition and localization as strategies in scientific research*. Princeton University Press.
- Becker, Gary. 1957. *The economics of discrimination*. (2.ª ed. de 1971). University of Chicago Press.
- Becker, Gary. 1981. *A treatise on the family*. 2.ª ed. ampliada (1993). Harvard University Press.
- Becker, Gary. 1996. *Accounting for tastes*. Harvard University Press.
- Becker, Gary & Julio Jorge Elías. 2007. Introducing incentives in the market for live and cadaveric organ donations. *Journal of Economic Perspectives* 21(3): 3-24.
- Becker, Gary & William M. Landes (eds.). 1974. *Essays in the economics of crime and punishment*. National Bureau of Economic Research & Columbia University Press.
- Becker, Gary & Kevin Murphy. 1988. A theory of rational addiction. *The Journal of Political Economy* 96(4): 675-700. Reproducido en Becker (1996): 50-76.
- Becker, Gary & Richard Posner. 2009. *Uncommon sense: Economic insights, from marriage to terrorism*. University of Chicago Press.
- Behe, Michael. 1996. *Darwin's black box. The biochemical challenge to evolution*. Free Press.
- Beijerinck, Martinus. 1898. Über ein contagium vivum fluidum als ursache der Fleckenkrankheit der Tabaksblätter [Acerca de un fluido vivo contagioso como causa de la enfermedad de las manchas de la hoja de tabaco]. *Verhandelingen der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam* [Actas de la Real Academia de Ciencias de Amsterdam] 65: 1-22.
- Bell, Florence. 1939. *X-ray and related studies of the structure of the proteins and nucleic acids*. Tesis doctoral, University of Leeds (Reino Unido). <https://explore.library.leeds.ac.uk/special-collections-explore/650413>
- Beller, Steven. 1989. *Vienna and the jews, 1867-1938: A cultural history*. Cambridge University Press.
- Beltrán, E. y J. J. Fernández. 2012. *Haciendo una tesis*. Valencia, España: Tirant Humanidades.
- Bendall, Richard (ed.). 1983. *Evolution from molecules to man*. Cambridge (Reino Unido): Cambridge University Press.
- Benedict, Marie. 2016. *The other Einstein*. Sourcebooks Landmark.
- Bentley, Jerome & Rebecca Adamson. 2003. *Gender differences in the careers of academic scientists and engineers*. National Science Foundation.
- Berdanier, Catherine G. P. & Joshua B. Lenart. 2021. *So, you have to write a literature review – A guided workbook for engineers*. John Wiley and Sons.

- Berger, Peter L. & Thomas Luckmann. 1966. *The social construction of reality: A treatise in the sociology of knowledge*. Doubleday.
- Bergstrom, Theodore C. 2002. Evolution of social behavior: Individual and group selection. *The Journal of Economic Perspectives* 16(2): 67-88.
- Bernhardt, Hannelore. 1979. Zum Leben und Wirken des Mathematikers Richard von Mises [Sobre la vida y obra del matemático Richard von Mises]. *NTM Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften Technik und Medizin* [Escritos sobre Historia de las Ciencias Naturales, Técnica y Medicina] 16(2): 40-49.
- Bernhardt, Hannelore. 1993. Skizzen zu Leben und Werk von Richard Mises [Bocetos sobre la vida y obra de Richard Mises]. *Österreichische Mathematik und Physik* 1993: 51-62.
- Bernstein, George & Lottore Bernstein. 1979. Attitudes toward women's education in Germany, 1870-1914. *International Journal of Women's Studies* 2 (1979): 473-488.
- Berntson, Gary G. & John T. Cacioppo. 2008. Contemporary perspective on multi-level analyses and social neuroscience. En Kessel *et al.* (2008): 21-43.
- Bešić-Bronza, Slavojka. 2020. Spanish flu 1918-1919: Aspects of demographic implications. *Scripta Medica* 51(2): 110-119. <http://scriptamedica.com/wp-content/uploads/2020/07/BES%CC%8CTIC%CC%81-BRONZA-Final-05.pdf> y también <http://scriptamedica.com/volume-51/>
- Bhaskar, Roy; Berth Danermark & Leigh Price. 2018. *Interdisciplinarity and wellbeing: A critical realist general theory of interdisciplinarity*. Routledge.
- Biagioli, Mario & Peter Galison (eds.). 2013. *Scientific authorship: Credit and intellectual property in science*. Routledge. Reimpresión de la primera edición de 2003.
- Bieber, Daniel (ed.). 1997. *Technikentwicklung und Industriearbeit. Industrielle Produktionstechnik zwischen Eigendynamik und Nutzer interessen* [Desarrollo tecnológico y trabajo industrial. La tecnología de la producción industrial entre su propia dinámica y los intereses del usuario]. Campus Verlag.
- Bieberbach, Ludwig. 1934. Stilarten mathematischen Schaffens [Estilos de creatividad matemática]. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Physikalisch-Mathematische Klasse* [Actas de la Academia Prusiana de Ciencias, Sección Física y Matemática]: 358-359. Reproducido en Poliakov & Wulf (1978): 312-313.
- Birkhoff, Garrett. 1983. Richard von Mises' years at Harvard. *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik* 63(7): 283-284.
- Birnbaum, Immanuel. 1963. Erinnerungen an Max Weber (Winter-Semester 1918/19). [Recuerdos de Max Weber (semestre de invierno 1918/19)]. En König & Winckelmann (1963): 19-21.
- Birnbaum-More, Philip H.; Frederick A. Rossini & Donald R. Baldwin (eds.). 1990. *International Research Management: Studies in interdisciplinary methods from business, government, and academia*. Oxford University Press.
- Björkman, Beyza. 2013. *English as an academic lingua franca*. De Gruyter Mouton.
- Black, Edwin. 2012. *War against the weak: Eugenics and America's campaign to create a master race. Expanded edition*. (La primera edición es de 2003). Dialog Press.
- Black, Fischer & Myron Scholes. 1973. The pricing of options and corporate liabilities. *The Journal of Political Economy* 81(3): 637-654.
- Blackmore, John. 1972. *Ernst Mach: his work, life, and influence*. University of California Press.
- Blackmore, John (ed.). 1992. *Ernst Mach: A deeper look. Documents and new perspectives*. Springer.

- Blackmore, John & Klaus Hentschel (eds.). 1985. *Ernst Mach als Aussenseiter* [Ernst Mach como forastero]. *Machs Briefwechsel über Philosophie und Relativitätstheorie mit Persönlichkeiten seiner Zeit: Auszug aus dem letzten Notizbuch (Faksimile) von Ernst Mach* [Correspondencia de Mach sobre filosofía y teoría de la relatividad con personalidades de su tiempo: extracto del último cuaderno de Ernst Mach (facsimil)]. Verlag Wilhelm Braumüller.
- Blackwell, John & Jan Martin. 2011. *A scientific approach to scientific writing*. Springer.
- Blum, Alexander S.; Roberto Lalli & Jürgen Renn (eds.). 2012. *The renaissance of general relativity in context*. Birkhäuser.
- Blum, Fred H. 1959. Max Weber: The man of politics and the man dedicated to objectivity and rationality. *Ethics* 70(1): 1-20.
- Bohannon, John. 2013. Who's afraid of peer review? *Science—American Association for the Advancement of Science*, 342(6154): 60-65. <https://science.sciencemag.org/content/342/6154/60>
- Bohme, Gernot; Wolfgang van den Daele & Wolfgang Krohn. 1978. The «scientification» of technology. En Krohn *et al.* 1978: 219-250.
- Bolaños-Guerra, Bernardo. 2002. *Argumentación científica y objetividad*. Universidad Autónoma de México (UNAM), Programa de Maestría y Doctorado en Filosofía de la Ciencia.
- Bonilla-Marín, Marcial. 1996. La lengua española en la ciencia. CLF-GQ 1996, Part II: *L'état des recherches sur les langues de la communication scientifique*.
- Boogaart, Ronny; Henrika Jansen & Maarten van Leeuwen (eds.). 2021. *The language of argumentation*. Springer.
- Booth, W. C.; G. G. Colomb, J. M. Williams, J. Bizup & W. T. FitzGerald. 2016. *The craft of research*. 4.ª ed. University of Chicago Press.
- Borenstein, Michael; Larry V. Hedges, Julian P. T. Higgins & Hannah R. Rothstein. 2009. *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Borgstedt, Angela; Sibylle Thelen & Reinhold Weber (eds.). 2017. *Mut bewiesen. Widerstandsbiographien aus dem Südwesten* [Coraje probado. Biografías de la resistencia en el Sudoeste]. Serie Schriften zur politischen Landeskunde Baden-Württembergs [Escritos sobre la geografía política de Baden-Württemberg], número 46. Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg [Centro de Educación Política de la Región Baden-Württemberg].
- Bornmann, Lutz. 2011. Scientific peer review. *Annual Review of Information Science and Technology* 45: 197-245. <https://doi.org/10.1002/aris.2011.1440450112>
- Bornmann, Lutz. 2013. Evaluations by peer review in science. *Springer Science Reviews* 1: 1-4 (2013). <https://link.springer.com/article/10.1007/s40362-012-0002-3>
- Bornmann, Lutz & Werner Marx. 2014. How to evaluate individual researchers working in the natural and life sciences meaningfully? A proposal of methods based on percentiles of citations. *Scientometrics*, 98(1): 487-509. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11192-013-1161-y>
- Bornmann, Lutz & Rüdiger Mutz. 2015. Growth rates of modern science: A bibliometric analysis based on the number of publications and cited references. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(11): 2215-2222. <https://arxiv.org/abs/1402.4578>, <https://doi.org/10.1002/asi.23329>
- Bornmann, Lutz; Rüdiger Mutz, Christoph Neuhaus & Hans-Dieter Daniel. 2008. Citation counts for research evaluation: Standards of good practice for analyzing bibliometric data and presenting and interpreting results. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 8: 93-102. <https://www.int-res.com/abstracts/esp/v8/n1/p93-102/> y <https://www.int-res.com/articles/esp2008/8/e008p093.pdf>

- Bos, Lute. 1995. The embryonic beginning of Virology: Unbiased thinking and dogmatic stagnation. *Archives of Virology* 140(3): 613-619. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01718437>
- Boschan, Bärbel. 1991. In dubiis libertas? Die Entwicklung der Philosophischen Fakultät der Berliner Universität im Zeitraum 1870-1900 und Friedrich Althoff [¿En la duda libertad? El desarrollo de la Facultad de Filosofía de la Universidad de Berlín en el período 1870-1900 y Friedrich Althoff]. En Brocke (1991a): 267-286.
- Bosl, Karl. 1969. *Bayern im Umbruch. Die Revolution von 1918, ihre Voraussetzungen, ihr Verlauf und ihre Folgen* [Baviera en convulsión. La revolución de 1918: Sus antecedentes, su desarrollo y sus consecuencias]. Oldenburg.
- Bottomore, Tom (ed.). 1983. *Interdisciplinarietà y ciencias humanas*. Tecnos.
- Bouchoux, Deborah E. 2020. *Legal research explained*. 5.ª ed. Wolters Kluwer.
- Boudry, Maarten; Stefaan Blancke & Johan Braeckman. 2010. Irreducible incoherence and intelligent design: A look into the conceptual toolbox of a pseudoscience. *The Quarterly Review of Biology* 85(4): 473-482.
- Bowler, Peter J. 1983. *The eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian evolution theories in the decades around 1900*. Johns Hopkins University Press.
- Bowler, Peter J. 2013. Darwinism in Britain. En Ruse (2013): 218-225.
- Boyack, Kevin W. 2004. Mapping knowledge domains: Characterizing PNAS. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) 101(Supp. 1): 5192-5199.
- Boyer, John W. 2016. *Higher education in America and Europe around 1900*. University of Chicago College Occasional Papers on Higher Education Series, 23. <https://college.uchicago.edu/about/dean-boyers-publications>
- Branson, Tyler S. 2022. *Policy regimes: College writing and public education policy in the United States*. Southern Illinois University Press.
- Braun, Roman. 2018. *Die Macht der Rhetorik* [El poder de la retórica]. Redline Verlag.
- Brazil, Rachel. 2020. Eunice Foote: The mother of climate change. *Chemistry World* 17(5): 36-37.
- Brentano, Lujo. 1931. *Mein Leben im Kampf um die soziale Entwicklung Deutschlands* [Mi vida en la lucha por el desarrollo social de Alemania]. Fischer Verlag.
- Brinkman, Svend. 2013. *John Dewey: Science for a changing world*. Transaction.
- Brinkworth, Martin & Friedel Weinert (eds.). 2012. *Evolution 2.0: Implications of Darwinism in philosophy and the social and natural sciences*. Springer.
- Brocke, Bernhard vom. 1980. Hochschul- und Wissenschaftspolitik in Preußen und im Deutschen Kaiserreich 1882-1907: das System Althoff [Política universitaria y científica en Prusia y en el Segundo Imperio 1882-1907]. En Baumgart (1980): 1-118.
- Brocke, Bernhard vom. 1988. Von der Wissenschaftsverwaltung zur Wissenschaftspolitik – Friedrich Althoff (19.2.1839-20.10.1908) [De la administración de la ciencia a la política científica]. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 11: 1-26.
- Brocke, Bernhard vom (ed.). 1991a. *Wissenschaftsgeschichte und Wissenschaftspolitik im Industriezeitalter. Das «System Althoff» in historischer Perspektive* [Historia de la ciencia y política científica en la era industrial: El «sistema Althoff» en perspectiva histórica]. Lax Verlag.
- Brocke, Bernhard vom. 1991b. Friedrich Althoff: A great figure in higher education policy in Germany. *Minerva* 29: 269-293.
- Brocke, Bernhard vom. 1991c. Friedrich Althoff: Forschungsstand und Quellenlage. Bemühungen um eine Biographie [Estado de la investigación y fuentes. Bases para una biografía]. En Brocke (1991a): 15-44.

- Brocke, Bernhard vom. 1991d. Internationale Wissenschaftsbeziehungen und die Anfänge einer deutschen auswärtigen Kulturpolitik: Der Professorenaustausch mit Nordamerika [Relaciones académicas internacionales y los inicios de una política cultural exterior alemana: el intercambio de profesores con América del Norte]. En Brocke (1991a): 185-243.
- Brocke, Bernhard vom. 1996. Die Kaiser-Wilhelm/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute zwischen Universität und Akademie. Strukturprobleme und Historiographie [La Sociedad Kaiser Wilhelm/Max Plank y su Instituto, entre la Universidad y la Academia: problemas estructurales e historiografía]. En Brocke & Laitko (1996): 1-32.
- Brocke, Bernhard vom & Hubert Laitko. 1996. *Die Kaiser-Wilhelm-/Max-Planck-Gesellschaft und ihre Institute. Studien zu ihrer Geschichte: Das Harnack-Prinzip* [La Sociedad Kaiser Wilhelm/Max Plank y sus Institutos. Estudios sobre su historia: El principio de Harnack]. De Gruyter.
- Brovkin, Victor; Edward Brook, John W. Williams, Sebastian Bathiany, Timothy M. Lenton, Michael Barton, Robert M. DeConto, Jonathan F. Donges, Andrey Ganopolski, Jerry McManus, Summer Praetorius, Anne de Vernal, Ayako Abe-Ouchi, Hai Cheng, Martin Claussen, Michel Crucifix, Gilberto Gallopin, Virginia Iglesias, Darrell S. Kaufman, Thomas Kleinen, Fabrice Lambert, Sander van der Leeuw, Hannah Liddy, Marie-France Loutre, David McGee, Kira Rehfeld, Rachael Rhodes, Alistair W. R. Seddon, Martin H. Trauth, Lilian Vanderveken & Zicheng Yu. 2021. Past abrupt changes, tipping points and cascading impacts in the Earth system. *Nature Geoscience* (2021). <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00790-5>
- Brown, Fred. 2003. The history of research in foot-and-mouth disease. *Virus Research* 91(1): 3-7.
- Bruch, Rüdiger von & Brigitte Kaderas (eds.). 2002. *Wissenschaften und Wissenschaftspolitik. Bestandsaufnahmen zu Formationen, Brüchen und Kontinuitäten im Deutschland des 20. Jahrhunderts* [Ciencias y política científica. Inventarios de formaciones, rupturas y continuidades en la Alemania del siglo XX]. Steiner.
- Bruun, Hans Henrik. 2007. *Science, values, and politics in Max Weber's methodology*. Edición revisada de la primera edición (1972). Ashgate.
- Bryson, Bill (ed.). 2010. *Seeing further – The story of science, discovery, and the genius of the Royal Society*. Harper Collins.
- Bubnoff, Andreas von. 2006. The 1918 flu virus is resurrected. *Nature* 437: 794-795.
- Buela-Casal, G. 2010. *Manual práctico para hacer un doctorado*. EOS.
- Bunge, Mario. 1985. *Pseudociencia e ideología*. Alianza Editorial.
- Burchardt, Lothar. 1975. *Wissenschaftspolitik in Wilhelminischen Deutschland* [La política científica en la Alemania del Kaiser Wilhelm]. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Burke, F. Thomas; D. Micah Hester & Robert B. Talisse (eds.). 2002. *Dewey's logical theory. New studies and interpretations*. Vanderbilt University Press.
- Burt, Austin & Robert L. Trivers. 2006. *Genes in conflict. The biology of selfish genetic elements*. Harvard University Press.
- Busch, Alexander, 1959. *Die Geschichte des Privatdozenten: Eine soziologische Studie zur grossbetrieblichen Entwicklung der deutschen Universitäten* [Historia de los Privatdozenten: Un estudio sociológico sobre el desarrollo a gran escala de las universidades alemanas]. Enke. Reimpresión: Arno Press, 1977.
- Busch, Alexander. 1963. The vicissitudes of the Privatdozent: Breakdown and adaptation in the recruitment of the German university teacher. *Minerva* 1(3): 319-341.
- Buss, David M. (ed.). 2016. *The handbook of Evolutionary Psychology*. 2.^a ed. en dos volúmenes: I. Foundations, II. Integrations. Wiley.
- Buss, David M. 2019. *Evolutionary Psychology: The new science of the mind*. 6.^a ed. Routledge.

- Bustamante, Alfonso. 2009. *Lógica y argumentación. De los argumentos inductivos a las álgebras de Boole*. Pearson Educación de México.
- Bustos Gisbert, José Manuel. 2012. Interpretación multifuncional del párrafo. *Relua (Revista Estudios de Lingüística)*, Universidad de Alicante) 26: 55-88.
- Butler, Declan. 2013. Investigating journals: The dark side of publishing. *Nature* 495(7442): 433. <https://www.nature.com/articles/495433a>
- Butterfield, Herbert. 1957. *The origins of modern science, 1300-1800*. Edición revisada. Bell, 1957 (ed. original: 1949). En español: *Los orígenes de la ciencia moderna*. Taurus, 1958, reimpreso en 1982.
- Byers, Nina & Gary Williams (eds.). 2006. *Out of the shadows: Contributions of twentieth-century women to physics*. Cambridge University Press.
- Bystydziński, Jill M. & Sharon R. Bird (eds.). 2006. *Removing barriers: Women in academic science, technology, engineering, and mathematics*. Indiana University Press.
- Cabanac, Guillaume. 2016. Bibliogifts in LibGen? A study of a text-sharing platform driven by biblioleaks and crowdsourcing. *Journal of the Association for Information Science and Technology* 67(4): 874-884. <https://doi.org/10.1002/asi.23445>
- Cahan, David (ed.). 2003. *From natural philosophy to the sciences. History of 19th-century science*. University of Chicago Press.
- Calaprice, Alice; Daniel Kennefick & Robert Schulmann. 2015. *An Einstein encyclopedia*. Princeton University Press.
- Caldwell, Bruce J. (ed.). 1993. *The philosophy and methodology of Economics*. 3 vols. Elgar.
- Callard, Felicity & Des Fitzgerald. 2015. *Rethinking interdisciplinarity across the social sciences and neurosciences*. Palgrave MacMillan.
- Calsamiglia, Helena & Amparo Tusón. 1999. *Las cosas del decir. Manual de análisis del discurso*. Ariel.
- Campbell, Donald T. 1960. Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review* 67: 380-400.
- Campbell, Donald T. 1970. Natural selection as an epistemological model. En Naroll & Cohen (1970): 51-85.
- Campbell, Donald T. 1990. Epistemological roles for selection theory. En Rescher (1990): 1-19.
- Campbell, John. 2011. *Universal Darwinism: The path of knowledge*. CreateSpace.
- Canel, Annie; Ruth Oldenziel & Karin Zachmann. 2000. *Crossing boundaries, building bridges: Comparing the history of women engineers, 1870s-1990s*. Harwood Academic.
- Cánovas, Joan Francesc. 2003. Los géneros argumentativos. En Díaz Noci & Salvatierra (2003): 525-553.
- Cantú-Ortiz, F. J. (ed.). 2018. *Research analytics: Boosting university productivity and competitiveness through scientometrics*. CRC Press.
- Card, Noel A. 2011. *Applied meta-analysis for social science research*. Guilford Press.
- Cargill, Margaret & Patrick O'Connor. 2009. *Writing scientific research articles*. Wiley.
- Carlino, Paula. 2002. Leer, escribir y aprender en la universidad: Cómo lo hacen en Estados Unidos y por qué. *Uni-pluriversidad* 2(2): 57-67. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/13168/11823>
- Carlino, Paula. 2003a. Leer textos científicos y académicos en la educación superior: Obstáculos y bienvenidas a una cultura nueva. *Uni-pluriversidad* 3(2): 17-23. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/12289/11146>

- Carlino, Paula. 2003b. Alfabetización académica. Un cambio necesario, algunas alternativas posibles. *Educere. Investigación* 6(20): 409-417.
- Carlino, Paula. 2004a. El proceso de escritura académica. Cuatro dificultades de la enseñanza universitaria. *Educere – Revista Venezolana de Educación* (Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela), 8(26): 321-327. <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/educere/article/view/12047>
- Carlino, Paula. 2004b. Escribir a través del currículum: tres modelos para hacerlo en la universidad. *Lectura y Vida – Revista Latinoamericana de Lectura*, 25(1), Universidad Nacional de La Plata (Argentina), Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. <http://www.lecturayvida.fahce.unlp.edu.ar/numeros/a25n1/sumario>
- Carlino, Paula. 2005a. *Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica*. Fondo de Cultura Económica.
- Carlino, Paula. 2005b. ¿Por qué no se completan las tesis en los postgrados? Obstáculos percibidos por maestrandos en curso y magistri exitosos. *Educere – Revista Venezolana de Educación* (Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela) 9(30): 415-420. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/19980/articulo19.pdf>
- Carlino, Paula. 2007. ¿Qué nos dicen las investigaciones internacionales sobre escritura en la universidad? *Cuadernos de Psicopedagogía* (UPTC, Colombia) 4: 21-40. <https://www.aacademica.org/paula.carlino/131.pdf>
- Carlino, Paula. 2012. Chapter 41. Section Essay. Who takes care of writing in Latin American and Spanish universities? En Thaiss *et al.* (2012): 485-498.
- Carlino, Paula. 2013. Alfabetización académica diez años después. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 18(57): 355-381. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmie/v18n57/v18n57a3.pdf>
- Carnap, Rudolf. 1942. *Introduction to semantics*. Harvard University Press.
- Carnap, Rudolf. 1943. *Formalization of logic*. Harvard University Press.
- Carnap, Rudolf. 1947. *Meaning and necessity: A study in semantics and modal logic*. University of Chicago Press.
- Carreño, Juan E.; Fernando Hansen, Matías Irrarázabal, Rodolfo Philippi, Matías Correa, Francisco Borja, Cristóbal Adriasola, Francisco Silva & Alejandro Serani. 2009. Some considerations about the theory of intelligent design. *Biological Research* 42(2): 223-232.
- Castelló, Montserrat (ed.). 2007a. *Escribir y comunicarse en contextos científicos y académicos. Conocimientos y estrategias*. Editorial Grao.
- Castelló, Montserrat. 2007b. El proceso de composición de textos académicos. En M. Castelló 2007a: 47-81. <https://lecturayescrituraunrn.files.wordpress.com/2017/08/castello-m-2007-el-proceso-de-composicion-de-los-textos-academicos.pdf>
- Castelló, Montserrat; Anna Iñesta & Mariana Corcelles. 2013. Learning to write a research article: PhD students' transitions toward disciplinary writing regulation. *Research in the Teaching of English* 47(4): 442-477. <https://library.ncte.org/journals/rte/issues/v47-4/23634>
- Castelló, Montserrat; Anna Iñesta & Carles Monereo. 2009. Towards self-regulated academic writing: An exploratory study with graduate students in a situated learning environment. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology* 7(3): 1107-1130. http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/841/Art_19_367.pdf
- Cecil, Lamar. 2009. *Wilhelm II*. Volumen 1: *Prince and emperor, 1859-1900*; volumen 2: *Emperor and exile, 1900-1941*. Publicado originalmente en 1996 (vol. 1) y 2000 (vol. 2). University of North Carolina Press.

- Chandra, Siddharth & Julia Christensen. 2019. Letter to the editor. Re: Reassessing the global mortality burden of the 1918 influenza pandemic. *American Journal of Epidemiology* 188(7): 1404-1406.
- Chandra, Siddharth; Goran Kuljanin & Jennifer Wray. 2012. Mortality from the influenza pandemic of 1918-1919: The case of India. *Demography* 49: 857-865. doi:10.1007/s13524-012-0116-x
- Charles, Daniel. 2006. *Between genius and genocide: The tragedy of Fritz Haber, father of chemical warfare*. Pimlico.
- Christiansen, Morten & Simon Kirby (eds.). 2003. *Language evolution*. Oxford University Press.
- Chubin, Daryl E.; Alan L. Porter, Frederick A. Rossini & Terry Connolly (eds.). 1986. *Interdisciplinary analysis and research: Theory and practice of problem-focused research and development*. Lomond Publications.
- Clarivate. 2021. *Journal citation reports*. <https://clarivate.com/products/journal-citation-reports/>
- Clark, Christopher. 2007. *Iron kingdom: The rise and downfall of Prussia, 1600-1947*. Penguin.
- Cleophas, Ton J. & Aeilko H. Zwinderman. 2017. *Modern meta-analysis – Review and update of methodologies*. Springer.
- CLF-GQ. 1996. Conseil de la langue française, Gouvernement du Québec. *Le français et les langues scientifiques de demain: Actes du colloque tenu à l'Université du Québec à Montréal du 19 au 21 mars 1996*. Quebec (Canada): http://www.cslf.gouv.qc.ca/bibliotheque-virtuelle/publication-html/?tx_igggcplus_pi4%5Bfile%5D=publications/pubk105/k105-1.html
- Clift, Edward M. 2009. The rhetoric of economics. En Lunsford *et al.* (2009): 197-214.
- Cobey, Kelly D. 2017. Illegitimate journals scam even senior scientists. *Nature* 549(7670): 7.
- Cobey, Kelly D.; Manoj M. Lalu, Becky Skidmore, Nadera Ahmadzai, Agnes Grudniewicz & David Moher. 2018. What is a predatory journal? A scoping review. *F1000 Research* 7:1001. <https://doi.org/10.12688/f1000research.15256.2>
- Cochran, Gregory & Henry Harpending. 2009. *The 10,000-year explosion: How civilization accelerated human evolution*. Basic Books.
- Cochran, Molly (ed.). 2020. *The Cambridge companion to Dewey*. Cambridge University Press.
- Cohen, Hendrik Floris. 1994. *The scientific revolution: A historiographical inquiry*. University of Chicago Press.
- Cohen, Hendrik Floris. 2015. *The rise of modern science explained: A comparative history*. Cambridge University Press.
- Cohen, Morris & Ernest Nagel. 1934. *An introduction to logic and scientific method*. Harcourt Brace.
- Cohn, Lawrence D. & Betsy J. Becker. 2003. How meta-analysis increases statistical power. *Psychological Methods* 8(3): 243-253.
- Cole, Jonathan R. & Harriet Zuckerman. 1984. The productivity puzzle: Persistence and change in patterns of publication of men and women scientists. En Steinkamp & Maehr (1984): 217-256.
- Cole, Jonathan R. & Harriet Zuckerman. 1987. Marriage, motherhood, and research performance in science. *Scientific American* 256(2): 119-125.
- Collins, Henry. 1981 Knowledge and controversy. *Social Studies of Science* 11: 1-21.
- Comte, Auguste. 1830-1842. *Cours de philosophie positive*. 6 volúmenes. Ediciones del autor en varias imprentas de París. Edición completa: Larousse, 1936.
- Contreras, Ana María & Rodolfo J. Ochoa Jiménez. 2010. *Manual de redacción científica*. Ediciones de la Noche.

- Cooper, Harris; Larry Hedges & Jeffrey Valentine. 2009. *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. 2.^a ed. Russell Sage Foundation.
- Cornwell, John. 2003. *Hitler's scientists: Science, war, and the devil's pact*. Viking Penguin.
- Cortés Rodríguez, Luis. 2014. Las unidades de segmentación y su entramado en un discurso de Rodríguez Zapatero [2011]. *Estudios de Lingüística del Español* 35(1): 112-136. <https://raco.cat/index.php/Elies/article/view/285726>
- Costas Rodrigo; Thed N. van Leeuwen & María Bordons. 2010. Self-citations at the meso and individual levels: Effects of different calculation methods. *Scientometrics* 82: 517-537.
- Coulmas, Florian. 2007. English monolingualism in scientific communication and progress in science, good or bad? *AILA Review* 20: 5-13.
- Coupland, Nikolas. 2010. *The handbook of language and globalization*. Wiley-Blackwell.
- Crane, Diana. 1972. *Invisible colleges: Diffusion of knowledge in scientific communities*. University of Chicago Press.
- Cromer, Alan. 1993. *Uncommon sense. The heretical nature of science*. Oxford University Press.
- Crosby, Alfred W. 1976. *America's forgotten pandemic: The influenza of 1918*. 2.^a ed. (2003). Cambridge University Press.
- Crystal, David. 2017. *English as a global language*. Reimpresión de la segunda edición (2003). Cambridge University Press.
- Curtis, John W. (ed.). 2005. *The challenge of balancing faculty careers and family work*. Jossey-Bass.
- Curtis, John W. 2011. *Persistent inequity: Gender and academic employment*. Informe preparado para el evento New Voices in Pay Equity, 11 de abril de 2011. American Association of University Professors. https://www.aaup.org/NR/rdonlyres/08E023AB-E6D8-4DBD-99A0-24E5EB73A760/0/persistent_inequity.pdf
- Cusset, François. 2003. *French theory: Foucault, Derrida, Deleuze et Cie. et les mutations de la vie intellectuelle aux États-Unis*. Éditions La Découverte.
- Cziko, Gary. 1995. *Without miracles: Universal selection theory and the second Darwinian revolution*. The MIT Press.
- D'Ippoliti, Carlo. 2017. Many-citedness: Citations measure more than just scientific impact. Nueva York: Institute for New Economic Thinking, Working Paper n.º 57. <https://www.ineteconomics.org/research/research-papers/many-citedness>
- Daempfle, Peter A. 2013. *Good science, bad science, pseudoscience, and just plain bunk: How to tell the difference*. Rowman & Littlefield.
- Daniel, Ute; Peter Gatrell, Oliver Janz, Heather Jones, Jennifer Keene, Alan Kramer & Bill Nasson (eds.). 2014. *1914-1918-online: International encyclopedia of the First World War*. Freie Universität Berlin. <https://encyclopedia.1914-1918-online.net/home.html>
- Darden, Lindley & Nancy Maull. 1977. Interfield theories. *Philosophy of Science* 44: 43-64.
- Darwin, Charles. 1859. *On the origins of species by means of natural selection*. Murray. 6.^a ed.: 1872. Edición facsímil conmemorativa de los primeros 100 años desde la publicación original: Cambridge University Press, 2009.
- Darwin, Charles. 1871. *The descent of man, and selection in relation to sex*. Murray. Edición reciente: Princeton University Press (1981). Hay otras ediciones.

- Daudé, P. 1896. *Die Rechtsverhältnisse der Privatdozenten: Zusammenstellung der an den Universitäten Deutschlands und Oesterreichs, sowie an den deutschsprachigen Universitäten der Schweiz über die rechtliche Stellung der Privatdozenten erlassenen Bestimmungen* [Las relaciones jurídicas de los docentes privados: recopilación de las disposiciones emitidas en las universidades de Alemania y Austria, así como en las universidades de habla alemana en Suiza, sobre el estatus legal de los docentes privados]. J. Becker Verlag.
- Davis, Kenneth C. 2018. *More deadly than war: The hidden history of the Spanish flu and the First World War*. Henry Holt.
- Davis, Kingsley. 1951. *The population of India and Pakistan*. Princeton University Press. Reedición: Russell & Russell, 1968.
- Dawkins, Richard. 1976. *The selfish gene*. Oxford University Press. 2.^a ed. (1989). Edición del 30.^o aniversario (2006). En español: *El gen egoísta*, Salvat, 1993.
- Dawkins, Richard. 1982. *The extended phenotype*. Oxford University Press. Edición corregida: 1999. En español, basada en la edición corregida: Capitán Swing, 2017.
- Dawkins, Richard. 1983. Universal Darwinism. En Bendall (1983): 403-425.
- Dawkins, Richard. 1986. *The blind watchmaker*. Longman. Traducción al español: *El relojero ciego* (Tusquets, 2015).
- Dawkins, Richard. 2005. *Why the universe seems so strange*. A TED Lecture. <https://www.youtube.com/watch?v=1APOxsp1VFw>. https://www.ted.com/talks/richard_dawkins_why_the_universe_seems_so_strange
- Dawkins, Richard. 2009. *The greatest show on earth – The evidence for evolution*. Free Press.
- Dawkins, Richard. 2011. *The magic of reality: How we know what's really true*. Bantam Press.
- Day, Robert A. 1998. *How to write and publish a scientific paper*. 5.^a ed. Oryx Press. La primera edición fue publicada en 1979. Nueva edición revisada: Gastel & Day (2016).
- De Bellis, Nicola. 2009. *Bibliometrics and citation analysis*. Scarecrow Press.
- De La Fuente, Miguel. 2007. La aglutinación de párrafos. *Español Actual. Revista de Español Vivo* 88: 95-110.
- De Swaan, Abram. 1993a. The emergent world language system. An introduction. *International Political Science Review* 14(3): 219-226.
- De Swaan, Abram. 1993b. The evolving European language system: A theory of communication potential and language competition. *International Political Science Review* 14(3): 241-255.
- De Swaan, Abram. 1998. A political sociology of the world language system. Parte I: The dynamics of language spread. *Language Problems and Language Planning* 22(1): 63-75. Parte II: The unequal exchange of texts. *Language Problems and Language Planning* 22(2): 109-128.
- De Swaan, Abram. 2001. English in the social sciences. En Ammon (2001a): 71-83.
- De Swaan, Abram. 2002. *Words of the world: The world language system*. Polity Press.
- De Swaan, Abram. 2004. Endangered languages, sociolinguistics, and linguistic sentimentalism. *European Review* 12(4): 567-580.
- De Witte, Kristof & Nicky Rogge. 2010. To publish or not to publish? On the aggregation and drivers of research performance. *Scientometrics* 85: 657-680. <http://www.springerlink.com/content/p78q0m88326j0801/fulltext.pdf>
- Decker, Michael & Armin Grunwald. 2001. Rational technology assessment as interdisciplinary research. En Decker (2001): 33-60.
- Decker, Michael (ed.). 2001. *Interdisciplinarity in technology assessment: Implementation and its chances and limits*. Springer.

- Deer, Brian. 2020. *The doctor who fooled the world: Science, deception, and the war on vaccines*. Johns Hopkins University Press.
- Degras, Jane (ed.). 1956. *The Communist International: 1919-1943 documents* (3 vols.). Volume I: 1919-1922. Royal Institute of International Affairs. <https://www.marxists.org/history/international/comintern/index.htm>
- Dehesa Dávila, Gerardo. 2007. *Introducción a la retórica y la argumentación*. Corte Suprema de Justicia, México.
- Delamont, Sara & Paul Atkinson. 2001. Doctoring uncertainty: Mastering craft knowledge. *Social Studies of Science* 31(1): 87-107.
- Delgado López-Cózar, Emilio; Enrique Orduna-Malea, Alberto Martín-Martín & Juan M. Ayllón. 2018. Google Scholar: The big data bibliographic tool. En Cantú-Ortiz (2018): 59-80.
- Dembski, William A. 1999. *Intelligent design: The bridge between science & theology*. InterVarsity Press.
- Dennett, Daniel. 1984. *Elbow room: Varieties of free will worth wanting*. Clarendon Press.
- Dennett, Daniel. 1995. *Darwin's dangerous idea*. Simon & Schuster.
- Dennett, Daniel. 2003. *Freedom evolves*. Viking Penguin. En español: *La evolución de la libertad* (Paidós).
- Dennett, Daniel. 2017. *From bacteria to Bach and back: The evolution of minds*. Norton.
- Derman, Joshua. 2012. *Max Weber in politics and social thought: From charisma to canonization*. Cambridge University Press.
- Derrida, Jacques. 1967. *L'écriture et la différence*. Éditions du Seuil.
- Derrida, Jacques. 1972. *Marges de la philosophie*. Éditions de Minuit.
- Derrida, Jacques. 1992. *Points de suspension: entretiens*. Éditions Galilée.
- Derrida, Jacques. 1996. *Apories: mourir —s'attendre aux «limites de la vérité»*. Éditions Galilée.
- DES. 2020. *Digest of Education Statistics*. National Center for Education Statistics, U. S. Department of Education. <https://nces.ed.gov/programs/digest/>
- Descartes, René. 1641. *Meditationes prima philosophiae*. Versión del autor en francés: *Méditations métaphysiques* (1647), reeditada por Michelle Beyssade y Jean-Marie Beyssade (Flammarion, 2011).
- Devitt, Amy J. 2004. *Writing genres*. Southern Illinois University Press.
- Devitt, Amy J. 2009. Genre in a changing world: Perspectives on writing. En Bazerman *et al.* (2009): 337-351.
- Devlin, William J. & Alisa Bokulich (eds.). 2015. *Kuhn's structure of scientific revolutions: 50 years on*. Springer.
- Dewey, John, 1897. *My pedagogic creed*. Kellogg. https://en.wikisource.org/wiki/Main_Page
- Dewey, John. 1910. *The influence of Darwin on philosophy, and other essays in contemporary thought*. Henry Holt and Company.
- Dewey, John. 1917. *Essays in experimental logic*. University of Chicago Press. Reedición: Dover. 2004.
- Dewey, John. 1920. *Reconstruction in philosophy*. Henry Holt.
- Dewey, John. 1938a. *Logic: The Theory of Inquiry*. Henry Holt.
- Dewey, John. 1938b. *Experience and education*. KDP. Reedición: Touchstone, 1997.
- Dewey, John. 2008. *The collected works of John Dewey*. 2.^a ed. 37 volúmenes, más un volumen suplementario, uno de índice y uno de correspondencia. Southern Illinois University Press.
- Dewey, Robert E. 1977. *The philosophy of John Dewey*. Springer.

- D'Herelle, Félix. 1917. Sur un microbe invisible antagoniste des bacilles dysentérique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* 165: 373-375. Traducido al inglés en Summers (1999): 185-186.
- Dhingra, Sukriti; Helen Killaspy & Sarah Dowling. 2021. Gender equality in academic Psychiatry in the UK in 2019. *British Journal of Psychiatry Bulletin* 45(3): 153-158. <http://doi:10.1192/bjb.2020.116>
- Dimmock, Nigel J.; Andrew J. Easton & Keith N. Leppard. 2016. *Introduction to modern virology*. 7.^a ed. Wiley Blackwell.
- Diskin, Shiri. 2018. *The 21st century guide to writing articles in the biomedical sciences*. Singapur: World Scientific Publishers.
- Dix, Linda S. (ed.). 1987. *Women: Their underrepresentation and career differentials in science and engineering: Proceedings of a workshop*. Taller organizado por el National Research Council. National Academy Press. <https://www.nap.edu/download/18771>
- Doepke, Mathias; Anne Hanusch, Fabian Kindermann & Michèle Tertilt. 2022. *The economics of fertility: A new era*. IZA Institute of Labor Economics, Discussion Paper 15224. <https://www.iza.org/publications/dp/15224/the-economics-of-fertility-a-new-era>
- Dorn, Charles. 2017. *For the common good: A new history of higher education in America*. Cornell University Press.
- Doyle, Richard. 2017. Rhetoric and science. En MacDonald (2017): 745-758.
- Drancourt, Michel; Michel Signoli, La Vu Dang, Bruno Bizot, Véronique Roux, Stéfan Tzortzis & Didier Raoult. 2007. *Yersinia pestis orientalis* in remains of ancient plague patients. *Emerging Infectious Diseases* 13(2): 332-333.
- Dressen, D. F. 2002. *Accounting for fieldwork in three areas of modern geology: A situated analysis of textual silence and salience*. Tesis doctoral no publicada, University of Michigan. Citado por Swales (2004: 34).
- Du Gay, Paul. 2000. *In praise of bureaucracy: Weber, organisation, ethics*. Sage.
- Dubois, Michel. 2016. Science as vocation? Discipline, profession and impressionistic sociology. *ASP, la Revue du GERAS (Groupe d'Étude et de Recherche en Anglais de Spécialité)* 69. Publicación digital de acceso libre. <http://journals.openedition.org/asp/4784>; doi: <https://doi.org/10.4000/asp.4784>
- Duckworth, Donna H. 1976. Who discovered bacteriophage? *Bacteriological Reviews* 40(4): 793-802. <https://doi:10.1128/MMBR.40.4.793-802.1976>
- Duhem, Pierre. 1906. *La théorie physique: son objet et sa structure*. 2.^a ed. (Marcel Riviera & Cie., 1914). Traducción al inglés basada en la segunda edición de 1914: *The aim and structure of physical science*. Princeton University Press (1954).
- Dunbar, Robin. 1995. *The trouble with science*. Harvard University Press.
- Dunbar, Robin & Louise Barrett. 2007. *The Oxford handbook of evolutionary psychology*. Oxford University Press.
- Duncan, Kirsty. 2006. *Hunting the 1918 flu: One scientist's search for a killer virus*. University of Toronto Press.
- Duque, Eladio. 2014. Organización de unidades en el desarrollo del discurso político. *Estudios de Lingüística del Español* 35(1): 72-93. <https://raco.cat/index.php/Elies/article/view/305745>
- Dyson, Frank W.; Arthur S. Eddington & C. R. Davidson. 1920. A determination of the deflection of light by the Sun's gravitational field, from observations made at the solar eclipse of May 29, 1919. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series A*, 220 (571-581): 291-333.

- Dyson, Freeman. 1998. The evolution of science. En Fabian (1998): 118-135.
- Earman, John; Michael Janssen & John D. Norton (eds.). 1993. *The attraction of gravitation: New studies in the history of general relativity*. Birkhäuser.
- Eckart, Wolfgang U. 1991. Friedrich Althoff und die Medizin [- y la medicina]. En Brocke (1991a): 375-404.
- Eco, Umberto. 2007. *Cómo se hace una tesis*. Gedisa. Original: *Come si fa una tesi di laurea*. Bompiani, 12.^a ed. (2001). Primera edición publicada en 1977.
- Eddington, Arthur. 1923. *The mathematical theory of relativity*. Cambridge University Press.
- Edmonds, David. 2020. *The murder of Professor Schlick – The rise and fall of the Vienna Circle*. Princeton University Press.
- Edmonds, David & John Eidinow. 2001. *Wittgenstein's Poker*. Harper Collins.
- Eemeren, Frans H. van. 2001. *Crucial concepts in argumentation theory*. Amsterdam University Press.
- Eemeren, Frans H. van (ed.). 2009a. *Examining argumentation in context: Fifteen studies on strategic manoeuvring*. John Benjamin.
- Eemeren, Frans H. van. 2009b. The study of argumentation. En Lunsford *et al.* (2009): 109-124.
- Eemeren, Frans H. van. 2017. Rhetoric and argumentation. En MacDonald (2017): 661-672.
- Eemeren, Frans H. van. 2018. *Argumentation theory: A pragma-dialectical perspective*. Springer. En español: *La teoría de la argumentación: una perspectiva pragmadialéctica*. Lima, Perú: Palestra, 2019.
- Eemeren, Frans H.; Bart Garssen, Erik C. W. Krabbe, A. Francisca Snoeck Henkemans, Bart Verheij & Jean H. M. Wagemans 2014. *Handbook of argumentation theory*. Springer.
- Eemeren, Frans H. van & Rob Grootendorst. 2004. *A systematic theory of argumentation: The pragma-dialectic approach*. Cambridge University Press.
- Efron, Sara & Ruth Ravid. 2019. *Writing the literature review: A practical guide*. Guilford.
- Egghe, Leo. 2006. Theory and practise of the g-index. *Scientometrics* 69(1): 131-152.
- Ehlich, Konrad. 2005. Deutsch als Medium wissenschaftlichen Arbeitens [El alemán como medio de los trabajos científicos]. En Motz (2005): 41-51.
- Ehrlich, Paul R. 1968. *The population bomb*. Ballantine Books.
- Einstein, Albert. 1911. Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes [Sobre la influencia de la gravedad en la propagación de la luz]. *Annalen der Physik* 35: 898-908.
- Einstein, Albert. 1915. Die Feldgleichungen der Gravitation [Las ecuaciones de campo de la gravitación]. *Sitzungsberichte der Königlich Preussische Akademie der Wissenschaften* [Informes de las reuniones de la Real Academia Prusiana de Ciencias] 1915: 844-847.
- Einstein, Albert. 1918. Über Gravitationswellen [Sobre las ondas gravitacionales]. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* 1918: 154-167.
- Eisenhower, Dwight D. 1961. Farewell address. *Public papers of the presidents of the United States*. Washington D. C.: U. S. Government Printing Office, 1961: 1035-1040.
- Elkana, Yehuda; Joshua Lederberg, Robert K. Merton, Arnold Thackray & Harriet Zuckerman (eds.). 1978. *Toward a metric of science: The advent of science indicators*. Wiley.
- Elkin, Lynne Osman. 2003. Rosalind Franklin and the double helix. *Physics Today* 56(3): 42-48. <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/1.1570771>
- Ellis, Lee; Richard D. Hartley & Anthony Walsh. 2010. *Research methods in criminal justice and criminology: An interdisciplinary approach*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Ellis, Paul D. 2010. *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and interpretation of research results*. Cambridge University Press.

- Endersby, James W. 1996. Collaborative research in the social sciences: Multiple authorship and publication credit. *Social Science Quarterly* 77(2): 375-392.
- Engels, Eva-Marie & Thomas F. Glick (eds.). 2008. *The reception of Charles Darwin in Europe*. Bloomsbury.
- Engler, Fynn Ole & Mathias Iven. 2008. *Moritz Schlick. Leben, Werk und Wirkung* [Moritz Schlick. Vida, obra e influencia]. Parerga.
- Epidemiology. 2009. Erratum – [Ioannidis 2008] Why most discovered true associations are inflated. *Epidemiology* 20(4): 529. <http://www.jstor.org/stable/25662717>
- Esterson, Allen & David Cassidy. 2019. *Einstein's wife: The real story of Mileva Einstein-Marić*. MIT Press.
- Etzel, Stefanie. 2019. *Rhetorik für Finanz-Manager: Auftritt und Wirkung in der Finanzwirtschaft* [Retórica para gerentes financieros: apariencia e impacto en la economía financiera]. Springer-Gabler.
- Etzkowitz, Henry & Loet Leydesdorff (eds.). 1997. *Universities and the global knowledge economy: A triple helix of university-industry-government relations*. Pinter.
- Etzkowitz, Henry; Carol Kemelgor & Brian Uzzi. 2000. *Athena unbound: The advancement of women in science and technology*. Cambridge University Press.
- Eulenburg, Franz. 1908. *Der «akademische Nachwuchs». Eine Untersuchung über die Lage und die Aufgaben der Extraordinarien und Privatdozenten* [La «progenie académica». Una investigación sobre la situación y las tareas de los profesores asociados y los Privatdozenten]. Teubner.
- EURAB. 2004. *Interdisciplinarity in research*. Eurab Doc.04.009. Eurab, European Union Research Advisory Board. <https://docplayer.net/10594226-Eurab-04-009-final-european-union-research-advisory-board-interdisciplinarity-in-research.html>
- Evangelisti Allori, Paola (ed.). 1998. *Academic discourse in Europe: Thought processes and linguistic realisations*. Bulzoni.
- Fabian, Andrew C. (ed.). 1998. *Evolution: Society, science, and the universe*. Cambridge University Press.
- Fabian, Bernhard. 1991. Die Reform des preußisch-deutschen Bibliothekswesens in der Ära Althoff: Fortschritt oder Weichenstellung in eine Sackgasse? [La reforma del sistema de bibliotecas prusiano-alemanas en la era de Althoff: ¿Progreso, o rumbo a un callejón sin salida?]. En Brocke (1991a): 425-442.
- Fahnestock, Jeanne. 2009. The rhetoric of the natural sciences. En Lunsford *et al.* (2009): 175-196.
- Fanelli, Daniele. 2010a. «Positive» results increase down the hierarchy of the sciences. *PloS One* 5.4: e10068.
- Fanelli, Daniele. 2010b. Do pressures to publish increase scientists' bias? An empirical support from US States Data. *PloS One* 5.4: e10271.
- Fanelli, Daniele. 2012. Negative results are disappearing from most disciplines and countries. *Scientometrics* 90: 891-904. <https://doi.org/10.1007/s11192-011-0494-7>
- Farha, Bryan (ed.). 2014. *Pseudoscience and deception: The smoke and mirrors of paranormal claims*. University Press of America.
- Farley, John. 1974. The initial reactions of French biologists to Darwin's *Origin of species*. *Journal of the History of Biology* 7(2): 275-300.
- Feak, Christine B. & John M. Swales. 2009. *Telling a research story: Writing a literature review*. University of Michigan Press.

- Feak, Christine B. & John M. Swales. 2011a. *Creating contexts: Writing introductions across genres*. University of Michigan Press.
- Feak, Christine B. & John M. Swales. 2011b. *Navigating academia: Writing supporting genres*. University of Michigan Press.
- Feder, Kenneth L. 2013. *Frauds, myths, and mysteries: Science and pseudoscience in archaeology*. 8.^a ed. McGraw-Hill.
- Feigl, Herbert. 1980a. The *Wiener Kreis* in America. En Feigl (1980b): 57-94.
- Feigl, Herbert. 1980b. *Inquiries and provocations: Selected writings 1929-1974*. Reidel.
- Fenner, Frank J. 2009. History of virology: Vertebrate viruses. En Mahy & Regenmortel (2009): 15-19.
- Ferber, Marianne A. & Jane W. Loeb (eds.). 1997. *Academic couples: Problems and promises*. University of Illinois Press.
- Feyerabend, Paul. 1975. *Against method: Outline of an anarchistic theory of knowledge*. New Left. Traducción: *Tratado contra el método*, Tecnos, 1981.
- Feyerabend, Paul. 1987. *Farewell to reason*. Verso Books.
- Fickinger, William. 2006. *Physics at a research university: Case Western Reserve, 1830-1990*. Case Western Reserve University Press.
- Fiedler, Klaus; Florian Kutzner & Joachim I. Krueger. 2012. The long way from α -error control to validity proper: Problems with a short-sighted false-positive debate. *Perspectives on Psychological Science* 7(6): 661-669.
- Figueiredo, Luiz Carlos. 1995. *A redação pelo parágrafo*. Editora Universidade de Brasília (UnB).
- Finch, J. & M. Orillard (eds.). 2005. *Complexity and the economy*. Edward Elgar.
- Fink, Arlene. 1998. *Conducting research literature reviews: From paper to the Internet*. Sage.
- Fisher, Ronald A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Oxford University Press. 2.^a ed.: 1958 (con modificaciones).
- Fisher, Ronald A. 1932. The bearing of genetics on theories of evolution. *Science Progress* 27: 273-287.
- Fisher, Ronald A. 1934. Indeterminism and natural selection. *Philosophy of Science* 1: 99-117.
- Fishman, Joshua A. 1991. Three dilemmas of organized efforts to reverse language shift. En Ammon & Hellinger (1991): 285-293.
- Fix, Ulla; Andreas Gardt & Joachim Knappe (eds.). 2009. *Rhetorik und Stilistik – Rhetoric and stylistics*. 2 vols. Mouton de Gruyter (edición bilingüe alemán-inglés).
- Flowerdew, John. 2007. The non-Anglophone scholar on the periphery of scholarly publication. *AILA Review* 20: 14-27.
- Flowerdew, John & Matthew Peacock (eds.). 2001. *Research perspectives on English for academic purposes*. Cambridge University Press.
- Fock, Vladimir. 1939. Sur le mouvement des masses finies d'après la théorie de gravitation einsteinienne. *Journal of Physics* (Moscú) 1(2): 81-116.
- Fock, Vladimir. 1957. Three lectures on relativity theory. *Review of Modern Physics* 29: 325-333.
- Fock, Vladimir. 1966. Les principes physiques de la théorie de la gravitation d'Einstein. *Annales de l'I. H. P.* [Institut Henri Poincaré, La Sorbonne], section A, 5(3): 205-215.
- Foerster, Norman & J. M. Steadmann. 1941. *Writing and thinking*. Houghton Mifflin.
- Fogel, Robert W. 2004. *The escape from hunger and premature death, 1700-2100: Europe, America, and the Third World*. Cambridge University Press.
- Fölsing, Albrecht. 1997. *Albert Einstein: A biography*. Viking.

- Fondin, Hubert. 1979. La langue de la publication scientifique: la prépondérance de l'anglais et la recherche. *Documentation et Bibliothèques* (1979): 59-69.
- Foote, Eunice Newton. 1856. Circumstances affecting the heat of the Sun's rays. *American Journal of Science and Arts* 2(22): 382-383. <https://archive.org/details/mobot31753002152491/page/381/mode/2up?view=theater>
- Foster, John. 2011. Economic systems. En Hooker (2011): 509-530.
- Foucault, Michel. 1963. *Naissance de la clinique: une archéologie du regard médical*. Plon.
- Foucault, Michel. 1966. *Les mots et les choses: une archéologie des sciences humaines*. Gallimard.
- Foucault, Michel. 1969. *L'archéologie du savoir*. Gallimard.
- Foucault, Michel. 1971. *L'ordre du discours*. Gallimard.
- Foucault, Michel. 1975. *Surveiller et punir*. Gallimard.
- Fox, Robert & Anna Guagnini (eds.). 1993. *Education, technology, and industrial performance in Europe, 1850-1939*. Cambridge University Press.
- Fraenkel, Joseph (ed.). 1967. *The jews of Austria: Essays on their life, history and destruction*. Valentine Mitchell.
- Franceschini, Fiorenzo & Domenico Maisano. 2010. Analysis of the Hirsch index's operational properties. *European Journal of Operational Research* 203: 494-504.
- Franceschini, Fiorenzo & Domenico Maisano. 2011. Criticism on the hg-index. *Scientometrics* 86: 339-346.
- Franceschini, Fiorenzo; Maurizio Galetto, Domenico Maisano & Luca Mastrogiacomo. 2012. The success index: An alternative approach to the h-index for evaluating an individual's research output. *Scientometrics* 92: 621-641.
- Frank, Norbert. 2017. *Handbuch Wissenschaftliches Arbeiten* [Manual de trabajos científicos]. Schöningh.
- Frank, Norbert. 2019. *Handbuch Wissenschaftliches Schreiben. Eine Anleitung von A bis Z* [Manual de redacción científica. Instrucciones desde la A hasta la Z]. Schöningh.
- Frank, Philipp. 1954. The work of Richard von Mises: 1883-1953. *Science* 119(3102): 823-824.
- Franklin, Rosalind E. & Raymond G. Gosling. 1953a. Molecular configuration in sodium thymonucleate. *Nature* 171(4356): 740-741.
- Franklin, Rosalind E. & Raymond G. Gosling. 1953b. Evidence for 2-chain helix in crystalline structure of sodium deoxyribonucleate. *Nature* 172(4369): 156-157.
- Franklin, Stephen. 2003. My aunt, the DNA pioneer. *BBC World News* (24 de abril de 2003). Disponible en el sitio <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/2895681.stm> (recuperado el 21 de agosto de 2021).
- Freeman, James B. 2011. *Argument structure: Representation and theory*. Springer.
- Friedlander, Michael W. 1995. *At the fringes of science*. Westview Press.
- Friedman, Michael & Richard Creath (eds.). 2008. *The Cambridge companion to Carnap*. Cambridge University Press.
- Friedman, Milton. 1953a. *Essays in positive economics*. University of Chicago Press.
- Friedman, Milton. 1953b. The methodology of positive economics. En Friedman (1953a): 3-43.
- Friedman, Robert S. & Renée C. Friedman. 1990. American science, academic organization and interdisciplinary research. En Birnbaum-More *et al.* (1990): 97-104.
- Friedrich, Bretislav & Dieter Hoffmann. 2016. Clara Haber, née Immerwahr (1870-1915): Life, work, and legacy. *Zeitschrift für Anorganische und Allgemeine Chemie* 642: 437-448.
- Friedrich, Bretislav & Dieter Hoffmann. 2017. Clara Immerwahr: A life in the shadow of Fritz Haber. En Friedrich *et al.* (2017): 45-67.

- Friedrich, Bretislav; Dieter Hoffmann, Jürgen Renn, Florian Schmaltz & Martin Wolf (eds.). 2017. *One hundred years of chemical warfare: Research, deployment, consequences*. Springer.
- Frodeman, Robert. 2014. *Sustainable knowledge: A theory of interdisciplinarity*. Palgrave MacMillan.
- Frodeman, Robert; Julie T. Klein & Carl Mitcham (eds.). 2010. *The Oxford handbook of interdisciplinarity*. Oxford University Press.
- Frommer Jörg & Sabine Frommer. 1993. Max Webers Krankheit – Soziologische Aspekte der depressiven Struktur. [La enfermedad de Max Weber – Aspectos sociológicos de la estructura depresiva]. *Forschrifte der Neurologie – Psychiatrie* 61(5): 161-171.
- Frommer, Jörg & Sabine Frommer. 1998. Max Webers Krankheit. Recherchen zur Krankheits- und Behandlungsgeschichte um die Jahrhundertwende [La enfermedad de Max Weber – Investigación sobre la enfermedad y su tratamiento en el cambio de siglo]. *Forschrifte der Neurologie – Psychiatrie* 66(5): 193-200.
- Fudenberg, Drew & Dorothy Hodges. 1997. Manual for *Econometrica* authors. *Econometrica* 65(4): 965-975.
- Füessl, Hermann S. 2000. Die Zukunft der deutschen medizinischen Journale [El futuro de las revistas alemanas de medicina]. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 125(38): 1103-1105.
- Fuller, Steven. 2002. *Thomas Kuhn: A philosophical history of our times*. University of Chicago Press.
- Furley, David J. & Alexander Nehamas (eds.). 1994. *Aristotle's rhetoric: Philosophical essays*. Princeton University Press.
- Gabriel, Gottfried. 2013. *Logik und Rhetorik der Erkenntnis: Zum Verhältnis von wissenschaftlicher und ästhetischer Weltauffassung* [Lógica y retórica del conocimiento: Sobre la relación entre las cosmovisiones científica y estética]. Mentis Verlag.
- Galambos, Louis. 1991. A view from economic history. En La Porte (1991): 177-181.
- Galavotti, María Carla. (ed.). 2006. *Cambridge and Vienna: Frank P. Ramsey and the Vienna Circle*. Springer.
- Galilei, Galileo. 1632. *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Publicación original en 1632. Edición en inglés: *Dialogue concerning the two chief world systems – Ptolemaic and Copernican*. University of California Press (1967). En español: *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo - Ptolemaico y copernicano* (Alianza Editorial, 2011).
- Galison, Peter. 2013. The collective author. En Biagioli & Galison (2013): 325-355.
- Galison, Peter & Bruce Helvy (eds.). 1992. *Big science: The growth of large-scale research*. Stanford University Press.
- Galor, Oded & Omer Moav. 2006. Das Human-Kapital: A theory of the demise of the class structure. *The Review of Economic Studies* 73(1): 85-117.
- Galton, Francis. 1869. *Hereditary genius*. MacMillan. <https://galton.org/books/hereditary-genius/1869-FirstEdition/hereditarygenius1869galt.pdf>
- Galton, Francis. 1883. *Inquiries into human faculty and its development*. MacMillan. <https://galton.org/books/human-faculty/FirstEdition/humanfacultydeve00galt.pdf>
- Galton, Francis. 1909. *Essays in eugenics*. The Eugenics Education Society. <https://galton.org/books/essays-on-eugenics/galton-1909-essays-eugenics-1up.pdf>
- Galván, José L. & Melisa Galván. 2017. *Writing literature reviews: A guide for students of the social and behavioral sciences*. 7.^a ed. Routledge.
- Garachana, Mar & Estrella Montolio. 2000. De la oración al párrafo. Del párrafo al texto. En Montolio (2000): 69-104.

- García Negroni, María Marta. 2011. *Escribir en español: claves para una corrección de estilo*. Santiago Arcos.
- Gardner, Martin. 1957. *Fads and fallacies in the name of science* (publicado inicialmente en 1952 con el título *In the name of science*). Dover Publications.
- Gardner, Martin. 1981. *Science: Good, bad, and bogus*. Prometheus Books. Traducción en español: *La ciencia: lo bueno, lo malo y lo falso*. Alianza Editorial (1988).
- Gardt, Andreas & Bernd Hüppauf (eds.). 2004. *Globalization and the future of German*. De Gruyter.
- Garegnani, Pierangelo. 2006. On a turning point in Sraffa's theoretical and interpretative position in the late 1920s. *The European Journal of the History of Economic Thought* 20(3): 453-492.
- Garfield, Eugene. 1955. Citation indexes for science: A new dimension of documentation through the association of ideas. *Science* 122(3159): 108-111. <http://garfield.library.upenn.edu/papers/science1955.pdf>
- Garfield, Eugene. 1962-1993. *Essays of an information scientist*. 15 volúmenes, publicados solamente en línea. <http://www.garfield.library.upenn.edu/essays.html>
- Garfield, Eugene. 2004. Historiographic mapping of knowledge domains literature. *Journal of Information Science* 30(2): 119-145.
- Garfield, Eugene. 2006. The history and meaning of the Journal Impact Factor. *Journal of the American Medical Association* 295(1): 90-93.
- Garfield, Eugene; A. I. Pudovkin & V. S. Istin. 2003. Why do we need algorithmic historiography? *Journal of the American Society for Information Science and Technology* (Jasist) 54(5): 400-412. <http://garfield.library.upenn.edu/papers/jasist54%285%29400y2003.pdf>
- Garrard, Judith. 2017. *Health sciences literature review made easy: The matrix method*. 5.^a ed. Jones & Bartlett Learning.
- Garrett, Laurie. 2018. The trouble with girls: Obstacles to women's success in medicine and research. *British Medical Journal* 363: 1-4.
- Gastel, Barbara & Robert A. Day. 2016. *How to write and publish a scientific paper*. Versión actualizada de Day (1998). Greenwood.
- Gazzola, Michele & François Grin. 2007. Assessing efficiency and fairness in multilingual communication: Towards a general analytical framework. *AILA Review* 20: 87-105.
- Geiger, Roger L. 1986. *To advance knowledge: The growth of American research universities. 1900-1940*. Oxford University Press.
- Geiger, Roger L. (ed.). 2000. *The American college in the nineteenth century*. Vanderbilt University Press.
- Gerth, Hans & Charles Wright Mills (eds). 1946. *From Max Weber: Essays in sociology*. Oxford University Press.
- Gethmann, Carl Friedrich. 2015. Disciplinary – interdisciplinary – transdisciplinary: A conceptual analysis. En Gethmann *et al.* (2015): 39-60.
- Gethmann, Carl Friedrich; Martin Carrier, Gerd Hanekamp, Mathias Kaiser, Georg Kamp, Stephan Lingner, Michael Quante & Felix Thiele (eds.). 2015. *Interdisciplinary research and transdisciplinary validity claims*. Springer.
- Ghosh, Peter. 2014. Beyond methodology: Max Weber's conception of *Wissenschaft*. *Sociologia Internationalis* 52(2): 157-218.
- Gibbs, Mark J. & Adrian J. Gibbs. 2006. Was the 1918 pandemic caused by a bird flu? *Nature* 440: E8.

- Givon, Talmy (ed.). 1979. *Syntax and semantics*. Vol. 12: *Discourse and syntax*. Academic Press.
- Gliboff, Sander. 2008. *H. G. Bronn, Ernst Haeckel, and the origins of German Darwinism: A study in translation and transformation*. The MIT Press.
- Glick, Thomas F. & Elinor Shaffer. 2014. *The literary and cultural reception of Charles Darwin in Europe*. Bloomsbury Publishing.
- Gödel, Kurt. 1931. Über formal unentscheidbare Sätze der *Principia Mathematica* und verwandter Systeme [Sobre proposiciones formalmente indecidibles de *Principia Mathematica* y sistemas relacionados]. *Monatshefte für Mathematik und Physik* [Revista mensual de Matemática y Física] 38: 173-198. En inglés: *On formally undecidable propositions of Principia Mathematica and related systems*, edición con una detallada introducción de Richard Braithwaite, Basic Books (1962).
- Goldin, Claudia. 2021. *Career & family. Women's century-long journey toward equity*. Princeton University Press.
- Goldin, Claudia & Lawrence F. Katz. 1999. The shaping of higher education: The formative years in the United States, 1890-1940. *Journal of Economic Perspectives* 13(1): 37-62.
- Goldin, Claudia; Lawrence F. Katz & Ilyana Kuziemko. 2006. The homecoming of American college women: The reversal of the college gender gap. *The Journal of Economic Perspectives* 20(4): 133-156.
- Goldstein, Rebecca. 2005. *Incompleteness: The proof and paradox of Kurt Gödel*. Norton.
- Gómez, M. A., J.-P. Deslauriers & M. V. Alzate (eds.). 2014. *Cómo hacer tesis de maestría y doctorado. Investigación, escritura y publicación*. Bogotá, Colombia: ECOE.
- Gonçalves, Teresa N. R. 2009. Complex systems and plastic brains: A trans-disciplinary approach to education and the cognitive sciences. En Karanika-Murray & Wiesemes (1990): 9-24.
- Gontier, Nathalie & Marco Pina. 2014. Studying social communication in primates: From ethology and comparative zoology to social primatology, evolutionary psychology, and evolutionary linguistics. En Pina & Gontier (2014): 1-28.
- González Cobas, Jacinto. 2004. Estudio sobre el párrafo. *Relua (Revista Estudios de Lengua – Universidad de Alicante)* 18: 87-106.
- González Cobas, Jacinto. 2008. Acerca del tópico de párrafo. *Verba Hispanica* 16: 81-90.
- González Cobas, Jacinto. 2014. Aproximación a la unidad párrafo. Un enfoque plural. *Estudios de Lingüística del Español* 35: 169-196. <https://raco.cat/index.php/Elies/article/view/285728/373699>
- Gordin, Michael D. 2012. *The pseudoscience wars. Immanuel Velikovsky and the birth of the modern fringe*. University of Chicago Press.
- Gordin, Michael D. 2015. *Scientific Babel: How science was done before and after global English*. University of Chicago Press.
- Gordin, Michael D. 2021. *On the fringe. Where science meets pseudoscience*. Oxford University Press.
- Gorelik, Gennady. 1993. Vladimir Fock: Philosophy of gravity and gravity of philosophy. En Earman *et al.* (1993): 308-331.
- Gowdy, John M. 2004. Evolution of economics. En Wuketits & Antweiler (2004): 253-297.
- Graff, Harvey J. 2015. *Undisciplining knowledge: Interdisciplinarity in the twentieth century*. Johns Hopkins University Press.
- Graham, Hugh D. & Nancy Diamond. 1997. *The rise of American research universities: Elites and challenges in the postwar era*. Johns Hopkins University Press.

- Grant, Edward. 2007. *A history of natural philosophy: From the ancient world to the nineteenth century*. Cambridge University Press.
- Grau, Bernhard. 2001. *Kurt Eisner 1867-1919. Eine Biographie*. Beck.
- Grau, Bernhard. 2006a. Rote Armee, 1919 [Ejército Rojo, 1919]. *Historisches Lexikon Bayerns*. Publicado online el 6 de agosto de 2006 en https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Rote_Armee,_1919
- Grau, Bernhard. 2006b. Roter Terror, 1919 [Terror rojo, 1919]. Publicado en línea el 16/8/2006. *Historisches Lexikon Bayerns*. https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Roter_Terror,_1919
- Grau, Bernhard. 2008. Revolution, 1918/1919. *Historisches Lexikon Bayerns*. Publicada en línea el 9/5/2008. https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Revolution,_1918/1919. Versión en inglés publicada en línea en 2020: https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/EN:Revolution,_1918/1919
- Grau, Conrad. 1975. *Die Berliner Akademie der Wissenschaften in der Zeit des Imperialismus. Teil 1: Von den neunziger Jahren des 19. Jahrhunderts bis zur Großen Sozialistischen Oktoberrevolution* [La Academia de Ciencias de Berlín en la era del imperialismo. Parte I: Desde los años noventa del siglo XIX hasta la Gran Revolución Socialista de Octubre]. Berlin Akademie Verlag.
- Green, Andy. 2013. *Education and state formation: Europe, East Asia and the USA*. 2.ª ed. ampliada (primera edición: 1990). Palgrave MacMillan.
- Greetham, Bryan. 2021. *How to write your literature review*. Red Globe Press (McMillan Education).
- Griffin, Charles T. G. 1992. New light on Eisenhower's farewell address. *Presidential Studies Quarterly* 22(3): 469-479.
- Groenewegen, Peter. 2007. *Alfred Marshall: Economist 1842-1924*. Palgrave MacMillan.
- Gross, Alan G. 1996. *The rhetoric of science*. Harvard University Press.
- Gross, Alan G. 2016. Why all scientists write in English. Reseña de Gordin (2015). *Metascience* 25: 125-129.
- Grünbaum, Adolf. 1984. *The foundations of psychoanalysis. A philosophical critique*. Berkeley University of California Press.
- Grünbaum, Adolf. 1993. A new critique of Freud's theory of dreams. En Stadler (1993): 169-192.
- Guardiano, Cristina; M. Elena Favilla & Emilia Calaresu. 2007. Stereotypes about English as the language of science. *AILA Review* 20: 28-52.
- Guille-Escuret, Georges. 2018. *Social structures and natural systems: Is a scientific assemblage workable?* Wiley.
- Gunnarsson, Britt-Louise. 1998. Academic discourse in changing context frames: The construction and development of a genre. En Evangelisti Allori (1998): 19-42.
- Gutfreund, Hanoch & Jürgen Renn. 2015. *The road to relativity*. Princeton University Press. Contiene el facsímil, traducción y comentario del manuscrito de Einstein (1915).
- Guyer, Bernard; Mary Anne Freedman, Donna M. Strobino & Edward J. Sondik. 2000. Annual summary of vital statistics: Trends in the health of Americans during the 20th century. *Pediatrics* 106: 1307-1317.
- Haber, Ludwig Fritz (Lutz). 1986. *The poisonous cloud: Chemical warfare in the First World War*. Clarendon Press. Reimpreso en 2002 por Oxford University Press.
- Hacking, Ian. 1999. *The social construction of what?* Harvard University Press.

- Hahlweg, Kai & Clifford Alan Hooker (eds.). 1989. *Issues in evolutionary epistemology*. State University of New York Press.
- Hairston, Maxine C. 1992. *Successful writing*. Norton.
- Haldane, J. B. S. 1924a. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte I. *Bulletin of Mathematical Biology* 52(1-2): 19-41.
- Haldane, J. B. S. 1924b. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte II: The influence of partial self-fertilisation, inbreeding, assortative mating, and selective fertilisation on the composition of Mendelian populations and on natural selection. *Transactions of the Cambridge Philosophical Society* 23: 158-163.
- Haldane, J. B. S. 1926. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte III. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 23: 363-372.
- Haldane, J. B. S. 1927a. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte IV. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 23: 607-615.
- Haldane, J. B. S. 1927b. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte V: Selection and mutation. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 23: 838-844.
- Haldane, J. B. S. 1927c. *Possible worlds and other essays*. Chatto and Windus.
- Haldane, J. B. S. 1930. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte VI: Isolation. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 26: 220-230.
- Haldane, J. B. S. 1931a. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte VII: Selection intensity as a function of mortality rate. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 27: 131-136.
- Haldane, J. B. S. 1931b. Mathematical Darwinism: A discussion of the genetical theory of natural selection. *The Eugenics Review* 23(2): 115-117.
- Haldane, J. B. S. 1932a. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte VIII: Metastable populations. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 27: 137-142.
- Haldane, J. B. S. 1932b. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte IX: Rapid selection. *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 28: 244-248.
- Haldane, J. B. S. 1934. A mathematical theory of natural and artificial selection. Parte X: Some theorems on artificial selection. *Genetics* 19: 412-429.
- Hall, Kara L; Amanda L. Vogel, Grace C. Huang, Katrina J. Serrano, Elise L. Rice, Sophia P. Tsakraklides & Stephen M. Fiore. 2018. The science of team science: A review of the empirical evidence and research gaps on collaboration in science. *The American Psychologist* 73(4): 532-548.
- Hall, Kersten T. 2014. *The man in the monkeynut coat: William Astbury and the forgotten road to the double helix*. Oxford University Press.
- Haller, Rudolf & Friedrich Stadler (eds.). 1993. *Wien-Berlin-Prag: Der Aufstieg der wissenschaftlichen Philosophie* [Viena-Berlín-Praga: El auge de la filosofía científica]. Contribuciones presentadas en alemán al simposio con el mismo título, organizado por el Instituto del Círculo de Viena en 1991. Para las contribuciones presentadas en inglés, véase Stadler (1993). Hölder-Pichler-Tempsky Verlag.
- Hamel, Rainer E. 2006. Spanish in science and higher education: Perspectives for a plurilingual language policy in the Spanish speaking world. *Current Issues in Language Planning* 7(1): 95-125.
- Hamel, Rainer E. 2007. The dominance of English in the international scientific periodical literature and the future of language use in science. *AILA Review* 20: 53-71.

- Hamel, Rainer E. 2013. El campo de las ciencias y la educación superior entre el monopolio del inglés y el plurilingüismo: elementos para una política del lenguaje en América Latina. *Trabalhos de Lingüística Aplicada* 52(2): 321-384.
- Hamel, Rainer E.; Elisa Álvarez-López & Tatiana P. Carvalhal. 2016. Language policy and planning: Challenges for Latin American universities. *Current Issues in Language Planning* 17(3-4): 278-297.
- Hamilton William D. 1963. Evolution of altruistic behavior. *The American Naturalist* 97(896): 354-356.
- Hamilton, William D. 1964. The genetical theory of social evolution. *Journal of Theoretical Biology*, parte I, 7: 1-16; parte II, 7: 17-52. Reimpreso en Hamilton (1996): 11-81, con un Addendum (pp. 81-82).
- Hamilton, William D. 1996. *Narrow roads of gene land: The collected papers of W. D. Hamilton. Volume I: The evolution of social behaviour*. Oxford University Press.
- Hamilton, William D. 2002. *Narrow roads of gene land: The collected papers of W. D. Hamilton. Volume II: The evolution of sex*. Oxford University Press.
- Hamilton, William D. 2005. *Narrow roads of gene land: The collected papers of W. D. Hamilton. Volume III: Last words*. Oxford University Press.
- Hamp-Lyons, Liz & Ben Heasley. 2009. *Study writing. A course in writing skills for academic purposes*. 2.^a ed. (primera edición: 2006). Cambridge University Press.
- Hanji, Mallikarjun B. 2017. *Meta-analysis in psychiatry research: Fundamental and advanced methods*. Apple Academic Press.
- Hanke, Edith. 2009. «Max Weber's desk is now my altar». Marianne Weber and the intellectual heritage of her husband. *History of European Ideas* 35: 349-359. Traducción de Keith Tribe. Original: «Max Webers Schreibtisch ist nun mein Altar». Marianne Weber und das geistige Erbe ihres Mannes. En Ay & Borchardt (2006): 29-51.
- Hanke, Edith; Lawrence Scaff & Sam Whimster. 2020. *The Oxford handbook of Max Weber*. Nueva York: Oxford University Press. doi: <https://10.1093/oxfordhb/9780190679545.001.0001>
- Hansen, Randall & Desmond King. (2001). Eugenic ideas, political interests, and policy variance: Immigration and sterilization policy in Britain and U. S. *World Politics* 53(2): 237-263.
- Harmon, Joseph E. & Alan G. Gross. 2009. The structure of scientific titles. *Journal of Technical Writing and Communication*, 39(4): 455-465.
- Harris, David J. 2020. *Literature review and research design: A guide to effective research practice*. Routledge.
- Harris, R. A. 1991. Rhetoric of science. *College English*, 53(3): 282-307.
- Hart, Christopher. 1999. *Doing a literature review: Releasing the social science research imagination*. Sage.
- Hart, Christopher. 2001. *Doing a literature search: A comprehensive guide for the social sciences*. Sage.
- Hartley, James. 2012. To cite or not to cite: Author self-citations and the impact factor. *Scientometrics* 92(2): 313-317.
- Hartung, Joachim; Guido Knapp & Bimal K. Sinha. 2008. *Statistical meta-analysis with applications*. Wiley.
- Hawking, Stephen. 1988. *A brief history of time: From the Big Bang to black holes*. Cambridge University Press.
- Hayek, Friedrich A. (ed.). 1954. *Capitalism and the historians*. University of Chicago Press.

- Hayes, Peter. 2004. *From cooperation to complicity: Degussa in the Third Reich*. Cambridge University Press.
- Hays, Jo N. 2005. *Epidemics and pandemics: Their impacts on human history*. ABC-CLIO Inc.
- Heams, Thomas; Philippe Huneman, Guillaume Lecointre & Marc Silberstein (eds.). 2005. *Handbook of evolutionary thinking in the sciences*. Springer.
- Heard, Stephen B. 2016. *The scientist's guide to writing*. Princeton University Press.
- Heilbron, John L. 1986. *The dilemmas of an upright man: Max Planck as spokesman for German science*. University of California Press.
- Hellmann, Manfred. 1996. Max und Marianne Weber in Oerlinghausen. *Der Minden-Ravensberger* 68: 102-104.
- Hemerlijk, Charlotte (ed.). 2005. *Self-organisation and evolution of social systems*. Cambridge University Press.
- Hempel, Carl G. 1993. Empiricism in the Vienna Circle and in the Berlin Society for Scientific Philosophy: Recollections and reflections. En Stadler (1993): 1-10.
- Hempel, Susanne. 2020. *Conducting your literature review*. American Psychological Association (APA).
- Henning, Eckart. 2016. Freitod in Dahlem (1915): Unveröffentlichte Briefe von Edith Hahn und Lise Meitner über Dr. Clara Haber geb. Immerwahr [Suicidio en Dahlem (1915): Cartas inéditas de Edith Hahn y Lise Meitner sobre la doctora Clara Haber, née Immerwahr]. *Zeitschrift für anorganischer und allgemeine Chemie / Journal of Inorganic and general Chemistry* 642(6): 432-436.
- Henning, Eckart & Marion Kazemi. 2011. *Chronik der Kaiser-Wilhelm-Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften: 1911-2011* [Crónica de la Sociedad Kaiser Wilhelm/Max Planck para el Avance de las Ciencias: 1911-2011]. Duncker & Humblot.
- Henry, Freeman G. 1999. Anti-Darwinism in France: Science and the myth of nation. *Nineteenth-Century French Studies* 27(3-4): 290-304.
- Hettrick, Gary. 2012. Vaccine production in the Bitterroot Valley during World War II: How Rocky Mountain Laboratory protected American forces from Yellow Fever. *Montana – The Magazine of Western History* 62(4): 47-59, 94-95. <https://www.jstor.org/stable/24414669>
- Hewings, Martin (ed.). 2001. *Academic writing in context: Implications and applications*. University of Birmingham Press.
- Highfield, Roger & Paul Carter. 1993. *The private lives of Albert Einstein*. Faber and Faber.
- Hill, Karl (ed.). 1964. *The Management of Scientists*. Beacon.
- Hillman, Bruce J.; Birgit Ertl-Wagner & Bernd C. Wagner. 2015. *The man who stalked Einstein: How Nazi scientist Philipp Lenard changed the course of history*. Rowman & Littlefield.
- Hillmayr, Heinrich. 1974. *Roter und Weißer Terror in Bayern nach 1918. Ursachen, Erscheinungsformen und Folgen der Gewalttätigkeiten im Verlauf der revolutionären Ereignisse nach dem Ende des Ersten Weltkrieges* [Terror rojo y terror blanco en Baviera después de 1918. Causas, manifestaciones y consecuencias de la violencia en el curso de los eventos revolucionarios posteriores al fin de la Primera Guerra Mundial]. Nusserverslag.
- Hinds, John. 1977. Paragraph structure and pronominalization. *Papers in Linguistics* 10: 77-99.
- Hinds, John. 1978. Levels of structure within the paragraph. *Proceedings of the 4th Annual Meeting of the Berkeley Linguistics Society*, 1978: 598-809. <https://journals.linguisticsociety.org/proceedings/index.php/BLS/article/view/2201>
- Hines, Terence. 2002. *Pseudoscience and the paranormal*. 2.^a ed. actualizada (primera edición: 1988). Prometheus Books.

- Hintikka, Jaakko. 1993. Ludwig's apple tree: On the philosophical relations between Wittgenstein and the Vienna Circle. En Stadler (1993): 27-46.
- Hinton, Martin. 2021. *Evaluating the language of argument*. Springer.
- Hirschfeld Gerhard; Gerd Krumeich & Irina Renz. 2018. *1918: Die Deutschen zwischen Weltkrieg und Revolution* [1918: Los alemanes entre la Guerra Mundial y la revolución]. Links Verlag.
- Hobsbawm, Eric. 1962. *The Age of Revolution (1789-1848)*. Weidenfeld & Nicolson. En español: *La era de la revolución*, Editorial Crítica, 1971, reedición de 2003.
- Hobsbawm, Eric. 1964 *Labouring men: Studies in the history of labour*. Weidenfeld and Nicolson.
- Hobsbawm, Eric. 1975. *The age of capital (1848-1875)*. Weidenfeld & Nicolson. En español: *La era del capital (1848-1875)*, Editorial Crítica, 1988.
- Hobsbawm, Eric. 1987. *The age of empire (1875-1914)*. Weidenfeld & Nicolson. En español: *La era del imperio (1875-1914)*. Editorial Crítica, 1998.
- Hobsbawm, Eric. 1994. *The age of extremes: The short twentieth century, 1914-1991*. Penguin (Michael Joseph). Reedición 1995: Little Brown & Co. (Abacus Books). En español: *Historia del siglo XX*, Crítica, 1998.
- Hochreuther, Ina. 1992. *Frauen im Parlament. Südwestdeutsche Abgeordnete seit 1919* [Mujeres en el parlamento. Representantes del sudoeste de Alemania desde 1919]. Theiss Verlag.
- Hodgson, Geoffrey M. 1993. *Economics and evolution: Bringing life back into economics*. University of Michigan Press.
- Hodgson, Geoffrey M. 1999. *Evolution and institutions. On evolutionary economics and the evolution of economics*. Edward Elgar.
- Hodgson, Geoffrey M. 2004. Social Darwinism in anglophone academic journals: A contribution to the history of the term. *Journal of Historical Sociology* 17: 428-463.
- Hodgson, Geoffrey M. 2005. Generalizing Darwinism to social evolution: Some early attempts. *Journal of Economic Issues* 39(4): 899-914.
- Hodgson, Geoffrey M. (ed.). 2007. *The evolution of economic institutions: A critical reader*. Edward Elgar.
- Hodgson, Geoffrey M. 2013. *From pleasure machines to moral communities: An evolutionary economics without Homo economicus*. University of Chicago Press.
- Hodgson, Geoffrey M. 2019. *Evolutionary economics: Its nature and future*. Cambridge University Press.
- Hodgson, Geoffrey M. & Thorbjørn Knudsen. 2006. The nature and units of social selection. *Journal of Evolutionary Economics* 16: 477-489.
- Hodgson, Geoffrey M. & Thorbjørn Knudsen. 2010. *Darwin's conjecture: The search for general principles of social and economic evolution*. University of Chicago Press.
- Hoffmann, Dieter. 1991. Wissenschaft und Bürokratie. Hermann von Helmholtz und Friedrich Althoff im Spiegel ihres Briefwechsels [Ciencia y burocracia. Hermann von Helmholtz y Friedrich Althoff en el espejo de su correspondencia]. En Brocke (1991a): 245-250.
- Hoflechner, Walter. 1993. The impact of the Prussian and German university administrations on the Austrian university system between 1875 and 1914. *Journal of Economic Studies* 20(4/5): 177-188.
- Hokanson, Brad; Marisa Exter, Amy Grincewicz, Matthew Schmidt & Andrew A. Tawfik (eds.). 2021. *Intersections across disciplines: Interdisciplinarity and learning*. Springer.
- Holland, Dominic. 2013. *Integrating knowledge through interdisciplinary research: Problems of theory and practice*. Routledge.

- Holton, Gerald. 1993. From the Vienna Circle to Harvard Square: The Americanization of a European World Conception. En Stadler (1993): 47-74.
- Holtz, Sabine & Sylvia Schraut (eds.). 2020. *100 Jahre Frauenwahlrecht im deutschen Südwes-ten. Eine Bilanz* [100 años de sufragio femenino en el sudoeste de Alemania. Un balance]. Veröffentlichungen der Kommission für Geschichtliche Landeskunde in Baden-Württemberg [Publicaciones de la Comisión de Estudios Históricos Regionales de Baden-Württemberg], serie B, n.º 228. Kohlhammer.
- Honigsheim, Paul. 1926. Der Max-Weber-Kreis in Heidelberg [El círculo de Max Weber en Heidelberg]. *Kölner Vierteljahrshefte für Soziologie* [Colonia: Cuadernos Trimestrales de Sociología] 5: 270-287.
- Hooker, Clifford. 1987. *A realistic theory of science*. State University of New York Press.
- Hooker, Clifford (ed.). 2011. *Philosophy of complex systems*. Elsevier.
- Hopkins, Nicholas S. 2007. Charisma and responsibility: Max Weber, Kurt Eisner, and the Bavarian Revolution of 1918. *Max Weber Studies* 7(2): 185-211.
- House, Juliane. 2005. Englisch als Lingua franca: eine Bedrohung für die deutsche Sprache? [El inglés como lingua franca: ¿Una amenaza para el idioma alemán?]. En Motz (2005): 53-66.
- Howard, Don & John Stachel (eds.). 2000. *Einstein: The formative years, 1879-1909*. Birkhäuser.
- Hoxby, Caroline. 2009. The changing selectivity of American colleges. *Journal of Economic Perspectives* 23(4): 95-118.
- Hoyningen-Huene, Paul. 1993. *Reconstructing scientific revolutions: Thomas S. Kuhn's philosophy of science*. University of Chicago Press.
- Hoyningen-Huene, Paul & Howard Sankey (eds.). 2001. *Incommensurability and related matters*. Kluwer.
- Hubble, Edwin. 1926. Extragalactic nebulae. *Astrophysical Journal* 64(64): 321-369. doi:10.1086/143018
- Hubble, Edwin. 1929. A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae. *PNAS* 15(3): 168-173. <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.15.3.168>
- Hübenthal, Ursula. 1991. *Interdisziplinäres Denken* [Pensamiento interdisciplinario]. F. Steiner Verlag.
- Hübenthal, Ursula. 1994. Interdisciplinary thought. *Issues in Integrative Studies* 12: 55-75.
- Hübinger, Gangolf. 2016. *Europäische Wissenschaftskulturen und politische Ordnungen in der Moderne (1890-1970)* [Culturas científicas y ordenamientos políticos europeos en los tiempos modernos]. De Gruyter.
- Hübinger, Gangolf. 2019. *Max Weber: Stationen und Impulse einer intellektuellen Biographie* [Etapas e impulso de una biografía intelectual]. Mohr Siebeck.
- Hughes, Thomas. 1991. Historical overview. En La Porte (1991): 185-188.
- Hull, David L. 1988. *Science as a process: An evolutionary account of the social and conceptual development of science*. The University of Chicago Press.
- Hull, David L. 2001. *Science and selection: Essays on biological evolution and the philosophy of science*. University of Cambridge Press.
- Hume, David. 1739-1740. *Treatise of human nature. Book I: Of the understanding; Book II: Of the passions; Book III: Of morals*. Los libros I y II se publicaron en 1739; el libro III, en 1740. Hay múltiples ediciones, entre ellas Hume (2016) y (en español) Hume (1984).
- Hume, David. 1748. *An enquiry concerning human understanding*. Edición con introducción y notas de Peter Millican. Oxford University Press, 2007. En español: *Investigación sobre el conocimiento humano*, Madrid: Alianza Editorial, 1980.

- Hume, David. 1984. *Tratado de la naturaleza humana*. Ediciones Orbis.
- Hume, David. 2016. *Complete works of David Hume*. Edición digital. Delphi Classics.
- Hunter, John E. & Frank L. Schmidt. 2004. *Methods of meta-analysis – Correcting error and bias in research findings*. Sage.
- Hunter, Michael. 2006. Royal Society. *Encyclopædia britannica*, versión electrónica. Acceso: 18 de junio de 2022. <https://www.britannica.com/topic/Royal-Society>
- Hupp, Stephen (ed.). 2019. *Pseudoscience in child and adolescent psychotherapy: A skeptical field guide*. Cambridge University Press.
- Huutoniemi, Katri; Julie T. Klein, Henrik Bruun & Janne Hukkinen. 2010. Analyzing interdisciplinarity: Typology and indicators. *Research Policy* 39: 79-88.
- Hyland, Ken & Philip Shaw (eds.). 2016. *The Routledge handbook of English for academic purposes*. Routledge.
- Immelmann, Klaus. 1987. Interdisziplinarität zwischen Natur- und Geisteswissenschaften. Praxis und Utopie [Interdisciplinarietà entre ciencias naturales y ciencias humanas. Praxis y utopía]. En Kocka (1987): 82-91.
- Ioannidis, John P. A. 2005. Why most published research findings are false. *PLoS Medicine*, 2: e124. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.0020124>
- Ioannidis, John P. A. 2008. Why most discovered true associations are inflated. *Epidemiology* 19(5): 640-648. <http://www.jstor.org/stable/25662607>
- Ioannidis, John P. A.; Kevin W. Boyack & Richard Klavans. 2014. Estimates of the continuously publishing core in the scientific workforce. *Public Library of Science (PLOS One)* 9(7): e101698. <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0101698>
- Isaacson, Walter. 2007. *Einstein: His life and universe*. Simon & Schuster.
- Ivanovsky, Dmitri. 1892. Über die Mosaikkrankheit der Tabakspflanze. [Sobre la enfermedad del mosaico de la planta de tabaco]. *Bulletin Scientifique publié par l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Petersbourg, Nouvelle Série III* 35: 67-70.
- Ivanovsky, Dmitri. 1903. Über die Mosaikkrankheit der Tabakspflanze. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* [Revista de enfermedades de las plantas y protección de la sanidad vegetal] 13: 1-41. Extracto de la tesis doctoral del autor.
- Jackson, Roland. 2019. Eunice Foote, John Tyndall and a question of priority. *Notes and Records: The Royal Society Journal of the History of Science*, 74: 105-118. <https://doi.org/10.1098/rsnr.2018.0066>
- Jacobs, Jerry A. 2013. *In defence of disciplines: Interdisciplinarity and specialization in the research university*. University of Chicago Press.
- Jacobs, Jerry A. & Scott Frickel. 2009. Interdisciplinarity: A critical assessment. *Annual Review of Sociology* 35: 43-65.
- Jahnke, Ulrich. 1991. Promotor des Fortschritts? Althoff und die deutsche Universitätspsychologie [¿Promotor del progreso? Althoff y la psicología universitaria alemana]. En Brocke (1991a): 307-336.
- Jakobs, Eva-Maria. 1999. *Textvernetzung in den Wissenschaften. Zitat und Verweis als Ergebnis rezeptiver, reproduktive und produktiver Prozesse* [Redes de textos en ciencia. Citación y referencia como resultado de procesos receptivos, reproductivos y productivos]. Niemeyer.
- Jakobs, Eva-Maria. 2009. Die Schlüsselqualifikationen Reden und Schreiben in der universitären Ausbildung [Calificaciones clave para hablar y escribir en la enseñanza universitaria]. En Fix et al. (2009), vol. 2: 2377-2387.

- Jakobs, Eva-Maria & Dagmar Knorr (eds.). 1997. *Schreiben in den Wissenschaften* [Redacción en las ciencias]. Peter Lang.
- Jalongo, Mary R. & Olivia N. Saracho. 2016. *Writing for publication*. Springer.
- Janssen, Michel & Christoph Lehner. 2012. *The Cambridge companion to Einstein*. Cambridge University Press.
- Jantsch, Erich. 1972. Towards interdisciplinarity and transdisciplinarity in education and innovation. En Apostel (1972): 97-121.
- Jantsch, Erich. 1980. Interdisciplinarity: Dreams and reality. *Prospects: Quarterly Review of Education*, 10(3): 304-312.
- Jarusch, Konrad H. 1983. *The transformation of higher learning 1860-1930: Expansion, diversification, social opening, and professionalization in England, Germany, Russia, and the United States*. University of Chicago Press.
- Jensen, Annie A.; Diana Stentoft & Ole Ravn. 2019. *Interdisciplinarity and problem-based learning in higher education*. Springer.
- Jernigan, David & Nancy Cox. 2012. Human influenza: One health, one world. En Webster *et al.* (2012): 3-19.
- Jesson, Jill; Fiona M. Lacey & Lydia Matheson. 2011. *Doing your literature review – Traditional and systematic techniques*. Sage Publications.
- Jester, Barbara; Timothy M. Uyeki, Daniel B. Jernigan & Terrence M. Tumpey. 2019. Historical and clinical aspects of the 1918 H1N1 pandemic in the United States. *Virology* 527: 32-37.
- Ji, Shaojun. 2002. Identifying episode transitions. *Journal of Pragmatics* 34: 1257-1271.
- Ji, Shaojun. 2008. What do paragraph divisions indicate in narrative texts? *Journal of Pragmatics* 40: 1719-1730.
- Johns, Ann M. (ed.). 2002. *Genre in the classroom: Multiple perspectives*. Erlbaum.
- Johnson, George. 2005. *Miss Leavitt's stars: The untold story of the woman who discovered how to measure the universe*. Norton.
- Johnson, Jeffrey A. 1998a. German women in chemistry, 1895-1925 (part I). *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 6: 1-21.
- Johnson, Jeffrey A. 1998b. German women in chemistry, 1925-1945 (part II). *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 6: 65-90.
- Johnson, Niall Philip Alan Sean. 2003. Measuring a pandemic: Mortality, demography, and geography. *Popolazione e Storia* 4(2): 31-51. <https://popolazioneestoria.it/article/view/174>
- Johnson, Niall Philip Alan Sean & Juergen Mueller. 1992. Updating the accounts: Global mortality of the 1918-1920 «Spanish» influenza pandemic. *Bulletin of the History of Medicine* 76: 105-115.
- Johnston, James Scott. 2014. John Dewey and science education. En Matthews (2014): 2409-2432.
- Jones, Claire G.; Alison E. Martin, & Alexis Wolf (eds.). 2022. *The Palgrave Handbook of Women and Science since 1660*. Palgrave MacMillan.
- Jones, Mark. 2016. *Founding Weimar. Violence and the German revolution of 1918-19*. Cambridge University Press. Traducción en alemán: *Am Anfang war Gewalt. Die deutsche Revolution 1918/19 und der Beginn der Weimarer Republik* [En el principio fue la violencia. La Revolución Alemana de 1918/19 y el comienzo de la República de Weimar], Propyläen, 2017.
- Joravsky, David. 1970. *The Lysenko Affair*. Cambridge (Massachusetts): Harvard University Press.

- Jordan, Douglas. 2019. *The deadliest flu: The complete story of the discovery and reconstruction of the 1918 pandemic virus*. Publicación online de los Centers for Disease Control and Prevention (CDC) de los Estados Unidos. <https://www.cdc.gov/flu/pandemic-resources/reconstruction-1918-virus.html>
- Jordan, Edwin Oakes. 1927. *Epidemic influenza: A survey*. American Medical Association.
- Jørgens, Viktor & Massimo Porta (eds.). 2020. *Unveiling diabetes: Historical milestones in Diabetology*. Colección Frontiers in Diabetes, n.º 29. Karger.
- JYI. 2005. Writing scientific manuscripts: A guide for undergraduates. *Journal of Young Investigators* (JYI). <https://www.jyi.org/>
- Kalverkämper, Hartwig. 2020. *Handbuch Wissenschaftsrhetorik* [Manual de retórica de la ciencia]. De Gruyter.
- Kant, Horst. 1996. Albert Einstein, Max von Laue, Peter Debye und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik in Dahlem (1917-1939). En Brocke & Laitko (1996): 227-243.
- Kant, Immanuel, 1781. *Kritik der reinen Vernunft*. 2.ª ed. (1787). En español (entre otras traducciones): *Crítica de la razón pura*. Trad. de Manuel García Morente. Tecnos, 2002; también la edición crítica bilingüe traducida por Mario Caimi (México: FCE, 2009).
- Kaplan, Robert B. 1993. The hegemony of English in science and technology. *Journal of Multilingual and Multicultural Development* 14: 151-172.
- Kappas, Martin; Uwe Groß & Dermot Kelleher (eds.). 2012. *Global health. A challenge for interdisciplinary research*. Universitätsverlag Göttingen.
- Karanika-Murray, Maria & Rolf Wiesemes (eds.). 2009. *Exploring avenues to interdisciplinary research: From cross- to multi- to interdisciplinarity*. Nottingham University Press.
- Kash, John C.; Christopher F. Basler, Adolfo García-Sastre, Victoria Carter, Rosalind Billharz, David E. Swayne, Ronald M. Przygodzki, Jeffery K. Taubenberger, Michael G. Katze & Terrence M. Tumpey. 2004. Global host immune response: Pathogenesis and transcriptional profiling of type A influenza viruses expressing the hemagglutinin and neuraminidase genes from the 1918 pandemic virus. *Journal of Virology* 78(17): 9499-9511.
- Käsler, Dirk. 1988. *Max Weber: An introduction to his life and work*. Chicago: University of Chicago Press. En alemán: *Max Weber: Eine Einführung in Leben, Werk und Wirkung* [Una introducción a su vida, su obra y su impacto]. 4.ª ed. actualizada. Berlín: Campus Verlag, 1995.
- Katz, Michael J. 2006. *From research to manuscript: A guide to scientific writing*. Springer.
- Kauffman, Stuart A. 1993. *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford University Press.
- Kaufman, Allison B. & James C. Kaufman (eds.). 2018. *Pseudoscience: The conspiracy against science*. The MIT Press.
- Kellner, Kristin. 2020. *Wissenschaftlicher Schreibstil: Sicher Texte formulieren im Studium. Für Bachelor, Master und Dissertation* [Estilo de la redacción científica: formular textos con confianza durante los estudios. Para licenciatura, maestría y doctorado]. Kellner.
- Kennedy X. J., Dorothy M. Kennedy & Marcia F. Muth. 2017. *The Bedford guide for college writers*. 11.ª ed. Bedford / St Martin's.
- Kennefick, Daniel. 2007. *Traveling at the speed of thought. Einstein and the quest for gravitational waves*. Princeton University Press.
- Kennefick, Daniel. 2012. Not only because of theory: Dyson, Eddington, and the competing myths of the 1919 Eclipse Expedition. En Lehner, Renn & Schemmel (2007): 201-232.
- Kennefick, Daniel. 2019. *No shadow of a doubt. The 1919 eclipse that confirmed Einstein's theory of relativity*. Princeton University Press.

- Kessel, Frank, Patricia Rosenfield & Norman Anderson (eds.). 2003. *Expanding the boundaries of health and social science: Case studies of interdisciplinary innovation*. Oxford University Press.
- Kessel, Frank; Patricia Rosenfield & Norman Anderson (eds.). 2008. *Interdisciplinary research: Case studies from health and social science*. Oxford University Press. Edición actualizada de Kessel et al. (2003).
- Khan, Shahjahan. 2020. *Meta-analysis: Methods for health and experimental studies*. Springer.
- Khine, Myint Swe (ed.). 2012. *Advances in nature of science research: Concepts and methodologies*. Springer.
- Kienpointner, Manfred. 2009. Argumentationstheorie. En Fix et al. (2009), vol. 1: 702-717.
- Kim, Scott & Petra Moser. 2021. *Women in science: Lessons from the baby boom*. National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper n.º w29436.
- King, Desmond. (1999). *In the name of liberalism: Illiberal social policy in Britain and the United States*. Oxford University Press.
- King, Molly M.; Carl T. Bergstrom, Shelley J. Correll, Jennifer Jacquet & Jevin D. West. 2017. Men set their own cites high: Gender and self-citation across fields and over time. *Socius: Sociological Research for a Dynamic World*, 3: 1-22. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/2378023117738903>
- Kirchner, Baldur; Sebastian Kirchner & Alexander Kirchner. 2006. *Rhetorik für Manager: Rede als Ausdruck der Persönlichkeit* [Retórica para directivos: el habla como expresión de la personalidad]. Gabler.
- Kitcher, Philip. 1982. *Abusing science: The case against creationism*. MIT Press.
- Kitcher, Philip. 1993. *The advancement of science*. Oxford University Press.
- Klaas, Michael; Stefan Pischinger & Wolfgang Schröder (eds.). 2015. *Fuels from biomass: An interdisciplinary approach*. Springer Verlag.
- Klein, Julie T. 1990a. The interdisciplinary process. En Birnbaum-More et al. (1990): 20-30.
- Klein, Julie T. 1990b. *Interdisciplinarity: History, theory and practice*. Wayne State University Press.
- Klein, Julie T. 1996. *Crossing boundaries: Knowledge, disciplinarity, and interdisciplinarity*. University Press of Virginia.
- Klein, Julie T. 2000. A conceptual vocabulary of interdisciplinary science. En Weingart & Stehr (2000): 3-24.
- Klein, Julie T. (ed.). 2001. *Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology, and society. An effective way for managing complexity*. Birkhäuser Verlag.
- Klein, Julie T. 2005. *Humanities, culture and interdisciplinarity: The changing American academy*. State University of New York.
- Klein, Julie T. 2008. Evaluation of interdisciplinary and transdisciplinary research collaboration: An international review of the state of the art. *American Journal of Preventive Medicine* 35(2, Suppl.): S116-S123.
- Klein, Julie T. 2010. A taxonomy of interdisciplinarity. En Frodeman et al. (2010): 15-30.
- Klein, Julie T. 2015. *Interdisciplining digital humanities: Boundary work in an emerging field*. University of Michigan Press.
- Klein, Julie T. 2021. *Beyond interdisciplinarity: Boundary work, communication, and collaboration*. Oxford University Press.
- Klein, Julie T.; Walter Grossenbacher-Mansuy, Rudolf Haberli, Alain Bill, Roland W. Scholz & Myrtha Weltl (eds.). 2001. *Transdisciplinarity: Joint problem solving among science, technology, and society – An effective way for managing complexity*. Springer.

- Klein, Julie T. & Alan N. Porter. 1990. Preconditions for interdisciplinary research. En Birnbaum-More *et al.* (1990): 11-19.
- Kleinman, Daniel Lee & Steven P. Vallas. 2001. Capitalism and the rise of the «knowledge worker»: The changing structure of knowledge production in the United States. *Theory and Society* 30(4): 451-492.
- Kline, S. J. 1995. *Conceptual foundations for multidisciplinary thinking*. Stanford (California): Stanford University Press.
- Klug, Aaron. 1968. Rosalind Franklin and the discovery of the structure of DNA. *Nature* 219: 808-810, 843.
- Klug, Aaron. 1974. Rosalind Franklin and the double helix. *Nature* 248: 787-788.
- Kocka, Jürgen (ed.). 1987. *Interdisziplinarität. Praxis – Herausforderung – Ideologie* [Interdisciplinariedad: praxis – desafío – ideología]. Fráncfort: Suhrkamp.
- Koertge, Noretta (ed.). 1998. *A house built on sand: Exposing postmodernist myths about science*. Oxford (Reino Unido): Oxford University Press.
- Koertge, Noretta. 2000. New age philosophies of science: Constructivism, feminism, and postmodernism. *British Journal for the Philosophy of Science* 51: 667-683.
- Koertge, Noretta. 2013. Belief buddies versus critical communities: The social organization of pseudoscience. En Pigliucci & Boudry (2013): 165-180.
- Kojevnikov, Alexei B. 2004. *Stalin's Great Science: The times and adventures of soviet physicists*. Londres: Imperial College Press.
- Kolata, Gina. 2001. *Flu: The story of the great influenza pandemic and the search for the virus that caused it*. Nueva York: Touchstone.
- Koltay, Tibor. 2021. The many faces of abstracting: An overview. *Academia Letters*, article 2493. <https://doi.org/10.20935/AL2493>
- König, René & Johannes Winckelmann (eds.). 1963. *Max Weber zum Gedächtnis: Materialien und Dokumente zur Bewertung von Werk und Persönlichkeit*. [Max Weber en el recuerdo: materiales y documentos para la evaluación del trabajo y la personalidad]. Número especial 7 de la serie *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie* [Revista de Colonia sobre Sociología y Psicología Social], Westdeutscher Verlag; editorial responsable desde 2012: Springer VS (Springer Verlag für Sozialwissenschaft). <https://b-ok.global/book/2232395/7f9e5a?id=2232395&secret=7f9e5a>. <https://www.springer.com/gp/book/9783663030126>
- König, Wolfgang. 1981. Stand und Aufgaben der Forschung zur Geschichte der deutschen Polytechnischen Schulen und Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert [Situación actual y tareas pendientes en la investigación sobre la historia de las Escuelas Politécnicas y las Escuelas Técnicas Superiores en Alemania]. *Technikgeschichte* 48: 47-67.
- König, Wolfgang. 1993. Technical education and industrial performance in Germany: A triumph of heterogeneity. En Fox & Guagnini (1993): 65-87.
- König, Wolfgang. 2004. The Academy and the engineering sciences: An unwelcome royal gift. *Minerva* 42(4): 359-377.
- Koricheva, Julia; Jessica Gurevitch & Kerrie Mengersen. 2013. *Handbook of meta-analysis in ecology and evolution*. Princeton University Press.
- Kornmeier, Martin. 2007. *Wissenschaftstheorie und wissenschaftliches Arbeiten: Eine Einführung für Wirtschaftswissenschaftler* [Teoría de la ciencia y trabajo científico: introducción para economistas]. Physica-Verlag Heidelberg (Springer).

- Kornmeier, Martin. 2008. *Wissenschaftlich schreiben leicht gemacht für Bachelor, Master und Dissertation* [Redacción científica simplificada para tesis de licenciatura, maestría y doctorado]. 7.^a ed. Haupt.
- Kraft, Victor. 1950. *Der Wiener Kreis. Der Ursprung des Neopositivismus. Ein Kapitel der jüngsten Philosophiegeschichte* [El Círculo de Viena. El origen del neopositivismo. Un capítulo de la historia reciente de la filosofía]. Springer.
- Kraft, Victor. 1951. *Die Grundlagen einer wissenschaftlichen Wertlehre* [Fundamentos de una teoría científica de los valores]. Springer. La edición original de 1937 fue secuestrada y quemada por los nazis, junto con todos los libros editados por Springer en Viena. Republicada en 1951 por la misma editorial, con un prefacio del autor explicando la historia editorial de la obra.
- Kraft, Victor. 1960. *Erkenntnislehre* [Teoría del conocimiento]. Springer.
- Krauss, Lawrence M. 2010. Cosmic evolution. *Evolution: Education and Outreach* 3: 193-197.
- Krauss, Lawrence M. 2012. *A universe from nothing*. Free Press (Simon & Schuster).
- Kremontsov, Nikolai. 1997. *Stalinist science*. Princeton University Press.
- Kriegel-Schmidt, Katharina (ed.). 2017. *Mediation als Wissenschaftszweig. Im Spannungsfeld von Fachexpertise und Interdisziplinarität* [La mediación como rama de la ciencia. En el campo de la tensión entre la experiencia técnica y la interdisciplinariedad]. Springer VS (Verlag für Sozialwissenschaften).
- Krips, H.; J. E. McGuire & T. Melia (eds). 1995. *Science, reason, and rhetoric*. University of Pittsburgh Press.
- Kristal, Ariella; Ashley Williams, Max Bazerman & Dan Ariely. 2020. Signing at the beginning versus at the end does not decrease dishonesty. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) 117(13): 7103-7107.
- Krohn, Wolfgang; Edwin Layton & Peter Weingart (eds.). 1978. *The dynamics of science and technology*. Reidel.
- Kronick, David A. 1990. Peer review in 18th century scientific journalism. *Journal of the American Medical Association* 263(10): 1321-1322.
- Krüger, Christa. 2001. *Max und Marianne Weber. Tag- und Nachtgeschichten einer Ehe* [Max y Marianne Weber: Historias diurnas y nocturnas de un matrimonio]. Pendo.
- Kuhn, Thomas S. 1962. *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- Kuhn, Thomas S. 1970a. *The structure of scientific revolutions. 2nd edition enlarged*. University of Chicago Press. En español: *La estructura de las revoluciones científicas*. FCE, 1971.
- Kuhn, Thomas S. 1970b. *Postscript – 1969*. Kuhn 1970a: 74-210. Traducción al español: *Postdata: 1969*, en la edición en español de Kuhn 1970b, FCE: 268-319.
- Kuhn, Thomas S. 1977a. *The essential tension*. University of Chicago Press.
- Kuhn, Thomas S. 1977b. Second thoughts on paradigms. En Kuhn (1977a): 293-319.
- Kuhn, Thomas S. 2000. *The road since Structure: Philosophical essays. 1970-1993, with an autobiographical interview*. Compilado por James Conant y John Haugeland. University of Chicago Press.
- Kulinskaya, Elena; Stephan Morgenthaler & Robert G. Staudte. 2008. *Meta analysis – A guide to calibrating and combining statistical evidence*. John Wiley & Sons.
- Kumar, David D. & Daryl E. Chubin (eds.). 2000. *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice*. Kluwer Academic / Plenum Publishers.
- Kung, Shain-Dow & Shang-Fa Yang (eds.). 1998. *Discoveries in plant biology*. Vol. 1. World Publishing Company.
- Kupperberg, Paul. 2008. *The influenza pandemic of 1918-1919*. Chelsea House.

- Kurz, Heinz D. & Neri Salvadori. 2006. Removing an «insuperable obstacle» in the way of an objectivist analysis: Sraffa's attempts at fixed capital. *The European Journal of the History of Economic Thought* 12(3): 493-523. <http://dx.doi.org/10.1080/09672560500240156>
- La Porte, Todd R. (ed.). 1991. *Social responses to large technical systems: Control or anticipation*. Springer.
- Lack, Caleb W. & Jacques Rousseau. 2016. *Critical thinking, science, and pseudoscience: Why we can't trust our brains*. Springer.
- Laitko, Hubert. 1981. Das Tätigkeitskonzept der Wissenschaft – seine heuristischen Möglichkeiten und seine Grenzen [El concepto de la ciencia como actividad: sus posibilidades heurísticas y sus límites]. *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 29(1-6): 199-212.
- Laitko, Hubert. 1991. Friedrich Althoff und die Wissenschaft in Berlin. Konturen einer Strategie [Friedrich Althoff y la ciencia en Berlín. Contornos de una estrategia]. En Brocke (1991a): 69-85.
- Laitko, Hubert. 1996. Chemie und Philosophie: Anmerkungen zur Entwicklung des Gebietes in der Geschichte der DDR [Química y filosofía: notas sobre el desarrollo del área en la historia de la RDA]. En Psarros *et al.* (1996): 37-58.
- Lakatos, Imre & A. Musgrave (eds.). 1974. *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press. En español: *La crítica y el desarrollo del conocimiento científico*. Barcelona: Grijalbo, 1975.
- Lakatos, Imre. 1976. *Philosophical Papers – Volume 1. The Methodology of Scientific Research Programmes*. Cambridge University Press. Traducción en español: *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza Editorial, 1983.
- Lamont, Michèle & Patricia White. 2005. *Workshop on Interdisciplinary Standards for Systematic Qualitative Research: Cultural Anthropology, Law and Social Science, Political Science, and Sociology Programs*. National Science Foundation.
- Larivière, Vincent; Yves Gingras & Éric Archambault. 2009. The decline in the concentration of citations, 1900-2007. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 60(4): 858-862. Reproducido en: https://www.science-metrix.com/sites/default/files/science-metrix/publications/the_decline_in_the_concentration_of_citations_1900-2007_post_print.pdf
- Lassman, Peter & Ronald Speirs. 1994. Introduction. En Weber (1994): vii-xxv.
- Last, Angela. 2018. Of interdisciplinarity. En Lury *et al.* (2018): 197-208.
- Latzin, Ellen. 2006. Lotter-Putsch, 19. Februar 1919. *Historisches Lexikon Bayerns* (publicado el 11/5/2006). http://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Lotter-Putsch,_19._Februar_1919
- Lausberg, Heinrich. 1949 [1990]. *Elemente der literarischen Rhetorik. Eine Einführung für Studierende der klassischen, romanischen, englischen und deutschen Philologie* [Elementos de retórica literaria. Una introducción para estudiantes de filología clásica, romana, inglesa y alemana]. Edición 1990, Hueber Verlag. En español: *Elementos de retórica literaria*, Gredos, 1975.
- Lausberg, Heinrich. 1960. *Handbuch der literarischen Rhetorik: Eine Grundlegung der Literaturwissenschaft* [Manual de retórica literaria. Fundamentos de los estudios de literatura] Dos volúmenes. 3.^a ed. (1990): Franz Steiner Verlag. En inglés: *Handbook of literary rhetoric. A foundation for literary study*. Brill, 1998.
- Lautoury, Celia; Rachel Fensham, Alexandra Heller-Nicholas, Sybille Lammes, Angela Last, Mike Michael & Emma Uprichard (eds.). 2018. *Routledge handbook of interdisciplinary research methods*. Routledge.

- Leavitt, Henrietta S. 1908. 1777 variables in the Magellanic clouds. *Annals of Harvard College Observatory* 60: 87. https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/iarticle_query?journal=AnHar&volume=0060&type=SCREEN_THMB
- Leavitt, Henrietta S. 1912. Periods of 25 variable stars in the small Magellanic Cloud. *Harvard College Observatory Circular* 173: 1-3. https://articles.adsabs.harvard.edu/cgi-bin/iarticle_query?journal=HarCi&volume=0173&type=SCREEN_THMB
- Lebrun, Jean-Luc. 2007. *Guide pratique de rédaction scientifique*. Les Ulis (Cedex A, France): EDP Sciences.
- Lechner, Frank J. 2018. Versions of vocation: Weber's «*Wissenschaft als Beruf*» in translation. *Max Weber Studies* 18(2): 274-293.
- Lehmann, Rudolf. 1921. Anhang: Der gelehrte Unterricht bis zum Weltkrieg. 1892-1914 [Apéndice: La enseñanza impartida hasta la Guerra Mundial. 1892-1914]. En Paulsen (1885/1921), 3.^a ed. (1921): 695-797.
- Lehner, Christoph; Jürgen Renn & Matthias Schemmel (eds.). 2012. *Einstein and the changing worldviews of Physics, 1905/2005*. Springer Science (Birkhäuser).
- Leitner, Gerit von. 1993. *Der Fall Clara Immerwahr: Leben für eine humane Wissenschaft* [El caso de Clara Immerwahr: Vivir para una ciencia más humana]. Beck.
- Lemaître, Georges. 1927. Un Univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extra-galactiques. *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* 47: 49-59.
- Lenard, Philipp. 1936. *Deutsche Physik* (4 vols.). Lehmann.
- Lenin, Vladimir Illich. 1948. *Materialismo y empiriocriticismo*. Ediciones en Lenguas Extranjeras. Originalmente publicado en ruso en 1909.
- Lepsius, M. Rainer. 1977. Max Weber in München. *Zeitschrift für Soziologie* 6(1): 103-118. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/zfsoz-1977-0106/pdf>
- Leslie, Stuart W. 1993. *The Cold War and American science: The military-industrial-academic complex at MIT and Stanford*. Columbia University Press.
- Letchford, Adrian; Helen S. Moat & Tobias Preis. 2015. The advantage of short paper titles. *Royal Society Open Science*, 2: 150266. <https://doi.org/10.1098/rsos.150266>
- Levenson, Thomas. 2003. *Einstein in Berlin*. Bantam Dell.
- Levine, Emily J. 2021. *Allies and rivals: German-American exchange and the rise of the modern research university*. Chicago University Press.
- Leydesdorff, Loet. 2001. *The challenge of scientometrics: The development, measurement, and self-organization of scientific communications*. DSWO Press.
- Leydesdorff, Loet; Lutz Boornmann, Jordan A. Comins & Staša Milojević. 2016. Citations: Indicators of quality? The impact fallacy. *Frontiers in Research Metrics and Analytics* 1: 1. Publicado *online* el 2 de agosto de 2016. <https://doi.org/10.3389/frma.2016.00001>
- Leydesdorff, Loet; Stephen Carley & Ismael Rafols. 2012. Global maps of science based on the new web-of-science categories. *Scientometrics* 94(2): 589-593.
- Leydesdorff, Loet & Staša Milojević. 2015. Scientometrics. En Wright (2015), 21: 322-327.
- Lichtfouse, Eric. 2013. *Scientific writing for impact-factor journals*. Novinka.
- Liddell, Henry George & Robert Scott. 1996. *A Greek-English lexikon*. Edición revisada y aumentada del original publicado en 1843. Clarendon Press.
- LIGO & Virgo. 2016. Observation of gravitational waves from a binary black hole merger. Publicación *online*. https://www.ligo.caltech.edu/system/media_files/binaries/301/original/detection-science-summary.pdf

- Lilienfeld, Scott O.; Steven Jay Lynn & Jeffrey M. Lohr (eds.). 2014. *Science and pseudoscience in clinical psychology*. 2.^a ed. (la primera es de 2002). The Guilford Press.
- Lilienfeld, Scott O., John Ruscio, & Steven Jay Lynn (eds.). 2008. *Navigating the mindfield: A guide to separating science from pseudoscience in mental health*. Prometheus Books.
- Limbeck-Lilienau & Friedrich Stadler. 2015. *Der Wiener Kreis: Texte und Bilder zum Logischen Empirismus* [El Círculo de Viena: Textos e imágenes sobre el empirismo lógico]. LIT Verlag.
- Lindberg, David C. & Robert S. Westman (eds.). 1990. *Reappraisals of the scientific revolution*. Cambridge University Press.
- Lindenlaub, Dieter. 1967. *Richtungskämpfe im Verein für Sozialpolitik. Wissenschaft und Sozialpolitik im Kaiserreich (1890-1914)*. [Disputas jurídicas en la Asociación para la Política Social. Ciencia y política social en el Segundo Imperio (1890-1914)]. Franz Steiner Verlag.
- Lindert, Peter H. & Jeffrey G. Williamson. 1983. English workers' living standard during the Industrial Revolution: A new look. *Economic History Review* 36: 1-25.
- Lingelbach, Gabriele. 2006. Cultural borrowing or autonomous development: American and German universities in the late nineteenth century. En Adam & Gross (2006): 100-123.
- Lippert, Herbert. 1978. Rückzug der deutschen Sprache aus der Medizin? (¿Retirada de la lengua alemana en Medicina?). *Theorie der Gegenwart* 117: 1027-1048. Versión breve en *Medizinische Klinik* 73 (1978): 487-496.
- Lischke, Ralph-Jürgen. 1990. *Friedrich Althoff und sein Beitrag zur Entwicklung des Berliner Wissenschaftssystems an der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert* [Friedrich Althoff y su contribución al desarrollo del sistema científico de Berlín en la transición del siglo XIX al XX]. Edition Sigma.
- Lo Cascio, Vincenzo. 1998. *Gramática de la argumentación*. Alianza Universidad.
- Löffler, Friedrich & Paul Frosch. 1897. Summarischer Bericht über der Ergebnisse der Untersuchungen zur Erforschung der Maul- und Klauenseuche [Informe resumido de los resultados de investigaciones sobre la fiebre aftosa]. *Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten* 22: 257-259 (después de la reforma ortográfica de 1902, *Centralblatt* pasó a escribirse *Zentralblatt*).
- Löffler, Friedrich & Paul Frosch. 1898. Report of the commission for research on foot-and-mouth disease. *Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten* 23: 371-391 (después de la reforma ortográfica de 1902, *Centralblatt* pasó a escribirse *Zentralblatt*). Versión en inglés del *paper* de Löffler & Frosch (1897).
- Longacre, Robert E. 1979. The paragraph as a grammatical unit. En Givón (1979): 115-134.
- Longacre, Robert E. 1980. An apparatus for the identification of paragraph types. *Notes on Translation* (Summer Institute of Linguistics) 15: 5-22.
- López, Marcelo & Miriam Beltrán. 2013. Chile entre pandemias: la influenza de 1918, globalización y la nueva medicina. *Revista Chilena de Infectología* 30(2): 206-215.
- López Sánchez, José María. 2003. Política cultural exterior alemana en España durante la República de Weimar. *Cuadernos de Historia Contemporánea* 25: 235-253.
- Lowie, Robert H. 1917. *Culture and ethnology*. Douglas C. McMurtrie.
- Lunsford, Andrea A.; John J. Ruskiewicz & Keith Walters. 2016. *Everything's an argument – with readings*. Bedford/St Martin.
- Lunsford, Andrea; Kirt Wilson & Rosa Eberly (eds.). 2009. *The Sage handbook of rhetorical studies*. Sage Publications.

- Lury, Celia; Rachel Fensham, Alexandra Heller-Nicholas, Sybille Lammens, Angela Last, Mike Michael & Emma Uprichard (eds.). *Routledge handbook of interdisciplinary research methods*. Routledge.
- Lustig, Abigail; Robert J. Richards & Michael Ruse (eds.). 2004. *Darwinian heresies*. Cambridge University Press.
- Lustig, Alice & Arnold J. Levine. 1992. One hundred years of virology. *Journal of Virology* 66(8): 4629-4631. doi: <https://doi.org/10.1128/jvi.66.8.4629-4631.1992>
- Luski, M. B. 1958. *Interdisciplinary team research: Methods and problems*. New York University Press.
- Lyall, Catherine; Joyce Tait, Laura Meagher & Ann Bruce 2011. *Interdisciplinary research journeys: Practical strategies for capturing creativity*. Bloomsbury.
- Liotard, Jean-François. 1979. *La condition postmoderne: Rapport sur le savoir*. Éditions de Minit.
- MacDonald, Michael J. (ed.). 2017. *The Oxford handbook of rhetorical studies*. Oxford University Press.
- MacDonogh, Giles. 2000. *The last Kaiser: William the Impetuous*. Weidenfeld & Nicolson.
- Mach, Ernst. 1883. *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt* [La mecánica en su desarrollo, presentado histórica y críticamente]. 9.ª ed. (1933), reeditada en 1991 (Wissenschaftliches Buchgesellschaft). Traducción en inglés: *The science of mechanics: A critical and historical account of its development* (Open Court, 1974).
- Mach, Ernst. 1886. *Die Analyse der Empfindungen und des Verhältnis des Physischen zum Psychischen* [El análisis de las sensaciones y de la relación entre lo físico y lo psicológico]. 9.ª ed. (1922) reeditada en 1991 (Wissenschaftliches Buchgesellschaft). Traducción en inglés: *The analysis of sensations and the relation of the physical to the psychical* (Dover, 1959).
- Mach, Ernst. 1896. *Die Prinzipien der Wärmelehre: Historisch-Kritisch entwickelt* [Los principios de la termodinámica desarrollados histórica y críticamente]. 4.ª ed. (1923) reeditada en 1981 (Darmstadt: Wissenschaftliches Buchgesellschaft). Traducción en inglés de la cuarta edición: *Principles of the theory of heat: Historically and critically elucidated* (Países Bajos: Reidel, 1986).
- Mach, Ernst. 1905. *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung* [Conocimiento y error. Bocetos sobre una psicología de la investigación]. Leipzig: Barth. 5.ª ed. (1926) reeditada en 1991 (Wissenschaftliches Buchgesellschaft). En inglés: *Knowledge and Error. Sketches on the Psychology of Enquiry*. Reidel, 1976. En español: *Conocimiento y error*. Espasa-Calpe, 1948.
- Mach, Ernst. 1910. Sinnliche Elemente und naturwissenschaftliche Begriffe. *Pflüger's Archiv für die gesamte Physiologie des Menschen und der Tiere* [Elementos sensoriales y conceptos de las ciencias naturales. Archivo de Pflüger sobre la fisiología conjunta de los hombres y los animales] 136: 263-274. Versión en inglés: *Sensory elements and scientific concepts*. En Blackmore (1992): 118-126.
- Macháček, Vit & Martin Srholec. 2021. Predatory publishing in Scopus: Evidence on cross-country differences. *Scientometrics* 126: 1897-1921. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-020-03852-4>
- Machery, Edouard & Kara Cohen. 2012. An evidence-based study of the evolutionary behavioral sciences. *The British Journal for the Philosophy of Science* 63(1): 177-226.
- Machi, Lawrence A. & Brenda T. McEvoy. 2016. *The literature review: Six steps to success*. 3.ª ed. Corwin.
- Mack, Chris A. 2018. *How to write a good scientific paper*. Spie.

- MacLeod, William B. & Miguel Urquiola. 2020. *Why does the U. S. have the best research universities? Incentives, resources, and virtuous circles*. National Bureau of Economic Research Working Paper n.º 28279. <http://www.nber.org/papers/w28279> y <https://ssrn.com/abstract=3756311>
- Maddison, Angus. 2007. *The world economy: A millennial perspective*. París: OECD.
- Maddox, Brenda. 2002. *Rosalind Franklin: The dark lady of DNA*. HarperCollins.
- Maher, John. 1986. The development of English as an international language of medicine. *Applied Linguistics* 7: 206-218.
- Mahinnen, Juha & Friedrich Stadler (eds.). 2010. *The Vienna Circle in the Nordic countries: Networks and transformations of logical empiricism*. Springer.
- Mahy, Brian W. J. & Marc H. V. van Regenmortel (eds.). 2009. *Desk encyclopedia of general virology*. Academic Press.
- Maintz, Renate. 1991. A view from the social sciences. En La Porte (1991): 181-185.
- Mäki, Uskali. 1986. Rhetoric at the expense of coherence: A reinterpretation of Milton Friedman's methodology. *Research in the History of Economic Thought and Methodology* 4: 127-143.
- Mäki, Uskali. 1988. How to combine rhetoric and realism in the methodology of economics. *Economics and Philosophy* 4: 89-109. Reproducido en Caldwell (1993).
- Mäki, Uskali (ed.). 2009. *The methodology of positive economics: Reflections on the Milton Friedman legacy*. Cambridge University Press.
- Mäki, Uskali (ed.). 2012. *The philosophy of economics*. Vol. 13 de la serie *Handbook of the Philosophy of Science*. North Holland-Elsevier.
- Mäki, Uskali. 2016. Philosophy of interdisciplinarity: What? Why? How? *European Journal for Philosophy of Science* 6(3): 327-342. <https://doi.org/10.1007/s13194-016-0162-0>
- Mäki, Uskali & Miles MacLeod. 2016. Interdisciplinarity in action: Philosophy of science perspectives. *European Journal for Philosophy of Science* 6(3): 323-326. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs13194-016-0161-1>
- Maletta, Hector. 2009. *Epistemología aplicada: metodología y técnica de la producción científica*. Lima (Perú): edición conjunta de CIES, CEPES y Universidad del Pacífico. <https://www.cies.org.pe/es/publicaciones/otras-investigaciones/epistemologia-y-tecnica-de-la-produccion-cientifica>
- Maletta, Hector. 2019. *Hacer ciencia: teoría y práctica de la producción científica*. Edición corregida (la primera edición fue publicada en 2015). Lima: Fondo Editorial de la Universidad del Pacífico. <https://fondoeditorial.up.edu.pe/producto/hacer-ciencia-teoria-y-practica-de-la-produccion-cientifica/>. <https://www.sbs.com.pe/catalog/9789972573392>
- Manegold, Karl-Heinz. 1978. Technology academised: Education and training of the engineer in the 19th century. En Krohn *et al.* (1978): 137-158.
- Marafioti, Roberto. 2003. *Los patrones de la argumentación: La argumentación en los clásicos y en el siglo XX*. Biblos.
- Marafioti, Roberto & Cristian Santibáñez (eds.). 2008. *Teoría de la argumentación: a 50 años de Perelman y Toulmin*. Biblos.
- Marchionatti, Roberto & Mario Cedrini. 2013. *Economics as social science: Economics imperialism and the challenge of interdisciplinarity*. Routledge.
- Marcuzzo, Maria Cristina. 2006. Piero Sraffa at the University of Cambridge. *The European Journal of the History of Economic Thought* 20(3): 425-452.
- Margolis, Howard. 1993. *Paradigms and barriers: How habits of mind govern scientific beliefs*. University of Chicago Press.
- Mariotti, Annarita. 2019. Female climate science pioneer steps out of obscurity. *Nature* 571: 174. <https://www.nature.com/articles/d41586-019-02117-2>

- Markiewicz, Jan; Wojciech Gubala & Jerzy Labedz. 1994. A study of the cyanide compounds content in the walls of the gas chambers in the former Auschwitz and Birkenau concentration camps. Publicación original en polaco en 1994 en *Z Zagadnien Zadowych*, la revista del Instituto de Investigación Forense de Cracovia (30): 17-27. Traducción en inglés: <https://phdn.org/archives/holocaust-history.org/auschwitz/chemistry/iffir/report.shtml>
- Marshall, Alfred & Mary Paley Marshall. 1879. *The economics of industry*. Londres: MacMillan.
- Marshall, Alfred. 2013. *Principles of economics*. Reimpresión de la octava edición (1920). Palgrave MacMillan. La primera edición es de 1890.
- Marshall, Mary Paley. 1947. *What I remember*. Cambridge University Press.
- Martinez, Jean-Philippe. 2019. The «Mach argument» and its use by Vladimir Fock to criticize Einstein in the Soviet Union. En Stadler (2019): 259-270.
- Martínez Caro, Elena. 2014. El párrafo como unidad discursiva: consideraciones de forma y contenido relativas a su demarcación y estructuración. *Estudios de Lingüística del Español* 35: 189-213. <https://raco.cat/index.php/Elies/article/view/285729>
- Martínez Castillo, María Cristina. 2015. *La argumentación en la enunciación: La construcción del proceso argumentativo en el discurso*. Universidad del Valle.
- Maté, Andrés; Miklós Rédei & Friedrich Stadler (eds.). 2011. *Der Wiener Kreis in Ungarn* [El Círculo de Viena en Hungría]. Springer.
- Matthews, Michael R. (ed.). 2014. *International handbook of research in history, philosophy, and science teaching*. Springer.
- Matthews, Michael R. 2015. *Science teaching: The contribution of history and philosophy of science*. 20th anniversary revised and expanded edition. Routledge (primera edición: 1994). En español: *La enseñanza de la ciencia. Un enfoque desde la historia y filosofía de la ciencia*. FCE, 2017.
- Matthews, Michael R. (ed.). 2018. *History, philosophy and science teaching: New perspectives*. Springer.
- Maurais, Jacques; Pierre Dumont, Jean-Marie Klinkenberg, Bruno Meurer & Patrick Chardenet (eds.). 2008. *L'avenir du français*. AUF.
- Maurais, Jacques & Michael Morris (eds.). 2003. *Languages in a globalising world*. Cambridge University Press.
- Mauranen, Anna; Niina Hynninen & Elina Ranta. 2016. English as the academic lingua franca. En Hyland & Shaw (2016): 44-55.
- Mayer, Adolf. 1886. Über die Mosaikkrankheit des Tabaks [Sobre la enfermedad del mosaico del tabaco]. *Die Landwirtschaftliche Versuchs-stationen* [Las estaciones de experimentación agrícola] 32: 451-467.
- Mayer, Jacob-Peter. 1944. *Max Weber and German politics*. Londres: Faber. 2.ª ed. (1956): Londres: Faber. 3.ª ed. (1998): Routledge.
- McCaughey, Robert A. 1974. The transformation of American academic life: Harvard University, 1821-1892. *Perspectives in American History* 8: 239-332.
- McClelland, Charles E. 1980. *State, society, and university in Germany, 1700-1914*. Cambridge University Press.
- McCloskey, D. N. 1998. *The rhetoric of economics*. University of Wisconsin Press.
- McCloskey, D. N. 2000. *Knowledge and persuasion in economics*. Cambridge University Press.
- McCloskey, D. N. 2018. *Economical writing. Thirty-five rules for clear and persuasive prose*. The University of Chicago Press.
- McCloskey, D. N. & John Nelson (eds.). 1994. *A handbook on rhetoric of inquiry*. Blackwell.

- McGregor, Russell (2002). «Breed out the colour» or the importance of being white. *Australian Historical Studies* 33(120): 286-302. doi:10.1080/10314610208596220.
- McHardy, Kenneth C. & John R Petrie. 2020. First among equals: Macleod, Banting, and the discovery of insulin in Toronto. En Jürgens & Porta (2020): 73-83.
- McIntyre, Lee. 2019. *The scientific attitude: Defending science from denial, fraud, and pseudoscience*. The MIT Press.
- McKenzie, Robert M. 2010. *The social psychology of English as a global language. Attitudes, awareness, and identity in the Japanese context*. Springer.
- McNally, James Richard. 1970. Toward a definition of rhetoric. *Philosophy and Rhetoric* 3(2): 71-81.
- Medeiros, João Bosco. 2006. *Redação científica*. Atlas.
- Meder, Stephan; Arne Duncker & Andrea Czelk. 2010. *Die Rechtsstellung der Frau um 1900* [El estatus legal de la mujer alrededor de 1900]. Böhlau Verlag.
- Medvedev, Zhores A. 1969. *The rise and fall of T. D. Lysenko*. Columbia University Press.
- Mendel, Johann Gregor. 1866. Versuche über Pflanzenhybriden. *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn*, Bd. IV: 3-47. [Estudios sobre híbridos de plantas. *Actas de la Asociación de Naturalistas de Brno*, volumen IV: 3-47].
- Mendel, Johann Gregor. 1901. Experiments in plant hybridization. Traducción de C. T. Druery y William Bateson. *Journal of the Royal Horticultural Society* 26: 1-32.
- Mendelsohn, Everett. 1964. The emergence of science as a profession in 19th century Europe. En Hill (1964): 3-48.
- Menger, Karl. 1994. *Reminiscences of the Vienna Circle and the Mathematical Colloquium*. Edición póstuma a cargo de L. Golland, B. McGuinness y A. Sklar. Kluwer.
- Menger, Karl. 1998a. *Ergebnisse eines Mathematischen Kolloquiums* [Resultados de un coloquio matemático]. Reedición de algunos artículos seleccionados de los volúmenes 1 al 8 de la revista; edición póstuma a cargo de Egbert Dierker y Karl Sigmund, con contribuciones de varios comentaristas. Springer Verlag.
- Menger, Karl. 1998b. On the direction of ideas and the principal tendencies of the Vienna Mathematical Colloquium. En Menger (1998a): 63-76. Publicado originalmente en italiano en 1935.
- Merriam-Webster. 1991. *The Merriam-Webster's concise handbook for writers*. Merriam-Webster Inc.
- Merton, Robert K. 1936. Puritanism, pietism and science. *Sociological Review* 28: 1-30. Reproducido en Merton (1968a): 628-660.
- Merton, Robert K. 1938. *Science, technology and society in seventeenth century England*. Nueva edición: Harper & Row, 1970.
- Merton, Robert K. 1939. Science and economy in seventeenth century England. *Science and Society* 3: 3-27. Reproducido en Merton (1968a): 661-681.
- Merton, Robert K. 1942. Science and technology in a democratic order. *Journal of Legal and Political Sociology* 1: 115-126. Reproducido en Merton (1968a): 588-598, con el título «Science and democratic social structure», y también en Merton (1973a): 267-278, con el título «The normative structure of science».
- Merton, Robert K. 1968a. *Social theory and social structure (enlarged edition)*. Free Press (primera edición: 1949). En español: *Teoría y estructura social*, FCE, 1964 (basada en la reedición de 1957).

- Merton, Robert K. 1968b. The Matthew effect in science. *Science* 159(3810): 56-63. Reproducido en Merton (1973a): 439-459.
- Merton, Robert K. 1973a. *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. University of Chicago Press. Traducción: *La sociología de la ciencia*. Alianza Editorial, 1977.
- Merton, Robert K. 1973b. Institutionalized patterns of evaluation in science. En Merton (1973a): 460-496 (con Harriet Zuckerman mencionada como colaboradora). Versión original: Zuckerman & Merton, 1971.
- Merton, Robert K. 1988. The Matthew effect in science, II: Cumulative advantage and the symbolism of intellectual property. *Isis* 79(4): 606-623.
- Meurer, Bärbel (ed.). 2004a. *Marianne Weber. Beiträge zu Werk und Person* [Aportes sobre su persona y su obra]. Mohr Siebeck.
- Meurer, Bärbel. 2004b. Marianne Webers wissenschaftliche Arbeit und ihre Beziehung zur Wissenschaft Max Webers [El trabajo científico de Marianne Weber y su relación con la obra científica de Max Weber]. En Meurer (2004): 213-240.
- Meurer, Bärbel. 2010. *Marianne Weber. Leben und Werk* [Vida y obra]. Mohr Siebeck.
- Meurer, Bärbel (ed.). 2013. *Max und Marianne Weber und ihre Beziehung zu Oerlinghausen* [Max y Marianne Weber y su relación con Oerlinghausen]. Aisthesis Verlag.
- Meurer, Bärbel. 2017. Marianne Weber (1870–1954) – Gastgeberin des Heidelberger Sonntagsskreises [Anfitriona de los círculos dominicales en Heidelberg]. En Borgstedt *et al.* (2017): 411-418.
- Meyer, Stephen C. 2013. *Darwin's doubt: The explosive origin of animal life and the case for intelligent design*. HarperOne.
- Meyer, Stephen C. 2021. *Return of the God hypothesis: Three scientific discoveries that reveal the mind behind the universe*. HarperOne.
- Michels, Eckard. 2010. Die «Spanische Grippe» 1918/19. Verlauf, Folgen und Deutungen in Deutschland im Kontext des Ersten Weltkriegs [La «gripe española» 1918-19. Desarrollo, consecuencias e interpretaciones en Alemania en el contexto de la Primera Guerra Mundial]. *Vierteljahrshefte für Zeitgeschichte* [Cuadernos trimestrales de Historia Contemporánea] 58(1): 1-33.
- Michels, Stefan. 1992. Recent changes in the status of German as a language of Chemistry. En Ammon & Hellinger (1991): 408-420.
- Michelson, Albert A. & Edward W. Morley. 1887. On the relative motion of the Earth and the luminiferous ether. *American Journal of Science* 34(203): 333-345.
- Mill, John Stuart. 1843. *A system of logic, ratiocinative and inductive, being a connected view of the principles of evidence, and the methods of scientific investigation*. 2 vols. John W. Parker. 8.^a ed. definitiva: Longmans, Green, Reader & Dyer (1872, 2 vols.), reeditada en 1 vol. por Harper & Brothers (1882). Versión en español: *Sistema de lógica inductiva y deductiva*. Jorro Editor (1917).
- Miller-Loessi, Karen & Deborah Henderson. 1997. Changes in American society: The context for academic couples. En Ferber & Loeb (1997): 25-43.
- Mitzman, Arthur. 1971. *The iron cage: An historical interpretation of Max Weber*. Grossett & Dunlap.
- Mohr, Hans. 1983. Evolutionäre Erkenntnistheorie: A Plädoyer für ein Forschungsprogramm [Epistemología evolucionaria: Petición de un programa de investigación]. *Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften: Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse* [Informes de la Academia de Ciencias de Heidelberg, Sección de Matemática y Ciencias Naturales], sesión del 2 de julio de 1983: 223-232. Springer.

- Mommsen, Wolfgang. 1959/2004. *Max Weber und die deutsche Politik 1890-1920* [Max Weber y la política alemana 1890-1920]. Mohr Siebeck. 3.ª ed. ampliada: 2004. En inglés: *Max Weber and German politics, 1890-1920*. University of Chicago Press, 1984 (basada en la edición de 1959).
- Mommsen, Wolfgang. 1998. *Max Weber und die deutsche Revolution 1918/19* [Max Weber y la revolución alemana 1918/19]. Stiftung Reichpräsident Friedrich Ebert [Fundación Presidente Friedrich Ebert].
- Mommsen, Wolfgang & Jürgen Osterhammel (eds.). 2006. *Max Weber and his contemporaries*. Routledge.
- Mommsen, Wolfgang & Wolfgang Schluchter. 1992a. Einleitung [Introducción]. En Weber (1992): 1-46.
- Mommsen, Wolfgang & Wolfgang Schluchter. 1992b. Wissenschaft als Beruf – Editorischer Bericht [La ciencia como vocación – Informe de los editores]. En Weber (1992): 49-69.
- Mongardini, Carlo & Simonetta Tabboni (eds.). 2017. *Robert K. Merton and contemporary sociology*. Routledge.
- Montgomery, Scott L. 2013. *Does science need a global language? English and the future of research*. University of Chicago Press.
- Monto, Arnold S, & Robert G. Webster. 2012. Influenza pandemics: History and lessons learned. En Webster *et al.* (2012): 20-33.
- Montolio, Estrella (ed.). 2000. *Manual práctico de escritura académica*. Ariel.
- Montolio, Estrella (ed.). 2014. *Manual de escritura académica profesional*. 2 vols. Ariel.
- Moran, Jim. 2002. *Interdisciplinarity*. Routledge.
- Morcillo Laiz, Álvaro. 2012. Aviso a los navegantes. La traducción al español de *Economía y sociedad* de Max Weber. *Estudios Sociológicos* 30(90): 609-640.
- Morcillo Laiz, Álvaro. 2019. Introduction: Max Weber's «science as a vocation» as a political failure. *Journal of Classical Sociology* 19(3): 223-228. <http://dx.doi.org/10.1177/1468795X19851372>
- Moreso, Josep Joan. 2006. *Lógica, argumentación e interpretación en el derecho*. Barcelona: UOC.
- Morganna, Ruly. 2017. Theoretical, pedagogical, practical views, and the shift of genre-based instruction. *English Franca – Academic Journal of English Language and Education* 1(1): 81-100.
- Morrison, David (2001). Velikovsky at fifty: Cultures in collision on the fringes of science. *Skeptical* 9(1): 62-76; reimpresso en Shermer (2002a).
- Moser, Petra; Alessandra Voena & Fabian Waldinger. 2014. German Jewish émigrés and US invention. *American Economic Review* 104(10): 3222-3255.
- Motz, Markus (ed.). 2005. *Englisch oder Deutsch in internationalen Studiengängen?* [¿Inglés o alemán en los cursos internacionales?]. Peter Lang.
- MPG. s. f. *History of the Kaiser Wilhelm Society 1909-1945*. Max Plank Gesellschaft (sin fecha). Consultado el 15 de diciembre de 2021. https://www.mpg.de/195494/Kaiser_Wilhelm_Society
- Mueller, Gert H. 1982. Socialism and capitalism in the work of Max Weber. *The British Journal of Sociology* 33(2): 151-171.
- Mukherjee, Siddhartha. 2016. *The Gene: An intimate history*. Scribner (Simon and Schuster).
- Mulder, Henk L. 1968. Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis [Concepción científica del mundo. El Círculo de Viena]. *Journal of the History of Philosophy* 6: 368-390.
- Murayama, Kou; Reinhard Pekrun & Klaus Fiedler. 2014. Research practices that can prevent an inflation of false-positive rates. *Personality and Social Psychology Review* 18(2): 107-118.

- MWG. 1984-2020. *Max Weber Gesamtausgabe* [Obras completas]. Mohr-Siebeck. Edición crítica de las obras completas de Max Weber, publicada entre 1984 y 2020. Comprende tres partes: I. Escritos y discursos, II. Cartas, y III. Lecciones, con 45 volúmenes de obras y 2 volúmenes de índices. <https://mwg.badw.de/en/the-project.html>
- Myrskylä, Mikko; Hans-Peter Kohler & Francesco C. Billari. 2009. Advances in development reverse fertility declines. *Nature* 460: 741-743.
- Myrskylä, Mikko; Hans-Peter Kohler & Francesco C. Billari. 2011. *High development and fertility: Fertility at older reproductive ages and gender equality explain the positive link*. Population Studies Center, University of Pennsylvania, PSC. Working Paper Series, PSC 11-06. http://repository.upenn.edu/psc_working_papers/30
- Myrskylä, Mikko; Joshua R. Goldstein & Yen-Hsin Alice Cheng. 2013. New cohort fertility forecasts for the developed world: Rises, falls, and reversals. *Population and Development Review* 39(1): 31-56.
- Næss, Arne. 1993. Logical empiricism and the uniqueness of the Schlick seminar: A personal experience with consequences. En Stadler (1993): 11-25.
- Nagel, Ernest. 1961. *The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation*. Hackett. 2.ª ed. (1979). Traducción castellana: *La estructura de la ciencia* (Paidós Ibérica, 2006).
- Nagel, Ernest & James R. Newman. 2001. *Gödel's proof*. 2.ª ed. revisada (revisión y prefacio a cargo de Douglas R. Hofstadter). New York University Press. La primera edición fue publicada en 1958.
- Naldi, Nerio. 2006. Piero Sraffa: Emigration and scientific activity (1921-45). *The European Journal of the History of Economic Thought* 20(3): 379-402.
- Nardinelli, Clark. 1990. *Child labor and the Industrial Revolution*. Indiana University Press.
- Naroll, Raoul & Ronald Cohen (eds.). 1970. *A handbook of method in cultural anthropology*. National History Press.
- Nash, Margaret A. (ed.). 2018. *Women's higher education in the United States – New historical perspectives*. Palgrave Macmillan.
- NAS-NAE-IM. 2005. *Facilitating interdisciplinary research*. Committee on Facilitating Interdisciplinary Research, and Committee on Science, Engineering and Public Policy, of the National Academy of Sciences, the National Academy of Engineering, and the Institute of Medicine. National Academies Press.
- National Research Council. 2010. *Gender differences at critical transitions in the careers of science, engineering, and mathematics faculty*. National Academies Press.
- Navarro, Federico. 2021. Más allá de la alfabetización académica: las funciones de la escritura en educación superior. *Revista Electrónica Leer, Escribir y Descubrir* 1(9): 38-56. Publicado originalmente en 2018 en el libro editado por M. A. Alves & V. Iensen Bortoluzzi (eds.), *Formação de professores: ensino, linguagens e tecnologias*. Editora Fi (Porto Alegre, Brasil): 13-49.
- Navarro, Fernando A. 1996. Englisch oder Deutsch? Die Sprache der Medizin aufgrund der in der *Deutschen Medizinischen Wochenschrift* erschienenen Literaturangaben (1920 bis 1995) [¿Inglés o alemán? El lenguaje de la medicina basado en la información bibliográfica publicada en el *Semanario Médico Alemán* (1920 a 1995)]. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 121: 1561-1566.
- Nebelin, Manfred. 1991. Die Reichsuniversität Straßburg als Modell und Ausgangspunkt der deutschen Hochschulreform [La Universidad Imperial de Estrasburgo como modelo y punto de partida para la reforma universitaria alemana]. En Brocke (1991a): 61-68.

- Negishi, Takashi. 2006. Michio Morishima and history: An obituary. *The European Journal of the History of Economic Thought* 20(3): 553-557.
- Nelson, John, Allan Megill & D. N. McCloskey (eds.). 1987. *The rhetoric of the human sciences: Language and argument in scholarship and public affairs*. University of Wisconsin Press.
- Nelson, Leonard. 2016. *A theory of philosophical fallacies*. Springer.
- Nelson, Richard & Sidney Winter. 1982. *An evolutionary theory of economic change*. Harvard University Press.
- Nesfield, John Collinson. 1954. *Manual of English grammar and composition*. MacMillan. Reimpresión de la edición de 1939. (La primera edición fue publicada en 1898; hay múltiples reediciones y revisiones).
- Neurath, Otto. 1973. *Empiricism and sociology*. Reidel.
- Newman, Mark E. J. 2001. The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) 98: 404-409.
- Newman, Mark E. J. 2004. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) 101 (Supplement 1): 5200-5205. <http://www.pnas.org/content/101/suppl.1/5200.full.pdf+html>
- Ng, Marie *et al.* (total: 140 autores). 2014. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet* 384: 766-781. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)60460-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(14)60460-8)
- Nicholson, K. G.; Robert G. Webster & A. J. Hay (eds). 1998. *Textbook of influenza*. Blackwell.
- Niederhauser, Jürg. 2009. Rhetorik und Stilistik in den Naturwissenschaften [Retórica y estilística en las Ciencias Naturales]. En Fix *et al.* (2009), 2: 1949-1965.
- Normand, Sharon-Lise. 1999. Meta-analysis: Formulating, evaluating, combining, and reporting. *Statistics in Medicine* 18: 321-359.
- Nottmeier, Christian. 2004. *Adolf von Harnack und die deutsche Politik 1890–1930: Eine biographische Studie zum Verhältnis von Protestantismus, Wissenschaft und Politik* [Adolf von Harnack y la política alemana 1890-1930: Un estudio biográfico sobre la relación del protestantismo, la ciencia y la política]. Mohr.
- Nowak, Kurt & Otto G. Oexle (eds.). 2001. *Adolf von Harnack. Theologe, Historiker, Wissenschaftspolitiker* [Teólogo, historiador, responsable de la política científica]. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Nowotny, Helga; Peter Scott & Michael Gibbons. 2001. *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*. Polity Press.
- NRC (National Research Council). 1978/1981. *Peer review in the National Science Foundation*. Phase One of the study: 1978; Phase Two: 1981. National Academies Press.
- NSF. 2006. *Impact of transformative interdisciplinary research and graduate education on academic institutions*. Integrative Graduate Education and Research Traineeship (Igert) Program. NSF 09-33 Igert Workshop Report. National Science Foundation. https://www.nsf.gov/pubs/2009/nsf0933/igert_workshop08_2.pdf
- Nunan, David. 2003. The impact of English as a global language on educational policies and practices in the Asia-Pacific Region. *Tesol Quarterly* 37(4): 589-613.
- O'Connell, Agnes N. & Nancy Felipe Russo (eds.). 1983-2001. *Models of achievement: Reflections of eminent women in psychology*. Tres volúmenes. Vol. I (1983), Columbia University Press. Vols. II (1988) y III (2001), Lawrence Erlbaum.

- O'Boyle, Lenore. 1983. Learning for its own sake: The German university as nineteenth-century model. *Comparative Studies in Society and History* 25(1): 3-25. doi: <https://doi.org/10.1017/S0010417500010288>
- O'Hear, Anthony. 2012. Evolutionary epistemology: Its aspirations and limits. En Brinkworth & Weinert (2012): 85-92.
- Oexle, Otto Gerhard. 2001. *Scientia generalis*. Harnack, die Königlich Preußische Akademie der Wissenschaften und das Erbe von Gottfried Wilhelm Leibniz [Ciencia general. Harnack, la Academia Prusiana de Ciencias y el legado de Gottfried Wilhelm Leibniz]. En Nowak & Oexle (2001): 85-112.
- Olby, Robert. 1994. *The path to the double helix: The discovery of DNA*. Dover Books. Nueva edición corregida y aumentada de la publicación original (University of Washington Press, 1974).
- Olfman, Sharna (ed.). 2015. *The science and pseudoscience of children's mental health: Cutting edge research and treatment*. Praeger.
- Olivares, Carmen. 1982. El párrafo: estructura y función. *Cuadernos de Investigación Filológica* 8: 17-38.
- Oliver, Paul. 2012. *Succeeding with your literature review*. Open University Press.
- Ortiz-Ocaña, Alexander. 2018. La configuración de la tesis doctoral. Su estructura, redacción, defensa y publicación. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (Colombia) 14(2): 102-131.
- Ortner Donald J. 1976a. Microscopic and molecular biology of human compact bone. An anthropological perspective. *Yearbook of Physical Anthropology* 20: 35-44.
- Ortner Donald J. 1976b. The paleopathology program at the Smithsonian Institution: Purposes and present status. *Bulletin of the New York Academy of Medicine* 52: 1197-1206.
- Ortner, Donald J. & Walter G. J. Putschar. 1981. *Identification of pathological conditions in human skeletal remains*. Smithsonian Institution Press.
- Ortner, Donald J.; Michael Schultz, Gordon Turner-Walker & Noreen Tuross. 2003. *Identification of pathological conditions in human skeletal remains* (2.ª ed. actualizada de Ortner & Putschar, 1981). Elsevier/Academic Press.
- Oruç, A. Yavuz. 2012. *Handbook of scientific proposal writing*. CRC Press.
- Oshima, Alice & Ann Hogue. 1997. *Introduction to academic writing*. Longman.
- Oßwald-Bargende, Sybille. 2020. *Richtungsweisend. Die Frauenrechtlerin Marianne Weber als erste parlamentarische Rednerin* [Señalando el camino. La activista por los derechos de las mujeres Marianne Weber como primera oradora parlamentaria]. En Holtz & Schraut (2020): 169-186.
- Ostler, Nicholas. 2010. *The last lingua franca. English until the return of Babel*. Walker & Co.
- Ostrom John & William Cook. 1993. *Paragraph writing simplified*. Random House.
- Ostwald, Wilhelm. 1909. Die Frauen und die Wissenschaft [Las mujeres y la ciencia]. *Berlin Neueste Nachrichten, Unterhaltungsbeilage* [Últimas Noticias de Berlín, Suplemento de Entretenimiento], 21 de diciembre de 1909.
- Ottmers, Clemens. 2007. *Rhetorik*. Metzler Verlag.
- Overington, Michael A. 1977. The scientific community as audience: Toward a rhetorical analysis of science. *Philosophy and Rhetoric* 10(3): 143-164.
- Pais, Abraham. 2005. *Subtle is the Lord: The science and the life of Albert Einstein*. 2.ª ed. (la primera fue publicada en 1982). Oxford University Press.
- Palmer, Alan (1978). *The kaiser: Warlord of the Second Reich*. Charles Scribner's Sons.

- Paltridge, Brian & Sue Starfield. 2013. *The handbook of English for specific purposes*. Wiley.
- Pan, Lin. 2015. *English as a global language in China. Deconstructing the ideological discourses of English in language education*. Springer.
- Pan, Lin. 2017. *Preparing literature reviews: Qualitative and quantitative approaches*. Routledge.
- Pardalos, Panos M. & Themistocles M. Rassias (eds.). 2014. *Mathematics without boundaries. Surveys in interdisciplinary research*. Springer.
- Park, Han W. & Loet Leydesdorff. 2009. Knowledge linkage structures in communication studies using citation analysis among communication journals. *Scientometrics* 81: 157-175.
- Parkin, Frank. 2002. *Max Weber*. Edición revisada (Primera edición: 1982). Routledge.
- Pasinetti, Luigi L. 2006. The Sraffa-enigma: Introduction. *The European Journal of the History of Economic Thought* 20(3): 373-378.
- Pasteur, Louis. 1922-1939. *Œuvres de Pasteur*. 7 volúmenes. Masson et Compagnie, Éditeurs. Disponible *online* en los archivos de la Bibliothèque Nationale de France, <https://gallica.bnf.fr/>
- Patterson, Karl David. 1987. *Pandemic influenza 1700-1900: A study in historical epidemiology*. Rowman & Littlefield.
- Patterson, Karl David & Gerald F. Pyle. 1991. The geography and mortality of the 1918 influenza pandemic. *Bulletin of the History of Medicine* 65: 4-21.
- Paulsen, Friedrich. 1885/1921. *Geschichte des gelehrten Unterrichts auf den deutschen Schulen und Universitäten vom Ausgang des Mittelalters bis zur Gegenwart* [Historia de la enseñanza impartida en las escuelas y universidades alemanas desde finales de la Edad Media hasta la actualidad]. 2.^a ed.: 1896. La tercera edición póstuma (1921), basada en la edición de 1896, incluye un apéndice sobre el período 1892-1914 (Lehmann, 1921). Dos volúmenes: vol. 1 (1450-1740) y vol. 2 (1740-1914). De Gruyter.
- Paulsen, Friedrich. 1902. *Die deutschen Universitäten und das Universitätsstudium* [Las universidades alemanas y el estudio universitario]. Asher.
- Paulsen, Friedrich. 1906. *The German universities and university study*. Edición en inglés de Paulsen (1902). Charles Scribner's Sons. Con prefacio de Michael E. Sadler.
- Pavelec, Sterling Michael (ed.). 2010. *The military-industrial complex and American society*. ABC-CLIO.
- Payne, Susan. 2017. *Viruses: From understanding to investigation*. Elsevier /Academic Press.
- Peat, Jennifer; Elizabeth Elliott, Louise Baur & Victoria Keena. 2002. *Scientific writing: Easy when you know how*. BMJ Books.
- Pedersen, Christina Hee. 2021. *Crafting collaborative research methodologies: Leaps and bounds in interdisciplinary inquiry*. Routledge.
- Peirce, William S. & Peter Kruger. 1993. Entrepreneurship in a bureaucracy: The case of Friedrich Althoff. *Journal of Economic Studies* 20(4/5): 52-70.
- Perelman, Chaim. 1977. *L'empire rhétorique. Rhétorique et argumentation*. J. Vrin. En inglés: *The realm of rhetoric*. University of Notre Dame Press, 1982. En español: *El imperio retórico: retórica y argumentación*. Norma (Bogotá), 1997.
- Perelman, Chaim. 1979. *The new rhetoric and the humanities: Essays on rhetoric and its applications*. Reidel.
- Perelman, Chaim & Lucie Olbrechts-Tyteca. 1958. *La nouvelle rhétorique. Traité de l'argumentation*. Presses Universitaires de France. 5.^a ed. en francés: Éditions de l'Université de Bruxelles, 1989. En español: *Tratado de la argumentación – La nueva retórica*. Traducción de la quinta edición en francés. Gredos (1989 y reimpressiones).

- Pérez, Sebastián C. & Carolina López Ruiz. 2020. *Tarteso y los fenicios de Occidente*. Almuzara.
- Pfetsch, Frank R. 1974. *Zur Entwicklung der Wissenschaftspolitik in Deutschland, 1750-1914* [Sobre el desarrollo de la política científica en Alemania, 1750-1914]. Duncker & Humblot.
- Phillips, Howard & David Killingray (eds.). 2003. *The Spanish influenza pandemic 1918-19: New perspectives*. Routledge.
- Pigliucci, Massimo. 2013. The demarcation problem: A (belated) response to Laudan. En Pigliucci & Boudry (2013): 9-28.
- Pigliucci, Massimo & Maarten Boudry (eds.). 2013. *Philosophy of pseudoscience: Reconsidering the demarcation problem*. University of Chicago Press.
- Pigott, Terri D. 2012. *Advances in meta-analysis*. Springer.
- Pina, Marco & Nathalie Gontier (eds.). 2014. *The evolution of social communication in primates. A multidisciplinary approach*. Springer.
- Pinker, Steven. 2002. *The blank slate: The modern denial of human nature*. Penguin Books.
- Pinker, Steven. 2003. Language as an adaptation to the cognitive niche. En Christiansen & Kirby 2003: 16-37.
- Pinker, Steven. 2007. *The language instinct: How the mind creates language*. Harper. 1.^a ed.: Penguin Books, 1994. En español: *El instinto del lenguaje*. Alianza Editorial, 1995.
- Pinker, Steven. 2010. The cognitive niche: Coevolution of intelligence, sociality, and language. *Proceedings of the National Academies of Sciences* 107(2): 8993-8999. <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0914630107>
- Pinker, Steven. 2013. *Learnability and cognition: The acquisition of argument structure (new edition)*. MIT Press. Primera edición: 1989.
- Piper, Anne. 1998. Light on a dark lady. *Trends in Biochemical Sciences* 23: 151-154. <http://cwp.library.ucla.edu/articles/franklin/piper.html#ref2.1>
- Planck, Max. 1950. *Scientific autobiography and other papers*. Williams & Norgate Ltd.
- Platek, Steven M.; Julian Paul Keenan & Todd K. Shackelford (eds.). 2007. *Evolutionary cognitive neuroscience*. MIT Press.
- Platek, Steven M. & Todd K. Shackelford (eds.). 2009. *Foundations in evolutionary cognitive neuroscience*. Cambridge University Press.
- Plotkin, Henry. 1994. *Darwin machines and the nature of knowledge: Concerning adaptations, instinct, and the evolution of intelligence*. Penguin.
- Plotkin, Henry. 2004. *Evolutionary thought in psychology: A brief history*. Blackwell.
- Plotkin, Henry. 2010. *Evolutionary worlds without end*. Oxford University Press.
- PNAS. 2021. Retraction for Shu *et al.*, Signing at the beginning makes ethics salient and decreases dishonest self-reports in comparison to signing at the end. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (PNAS) 118(38): e2115397118. <https://www.pnas.org/content/118/38/e2115397118>
- Pohl, Karl Heinrich & Bernhard Grau. 1995. Kurt Eisners Volksstaat. Zur Bedeutung der «politischen Pädagogik» in der Revolution von 1918/19 [El Estado popular de Kurt Eisner. Sobre el significado de la «pedagogía política» en la revolución de 1918/19]. *Beiträge zur Geschichte der Arbeiterbewegung* 37: 3-21.
- Pojman, Paul. 2020. Ernst Mach. *The Stanford encyclopedia of philosophy*. En línea. <https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/ernst-mach/>
- Poliakov, Léon & Josef Wulf (eds.). 1978. *Das Dritte Reich und seine Denker. Dokumente* [El Tercer Reich y sus pensadores: documentos]. Reedición de la edición original de 1959. K. G. Saur Verlag.

- Popović, Milan (ed.). 2003. *In Albert's shadow: The life and letters of Mileva Marić, Einstein's first wife*. Johns Hopkins University Press.
- Popper, Karl. 1934. *Logik der Forschung* [Lógica de la investigación]. Springer. Segunda edición (con adiciones y modificaciones): Mohr-Siebeck (1994).
- Popper, Karl. 1959. *The logic of scientific discovery*. Hutchinson. Traducción del propio Popper (con modificaciones) de la obra original (Popper 1934). Posteriores ediciones con adiciones y modificaciones: 1968, 1972, 1980. Reimpresiones desde 1992 publicadas por Routledge. Trad. en español: Popper, 1962b.
- Popper, Karl. 1962a. *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. Basic Books. Tercera edición con modificaciones y adiciones (1972 y reediciones): Routledge. Traducción al español: *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*, Paidós, 1983 (Tercera reimpresión: 1991; basada en la tercera edición en inglés publicada en 1972).
- Popper, Karl. 1962b. *La lógica de la investigación científica*. Tecnos. Novena reimpresión: 1994. Traducción basada en la primera versión en inglés, realizada por el propio autor (Popper, 1959) a partir de la primera edición en alemán (Popper, 1934), con nuevos apéndices. No incluye las modificaciones introducidas por el autor en las ediciones en inglés de 1968, 1972 y 1980, ni el extenso *Postscript* (Popper, 1983).
- Popper, Karl. 1972. *Objective knowledge: An evolutionary approach*. Oxford University Press. Edición revisada y ampliada: 1978a. (octava reimpresión: 1994). Traducción (basada en la primera edición de 1972): *Conocimiento objetivo: un enfoque evolucionista* (Tecnos, 1974, reimpresión de 2001).
- Popper, Karl. 1978a. *Objective knowledge: An evolutionary approach*. Segunda edición (con nuevo apéndice y otras modificaciones) de la edición original de 1972. Oxford University Press.
- Popper, Karl. 1978b. Evolution and the tree of knowledge. En Popper (1978a): 256-284.
- Popper, Karl. 1979. *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie. Aufgrund von Manuskripten aus den Jahren 1930–1933* [Los dos problemas fundamentales de la teoría del conocimiento. Basado en manuscritos de los años 1930-1933]. Mohr. Traducción al inglés: Popper (2009).
- Popper, Karl. 1983. *Postscript to The logic of scientific discovery*. Edición preparada por W. W. Bartley III, en tres tomos: I. Realism and the aim of science; II. The open universe; y III. Quantum theory and the schism in physics. Hutchinson. Traducción al español como *Post scriptum a La lógica de la investigación científica*, en tres tomos: I. Realismo y el objetivo de la ciencia; II. El universo abierto; y III. Teoría cuántica y el cisma en física. Tecnos, 3.^a ed. (2011).
- Popper, Karl. 2009. *The two fundamental problems of the theory of knowledge*. Abingdon, Oxfordshire (Reino Unido): Routledge. Versión en inglés de Popper (1979).
- Posada Gómez, Pedro. 2004. *Argumentación: teoría y práctica*. Universidad del Valle.
- Posada Gómez, Pedro. 2015. *Lógica, dialéctica y retórica: Aristóteles y las teorías de la argumentación*. Universidad del Valle.
- Potier, Jean-Pierre. 1991. *Piero Sraffa, unorthodox economist (1898-1983): A biographical essay*. Routledge. Original en francés: *Un économiste non conformiste – Piero Sraffa (1898-1983): essai biographique*. Presses Universitaires de Lyon, 1987.
- Potter, Chris W. 1998. Chronicle of influenza pandemics. En Nicholson *et al.* (1998): 3-18.
- Potter, Christopher W. 2001. A history of influenza. *Journal of Applied Microbiology* 91: 572-579.
- Potts, Jason D. 2000. *The new evolutionary microeconomics: Complexity, competence, and adaptive behaviour*. Edward Elgar.
- Prado, Marcus. 2012. *Redação discursiva*. Editora Sintagma.

- Price, Derek J. de Solla. 1951. Quantitative measures of the development of science. *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 14: 85-93.
- Price, Derek J. de Solla. 1956. The exponential curve of science. *Discovery* 17(1): 240-243.
- Price, Derek J. de Solla. 1961. *Science since Babylon*. Yale University Press.
- Price, Derek J. de Solla. 1963. *Little science, big science*. Columbia University Press. Segunda edición: 1986 (con prólogo de Robert K. Merton).
- Price, Derek J. de Solla. 1965. Networks of scientific papers: The pattern of bibliographic references indicates the nature of the scientific research front. *Science* 149(3683): 510-515.
- Price, Derek J. de Solla. 1976. A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. *Journal of the American Society for Information Science* 27(5): 292-306.
- Price, Derek J. de Solla. 1978. Foreword. En Garfield 1962-1993, *Essays of an information scientist*, vol. 3 (1977-1978): v-ix. <http://garfield.library.upenn.edu/volume3.html>
- Prisching, Manfred. 1993. The university as a social institution: The change in academic institutions in Germany at the end of the 19th century. *Journal of Economic Studies* 20(4/5): 30-51.
- Prost, Antoine. 2014. War losses. En Daniel *et al.* (2014). <http://dx.doi.org/10.15463/ie1418.10271>
- Psarros, Nikos; Klaus Ruthenberg & Joachim Schummer (eds.). 1996. *Philosophie der Chemie: Bestandsaufnahme und Ausblick* [Filosofía de la química: inventario y panorama]. Königshausen & Neumann Verlag.
- Pudovkin, Alexander I. & Eugene Garfield. 2009. Percentile rank and author superiority indexes for evaluating individual journal articles and the author's overall citation performance. *Collnet Journal of Scientometrics and Information Management* 3(2): 3-10. <http://garfield.library.upenn.edu/papers/Collnetpercentilerank2009.pdf>
- Purssell, Edward & Niall McCrae. 2020. *How to perform a systematic literature review – A guide for healthcare researchers, practitioners, and students*. Springer.
- Puschner, Uwe. 2016. Sozialdarwinismus als wissenschaftliches Konzept und politisches Programm [El darwinismo social como concepto científico y como programa político]. En Hübinger (2016): 99-122.
- Pyle, Gerald F. 1986. *The diffusion of influenza: Patterns and paradigms*. Rowan Littlefield.
- Pyle, Gerald F. & Karl David Patterson. 1984. Influenza diffusion in European history: patterns and paradigms. *Ecology of Disease* 2: 173-184.
- Pyrzack, Fred & Randall R. Bruce. 2017. *Writing empirical research reports: A basic guide for students of the social and behavioral sciences*. 8.^a ed. Routledge.
- Quine, Willard van Orman. 1951. Two dogmas of empiricism. *The Philosophical Review* 60(1): 20-43. Reimpreso en Quine (1953): 20-46.
- Quine, Willard van Orman. 1953. *From a logical point of view*. Harvard University Press.
- Quine, Willard van Orman. 1969a. *Ontological relativity and other essays*. Columbia University Press.
- Quine, Willard van Orman. 1969b. Epistemology naturalized. En Quine (1969b): 69-90.
- Radkau, Joachim. 2009. *Max Weber: A biography*. Polity Press. Original en alemán: *Max Weber: Die Leidenschaft des Denkens* [Max Weber: La pasión de pensar]. Múnich: Carl Hanser, 2005.
- Radnitzky, Gerard & W. W. Bartley III (eds.). 1987. *Evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge*. Open Court.
- RAE. 2010a. *Nueva gramática de la lengua española*. Espasa y Real Academia Española. <https://www.rae.es/recursos/gramatica>

- RAE. 2010b. *Ortografía de la lengua española*. Espasa y Real Academia Española. <https://www.rae.es/obras-academicas/ortografia/ortografia-2010>
- RAE. 2014a. *Diccionario de la lengua española*. 23.ª ed. Espasa y Real Academia Española. La versión digital (<https://dle.rae.es/>) incluye actualizaciones post-2014.
- RAE. 2016. *Diccionario del español jurídico*. Espasa y Real Academia Española.
- RAE. 2017. *Libro de estilo de la justicia*. Espasa y Real Academia Española. <https://www.rae.es/obras-academicas/obras-linguisticas/libro-de-estilo-de-la-justicia>
- RAE. 2018. *Libro de estilo de la lengua española según la norma panhispánica*. Espasa y Real Academia Española. <https://www.rae.es/obras-academicas/obras-linguisticas/libro-de-estilo-de-la-lengua-espanola>
- RAE. 2020. *Diccionario panhispánico del español jurídico*. 2020. Versión digital ampliada de RAE (2016). <https://dpej.rae.es/#/entry-id/E152500>
- Rafols, Ismael; Loet Leydesdorff, Alice O'Hare, Paul Nightingale & Andy Stirling. 2012. How journal rankings can suppress interdisciplinary research: A comparison between innovation studies and Business & Management. *Research Policy* 41(7): 1262-82. <http://www.sussex.ac.uk/Users/ir28/IDR/Rafols2011-Rankings&IDR.pdf>
- Ramírez-Zea, Manuel. 2005. Validation of three predictive equations for basal metabolic rate in adults. *Public Health Nutrition* 8(7A): 1213-1228.
- Ramos Vivas, José. 2019. *El arte de la tesis doctoral*. Berenice.
- Ramos Vivas, José. 2021. *Manual de comunicación y divulgación científica*. Berenice.
- Rand, David & Thomas Pfeiffer. 2009. Systematic differences in impact across publication tracks at PNAS. *PLoS One* 4(12): e8092. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0008092>
- Raoult, Didier; Gérard Aboudharam, Éric Crubezy, Georges Larrouy, Bertrand Ludes & Michel Drancourt. 2000. Molecular identification by «suicide PCR» of *Yersinia pestis* as the agent of Medieval Black Death. *Proceedings of the National Academy of Science (PNAS)* 97(23): 12800-12803.
- Raoult, Didier, Nadjat Mouffok, Idir Bitam, Renaud Piarroux & Michel Drancourt. 2013. Plague: History and contemporary analysis. *Journal of Infection* 66(1): 18-26.
- Rasch, Manfred. 1987. *Vorgeschichte und Gründung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung in Mülheim an der Ruhr* [Historia previa y creación del Instituto Kaiser Wilhelm para la Investigación del Carbón en Mülheim en el Ruhr]. Linnepe Verlag.
- Rasch, Manfred. 1988. Zur Institutionalisierung der Elektrochemie in Deutschland [Sobre la institucionalización de la electroquímica en Alemania]. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 11(1): 42-44.
- Rasch, Manfred. 1991. Kommunalisierung, Regionalisierung und Konzentrierung: Aspekte preußischer Wissen unter Friedrich Althoff and seinen Nachfolgern [Comunalización, regionalización y concentración: Aspectos de la política científica prusiana bajo Fr. Althoff y sus sucesores]. En Brocke (1991a): 109-122.
- Regal, Brian. 2009. *Pseudoscience: A critical encyclopedia*. ABC-CLIO.
- Reichenbach, Hans. 1951. *The rise of scientific philosophy*. University of California Press.
- Reichenbach, Hans. 1978. *Selected writings 1909-1953*. 2 vols. Reidel.
- Reid, Ann H.; Thomas G. Fanning, Johan V. Hultin & Jeffery K. Taubenberger. 1999. Origin and evolution of the 1918 «Spanish» influenza virus hemagglutinin gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 96(4): 1651-1656. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.4.1651>

- Reid, Ann H.; Thomas G. Fanning, Thomas A. Janczewski, Raina M. Lourens & Jeffery K. Taubenberger. 2004. Novel origin of the 1918 pandemic influenza virus nucleoprotein gene. *Journal of Virology* 78(22): 12462-12470.
- Reid, Ann H.; Thomas G. Fanning, Thomas A. Janczewski, Sherman McCall & Jeffery K. Taubenberger. 2002. Characterization of the 1918 «Spanish» influenza virus matrix gene segment. *Journal of Virology* 76(21): 10717-10723.
- Reid, Ann H.; Thomas G. Fanning, Thomas A. Janczewski & Jeffery K. Taubenberger. 2000. Characterization of the 1918 «Spanish» influenza virus neuraminidase gene. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 97(12): 6785-6790; <https://doi.org/10.1073/pnas.100140097>
- Reid, Ann H.; Thomas A. Janczewski, Raina M. Lourens, Alex J. Elliot, Rod S. Daniels, Colin L. Berry, John S. Oxford & Jeffery K. Taubenberger. 2003. 1918 influenza pandemic caused by highly conserved viruses with two receptor-binding variants. *Emerging Infectious Diseases* 9(10): 1249-1253.
- Reid, Ann H.; Jeffery K. Taubenberger & Thomas G. Fanning. 2001. The 1918 Spanish influenza: Integrating history and biology. *Microbes and Infection* 3(1): 81-87.
- Reid, Ann H.; Jeffery K. Taubenberger & Thomas G. Fanning. 2004. Evidence of an absence: The genetic origins of the 1918 pandemic influenza virus. *Nature Reviews Microbiology* 2(11): 909-914.
- Reinalter, Helmut. 1996. Interdisciplinarity in theory and practice. *Journal of Area Studies* 4(9): 154-160.
- Reisch, George A. 2005. *How the Cold War transformed philosophy of science*. Cambridge University Press.
- Reiss-Sorokin, Ohad. 2022. *Thinking outside the circle: The Geistkreis and the Viennese «Kreis-Culture» in America*. Duke University Center for the History of Political Economy (Chope), Working Paper n.º 2022-1. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3999413>
- Reitter, Paul & Chad Wellmon. 2020. Introduction. En Weber (2020): vii-xxvii.
- Renn, Jürgen & Tilman Sauer. 2003. Eclipses of the stars. En Ashtekar *et al.* (2003): 69-92.
- Repko, Allen F. & Richard (Rick) Szostak. 2016. *Interdisciplinary research: Process and theory*. Sage.
- Rescher, Nicholas (ed.). 1990. *Evolution, cognition, and realism*. University Press of America.
- Rettig, Heike. 2017. *Wissenschaftliche Arbeiten schreiben* [Redacción de trabajos científicos]. Metzler (Springer).
- Rezat, Sebastian & Sara Rezat. 2017. Subject-specific genres and genre awareness in integrated mathematics and language teaching. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education* 13(7b): 4189-4210.
- Rhode, Gotthold. 1956. Reseña de Tormin (1954). *Historische Zeitschrift* 181(2): 378-382.
- Richards, Robert J. 1987. *Darwin and the emergence of evolutionary theories of mind and behavior*. University of Chicago Press.
- Richards, Robert J. 2004. If this be heresy: Haeckel's conversion to Darwinism. Cap. 6 en Lustig, Richards & Ruse (2004): 101-130.
- Riddell, John (ed.). 1986-1993. *The Communist International in Lenin's time* (6 vols.). Vol. 1: *Lenin's struggle for a Revolutionary International – Documents, 1907-1916: The preparatory years*. Vol. 2: *The German revolution and the debate on Soviet power. Documents 1918-1919*. Vol. 3: *Founding the Communist International. Proceedings and documents of the First Congress, March 1919*. Pathfinder Press.

- Ridley, Diana. 2012. *The literature review – A step-by-step guide*. Sage.
- Ridley, Matt. 2015. *The evolution of everything*. Harper Collins.
- Rienecker, Lotte & Peter Stray Jørgensen. 2018. *The good paper. A handbook for writing papers in higher education: International edition*. Samfundslitteratur <https://www.amazon.com/Good-Paper-International-Handbook-Education/dp/875933133X>
- Rigney, Daniel. 2010. *The Matthew effect. How advantage begets further advantage*. Columbia University Press.
- Ringer, Fritz. 2004. *Max Weber: An intellectual biography*. University of Chicago Press.
- Rivera-Camino, J. 2014. *Cómo escribir y publicar una tesis doctoral*. ESIC.
- Robbins, Louise. 2001. *Louis Pasteur and the hidden world of microbes*. Oxford University Press.
- Robinson, Peter J. & Ann Henderson-Sellers. 2014. *Contemporary Climatology*. Routledge (la primera edición fue publicada en 1984 por Pearson Education Ltd.).
- Rogers, James A. 1974. Russian opposition to Darwinism in the nineteenth century. *Isis* 65(4): 487-505.
- Rohl, John C. G. 1994. *The Kaiser and his court: Wilhelm II and the government of Germany*. Cambridge University Press. Traducción de *Kaiser, Hof und Staat: Wilhelm II und die Deutsche Politik* (Beck, 1987).
- Rohl, John C. G. 1998. *Young Wilhelm: The Kaiser's early life, 1859-1888*. Cambridge University Press. Traducción de *Wilhelm II: Die Jugend des Kaisers 1859-1888* (Beck, 1995).
- Rohl, John C. G. 2014. *Wilhelm II: Into the abyss of war and exile, 1900-1941*. Cambridge University Press. Traducción de *Wilhelm II: Der Weg in den Abgrund 1900-1941* (Beck, 2008).
- Rohli, Robert V. & Anthony J. Vega. 2018. *Climatology* (4.^a ed.). Jones & Bartlett.
- Romo Morales, Gerardo (ed.). 2021. *Vicisitudes en la formación científica y la elaboración de tesis. Las particularidades metodológicas de los estudios en educación*. Universidad de Guadalajara.
- Rooks, George M. 1988. *Paragraph power: Communicating ideas through paragraphs*. Prentice-Hall.
- Roos, Walter. 1998. *Die Rote Armee der Bayerischen Räterepublik in München 1919* [El Ejército Rojo de la República Soviética de Baviera en Múnich 1919]. Druckerei Odenwälder.
- Rosen, Bernard C. 1989. *Women, work, and achievement: The endless revolution*. St. Martin's Press.
- Rosenfeld, Louis. 2002. Insulin: Discovery and controversy. *Clinical Chemistry* 48(12): 2270-2288.
- Rosselli, Annalisa. 2006. Sraffa and the Marshallian tradition. *The European Journal of the History of Economic Thought* 20(3): 403-423.
- Rossiter, Margaret W. 1993. The Matthew-Matilda effect in science. *Social Studies of Science* 23(2): 325-341.
- Roth, Guenter. 1977. Max Weber: A bibliographical essay. *Zeitschrift für Soziologie* 6(1): 91-118. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/zfsoz-1977-0106/pdf>
- Roth, Guenther. 1989. Marianne Weber und ihr Kreis [Marianne Weber y su círculo]. Introducción a la nueva edición del libro de Marianne Weber, *Max Weber: Ein Lebensbild* [Max Weber: una biografía]. Piper, 1989: ix-xxi. Versión abreviada en inglés: Marianne Weber and her circle, 1990, *Society* 27(2): 65-69.
- Roth, Guenther & Wolfgang Schluchter. 1979. *Max Weber's vision of history: Ethics and methods*. University of California Press.
- Rowe, David E. 2006. Einstein's allies and enemies: Debating relativity in Germany, 1916-1920. *Boston Studies in the Philosophy of Science* 251: 231-280.

- Rozenblit, Marsha L. 2001. *Reconstructing a national identity: The Jews of Habsburg Austria during World War I*. Oxford University Press.
- Ruane, Frances P. & Richard S. J. Tol. 2008. Rational (successive) h-indices: An application to Economics in the Republic of Ireland. *Scientometrics* 75(2): 395-405.
- Ruane, Frances P. & Richard S. J. Tol. 2009. A Hirsch measure for the quality of research supervision, and an illustration with trade economists. *Scientometrics* 80(3): 613-624.
- Ruiz-Garrido, Miguel F.; Juan C. Palmer-Silveira & Inmaculada Fortanet-Gómez. 2010. *English for professional and academic purposes*. Rodopi.
- Ruse, Michael. 2013. *Cambridge encyclopedia of Darwin and evolutionary thought*. Cambridge University Press.
- Ruska, Ernst. 1987. Nobel lecture: The development of the electron microscope and of electron microscopy. *Bioscience Reports* 7(8): 607-629.
- Ruszkiewicz, John J.; Christy E. Friend, Daniel E. Seward & Maxine E. Hairston. 2014. *The Scott Foresman handbook for writers*. Pearson.
- Sachse, A. 1928. *Friedrich Althoff und sein Werk* [Friedrich Althoff y su obra]. Mittler und Sohn.
- Sadler, Judy. 1978. Ideologies of «art» and «science» in medicine: The transition from medical care to the application of technique in the British medical profession. En Krohn *et al.* (1978): 177-215.
- Sadler, Michael E. 1906. Preface to the English edition. En Paulsen (1906): v-xiii.
- Salmon, Wesley C. 1979. *Hans Reichenbach, logical empiricist*. Reidel.
- Salomone, Rosemary C. 2021. *The rise of English: Global politics and the power of language*. Oxford University Press.
- Salter, Liora & Alison Hearn. 1997. *Outside the lines: Issues in interdisciplinary research*. McGill-Queen's University Press.
- Samraj, Betty. 2016. Research articles. En Hyland & Shaw (2016): 403-415.
- Samson-Legault, Daniel. 2012. *Guide raisonné de rédaction: de l'idée au texte*. Éditions Multi-Mondes.
- Sánchez Upegui, Alexander A. 2011. *Manual de redacción académica e investigativa: cómo escribir, evaluar y publicar artículos*. Católica del Norte – Fundación Universitaria (Medellín, Colombia).
- Sanger, Frederick; S. Nicklen & Alan R. Coulson. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 74(12): 5463-5467.
- Sankey, Howard. 2016. Fifty years of *Structure*. *Metascience* 25: 65-70.
- Sardar, Ziauddin. 2000. *Thomas Kuhn and the science wars*. Totem Books.
- Sarmiento, Domingo F. 1882. Conferencia en honor de Charles Darwin, pronunciada en el Teatro Nacional de Buenos Aires el 18 de mayo de 1882, auspiciada por el Círculo Médico Argentino al conocerse la muerte de Darwin el 19 de abril de 1882. En Sarmiento (1883): 408-429. Reproducida con fecha errónea (pone 30 de mayo en lugar de 18 de mayo) en las *Obras completas* del autor (Sarmiento, 1885-1903, tomo XXII: 104-133, Imprenta Mariano Moreno, 1899). <https://casanataarmiento.cultura.gob.ar/noticia/biblioteca-digital/>
- Sarmiento, Domingo F. 1883. *Discursos populares*. Imprenta Europea.
- Sarmiento, Domingo F. 1885-1903. *Obras de D. F. Sarmiento – Publicadas bajo los auspicios del Gobierno argentino*. Edición a cargo de Augusto Belín Sarmiento. 52 tomos de obras y un tomo (53) de índice general. Tomos 1-7: Santiago (Chile); tomos 8-53: Buenos Aires (Argentina); varias imprentas.
- Sayre, Anne. 1975. *Rosalind Franklin and DNA*. Norton.

- Scaff, Lawrence A. 2011. *Max Weber in America*. Princeton University Press.
- Scaff, Lawrence. 2014. *Weber and the Weberians*. Palgrave MacMillan.
- Schefold, Bertram. 2006. Joint production: Triumph of economic over mathematical logic? *The European Journal of the History of Economic Thought* 20(3): 525-552.
- Scheidle, Ilona. 2006a. Die Frauenrechtlerin Marianne Weber (1870–1954) [La activista por los derechos de las mujeres Marianne Weber]. En Scheidle (2006b): 101-113.
- Scheidle, Ilona. 2006b. *Heidelbergerinnen, die Geschichte schrieben. Frauenporträts aus fünf Jahrhunderten* [Mujeres de Heidelberg que hicieron historia. Retratos de mujeres de cinco siglos]. Diederichs.
- Schilfert, Sabine. 1991. Friedrich Althoff und die wissenschaftlich-technischen Hochschulbibliotheken [Friedrich Althoff y las bibliotecas científico-técnicas de las universidades]. En Brocke (1991a): 443-454.
- Schluchter, Wolfgang. 1979a. Excursus: The question of the dating of «Science as a vocation» and «Politics as a vocation». En Roth & Schluchter (1979): 113-116.
- Schluchter, Wolfgang. 1979b. Die Entwicklung des okzidentalen Rationalismus. Eine Analyse von Max Webers Gesellschaftsgeschichte [El desarrollo del racionalismo occidental: Un análisis de la historia social de Max Weber]. Mohr. Hay una segunda edición (Fráncfort: Suhrkamp, 1998) con el título *Die Entstehung des modernen Rationalismus. Eine Analyse von Max Webers Entwicklungsgeschichte des Okzidents* [La aparición del racionalismo moderno: Un análisis de la historia del desarrollo de Occidente en Max Weber]. En inglés: *The rise of Western rationalism: Max Weber's developmental history* (University of California Press, 1981).
- Schluchter, Wolfgang. 1980. *Rationalismus der Weltbeherrschung* [Racionalismo de la dominación mundial]. Suhrkamp.
- Schluchter, Wolfgang. 2009. *Die Entzauberung der Welt. Sechs Studien zu Max Weber* [El desencantamiento del mundo: Seis estudios sobre Max Weber]. Mohr-Siebeck. Edición en español: Schluchter (2017b).
- Schluchter, Wolfgang. 2017a. Dialectics of disenchantment: A Weberian look at Western modernity. *Max Weber Studies*, 17(1): 24-47.
- Schluchter, Wolfgang. 2017b. *El desencantamiento del mundo: seis estudios sobre Max Weber*. Traducción al español de Schluchter (2009); incluye una nueva versión del capítulo IV, preparada por el autor para esta edición en español, y basada en Schluchter (2009). Fondo de Cultura Económica.
- Schluchter, Wolfgang. 2020a. Wissenschaft als Beruf – Damals und heute [La ciencia como vocación: entonces y ahora]. En Schluchter (2020b): 113-134.
- Schluchter, Wolfgang. 2020b. *Mit Max Weber*. Mohr Siebeck.
- Schmid, Christopher; Theo Stijnen & Ian White. 2021. *Handbook of meta-analysis*. CRC.
- Schmid, Michael & Franz Wuketits (eds.). 1987. *Evolutionary theory in social science*. Reidel.
- Schmiedebach, Heinz-Peter. 1999. The Prussian state and microbiological research: Friedrich Loeffler and his approach to the «invisible» virus. *Archives of Virology, Supplement* 15: 9-23. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-7091-6425-9_2
- Schmohl, Tobias. 2016. *Persuasion unter Komplexitäts Bedingungen: Ein Beitrag zur Integration von Rhetorik- und Systemtheorie* [La persuasión bajo condiciones de complejidad: una contribución a la integración de la teoría de la retórica y la teoría de sistemas]. Springer VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schnell, Joshua. 2018. Web of Science: The first citation index for data analytics and Scientometrics. En Cantú-Ortiz (2018): 15-29.

- Scholz, Hartmut. 1991. Friedrich Althoffs Einfluß auf die Entwicklung der Chemie in Deutschland [La influencia de Friedrich Althoff sobre el desarrollo de la Química en Alemania]. En Brocke (1991a): 337-354.
- Schömbeck, Charlotte. 2000. Albert Einstein und Philipp Lenard – Antipoden im Spannungsfeld [Antípodas en tensión]. *Schriften der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Heidelberger Akademie der Wissenschaften* [Escritos de la Sección de Ciencias Matemáticas y Naturales de la Academia de Ciencias de Heidelberg] 8: 1-42.
- Schotten, Michiel; M'hamed el Aisati, W. J. N. Meester, Susanne Steinginga & Cameron A. Ross. 2018. A brief history of Scopus: The world's largest abstract and citation database of scientific literature. En Cantú-Ortiz (2018): 31-57.
- Schuster, Ethel; Haim Levkovitz & Osvaldo N. Oliveira Jr. (eds.). 2014. *Writing scientific papers successfully: Your complete roadmap*. Hyprtek.com Inc.
- Schuster, Radek (ed.). 2020. *The Vienna Circle in Czechoslovakia*. Springer.
- Schwab Simon, Giuachin Kreiliger & Leonhard Held. 2021. Assessing treatment effects and publication bias across different specialties in medicine: A meta-epidemiological study. *BMJ Open* 11(9): e045942. <https://bmjopen.bmj.com/content/bmjopen/11/9/e045942.full.pdf>
- Schwabish, Jonathan A. 2017. *Better presentations*. Columbia University Press.
- Schwabish, Jonathan A. 2021. *Better data visualizations*. Columbia University Press.
- Schwegler, Robert A. & Chris M. Anson. 2014. *Longman handbook for writers and readers*. (6.^a ed.). Pearson.
- Science-Metrix. 2018. *Analytical support for bibliometric indicators. Open access availability of scientific publications – Final report*. Science-Metrix. <https://www.science-metrix.com/?q=en/publications/reports&page=1#/?q=en/oa-report>
- Searls, Damion. 2020. Translator's note. En Weber (2020): xxix-xxxii.
- Segal, Judy Z. 2009. Rhetoric of health and medicine. En Lunsford *et al.* (2009): 227-246.
- Seligmann, Michael. 1989. *Aufstand der Räte. Die erste bayerische Räterepublik vom 7. April 1919* [Insurrección de los concejos: La Primera República Soviética de Baviera del 7 de abril de 1919]. Trotzdem Verlag.
- Senn, Peter R. 1993. Where is Althoff? Looking for Friedrich Althoff in English language sources. *Journal of Economic Studies* 20(4/5): 201-261.
- Sepp, Florian & Matthias Bischel. 2006. Palmsonntagsputsch, 13. April 1919 [Golpe del Domingo de Ramos, 13 de abril de 1919], publicada en línea el 11/5/2006 y actualizada el 12/12/2018. *Historisches Lexikon Bayerns*. https://www.historisches-lexikon-bayerns.de/Lexikon/Palmsonntagsputsch,_13._April_1919
- Serrelli, Emanuele & Nathalie Gontier (eds.). 2015. *Macroevolution: Explanation, interpretation and evidence*. Springer.
- Shanks, Niall. 2004. *God, the devil, and Darwin: A critique of intelligent design theory*. Oxford University Press.
- Shapin, Steven. 2019. Weber's *Science as a vocation*: A moment in the history of «is» and «ought». *Journal of Classical Sociology* 19(3): 290-307.
- Shapiro, Fred R. (1992). *Origins of bibliometrics, citation indexing, and citation analysis: The neglected legal literature*. Wiley.
- Sharma, Aadya; Dibyashree Ghosh, Neha Divekar, Manisha Gore, Saikat Gochhait & Shambhulinganand Shireshi. 2021. Comparing the socio-economic implications of the 1918 Spanish flu and the COVID-19 pandemic in India: A systematic review of literature. *International Social Science Journal (ISSJ)* 71(S1): 23-36. <https://doi.org/10.1111/issj.12266>

- Shepherd, George B. (ed.). 1995. *Rejected: Leading economists ponder the publication process*. Thomas Horton and Daughters.
- Shermer, Michael. 2001. *The borderlands of science: Where sense meets nonsense*. Oxford University Press.
- Shermer, Michael (ed.). 2002a. *The skeptic encyclopedia of pseudoscience*. 2 vols. ABC-CLIO. <https://www.abc-clio.com/products/a1280c/>
- Shermer, Michael. 2002b. *Why people believe weird things: Pseudoscience, superstition, and other confusions of our time*. Segunda edición revisada y aumentada (la primera es de 1997). Henry Holt.
- Shermer, Michael. 2006. *Why Darwin matters: The case against intelligent design*. Times Books.
- Shimel, Joshua. 2012. *Writing science*. Oxford University Press.
- Shors, Teri. 2017. *Understanding viruses*. Jones & Bartlett.
- Shu, Lisa L; Nina Mazar, Francesca Gino, Dan Ariely & Max H. Bazerman. 2012. Signing at the beginning makes ethics salient and decreases dishonest self-reports in comparison to signing at the end. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 109(38): 15197-15200. <https://www.pnas.org/content/109/38/15197>
- Sieg, Ulrich. 1991. Im Zeichen der Beharrung. Althoffs Wissenschaftspolitik und die deutsche Universitätsphilosophie [Bajo el signo de la perseverancia: la política científica de Althoff y la Filosofía universitaria alemana]. En Brocke (1991a): 287-306.
- Siegmund-Schultze, Reinhard. 2009. *Mathematicians fleeing from Nazi Germany: Individual fates and global impact*. Princeton University Press.
- Sigmund, Karl. 1998. Menger's *Ergebnisse*: A biographical introduction. En Menger (1998): 5-31.
- Sigmund, Karl. 2015. *Sie nannten sich Der Wiener Kreis: Exaktes Denken am Rand des Untergangs* [Se autodenominaban El Círculo de Viena: pensamiento exacto al borde del hundimiento]. Springer.
- Sigmund, Karl. 2017. *Exact thinking in demented times. The Vienna Circle and the epic quest for the foundations of science*. Versión en inglés de Sigmund (2015). Basic Books.
- Silverman, Lisa. 2012. *Becoming Austrians: Jews and culture between the World Wars*. Oxford University Press.
- Simmons, Joseph P.; Leif D. Nelson & Uri Simonsohn. 2011. False-positive psychology: Undisclosed flexibility in data collection and analysis allows presenting anything as significant. *Psychological Science* 22(11): 1359-1366.
- Simonsohn, Uri; Leif Nelson & Joe Simmons. 2021. Evidence of fraud in an influential field experiment about dishonesty. *Data Colada* [98]. Publicado en línea el 17/8/2021. <https://datacolada.org/98>
- Skudlik, Sabine. 1990. *Sprachen in den Wissenschaften: Deutsch und Englisch in der internationale Kommunikation* [Lenguajes en las ciencias: alemán e inglés en la comunicación internacional]. Gunter Narr.
- Skudlik, Sabine. 1991. The status of German as a language of science and the importance of the English language for German scientists. En Ammon & Hellinger (1991): 391-407.
- Sloan, Phillip. 2019. Darwin: From *Origin of species* to *Descent of man*. *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Summer 2019 edition). <https://plato.stanford.edu/archives/sum2019/entries/origin-descent>
- Sluga, Hans & David G. Stern (eds.). 1996. *Cambridge companion to Wittgenstein*. Cambridge University Press.

- Sluga, Hans & David G. Stern (eds.). 2018. *Cambridge companion to Wittgenstein – Second edition*. Cambridge University Press.
- Smil, Vaclav. 2004. *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the transformation of world food production*. MIT Press.
- Smith, Jonathan C. 2010. *Pseudoscience and extraordinary claims of the paranormal: A critical thinker's toolkit*. Wiley-Blackwell.
- Smith, Wilson; Christopher H. Andrewes & Patrick F. Laidlaw. 1933. A virus obtained from influenza patients. *The Lancet* 2(5732): 66-68. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)78541-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)78541-2)
- Smolin, Lee. 1992. Did the universe evolve? *Classical and Quantum Gravity* 9: 173-191.
- Smolin, Lee. 1997. *The life of the cosmos*. Oxford University Press.
- Smolin, Lee. 2008. The status of cosmological natural selection. <http://arxiv.org/pdf/hep-th/0612185v1.pdf>
- Smullyan, Raymond. 1992. *Gödel's incompleteness theorems*. Oxford University Press.
- Snee, Helene; Christine Hine, Yvette Morey, Steven Roberts & Hayley Watson (eds.). 2016. *Digital methods for social science: An interdisciplinary guide to research innovation*. Palgrave MacMillan.
- Sombart, Werner. 1902. *Der moderne Kapitalismus*. Berlín: Duncker & Humblot. Edición final revisada: 1928. Reedición en 3 volúmenes: DTV (Deutscher Taschenbuch Verlag), 1987. Traducción al español en 2 volúmenes: *El apogeo del capitalismo* (Fondo de Cultura Económica, 1984).
- Sombart, Werner. 1906. *Das Proletariat. Bilder und Studien* [El proletariado: imágenes y estudios]. Rütten & Loening. Nueva edición en Metropolis Verlag, 2007.
- Somers, James. 2018. The scientific paper is obsolete: Here's what's next. *The Atlantic – Science*, 5 de abril de 2018. <https://www.theatlantic.com/science/archive/2018/04/the-scientific-paper-is-obsolete/556676/>
- Song, Fujian; Sheetal Parekh-Bhurke, Lee Hooper, Yoon K. Loke, Jon J. Ryder, Alex J. Sutton, Caroline B. Hing & Ian Harvey. 2009. Extent of publication bias in different categories of research cohorts: A meta-analysis of empirical studies. *BMC Medical Research Methodology* 9(1): 79. <http://www.springerlink.com/content/a8057321464278u0/fulltext.pdf>
- Sonnenschein, Hugo & D. Hodges. 1980. Manual for *Econometrica* authors. *Econometrica* 48(5): 1073-1082.
- Sorgner, Stefan L. 2009. Nietzsche, the overhuman, and transhumanism. *Journal of Evolution and Technology* 20(1): 29-42.
- Soriano, Ramón. 2008. *Cómo se escribe una tesis. Guía práctica para estudiantes e investigadores*. Berenice.
- Soulez, Antonia. 1993. The Vienna Circle in France (1935-1937). En Stadler (1993): 95-112.
- Soyfer, Valery. 1994. *Lysenko and the tragedy of Soviet science*. Rutgers University Press.
- Spektorowski, Alberto & Liza Ireni-Saban. (2013). *Politics of eugenics: Productionism, population, and national welfare*. Routledge.
- Spinner, Helmut F. 1991. Das «System Althoff» und Max Webers Kritik, die Humboldtsche Universität und die Klassische Wissensordnung: Die Ideen von 1809, 1882, 1914, 1919, 1933 im Vergleich [El «sistema Althoff» y la crítica de Max Weber, la universidad humboldtiana, y el ordenamiento clásico del conocimiento: Comparación de las ideas de 1809, 1882, 1914, 1919, 1933]. En Brocke (1991a): 503-564.
- Spinner, Helmut F. 1993. Althoff and the changing constitution of science: Bureaucratic, economical or cognitive? *Journal of Economic Studies* 20(4/5): 134-166.

- Spreeuwenberg, Peter; Madelon Kroneman & John Paget. 2018. Reassessing the global mortality burden of the 1918 influenza pandemic. *American Journal of Epidemiology* 187(12): 2561-2567.
- Spyrou, Maria A.; Lyazzat Musralina, Guido Gnechi Ruscone, Arthur Kocher, Pier-Giorgio Borbone, Valeri I. Khartanovich, Alexandra Buzhilova, Leyla Djansugurova, Kirsten I. Bos, Denise Kühnert, Wolfgang Haak, Philip Slavin & Johannes Krause. 2022. The source of the Black Death in fourteenth-century central Eurasia. *Nature* (publicación en línea: 15 de junio de 2022). <https://www.nature.com/articles/s41586-022-04800-3.pdf>
- Sraffa, Piero. 1951. Introduction to David Ricardo. En *David Ricardo works and correspondence* (edición a cargo de Piero Sraffa y Maurice H. Dobb). Cambridge University Press, vol. 1: xiii-lxii.
- Sraffa, Piero. 1960. *Production of commodities by means of commodities: Prelude to a critique of economic theory*. Cambridge University Press. Edición en español: *Producción de mercancías por medio de mercancías*. Ariel.
- Stachel, John. 2002. *Einstein from B to Z*. Springer (Birkhäuser).
- Stachel, John; Trevor Lipscombe, Alice Calaprice & Sam Elworthy. 1998. *Einstein's miraculous year*. Princeton University Press.
- Stadler, Friedrich. 1992. The «Verein Ernst Mach» – What was it really? En Blackmore (1992): 363-377.
- Stadler, Friedrich (ed.). 1993. *Scientific philosophy: Origins and developments*. Contribuciones presentadas en inglés al simposio «Viena-Berlín-Praga: El auge de la filosofía científica», organizado por el Instituto del Círculo de Viena en 1991. Para las contribuciones en alemán, véase Haller & Stadler (1993). Springer.
- Stadler, Friedrich. 1997. *Der Wiener Kreis: Ursprung, Entwicklung und Wirkung des Logischen Empirismus im Kontext* [El Círculo de Viena: origen, desarrollo e influencia del empirismo lógico en contexto]. Suhrkamp. Edición en inglés: *The Vienna Circle: Studies in the origins, development, and influence of logical empiricism*, Springer, 2001. En español: *El Círculo de Viena. Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*. Fondo de Cultura Económica, 2010.
- Stadler, Friedrich (ed.). 2003a. *The Vienna Circle and logical empiricism. Re-evaluation and future perspectives*. Kluwer.
- Stadler, Friedrich. 2003b. What is the Vienna Circle? Some methodological and historiographical answers. En Stadler (2003a): xi-xxiii.
- Stadler, Friedrich. 2010a. *El Círculo de Viena. Empirismo lógico, ciencia, cultura y política*. Fondo de Cultura Económica.
- Stadler, Friedrich. 2010b. Arne Næss: Dogmas and problems of empiricism. En Mahinnen & Stadler (2010): 11-32.
- Stadler, Friedrich (ed.). 2019. *Ernst Mach – Life, work, influence*. Springer.
- Staley, Richard. 2008a. Albert Michelson, the velocity of light, and the ether drift. En Staley (2008b): 27-64.
- Staley, Richard. 2008b. *Einstein's generation. The origins of the relativity revolution*. University of Chicago Press.
- Standing, Guy. 2011. *The precariat. The new dangerous class*. Bloomsbury Publishing.
- Standing, Guy. 2014. *A precariat charter. From denizens to citizens*. Bloomsbury Publishing.
- Stanley, Matthew. 2003. An expedition to heal the wounds of war: The 1919 eclipse expedition and Eddington as Quaker adventurer. *Isis* 94: 57-89.

- Stanley, Matthew. 2007. So simple a thing as a star: Jeans, Eddington, and the growth of astrophysical phenomenology. *British Journal for the History of Science* 40: 53-82.
- Stanley, Wendell M. 1935. Isolation of a crystalline protein possessing the properties of tobacco-mosaic virus. *Science* 81(2113): 644-645.
- Steinkamp, Marjorie W. & Martin L. Maehr (eds.). 1984. *Women in science*. N.º 2 en la serie *Advances in Motivation and Achievement: A Research Annual*. JAI Press.
- Stenger, Victor J. 2011. *The fallacy of fine-tuning: Why the universe is not designed for us*. Prometheus Books.
- Sternberg, Robert J. 2003. *The psychologist's companion: A guide to scientific writing for students and researchers*. Cambridge University Press.
- Stichweh, Rudolf. 1994a. *Universität, Wissenschaft, Professionen: Soziologische Analysen* [Universidad, ciencia, profesiones: análisis sociológicos]. Nueva edición: Transcript Verlag, 2013.
- Stichweh, Rudolf. 1994b. Differenzierung von Wissenschaft und Politik: Wissenschaft im 19. und 20. Jahrhundert [Diferenciación de la ciencia y la política: la ciencia en los siglos XIX y XX]. En Stichweh (1994a): 156-173.
- Stichweh, Rudolf. 1994c. Die Einheit von Lehre und Forschung [La unidad de la enseñanza y la investigación]. En Stichweh (1994a): 199-214.
- Stichweh, Rudolf. 1994d. Physik an deutschen Hochschulen: Akademische Kultur und die Entstehung einer wissenschaftlichen Disziplin (1780-1920) [Física en las universidades alemanas: La cultura académica y la aparición de una disciplina científica]. En Stichweh (1994a): 115-134.
- Stoelhorst, J. W. 2005. The naturalist view of universal Darwinism: An application to the evolutionary theory of the firm. En Finch & Orillard (2005): 127-147. Reimpreso en Hodgson (2007): 233-251.
- Stoelhorst, J. W. 2008. *Universal Darwinism from the bottom up: An evolutionary view of socio-economic behavior and organization*. Edward Elgar.
- Stoltzenberg, Dietrich. 2004. *Fritz Haber: Chemist, Nobel laureate, German, Jew. A biography*. Chemical Heritage Press. Traducción de *Fritz Haber: Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude* (Wiley-VCH, 1994).
- Stone, Dan. 2002. *Breeding Superman: Nietzsche, race and eugenics in Edwardian and Interwar Britain*. Liverpool University Press.
- Strathern, Marilyn. 2004. *Commons and borderlands: Working papers on interdisciplinarity, accountability and the flow of knowledge*. Sean Kingston Publishing.
- Strunk, William & E. B. White. 2000. *The elements of style*. 4.ª ed. actualizada. Allyn & Bacon. Primera edición: 1935.
- Summers, William C. 1999. *Félix d'Herelle and the origins of molecular biology*. Yale University Press.
- Swales, John M. 1981. *Aspects of article introductions*. Language Studies Unit / University of Aston Birmingham.
- Swales, John M. 1990. *Genre analysis: English in academic and research settings*. Cambridge University Press.
- Swales, John M. 2004. *Research genres: Explorations and applications*. Cambridge University Press. Otra edición en inglés: Klett-Sprachen, 2004.
- Swales, John M. & Christine B. Feak. 2000. *English in today's research world: A writing guide*. University of Michigan Press.

- Swales, John M. & Christine B. Feak. 2009. *Abstracts and the writing of abstracts*. University of Michigan Press.
- Swales, John M. & Christine B. Feak. 2012. *Academic writing for graduate students: Essential tasks and skills*. 3.^a ed. University of Michigan Press.
- Swearingen, C. J. & Edward Schiappa. 2009. Introduction: Historical studies in rhetoric: Revisionist methods and new directions. En Lunsford *et al.* (2009): 1-13.
- Szöllösi-Janze, Margit. 1998. *Fritz Haber, 1868-1934. Eine Biographie*. Beck.
- Szöllösi-Janze, Margit. 2001. Pesticides and war: The case of Fritz Haber. *European Review* 9(1): 97-108.
- Szöllösi-Janze, Margit. 2002. Die institutionelle Umgestaltung der Wissenschaftslandschaft im Übergang vom späten Kaiserreich zur Weimarer Republik [La transformación institucional del paisaje científico en la transición del Imperio alemán tardío a la República de Weimar]. En Bruch & Kaderas (2002): 60-74.
- Szöllösi-Janze, Margit. 2005. Science and social space: Transformations in the institutions of *Wissenschaft* from the Wilhelmine Empire to the Weimar Republic. *Minerva* 43: 339-360.
- Tahamtan, Iman & Lutz Bornmann. 2018. Creativity in science and the link to cited references: Is the creative potential of papers reflected in their cited references? *Journal of Informetrics* 12(3): 906-930. https://www.researchgate.net/publication/326884135_Creativity_in_science_and_the_link_to_cited_references_Is_the_creative_potential_of_papers_reflected_in_their_cited_references
- Taubenberger, Jeffery K. 2003. Genetic characteristics of the 1918 «Spanish» influenza virus. En Phillips & Killingray (2003): 39-46.
- Taubenberger, Jeffery K.; John C. Kash & David M. Morens. 2019. The 1918 influenza pandemic: 100 years of questions answered and unanswered. *Science Translational Medicine* 11(502): aau5485. <https://www.science.org/doi/epdf/10.1126/scitranslmed.aau5485>
- Taubenberger, Jeffery K. & David M. Morens. 2006. 1918 influenza: The mother of all pandemics. *Emerging Infectious Diseases* 12(1): 15-22. https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/12/1/05-0979_article
- Taubenberger, Jeffery K.; Ann H. Reid & Thomas G. Fanning. 2000. The 1918 influenza virus: A killer comes into view. *Virology* 274(2): 241-245.
- Taubenberger, Jeffery K., Ann H. Reid & Thomas G. Fanning. 2005. Capturing a killer flu virus. *Scientific American* 293(1): 62-71.
- Taubenberger, Jeffery K.; Ann H. Reid, Thomas A. Janczewski & Thomas G. Fanning. 2001a. Characterization of the 1918 influenza virus hemagglutinin and neuraminidase genes. *International Congress Series* 1219: 545-549. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S053151310100629X>
- Taubenberger, Jeffery K.; Ann H. Reid, Thomas A. Janczewski & Thomas G. Fanning. 2001b. Integrating historical, clinical and molecular genetic data in order to explain the origin and virulence of the 1918 Spanish influenza virus. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences Series* 356(1416, *The origin and control of pandemic influenza*): 1829-1839. <http://www.jstor.org/stable/3067057>
- Taubenberger, Jeffery K.; Ann H. Reid, Amy E. Krafft, Karen E. Bijwaard & Thomas G. Fanning. 1997. Initial genetic characterization of the 1918 «Spanish» influenza virus. *Science* 275(5307): 1793-1796. <https://doi.org/10.1126/science.275.5307.1793>

- Taubenberger, Jeffery K.; Ann H. Reid, Raina M. Lourens, Ruixue Wang, Guozhong Jin & Thomas G. Fanning. 2005. Characterization of the 1918 influenza virus polymerase genes. *Nature* 437: 889-893. <https://www.nature.com/articles/nature04230>
- Taubenberger, Jeffery K.; Ann H. Reid, Raina M. Lourens, Ruixue Wang, Guozhong Jin & Thomas G. Fanning. 2006. Molecular virology: Was the 1918 pandemic caused by a bird flu? Was the 1918 flu avian in origin? (Reply to Gibbs & Gibbs, 2006). *Nature* 440(7088): E9-E10.
- Taylor, Arthur J. (ed.). 1975. *The standard of living in Britain in the Industrial Revolution*. Methuen.
- Teberosky, Anna. 2007. El texto académico. En Castelló (2007a): 16-46.
- Tenorth, Heinz-Eimar (ed.). 2010a. *Geschichte der Universität Unter den Linden 1810-2010: Transformation der Wissensordnung* [Historia de la Universidad «Unter den Linden», 1810-2010: transformación del ordenamiento del saber]. Akademie Verlag.
- Tenorth, Heinz-Eimar. 2010b. Einleitung – Friedrich Althoff und Adolf von Harnack. Forschung in Wissenschaftssystem und die Rolle der Universität [Introducción – Friedrich Althoff y Adolf von Harnack. La investigación en el sistema científico y el papel de la Universidad]. En Tenorth (2010a): 30-34.
- Thaiss, Chris; Gerd Bräuer, Paula Carlino, Lisa Ganobcsik-Williams & Aparna Sinha (eds.). 2012. *Writing programs worldwide: Profiles of academic writing in many places*. The WAC Clearinghouse and Parlor Press.
- Thaler, Richard & Cass Sunstein. 2008. *Nudge: Improving decisions about health, wealth, and happiness*. Yale University Press.
- The Economist*. 2021. The pandemic's true death toll: Our daily estimate of excess deaths around the world. Acceso en línea: 15/11/2021. <https://www.economist.com/graphic-detail/corona-virus-excess-deaths-estimates>
- The Guardian*. 2020. How the 1918 flu pandemic rolled on for years: a snapshot from 1920. Compilación de noticias de 1920 publicada el 6 de abril de 2020. Acceso en línea: 16/11/2021. <https://www.theguardian.com/science/from-the-archive-blog/2020/mar/11/archive-influenza-pandemic-snapshot-1920>
- The Royal Society. 2015. *Philosophical Transactions – 350 years of publishing*. Londres: The Royal Society.
- Thiele, Albert. 1991. *Rhetorik*. Gabler.
- Thompson, Edward P. 1963. *The making of the English working class*. Gollancz.
- Thompson, Paul. 2016. Genre approaches to theses and dissertations. En Hyland & Shaw (2016): 379-391.
- Thomson, William. 1999. The young person's guide to writing economic theory. *Journal of Economic Literature* 37: 157-183.
- Thomson, William. 2001. *A guide for the young economist: Writing and speaking effectively about economics*. MIT Press.
- Tiemann, Klaus-Harro. 1991. Die Zusammenarbeit von Friedrich Althoff und Wilhelm Foerster bei der Reorganisation des preußischen Geodätischen Instituts und der europäischen Gradmessung zur Internationalen Erdmessung 1885/1886 [La colaboración entre Friedrich Althoff y Wilhelm Foerster en la reorganización del Instituto Geodésico Prusiano y [el reemplazo] del [tradicional] sistema europeo de medición en grados [por] la medición geodésica internacional, 1885/1886]. En Brocke (1991a): 405-424.

- Tindale, Christopher. 1999. *Acts of arguing: A rhetorical model of argument*. State University of New York Press.
- Titze, Hartmut. 1983. Enrollment expansion and academic overcrowding in Germany. En Jarausch (1983): 57-88.
- Tol, Richard S. J. 2009. The h-index and its alternatives: An application to the 100 most prolific economists. *Scientometrics* 80(2): 317-324.
- Tol, Richard S. J. 2011. Credit where credit's due: Accounting for co-authorship in citation counts. *Scientometrics* 89(1): 291-299.
- Tooby, John & Leda Cosmides. 1992. The psychological foundations of culture. En Barkow *et al.* (1992): 19-136.
- Tormin, Walter. 1954. *Zwischen Rätediktatur und sozialer Demokratie. Die Geschichte der Rätebewegung in der Deutschen Revolution 1918/19* [Entre la dictadura de los soviets y la socialdemocracia: historia del movimiento de los consejeros en la revolución alemana de 1918-19]. Droste Verlag.
- Tort, Patrick. 2008. The interminable decline of Lamarckism in France. En Engels & Glick (2008): 329-353.
- Toulmin, Stephen. 1958. *The uses of argument*. Cambridge University Press. Edición actualizada: 2003. En español: *Los usos de la argumentación*, Península, 2007.
- Toulmin, Stephen; Richard Rieke & Allan Janik. 1984. *An introduction to reasoning*. MacMillan.
- Truhovic-Gjuric, Desanka. 1983. *Im Schatten Albert Einsteins. Das tragische Leben der Mileva Einstein-Marić* [A la sombra de Albert Einstein: La trágica vida de Mileva Einstein-Marić]. Paul Haupt.
- Tribe, Keith. 2019. Introduction to Max Weber's *Economy and Society*. En Weber (2019): 1-73.
- Trivers, Robert L. 1971. The evolution of reciprocal altruism. *Quarterly Review of Biology* 46: 35-57. Reproducido en Trivers (2002): 3-55.
- Trivers, Robert L. 1974. Parent-offspring conflict. *American Zoologist* 14: 249-264.
- Trivers, Robert L. 2002. *Natural selection and social theory: Selected papers of Robert Trivers*. Oxford University Press.
- Troyka, Lynn Quitman & Douglas Hesse. 2018. *Simon & Schuster handbook for writers*. 11.^a ed. Pearson.
- Truchot, Claude. 1996. La langue française en sciences, un cas de figure: la situation linguistique des sciences en France. En CLF-GQ (1996), Tema II: L'état des recherches sur les langues de la communication scientifique.
- Tsunoda, Minoru. 1983. Les langues internationales dans les publications scientifiques et techniques. *Sophia Linguistica* 13: 144-155.
- Tucker, Spencer C. (ed.). 1999. *European powers in the First World War: An encyclopedia*. Routledge.
- Tufte, Edward R. 1997. *Visual explanations*. Graphics Press.
- Tufte, Edward R. 2001. *The visual display of quantitative information*. Graphics Press.
- Tufte, Edward R. 2006. *Beautiful evidence*. Graphics Press.
- Tufte, Edward R. 2020. *Seeing with fresh eyes: Meaning-space-data-truth*. Graphics Press.
- Tulloch, Gordon. 1966. *The organization of inquiry*. Duke University Press. Reedición de 2006: Liberty Fund.
- Tumpey, Terrence M.; Christopher Basler, Patricia V. Aguilar, Hui Zeng, Alicia Solórzano, David E. Swayne, Nancy J. Cox, Jacqueline M. Katz, Jeffery K. Taubenberger, Peter Palese & Adolfo García-Sastre. 2005. Characterization of the reconstructed 1918 Spanish influenza pandemic virus. *Science* 310(5745): 77-80.

- Tumpey, Terrence M.; Adolfo García-Sastre, Jeffery K. Taubenberger, Peter Palese, David E. Swayne, Mary J. Pantin-Jackwood, Stacey Schultz-Cherry, Alicia Solórzano, Nico van Rooijen, Jacqueline M. Katz & Christopher F. Basler. 2005. Pathogenicity of influenza viruses with genes from the 1918 pandemic virus: Functional roles of alveolar macrophages and neutrophils in limiting virus replication and mortality in mice. *Journal of Virology* 79(23): 14933-14944.
- Turabian, Kate L. 2018. *A manual for writers of research papers, theses, and dissertations*. 9.^a ed. revisada. University of Chicago Press. Primera edición: 1947.
- Turner, James & Paul Bernard. 2000. The German model and the graduate school: The University of Michigan and the origin myth of the American University. En Geiger (2000): 221-241.
- Turner, R. Steven. 1980. The Prussian universities and the concept of research. *Internationales Archiv für Sozialgeschichte der deutschen Literatur* 5: 68-93.
- Turner, Stephen. 2000. What are disciplines? And how is interdisciplinarity different? En Weingart & Stehr (2000): 46-65.
- Turner, Stephen. 2012. The road from «vocation»: Weber and Veblen on the purposelessness of scholarship. *Journal of Classical Sociology* 19(3): 229-253.
- Twort, Antony. 1993. *In focus, out of step: A biography of Frederick William Twort FRS 1977-1950*. Sutton Publishing Ltd. (Antony Twort es hijo de Frederick Twort).
- Twort, Frederick. 1915. An investigation on the nature of ultra-microscopic viruses. *The Lancet* 186(4814): 1241-1243. [https://doi:10.1016/S0140-6736\(01\)20383-3](https://doi:10.1016/S0140-6736(01)20383-3)
- Twort, Frederick. 1921. The ultra-microscopic viruses. *The Lancet* 198(5108): 204-223. [https://doi:10.1016/S0140-6736\(01\)32091-3](https://doi:10.1016/S0140-6736(01)32091-3)
- Uebel, Thomas & Christof Limbeck-Lilienau (eds.). 2021. *The Routledge Handbook of Logical Empiricism*. Routledge.
- Ueding, Gert & Bernd Steinbrink. 2005. *Grundriß der Rhetorik: Geschichte – Technik – Methode* [Compendio de retórica: historia – técnica – método]. Metzler Verlag.
- UNESCO. 2022. *Mas alla de los límites. Nuevas formas de reinventar la educación superior*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Documento de trabajo para la Conferencia Mundial de Educación Superior (18-20 de mayo de 2022).
- Unger, Roberto Mangabeira. 2019. *The knowledge economy*. Verso Books.
- Unger, Roberto Mangabeira & Lee Smolin. 2015. *The singular universe and the reality of time: A proposal in natural philosophy*. Cambridge University Press.
- Uptegrove, Rachel; Angharad de Cates, Alice Shuttleworth, Derek K. Tracy, Matthew R. Broome & Anne Lingford-Hughes. 2021. Gender equality in academic publishing: Action from the *BJPsych*. *The British Journal of Psychiatry* 218(3): 128-130. <http://doi:10.1192/bjp.2020.192>
- Uribe, Consuelo. 2012. Interdisciplinarietà en investigación: ¿colaboración, cruce o superación de las disciplinas? Pontificia Universidad Javeriana, *Universitas Humanistica* 73: 147-172.
- Urquiola, Miguel. 2020. *Markets, minds, and money: Why America leads the world in university research*. Harvard University Press.
- Vahland, Joachim. 2001. *Max Webers entzauberte Welt* [El mundo desacralizado de Max Weber]. Königshausen und Neumann.
- Van Parijs, Philippe. 2007. Tackling the Anglophones' free ride: Fair linguistic cooperation with a global lingua franca. *AILA Review* 20: 72-86.
- Van Raan, Anthony F. J. 2000. The interdisciplinary nature of science: Theoretical framework and bibliometric-empirical approach. En Weingart & Stehr (2000): 66-78.

- Vargas-Quesada, Benjamín; Félix de Moya-Anegón, Zaida Chinchilla-Rodríguez & Antonio González-Molina, 2010. Showing the essential science structure of a scientific domain and its evolution. *Information Visualization* 9: 288-300. <http://ivi.sagepub.com/content/9/4/288.full.pdf+html>.
- Vega Reñón, Luis & Paula Olmos Gómez (eds.). 2011. *Compendio de lógica, argumentación y retórica*. Editorial Trotta.
- Velikovsky, Immanuel. 1950. *Worlds in collision*. MacMillan Publishers.
- Verecek, Lode. 1991. Das System Althoff: Eine ökonomische Verhaltensanalyse [El sistema Althoff: un análisis económico de su comportamiento]. En Brocke (1991a): 485-502.
- Verecek, Lode. 2001. *Das deutsche Wissenschaftswunder: Eine ökonomische Analyse des Systems Althoff (1882-1907)* [El milagro científico alemán: Un análisis económico del sistema Althoff (1882-1907)]. Duncker & Humblot.
- Verein Ernst Mach [Asociación Ernst Mach] (ed.). 1929. *Der Wiener Kreis. Wissenschaftliche Weltauffassung* [El Círculo de Viena: Concepción científica del mundo]. Arthur Wolf Verlag. Traducción en inglés: *The Scientific Conception of the World: The Vienna Circle*, en Neurath (1973): 299-318.
- Vergara-Fernández, Melissa. 2020. *Towards measuring journal impact –properly*. Duke University Center for the History of Political Economy, Working Paper n.º 2020-13, diciembre de 2020.
- Vervier, Anne. 2011. *Rédaction claire. 40 bonnes pratiques pour rendre vos écrits professionnels clairs et conviviaux*. <https://www.redaction-claire.com/conseils-et-publications/publications/r%C3%A9daction-claire/> EdiPro.
- Veysey, Laurence R. 1965. *The emergence of the American university*. University of Chicago Press.
- Vierhaus, Rudolf. 2001. Im Großbetrieb der Wissenschaft. Adolf von Harnack als Wissenschaftsorganisator und Wissenschaftspolitiker [En la gran empresa de la ciencia: Adolf von Harnack como organizador de la ciencia y conductor de la política científica]. En Nowak & Oexle (2001): 419-441.
- Villagrán, Andrea & Paul A. Harris. 2009. Algunas claves para escribir correctamente un artículo científico. *Revista Chilena de Pediatría* 80(1): 70-78. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rcp/v80n1/art10.pdf>
- Vivian, Charles H. & B. M. Jackson. 1961. *English composition: Fundamental principles of effective writing*. Barnes and Noble, reedición de 1984.
- Vollmer, Gerhard. 1975. *Evolutionäre Erkenntnistheorie* [Epistemología evolucionaria]. Hirzel (3.ª ed. 1981).
- Vollmer, Gerhard. 1987. On supposed circularities in an empirically oriented epistemology. En Radnitzky & Bartley (1987): 163-200.
- Vromen, Jack. 2009. Friedman's selection argument revisited. En Mäki (2009): 257-284.
- Vucinich, Alexander S. 2001. *Einstein and Soviet ideology*. Stanford University Press.
- Waaijer, Cathelijn J. F. 2015. The coming of age of the academic career: Differentiation and professionalization of German academic positions from the 19th century to the present. *Minerva* 53: 43-67.
- Waldeck, Roger (ed.). 2019. *Methods and interdisciplinarity*. Wiley.
- Walton, Douglas N. & Erik C. W. Krabbe. 1996. *Commitment in dialogue: Basic concepts of interpersonal reasoning*. Sunny Press. Traducción en español: *Argumentación y normatividad dialógica: compromisos y razonamiento interpersonal*, Palestra Editores, 2017.

- Wang, Taia T. & Peter Palese. 2013. Emergence and evolution of the 1918, 1957, 1968, and 2009 pandemic virus strains. En Webster *et al.* (2013): 218-228.
- Warburton, Nigel. 2006. *The basics of essay writing*. Routledge.
- Warriner, John E. 1988. *English composition and grammar: Complete course*. Harcourt Brace.
- Watson, James D. 1968. *The double helix*. Atheneum Books. Reedición: Scribner, 1996.
- Watson, James D. & Francis H. C. Crick. 1953. Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature* 171: 737-738.
- Weber, Marianne. 1906. *Beruf und Ehe. Die Beteiligung der Frau an der Wissenschaft. 2 Vorträge* [Profesión y matrimonio. La participación de la mujer en la ciencia. Dos conferencias]. Buchverlag der Hilfe.
- Weber, Marianne. 1907. *Ehefrau und Mutter in der Rechtsentwicklung. Eine Einführung* [La esposa y la madre en el desarrollo del derecho: una introducción]. Mohr.
- Weber, Marianne. 1909. Das Problem der Ehescheidung [El problema del divorcio]. *Die Frau* 16: 577-587.
- Weber, Marianne. 1911. Prinzipien der Ehereform [Principios de la reforma matrimonial]. *Die Frau* 19: 1-15.
- Weber, Marianne. 1912a. Zur Frage der Bewertung der Hausfrauenarbeit [Sobre la cuestión de la valoración del trabajo de las amas de casa]. *Die Frau* 19: 389-399.
- Weber, Marianne. 1912b. Autorität und Autonomie in der Ehe [Autoridad y autonomía en el matrimonio]. *Logos* 3(1): 103-114. En inglés: Marianne Weber (2003).
- Weber, Marianne. 1912c. Die Pekuniäre Unabhängigkeit der Ehefrau [La independencia pecuniaria de la esposa]. *Frankfurter Zeitung und Handelsblatt*, 7 de abril de 1912. Citado en Meurer (2010): 367.
- Weber, Marianne. 1913. Die Frau und die objektive Kultur [La mujer y la cultura objetiva]. *Logos* 4(3): 328-363.
- Weber, Marianne. 1914a. Die neue Frau [La nueva mujer]. *Centralblatt des Bundes Deutscher Frauenvereine* [Boletín Central de la Federación Alemana de Asociaciones de Mujeres] 15: 154-156.
- Weber, Marianne. 1914b. Eheideal und Eherecht [El ideal matrimonial y la ley del matrimonio]. *Jahrbuch der Frauenbewegung* [Anuario del Movimiento de Mujeres] 3: 175-187.
- Weber, Marianne. 1917a. Vom Typenwandel der studierenden Frau [Cambio de tipo de la mujer estudiante]. *Die Frau* 24: 514-530.
- Weber, Marianne. 1917b. Die Formkräfte des Geschlechtslebens [Las fuerzas que moldean la vida sexual]. *Die Frau* 25: 119-130, 141-149 y 191-193.
- Weber, Marianne. 1919. *Frauenfragen und Frauengedanken: Gesammelte Aufsätze* [Preguntas y pensamientos de las mujeres. Ensayos recopilados]. Mohr.
- Weber, Marianne. 1926. *Max Weber. Ein Lebensbild*. Mohr (Reedición: 1984). En inglés: *Max Weber: A biography*, Wiley, 1975. En español: *Max Weber: una biografía*, Institució Alfons el Magnànim (1995).
- Weber, Marianne. 1935. *Die Frauen und die Liebe* [Las mujeres y el amor]. Langewiesche Verlag.
- Weber, Marianne. 1946. *Erfülltes Leben* [Vida realizada]. Schneider.
- Weber, Marianne. 1948. *Lebenserinnerungen* [Recuerdos de la vida]. Storm.
- Weber, Marianne. 1977. Academic conviviality. *Minerva* 15(2): 214-246. Traducción de un ensayo escrito por la autora en 1948.

- Weber, Marianne. 2003. Authority and autonomy in marriage. Versión en inglés de Marianne Weber, 1912b, con introducción y comentarios de Craig R. Bermingham. *Sociological Theory* 21(2): 85-102.
- Weber, Marianne. 2005. *Frauen auf der Flucht* [Mujeres en fuga]. Edición preparada por el Instituto Marianne Weber, Oerlinghausen, sobre manuscritos inéditos de aproximadamente 1947-1952. Aisthesis Verlag.
- Weber, Max. 1889. *Zur Geschichte der Handelsgesellschaften im Mittelalter. Nach südeuropäischen Quellen*. [Sobre la historia de las sociedades mercantiles en la Edad Media, a partir de fuentes de Europa Meridional]. Ferdinand Enke Verlag.
- Weber, Max. 1891. *Die römische Agrargeschichte in ihrer Bedeutung für das Staats- und Privatrecht* [La historia agraria romana y su importancia para el derecho público y privado]. Ferdinand Enke Verlag.
- Weber, Max. 1919a. *Wissenschaft als Beruf* [La ciencia como vocación]. Conferencia dictada en Múnich el 16 de enero de 1919. Publicada en julio de ese año (Weber, 1919c). Incluida en el volumen póstumo de sus estudios sobre la ciencia compilado por su esposa (Weber, 1922a). Edición crítica: MWG, parte I, vol. 17 (1992): 71-111. En español: Weber, 1979: 180-231. El 7 de noviembre de 1917 Weber había dictado una primera versión de esta conferencia, la cual nunca fue publicada.
- Weber, Max. 1919b. *Politik als Beruf* [La política como vocación]. Conferencia dictada en Múnich el 28 de enero de 1919, publicada en julio de ese año (Weber, 1919d). Incluida en sus escritos sobre política compilados por su esposa (Marianne Weber, 1921). Edición crítica: MWG, parte I, vol. 17 (1992): 156-252. En español: Weber, 1979: 81-179.
- Weber, Max. 1919c. *Geistige Arbeit als Beruf. Vorträge vor dem Freistudentischen Bund. Erster Vortrag. Prof. Max Weber (München). Wissenschaft als Beruf* [El trabajo intelectual como vocación. Conferencias para la Federación de Estudiantes Libres. Primera conferencia. Prof. Max Weber (Múnich). La ciencia como vocación]. Duncker & Humblot. Portada reproducida en MWG, parte I, vol. 17 (1992): 70.
- Weber, Max. 1919d. *Geistige Arbeit als Beruf. Vier Vorträge vor dem Freistudentischen Bund. Zweiter Vortrag. Max Weber. Politik als Beruf* [El trabajo intelectual como vocación. Cuatro conferencias para la Federación de Estudiantes Libres. Segunda conferencia. Max Weber. La política como vocación]. Duncker & Humblot. Portada reproducida en MWG, parte I, vol. 17 (1992): 156.
- Weber, Max. 1920. *Die protestantische Ethik und der Geist des Kapitalismus* [La ética protestante y el espíritu del capitalismo]. Segunda edición revisada y ampliada, publicada como parte de sus *Gesammelte Aufsätze zur Religionssoziologie* [Ensayos completos sobre sociología de la religión], vol. 1: 17-206. Mohr. Edición crítica: MWG, parte I, vol. 18 (2016). La primera edición fue publicada en dos partes en la revista *Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik*, vol. 20 (1904): 1-54 y vol. 21 (1905): 1-110. En español: *La ética protestante y el espíritu del capitalismo* (Fondo de Cultura Económica, 2012).
- Weber, Max. 1921. *Gesammelte Politische Schriften* [Escritos políticos completos]. Edición de Marianne Weber. Drei Masten Verlag. Reedición: Mohr-Siebeck, 1958. En inglés: Weber (1994).
- Weber, Max. 1922a. *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre* [Ensayos completos sobre teoría de la ciencia]. Edición a cargo de Marianne Weber. Mohr (Reedición: Mohr-Siebeck, 1951).

- Weber, Max. 1922b. *Wirtschaft und Gesellschaft* [Economía y sociedad]. Edición a cargo de Marianne Weber. Mohr. Edición crítica con notas e índice en MWG, vols. 22 (en cinco tomos), 23, 24 y 25, 1999-2014.
- Weber, Max. 1944. *Economía y sociedad*. Traducción de Weber, 1922b, por José Medina Echavarría, Juan Roura Parella, Eugenio Imaz Echeverría, Eduardo García Máynez y José Ferrater Mora. Fondo de Cultura Económica.
- Weber, Max. 1947. *The theory of social and economic organization*. Traducción al inglés de Weber (1922b) por A. M. Henderson y Talcott Parsons. Oxford University Press.
- Weber, Max. 1979. *El político y el científico*. Traducción de las conferencias sobre la ciencia y la política como vocaciones (Weber, 1919a y 1919b). Alianza Editorial. Reedición: 2012.
- Weber, Max. 1984. *Zur Politik im Weltkrieg. Schriften und Reden 1914-1918* [Sobre la política durante la Guerra Mundial: Escritos y conferencias 1914-1918]. Edición a cargo de Wolfgang Mommsen y Gangolf Hübinger. Mohr Siebeck.
- Weber, Max. 1988. *Zur Neuordnung Deutschlands. Schriften und Reden 1918-1920* [Sobre la reorganización de Alemania. Escritos y conferencias 1918-1920]. Edición a cargo de Wolfgang Mommsen y Wolfgang Schwentker. Mohr Siebeck.
- Weber, Max. 1992. *Wissenschaft als Beruf 1917/1919 / Politik als Beruf 1919*. Edición y notas de Wolfgang Mommsen y Wolfgang Schluchter. MWG, vol. 17. Mohr Siebeck.
- Weber, Max. 1994. *Political writings* (Peter Lassman y Ronald Speirs, eds.). Cambridge University Press. Incluye *Politik als Beruf* como «The profession and vocation of politics» (pp. 309-369).
- Weber, Max. 2004. *The vocation lectures*. Edición a cargo de David Owen y Tracy B. Strong. Traducción al inglés de Rodney Livingstone. Hackett Publishing.
- Weber, Max. 2007. *La ciencia como profesión. La política como profesión*. Edición a cargo de Joaquín Abellán. Espasa-Calpe.
- Weber, Max. 2008. *Complete writings on academic and political vocations*. Edición e introducción de John Dreijmanis. Algora Publishing.
- Weber, Max. 2012a. *Collected methodological writings*. Editados por Hans Henrik Bruun & Sam Whimster (eds.). Routledge.
- Weber, Max. 2012b. Science as a profession and vocation. En Weber (2012a): 335-353.
- Weber, Max. 2016a. *Hochschulwesen und Wissenschaftspolitik. Schriften und Reden 1895-1920* [Educación superior y política científica. Escritos y discursos 1895-1920]. MWG, vol. 13. Mohr Siebeck.
- Weber, Max. 2016b. Die von den deutschen abweichenden Einrichtungen an den nordamerikanischen Hochschulen [Diferencias institucionales entre las universidades alemanas y norteamericanas]. Discurso en el Cuarto Congreso de Docentes Universitarios de Alemania, Dresden, 13/10/1911. En Weber (2016a): 394-410.
- Weber, Max. 2019. *Economy and society – A new translation – Edited and translated by Keith Tribe*. Harvard University Press.
- Weber, Max. 2020. *Charisma and disenchantment: The vocation lectures. Edited and with an introduction by Paul Reitter and Chad Wellmon*. The New York Review of Books.
- Webster, Robert G.; Arnold S. Monto, Thomas J. Braciale & Robert A. Lamb (eds.). 2013. *Textbook of influenza – Second edition*. Wiley.
- Weikart, Richard. 1993. The origins of Social Darwinism in Germany, 1859-1895. *Journal of the History of Ideas* 54(3): 469-488.

- Weingart, Peter. 1978. The relation between science and technology: A sociological explanation. En Krohn *et al.* (1978): 251-286.
- Weingart, Peter. 2017. Trust, quality assurance and Open Access: Predatory journals and the future of the scholarly publication system. En Weingart & Taubert (2017): 265-271.
- Weingart, Peter; Jürgen Kroll & Kurt Bayertz. 1988. *Rasse, Blut und Gene: Geschichte der Eugenik und Rassenhygiene in Deutschland* [Raza, sangre y genes: Historia de la eugenesia y la higiene racial en Alemania]. Suhrkamp.
- Weingart, Peter & Nico Stehr (eds.). 2000. *Practising interdisciplinarity*. Toronto: University of Toronto Press.
- Weingart, Peter & Niels Taubert (eds.). 2017. *The future of scholarly publishing: Open access and the economics of digitisation*. African Minds. Original alemán: *Wissenschaftliches Publizieren: Zwischen Digitalisierung, Leistungsmessung, Ökonomisierung und medialer Beobachtung* [Publicación científica: entre la digitalización, la medición del rendimiento, la economización y el monitoreo de medios], De Gruyter, 2016.
- Wendel, Günter. 1991. Aktivitäten Althoffs zum «Wegenetz europäischen Geistes». Die Einbeziehung ost- und südosteuropäischer Universitäten in das «System Althoff» [Actividades de Althoff en la «red de caminos del espíritu europeo»: la inclusión de las universidades de Europa del Este y Sudeste en el «sistema Althoff»]. En Brocke (1991a): 123-154.
- Wengenroth, Ulrich. 1997. Zur Differenz von Wissenschaft und Technik. En Bieber (1997): 141-151.
- West, Martha S. & John W. Curtis. 2006. *AAUP Faculty Gender Equity Indicators 2006*. American Association of University Professors (AAUP). <https://www.aaup.org/NR/rdonlyres/63396944-44BE-4ABA-9815-5792D93856F1/0/AAUPGenderEquityIndicators2006.pdf>
- Westmoreland, Ingrid. 1999. Casualties. En Tucker (1999): 172-173.
- Weston, Anthony. 2018. *A rulebook for arguments*. 5.ª ed. Hackett Publishing.
- Whitaker, John K. 2018. Marshall, Alfred (1842-1924). En *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 3.ª ed. (20 volúmenes, edición digital en un volumen). Palgrave MacMillan, 2018: 8350-8375.
- Whitehead, Alfred North & Bertrand Russell. 1910-1913. *Principia Mathematica*. Vol. 1 (1910), vol. 2 (1912) y vol. 3 (1913). Segunda edición corregida: 1927. Cambridge University Press.
- WHO. 2020. WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2019. Ginebra (Suiza): World Health Organization. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/gho-documents/global-health-estimates/ghc2019_daly-methods.pdf
- WHO. 2022. 14.9 million excess deaths associated with the COVID-19 pandemic in 2020 and 2021. Comunicado de prensa de la Organización Mundial de la Salud (5.5.2022). <https://www.who.int/news/item/05-05-2022-14.9-million-excess-deaths-were-associated-with-the-covid-19-pandemic-in-2020-and-2021>
- Wiesemes, Rolf & Maria Karanika-Murray. 2009. The cross-disciplinary research group: Overcoming isolation, promoting communication and interdisciplinarity. En Karanika-Murray & Wiesemes (1990): 1-8.
- Wilhelm II. 1922. *The Kaiser memoirs*. Harper.
- Williams, Gareth. 2019. *Unravelling the double helix: The lost heroes of DNA*. Pegasus Books.
- Williams, George. 1966. *Adaptation and natural selection*. Princeton University Press.
- Windolf, Paul. 1997. *Expansion and structural change: Higher education in Germany, the United States, and Japan, 1870-1990*. Westview Press. Reedición: Routledge (2018).

- Wittgenstein, Ludwig. 1921. *Tractatus Logico-Philosophicus*. Publicado inicialmente en 1921 como Logisch-Philosophische Abhandlung en *Annalen der Naturphilosophie* XIV (3-4): 185-262. Primera edición bilingüe en alemán e inglés: *Tractatus Logico-Philosophicus* (Routledge, 1922). Traducciones en español con ese mismo título: Revista de Occidente (1957), Alianza Editorial (1987) y Tecnos (2002).
- Wittgenstein, Ludwig. 1953. *Philosophische Untersuchungen / Philosophical investigations*. Edición bilingüe, Blackwell (reeditado en 2001). En español: *Investigaciones filosóficas*, Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM (1988); nueva edición en Editorial Crítica (2008).
- Wobbe, Theresa. 1988. Marianne Weber (1870-1954) – Ein anderes Labor der Moderne [Otro laboratorio de la modernidad]. En Wobbe & Honegger (1988): 153-177.
- Wobbe, Theresa & Claudia Honegger (eds.). 1988. *Frauen in der Soziologie. Neun Porträts* [Mujeres en la sociología: nueve retratos]. Beck.
- Wolff, Stefan L. 2018. Als Chemiker unter Physikern. Der Chemiker Fritz Haber (1868–1934) spielte auch in der Physik eine wichtige Rolle [Como químico entre físicos. El químico Fritz Haber (1868-1934) también desempeñó un papel importante en la Física]. *Physik Journal* 17: 30-34.
- Wolff, Stefan L. 2019. Fritz Habers letzte Amtshandlung [El último acto oficial de Fritz Haber]. *Kultur und Technik* 43(3): 56-59.
- Wolpert, Lewis. 1992. *The unnatural nature of science*. Harvard University Press.
- Wood, Alistair. 2001. International scientific English: The language of research scientists around the world. En Flowerdew & Peacock (2001): 71-83.
- Wren, Percival Christopher & H. Martin. 2000. *High school English grammar and composition*. Chand & Co. Edición actualizada. La primera edición fue publicada en 1935.
- Wright, James (ed.). 2015. *The international encyclopedia of social and behavioral sciences*. 2.^a ed. 26 vols. Elsevier.
- Wright, Sewall. 1921. Systems of mating. *Genetics* 5: 111-178 (5 partes), y *Corrigenda* en *Genetics* 6: 309).
- Wright, Sewall. 1930. The genetical theory of natural selection. *Journal of Heredity* 21(8): 349-356.
- Wright, Sewall. 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics* 16: 97-159.
- Wright, Sewall. 1932. The roles of mutation, inbreeding, crossbreeding and selection in evolution. *Proceedings of the 6th International Congress of Genetics* 1: 356-366.
- Wright, Sewall. 1933a. Inbreeding and homozygosis. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 19(4): 411-420.
- Wright, Sewall. 1933b. Inbreeding and recombination. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 19(4): 420-433.
- Wright, Sewall. 1984. *Evolution and the genetics of populations. New edition*. Vol.1: *Genetic & biometric foundations*; vol. 2: *Theory of gene frequencies*; vol. 3: *Experimental results and evolutionary deductions*; vol. 4: *Variability within and among natural populations*. University of Chicago Press.
- Wright, Sewall. 1986. *Evolution – Selected papers*. University of Chicago Press.
- Wuketits, Franz (ed.). 1984. *Concepts and approaches in evolutionary epistemology*. Reidel.
- Wuketits, Franz. 1990. *Evolutionary epistemology and its implications for humankind*. State University of New York Press.
- Wuketits, Franz & Christoph Antweiler (eds.). 2004. *Handbook of evolution. Volume I: The evolution of human societies and cultures*. Wiley-VCH Verlag.

- Wuketits, Franz & Francisco J. Ayala (eds.). 2005. *Handbook of evolution. Volume 2: The evolution of living systems (including hominids)*. Wiley-VCH Verlag.
- Wyer, Mary; Mary Barbercheck, Donna Cookmeyer, Hatice Ozturk & Marta Wayne. 2014. *Women, science, and technology: A reader in feminist science studies*. 3.^a ed. (primera edición: 2001). Routledge.
- Wynn, Charles M. & Arthur W. Wiggins. 2001. *Quantum leaps in the wrong direction: Where real science ends and pseudoscience begins*. Joseph Henry Press.
- Young, Matt & Taner Edis (eds.). 2004. *Why intelligent design fails: A scientific critique of the new creationism*. Rutgers University Press.
- Zackheim, Michele. 1999. *Einstein's daughter: The search for Lieserl*. Riverhead (Penguin Group).
- Zahn-Harnack, Agnes von. 1936. *Adolf von Harnack*. Hans Bott Verlag.
- Zaitlin, Milton. 1998. The discovery of the causal agent of the tobacco mosaic disease. En Kung & Yang (1998): 105-110.
- Zamora-Bonilla, Jesús. 2012. The economics of scientific knowledge. En Mäki (2012): 823-862.
- Zeisel, Hans. 1980. *Dígalo con números*. Fondo de Cultura Económica. Primera edición en inglés: *Say it with figures* (Harper, 1947).
- Zelinka, Ivan; Ali Sanayei, Hector Zenil & Otto E. Rössler (eds.). 2014. *How nature works. Complexity in interdisciplinary research and applications*. Springer.
- Zemach Dorothy E. & Lisa A. Rumisek. 2005. *Academic writing from paragraph to essay*. MacMillan.
- Zimmer, Carl. 2011. *A planet of viruses*. 3.^a ed. (2021). University of Chicago Press.
- Zimmer, Carl. 2021. *Life's edge: The search for what it means to be alive*. Dutton.
- Zirnstien, Gottfried. 1991. Friedrich Althoffs Wirken für die Biologie in der Zeit des Umbruchs der biologischen Disziplinen in Deutschland, der Erneuerung ihrer Forschung und Lehre an den Universitäten und des Rufes nach außeruniversitären Forschungsstätten, 1882 bis 1908 [La obra de F. Althoff sobre biología en tiempos de cambios de las disciplinas biológicas en Alemania, la renovación de su investigación y enseñanza en las universidades, y la convocatoria de instituciones de investigación extrauniversitarias, 1882 a 1908]. En Brocke (1991a): 355-374.
- Zuccala, Alesia. 2006. Modeling the invisible college. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57(2): 152-168.
- Zuckerman, Harriet. 1965. *Nobel laureates: Sociological studies of scientific collaboration*. Ph. D. dissertation, Columbia University. Citada en Merton (1988): 607, nota 3.
- Zuckerman, Harriet. 1972. Interviewing an ultra-elite. *Public Opinion Quarterly* 36: 159-175.
- Zuckerman, Harriet. 1977. *Scientific elite: Nobel laureates in the United States*. Free Press.
- Zuckerman, Harriet. 1987. Persistence and change in the careers of men and women scientists and engineers: A review of current research. En Dix (1987): 123-156.
- Zuckerman, Harriet. 2017. Accumulation of advantage and disadvantage: The theory and its intellectual biography. En Mongardini & Tabboni (2017): 139-161.
- Zuckerman, Harriet; Jonathan R. Cole & John T. Bruer (eds.). 1991. *The outer circle: Women in the scientific community*. Norton.
- Zuckerman, Harriet & Robert K. Merton. 1971. Patterns of evaluation in science: Institutionalisation, structure and functions of the referee system. *Minerva* 9(1): 66-100. Reeditado en Merton (1973a): 460-496, con el título «Institutionalized patterns of evaluation in science», con Merton como único autor y Harriet Zuckerman mencionada como colaboradora.
- Zwer, Nephys. 2017. Les *Lauensteiner Kulturtagungen* de 1917: L'extraordinaire discordance des points de vue. *Revue d'Allemagne et des Pays de Langue Allemande* 49(2): 301-313. <https://journals.openedition.org/allemande/572?lang=fr>.

