



**UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO**

Economía
Facultad de Economía y Finanzas

**UN MODELO DE CRÉDITO, SEGURO Y
EXTENSIÓN AGRÍCOLA**

**Tesis presentada para optar al Título Profesional de
Licenciado en Economía**

**Presentado por
Luis Miguel Robles Flores**

Asesor: Manuel Fernando Barrón Ayllón
[0000-0002-4752-6769](tel:0000-0002-4752-6769)

Lima, diciembre 2023



REPORTE DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA ANTIPLAGIO
FACULTAD DE ECONOMÍA Y FINANZAS

A través del presente, la Facultad de Economía y Finanzas deja constancia de que la Tesis titulada “Modelo de crédito, seguro y extensión para la agricultura de pequeña escala” presentado por LUIS MIGUEL ROBLES FLORES, identificado con DNI N° 0787731, para optar al Título Profesional de Licenciado en Economía, fue sometido al análisis del sistema antiplagio Turnitin el 17 de diciembre de 2023. El siguiente fue el resultado obtenido:

RoblesFlores,LuisMiguel_Tesis_Economía_2023.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%	2%	0%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
2	www.echocommunity.org Fuente de Internet	<1 %
3	medium.com Fuente de Internet	<1 %
4	repositorio.up.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

De acuerdo con la política vigente, el porcentaje obtenido de similitud con otras fuentes se encuentra dentro de los márgenes permitidos.

Se emite el presente documento para los fines estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Economía y Finanzas.

Lima, 6 de marzo de 2024

Juan Francisco Castro
Decano
Facultad de Economía y Finanzas

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla un modelo teórico de crédito, seguro y extensión agrícola para mostrar que la provisión conjunta de estos tres servicios puede ser un mecanismo factible para destrabar la inversión en proyectos rentables pero riesgosos en la agricultura de pequeña escala, la cual es predominante en economías en desarrollo. El modelo explota complementariedades naturales entre estos tres servicios. El seguro facilita la oferta de crédito y puede reducir el interés exigido y por otro lado elimina el riesgo adicional que implica invertir en extensión agrícola. El crédito es necesario para financiar la inversión y el pago de la extensión agrícola y el seguro, ya que los bajos niveles de ingreso del productor de pequeña escala hacen que el autofinanciamiento sea prohibitivamente caro. La extensión agrícola eleva la rentabilidad de la inversión con lo cual las entidades financieras están más dispuestas a asignar fondos. Además, el modelo incorpora el potencial ahorro en costos de proveer conjuntamente los tres servicios, ya que ellos dependen de un insumo común. Ese insumo común es información sobre quiénes son, qué hacen y qué poseen los productores de pequeña escala. Un ejercicio simple de simulación muestra que la provisión conjunta de estos tres servicios hace posible la inversión en proyectos rentables pero riesgosos.

ABSTRACT

This work develops a theoretical model of credit, insurance and agricultural extension services to show that their joint provision can be a feasible mechanism to unlock investment in profitable but risky projects among small-scale agricultural producers, which are predominant in developing economies. The model exploits natural complementarities between these three services. Insurance facilitates the supply of credit and can reduce the interest required; and on the other hand eliminates the additional risk involved in investing in agricultural extension services. Credit is necessary to finance investment and to pay for agricultural extension and insurance, since the low income levels of the small-scale producer make self-financing prohibitively expensive. Agricultural extension increases the profitability of investment, making financial entities more willing to allocate funds. Additionally, the model incorporates the potential cost savings of jointly providing these three services, since they depend on a common input. That common input is information about who small-scale producers are, what they do, and what they own. A simple simulation exercise shows that the joint provision of these three services makes investment in profitable but risky projects feasible.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
I INTRODUCCIÓN	7
II MODELO	9
II.1 Agricultores y tecnologías	9
II.2 Crédito	12
II.3 Seguro	14
II.4 Extensión	16
II.5 Proyecto con crédito, seguro y extensión	17
III SIMULACIÓN	19
IV COMENTARIOS FINALES	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	28
A Ecuaciones para simulaciones	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros del modelo	20
Tabla 2	Rentabilidad esperada mínima para invertir	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Retorno esperado mínimo con y sin riesgo	12
Figura 2	Mínima rentabilidad esperada para invertir	24

I INTRODUCCIÓN

En países de bajos ingresos una alta proporción de la producción agrícola se da en unidades de pequeña escala en comparación a economías desarrolladas. Adamopolous y Restuccia muestran que en el 20% de países más pobres el tamaño promedio de las explotaciones agropecuarias es 1.6 hectáreas (Ha), mientras que en el 20% de países más ricos ese promedio es 34 veces mayor [Adamopoulos and Restuccia, 2014]. Asimismo, muestran que en los países más pobres las unidades agrícolas de menos de 2 Ha representan más del 70% del total de explotaciones, mientras que en los países ricos representan sólo el 15%. Asimismo, en los países en desarrollo la agricultura de pequeña escala es relativamente intensiva en trabajo y por tanto una fuente importante de empleo a nivel nacional [Adamopoulos and Restuccia, 2021]. La productividad y rentabilidad de estas unidades de pequeña escala tiende a ser menor en comparación a las unidades de gran escala [Aragón et al., 2022] y en comparación a unidades de similar escala en países en desarrollo. Suelen operar en el sector informal y muchas veces carecen de títulos de propiedad que respalden sus activos. Esta situación coincide con la falta de acceso a tres servicios: crédito [Khandker, 2021], seguro [Robles, 2021] y asistencia técnica.

En el presente trabajo se desarrolla un modelo teórico que muestra: i) cómo la falta de acceso individual a estos servicios depende del tamaño de las unidades productivas ii) el impacto negativo de la falta de acceso a estos servicios sobre la productividad iii) y que la provisión conjunta de estos servicios potencialmente reduce el problema de escala y permite elevar la productividad de la agricultura de pequeña escala.

En lenguaje simple el presente trabajo busca dar sustento teórico a la siguiente propuesta. Por un lado, crédito, seguro y asistencia técnica son tres servicios que se complementan entre sí tal que la provisión de cualquier de ellos facilita el acceso, ya sea por oferta o por demanda, de los otros dos servicios. Por otro lado, crédito, seguro y asistencia técnica tienen un insumo común para su provisión; ese insumo es información oportuna y precisa sobre “quiénes son”, “qué hacen” y “qué poseen” los potenciales clientes de estos servicios, es decir productores agrícolas de pequeña escala. Además este insumo tiene la característica de ser no rival, es decir el consumo de información por parte del proveedor de un servicio no limita el posible consumo de la misma información por parte del proveedor de otro servicio. Por tanto, surge la propuesta de proveer de manera conjunta crédito, seguro y asistencia técnica a productores de pequeña escala, para aprovechar la complementariedad de estos tres servicios y evitar la duplicidad en el costo de adquirir información. Así es posible incurrir una sola vez en el costo de adquirir información y que dicha información este disponible para la provisión de los tres servicios. Cuando la provisión de cada servicio se hace por separado el costo de adquirir información lo incurre cada

proveedor de servicio, con lo cual enacarece su provisión posiblemente haciendo que el servicio sea comercialmente no viable. Adicionalmente esta propuesta surge en un contexto que gracias a las existentes tecnologías de información es posible recolectar periódicamente información sobre “quiénes son”, “qué hacen” y “qué poseen” a un costo cada vez más bajo quedando por debajo de la suma de los beneficios que generan la provisión de crédito, seguro y asistencia técnica de manera conjunta. Entre las actuales opciones para recolectar información de campo se pueden mencionar i) personal local que recoge información usando equipos como laptops, tablets, celulares, y sensores y que transmiten esa información via “la nube” ii) Los mismo agricultores recolectan y comparten información geo referenciada utilizando celulares iii) Uso de “drones” iv) Uso de satélites.

El modelo que se propone descansa sobre los siguientes supuestos: a) El costo de proveer crédito a unidades de pequeña escala decrece con el acceso a seguro y asistencia técnica. Por un lado, dado el riesgo de la actividad agrícola, el proveedor de crédito minimiza el riesgo de default cuando la producción agrícola está asegurada. Por otro lado el acceso a asistencia técnica eleva el número de unidades productivas con rentabilidad mínima para ser sujeta de crédito.

b) El costo de proveer seguro a unidades de pequeña escala decrece con el acceso a crédito y asistencia técnica. En un contexto de restricciones de liquidez cuando crece el número de unidades con acceso a crédito se incrementa la demanda por seguro y por tanto aumenta la capacidad de la aseguradora por cubrir costos fijos de operar en una localidad dada. Cuando hay acceso a asistencia técnica se reducen las pérdidas promedio de producción y por tanto se abarata la prima del seguro.

c) La demanda por asistencia técnica crece con el acceso a crédito y a seguro. En un contexto de restricciones de liquidez pagar por el servicio de asistencia técnica e implementar las recomendaciones técnicas es factible cuando hay crédito. Desde el punto de vista del productor la asistencia técnica en si misma es una actividad que incrementa el riesgo y por tanto el acceso a seguro reduce esa exposición adicional a riesgo e incrementa el beneficio esperado de contratar asistencia

d) La oferta de estos tres servicios depende de un insumo común o quasi común: información sobre el capital y activos que entran al proceso de producción y sobre los resultados del proceso de producción. La capacidad de bajar el costo para obtener esa información común es importante en lograr la una oferta viable de estos servicios.

El modelo a desarrollarse será uno de equilibrio parcial, de dos períodos, con incertidumbre y con los siguientes agentes optimizadores: productor agrícola, proveedor de crédito, proveedor de seguro, y proveedor de extensión agrícola. Se considera una tecnología de recojo de información con costos de operación que se trasladan a los proveedores de crédito, seguro y extensión. Para

modelar la provisión y acceso a crédito se toma como base el clásico modelo de Stiglitz y Weiss (1981) con información imperfecta [Stiglitz and Weiss, 1981].

La provisión y acceso a seguros se modelan teniendo en cuenta el clásico modelo de Rothschild y Stiglitz (1976) [Rothschild and Stiglitz, 1976], el modelo propuesto por Hill y Robles (2016) [Hill et al., 2016] y el modelo de Clarke (2016) [Clarke, 2016]. La interacción entre crédito y seguro agrícola sigue los modelos de Farrin y Miranda (2015) [Farrin and Miranda, 2015] y de Gine y Yang (2019) [Giné and Yang, 2009].

II MODELO

Aquí se desarrolla un modelo simple para mostrar que a pesar que el crédito, el seguro y la extensión agrícola son tres servicios que permiten crear valor de manera individual en ausencia de fricciones de mercado; en el contexto de la agricultura de pequeña escala típica de países en desarrollo no existirá demanda por tales servicios cuando se contratan y se ofrecen de manera separada. Sin embargo, gracias a complementariedades de estos tres servicios tanto en la demanda como en la oferta conjunta de ellos permite destrabar la inversión en el sector agrícola y aprovechar el valor neto que aportan proyectos riesgosos pero con rentabilidad esperada positiva.

II.1 Agricultores y tecnologías

El modelo considera una economía poblada por un gran número de agricultores homogéneos, los cuales viven por un único período de tiempo y obtienen bienestar a través del consumo del único bien, perecible, que ellos mismos producen y cuyo consumo se da al comienzo del período, en $t = 0$, y al final del período, en $t = 1$. Cada agricultor de esta economía tiene acceso a una tecnología (tradicional o de subsistencia) que le brinda un ingreso constante del bien de consumo igual a w al comienzo y al final del período, por tanto $w_0 = w_1 = w$. Los agricultores son agentes racionales, maximizadores de bienestar intertemporal, aversos al riesgo, con función de utilidad $u(c)$ tal que $u'(c) > 0$ y $u''(c) < 0$ y con tasa de descuento intertemporal igual a δ que por simplicidad y sin pérdida de generalidad se asume igual a cero. En esta economía simple o de subsistencia no hay posibilidad de ahorro ni acceso a préstamos de consumo y por tanto el bienestar que cada agricultor obtiene de consumir el ingreso constante de subsistencia está dado por $U(w) = u(w_0) + u(w_1) = 2 \times u(w)$.

Existe también un proyecto (tecnología) riesgoso pero con rentabilidad esperada positiva y que requiere una inversión I en $t = 0$. Este proyecto tiene una probabilidad p de ser exitoso y $1 - p$ de fracasar. En caso de éxito la tasa interna de retorno del proyecto es r^H y en caso de

fracaso r^L , tal que $r^L < 0$ y la tasa de retorno esperada $E(r) = pr^H + (1-p)r^L$ es positiva ($E(r) > 0$). Definiendo $D \equiv r^H - r^L$ se tiene que $E(r) = r^L + pD$ y la varianza de r es $V(r) = p(1-p)D^2$. El agricultor decidirá financiar el proyecto riesgoso si $I \leq w$ y si se cumple que

$$u(w - I) + Eu(w + y) > u(w) + u(w) \quad (1)$$

donde $y = I(1 + r)$ y $r \in \{r^H, r^L\}$

Usando expansión de Taylor de segundo orden alrededor del ingreso constante de subsistencia w se tiene que la utilidad ganada en $t = 1$, en comparación a no invertir en el proyecto, es igual a

$$Eu(w + y) - u(w) = u'(w)E(y) + \frac{u''(w)}{2} (E(y)^2 + V(y)) \quad (2)$$

mientras que la utilidad que se pierde en $t = 0$, por invertir en el proyecto en comparación a no hacerlo, es igual a

$$u(w - I) - u(w) = u'(w)(-I) + \frac{u''(w)}{2} (I^2) \quad (3)$$

Reemplazando 2 y 3 en 1 se obtiene la siguiente condición necesaria para que un agricultor decida implementar el proyecto riesgoso por cuenta propia

$$u'(w)E(y) + \frac{u''(w)}{2} (E(y)^2 + V(y)) + u'(w)(-I) + \frac{u''(w)}{2} (I^2) > 0 \quad (4)$$

Teniendo en cuenta que $E(y) = I(1 + E(r))$, $V(y) = I^2V(r)$ y usando la aversión relativa al riesgo $RRA(w) \equiv \frac{-u''(w)}{u'(w)}w$ la expresión 4 se puede reescribir como

$$(1 + E(r)) - \left(\frac{1}{2}\right) RRA(w) \left(\frac{I}{w}\right) (1 + E(r))^2 - \left(\frac{1}{2}\right) RRA(w) \left(\frac{I}{w}\right) (V(r) + 1) - 1 > 0 \quad (5)$$

Para entender mejor el comportamiento de esta expresión definimos $x \equiv (1 + E(r))$ y $\phi \equiv \left(\frac{1}{2}\right) RRA(w) \left(\frac{I}{w}\right)$ y así resaltar el polinomio de segundo grado en x

$$-\phi x^2 + x - (\phi(1 + V(r)) + 1) > 0 \quad (6)$$

Tomando la raíz de menor valor se encuentra que para implementar el proyecto x (y $E(r)$) debe ser igual o mayor a:

$$x_{min} = \frac{1 - (1 - 4\phi(\phi(1 + V(r)) + 1))^{0.5}}{2\phi} \quad (7)$$

$$E(r)_{min} = \frac{1 - (1 - 4\phi(\phi(1 + V(r)) + 1))^{0.5}}{2\phi} - 1 > \phi(1 + V(r)) \quad (8)$$

Se puede verificar directamente de graficar 6 que x_{min} es creciente tanto en ϕ como en $V(r)$. Es decir, a mayor sea la aversión relativa al riesgo, o el tamaño de la inversión, o la varianza de la rentabilidad del proyecto mayor será la rentabilidad esperada mínima que el agricultor exigirá para decidir implementar el proyecto. Por tanto proyectos con rentabilidad esperada positiva fácilmente son descartados por el agricultor.

Debe notarse también que hay situaciones que aún con rentabilidades esperadas muy elevadas el agricultor decidirá no implementar el proyecto. Para que exista una rentabilidad mínima que motive al agricultor debe cumplirse la siguiente condición

$$1 - 4\phi(\phi(1 + V(r)) + 1) > 0 \quad (9)$$

lo cual se da cuando

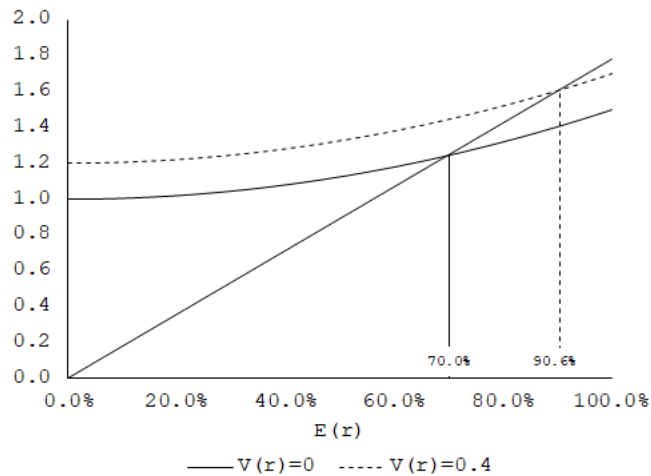
$$RRA(w) \left(\frac{I}{w} \right) < \frac{(2 + V(r))^{0.5} - 1}{1 + V(r)} \quad (10)$$

Esto significa que, para un nivel dado aversión relativa al riesgo, existe un nivel máximo de inversión, como proporción del ingreso de subsistencia seguro, por encima del cual el agricultor no invertirá en el proyecto aunque tenga un retorno esperado altísimo. En otras palabras si la inversión requerida en el proyecto es muy alta entonces el bienestar que se sacrifica en $t = 0$ difícilmente podrá ser compensando con la mayor producción en $t = 1$, por más alta que esta sea. Aunque, dado que se esta usando aproximaciones de Taylor de segundo grado, estos resultados son válidos para cambios pequeños alrededor de w no dejan de ser intuitivos. Más aún el resultado en 10 dice que mientras mayor sea la $RRA(w)$ menor será el nivel máximo de inversión que haría al agricultor implementar el proyecto (condicional en que exista una rentabilidad esperada suficientemente alta). Además debe notarse que este resultado no dependen del hecho que el proyecto sea riesgoso. Notar que si en 10 la varianza $V(r)$ fuera cero o cercana a cero haría que la inversión $\frac{I}{w}$ máxima sea algo mayor a que si la varianza $V(r)$ fuera positiva.

El modelo entonces indica que si se le ofrece a un agricultor de subsistencia un proyecto que debe autofinanciar es altamente probable que no lo implemente a pesar que ese proyecto ofrezca un altísimo retorno, ya que el costo de oportunidad de su ingreso seguro es muy elevado. El

rechazo, independientemente de la tasa de retorno, dependerá del tamaño de la inversión como proporción del ingreso seguro (I/w), del riesgo de la inversión, y de la aversión al riesgo. Esto muestra el grado de importancia que puede llegar a tener la ausencia de financiamiento para agricultores con bajos recursos para invertir, quienes a pesar de enfrentar proyectos altamente rentables quedan atrapados en actividades de baja productividad y niveles de ingreso de subsistencia. Además la expresión 8 muestra que aún para niveles aceptables de inversión para el agricultor el proyecto será implementado sólo si el retorno esperado es lo suficientemente alto. En la Figura 1 se encuentra el retorno esperado mínimo que debe tener el proyecto cuando la inversión inicial es igual al 18% de w , $RRA(w) = 2$ y para el caso sin riesgo ($V(r) = 0$) y para un varianza del retorno igual a 40%. Cuando no hay riesgo el retorno mínimo que debe tener el proyecto para inducir su implementación es de 70% y con riesgo el retorno esperado sube a 90%.

Figura 1: Retorno esperado mínimo con y sin riesgo



II.2 Crédito

En el modelo existen entidades financieras neutrales al riesgo dispuestas a prestar el monto de la inversión I a los agricultores siempre y cuando tengan la seguridad de recuperar el monto del crédito otorgado, incluyendo intereses, de cada agricultor. En el modelo no se permite la responsabilidad limitada (limited liability) para separar por completo la función de mover recursos en el tiempo (crédito) de la función aseguramiento (mover recursos entre estados de la naturaleza). Con responsabilidad limitada el agricultor limita el pago de su deuda al producto total generado por el proyecto y , que es igual a $I(1 + r)$, aún cuando no alcance a cubrir el monto del préstamo. Este caso se da cuando $r < 0$. En el modelo se asume que $r^L < 0$ y por tanto las

instituciones financieras requieren de un colateral para garantizar el repago del crédito otorgado. En principio el ingreso w de los agricultores no se puede usar como colateral a menos que la institución financiera incurra en un costo κ por agricultor para poder convertir w en colateral. Típicamente los agricultores de pequeña escala en países en desarrollo poseen algunos activos pero que difícilmente pueden usar como colateral crediticio porque no cuentan con registros formales a través de los cuales las instituciones financieras puedan verificar tanto la propiedad de esos activos como conocer las características de tales activos que permitan estimar su valor. Adicionalmente, si el agricultor vende parte o todos sus activos las instituciones financieras no tienen directamente acceso a esa información. Por tanto aquí el costo κ se justifica como los recursos que debe dedicar la institución financiera para obtener información sobre qué activos posee el agricultor, su posible valor de mercado y verificar que no sean vendidos hasta que se repague el préstamo. El tasa de costo de fondos para la institución financiera es igual i_p , que incluye costos administrativos o de otro tipo y que producto de operar en un mercado competitivo la entidad financiera no obtiene utilidades. Bajo estos supuestos la tasa de interés i que la institución financiera cobra al agricultor es aquella que hace sus utilidades igual a cero:

$$I(1 + i_p) + \kappa = (1 + i)I \quad (11)$$

Por tanto $i = i_p + \frac{\kappa}{I}$

Y adicionalmente se debe tener en cuenta que el monto del préstamo no debe ser mayor al colateral, w . Para el agricultor acceder al crédito es potencialmente beneficioso ya que le permite implementar el proyecto sin necesidad de sacrificar recursos escasos en $t = 0$. Sin embargo al implementar el proyecto con crédito el agricultor incurre en una situación de riesgo. Si el proyecto tiene éxito el agricultor logra un ingreso total de $w + I(r^H - i) = w + Ir^H - \kappa$. Si el proyecto no tiene éxito hay que sacrificar parte de la dotación de subsistencia (que fue usada como colateral) para repagar el crédito (se asume que $r^L < 0$) y obtiene un ingreso total de $w + I(r^L - i) = w + Ir^L - \kappa$. La condición para implementar el proyecto usando crédito es que permita obtener una mayor utilidad que la que se obtiene con el ingreso seguro de subsistencia

$$u(w) + Eu(w + I(r - i)) > u(w) + u(w) \quad (12)$$

$$Eu(w + I(r - i)) - u(w) > 0 \quad (13)$$

Nuevamente usando expansión de Taylor de segundo orden, redefiniendo x como $x \equiv (E(r) - i)$ y reordenando términos tenemos el siguiente polinomio de segundo orden en x

$$-\phi x^2 + x - \phi V(r) > 0 \quad (14)$$

Tomando la raíz de menor valor se encuentra que para implementar el proyecto x (y $E(r)$) debe ser igual o mayor a:

$$x_{min} = \frac{1 - (1 - 4\phi^2 V(r))^{0.5}}{2\phi} \quad (15)$$

$$E(r)_{min} = i + \frac{1 - (1 - 4\phi^2 V(r))^{0.5}}{2\phi} > i + \phi V(r) \quad (16)$$

La condición para la existencia de x_{min} es

$$1 - 4\phi^2 V(r) > 0 \quad (17)$$

$$\frac{1}{V(r)^{0.5}} > RRA(w) \left(\frac{I}{w} \right) \quad (18)$$

Se verifica que x_{min} (y por tanto también $E(r)_{min}$) es creciente en ϕ y en $V(r)$. Y también que, dado un riesgo de rentabilidad y dada una aversión al riesgo, el tamaño de la inversión no puede exceder un cierto límite o de lo contrario el agricultor de ninguna manera implementará el proyecto aún teniendo acceso al crédito. Ese límite superior está dado por $\frac{1}{[V(r)]^{0.5} RRA(w)}$

II.3 Seguro

Ahora se considera la posibilidad de implementar el proyecto y a la vez contratar un seguro para eliminar el riesgo inherente al proyecto. En caso de que el proyecto fracase el asegurado (agricultor) recibe una compensación igual a $z = y^H - y^L = D \times I$ y nada en caso que el proyecto tenga éxito. El asegurado en cualquier escenario debe pagar una prima π , que aquí asumimos se paga en $t = 1$ para separar completamente la movilización de recursos a lo largo del tiempo de la movilización de recursos entre estados de la naturaleza. Se asume que la aseguradora es neutral al riesgo y que debe incurrir en un costo θ por asegurar a un agricultor. θ captura el costo en que incurre la aseguradora para verificar la existencia y valor del bien asegurable (en este caso valor de producción), costo de monitoreo para minimizar moral hazard y el costo de verificación de pérdidas en caso de siniestros. Típicamente se argumenta que este costo es elevado en comparación a la escala del típico productor pequeño de países en desarrollo con lo cual hace no viable la existencia de mercados de seguros agrícolas tradicionales en países en

desarrollo con presencia masiva de agricultura de escala menor. Esto ha llevado a muchos a proponer otras opciones de seguro en base a índices aunque en la práctica éstos tampoco han resultado en una opción viable.

Asumimos también que la prima que cobra la aseguradora es aquella que le permite recuperar sus costos sin generar ninguna utilidad. Por tanto

$$\pi = (1 - p)(y^H - y^L) + \theta \quad (19)$$

El ingreso total para el agricultor en $t = 1$ es igual a $w + E(y) - \theta$ (sin riesgo) y por tanto la condición para implementar el proyecto es la siguiente:

$$u(w - I) + u(w + E(y) - \theta) > u(w) + u(w) \quad (20)$$

Usando expansión de Taylor de segundo orden, redefiniendo x como $x \equiv (1 + E(r) - \frac{\theta}{I})$ y reordenando términos

$$-\phi x^2 + x - (\phi + 1) > 0 \quad (21)$$

Tomando la raíz de menor valor se encuentra que para implementar el proyecto x (y $E(r)$) debe ser igual o mayor a:

$$x_{min} = \frac{1 - (1 - 4\phi[\phi + 1])^{0.5}}{2\phi} \quad (22)$$

$$E(r)_{min} = \left(\frac{\theta}{I}\right) + \frac{1 - (1 - 4\phi[\phi + 1])^{0.5}}{2\phi} - 1 > \left(\frac{\theta}{I}\right) + \phi \quad (23)$$

La condición para la existencia de x_{min} es

$$1 - 4\phi[\phi + 1] > 0 \quad (24)$$

$$-\phi^2 - \phi + (1/4) > 0 \quad (25)$$

esto se da cuando

$$RRA(w) \left(\frac{I}{w}\right) < \sqrt{2} - 1 \quad (26)$$

Al igual que en el caso del crédito se verifica que x_{min} (y por tanto también $E(r)_{min}$) es

creciente en ϕ y en $V(r)$. Es decir, a mayor aversión al riesgo y/o mayor tamaño de la inversión requerida como proporción del ingreso seguro w mayor será la tasa de retorno esperado mínima que se le exigirá al proyecto para implementarlo. Igualmente se da el caso que si el tamaño de la inversión excede un cierto umbral (que depende a su vez de la aversión al riesgo y la varianza del retorno de la inversión) el agricultor de ninguna manera implementará el proyecto aún si pudiera contratar seguro. Ese límite superior está dado por $\frac{\sqrt{2}-1}{RRA(w)}$

II.4 Extensión

En este modelo los servicios de extensión agrícola permiten adaptar la tecnología general a las condiciones específicas del agricultor y como resultado elevan la rentabilidad en cada escenario en s puntos porcentuales, tal que $\hat{y} = I(1 + r + s)$ ¹. Notar que si no se adopta la tecnología general ($I = 0$) estos servicios de extensión no tienen ninguna utilidad, es decir en poco o nada se puede incrementar la producción tradicional con sólo servicios de extensión pero sin inversión. Estos servicios de extensión tienen un costo fijo igual a α que se pagan en $t = 0$. Se asume un costo fijo para capturar el hecho de que proveer extensión a agricultores de pequeña escala (en el modelo la escala está capturada por el tamaño de I o por el ratio $\frac{I}{w}$) es más costoso que ofrecerlo a productores de mayores escala. Otro aspecto importante a notar es que un pago fijo α eleva la rentabilidad, en cualquier escenario, de la rentabilidad de la inversión total I que se haga. Esto sin duda hace más atractivos proyectos que requieren inversiones más grandes. Aquí dado que el tamaño de la inversión no es una elección este efecto no juega un rol y más bien esta modelación trata de reflejar que es necesaria una “capacitación ad hoc” para que el productor alcance la rentabilidad máxima esperada del nuevo proyecto. Aquí se propone que para poder brindar esta “capacitación ad hoc” se requiere información específica del agricultor y por tanto el costo α incluye el costo de adquirir esa información así como el costo de entregarle la capacitación al productor.

Se define la nueva inversión total, en el proyecto y la extensión agrícola, como $\hat{I} = I + \alpha = I(1 + \frac{\alpha}{I})$. La condición para adoptar el proyecto incluyendo servicios de extensión versus permanecer operando la tecnología tradicional es

$$u(w - \hat{I}) + Eu(w + \hat{y}) > u(w) + u(w) \quad (27)$$

$$u(w - \hat{I}) - u(w) + Eu(w + \hat{y}) - u(w) > 0 \quad (28)$$

Redefiniendo x como $x \equiv (1 + E(r) + s)$ y reordenando términos

¹Alternativamente se puede considerar el caso en que sólo eleva la rentabilidad del escenario de éxito, lo cual va a alterar la media y la varianza. Esta opción no se considera en esta versión del documento

$$-\phi x^2 + x - \left(\left(\left[1 + \frac{\alpha}{I} \right]^2 + V(r) \right) \phi + \left(1 + \frac{\alpha}{I} \right) \right) > 0 \quad (29)$$

Tomando la raíz de menor valor se encuentra que para implementar el proyecto x (y $E(R)$) debe ser igual o mayor a:

$$x_{min} = \frac{1 - \left(1 - 4\phi \left(\left(\left[1 + \frac{\alpha}{I} \right]^2 + V(r) \right) \phi + \left(1 + \frac{\alpha}{I} \right) \right) \right)^{0.5}}{2\phi} \quad (30)$$

$$E(r)_{min} = \frac{1 - \left(1 - 4\phi \left(\left(\left[1 + \frac{\alpha}{I} \right]^2 + V(r) \right) \phi + \left(1 + \frac{\alpha}{I} \right) \right) \right)^{0.5}}{2\phi} - 1 - s \quad (31)$$

$$E(r)_{min} > (1 + V(r)) \phi + \frac{\alpha}{I} \left(\left[2 + \frac{\alpha}{I} \right] \phi + 1 \right) - s \quad (32)$$

Notar de la ecuación 32 que si $s = \frac{\alpha}{I} \left(\left[2 + \frac{\alpha}{I} \right] \phi + 1 \right)$ se tiene una desigualdad similar a la de la ecuación 8. Por tanto s debe ser superior al lado derecho de esta última expresión para que el servicio de extensión sea mínimamente atractivo. De esta última igualdad también se puede obtener un límite superior para $\frac{\alpha}{I}$ a partir del cual el servicio de extensión es excesivamente caro dado un nivel de inversión requerido por el proyecto I y dado un incremento s en la rentabilidad esperada.

Al igual que en los casos anteriores se puede establecer una condición para la existencia x_{min} que proviene de resolver la siguiente desigualdad

$$1 - 4\phi \left(\left(\left[1 + \frac{\alpha}{I} \right]^2 + V(r) \right) \phi + \left(1 + \frac{\alpha}{I} \right) \right) > 0 \quad (33)$$

Esta condición se da cuando

$$RRA(w) \left(\frac{I}{w} \right) < \frac{(2\beta^2 + V(r))^{0.5} - \beta}{1 + V(r)} \quad (34)$$

Y esto determina un umbral máximo para $\left(\frac{I}{w} \right)$ dado por $\frac{(2\beta^2 + V(r))^{0.5} - \beta}{RRA(w)(1 + V(r))}$. Como antes este umbral máximo es decreciente en $V(r)$ y en $RRA(w)$

II.5 Proyecto con crédito, seguro y extensión

Aqui consideramos la implementación del proyecto a la vez que el agricultor accede a crédito, seguro y servicios de extensión agrícola. En este caso el monto del crédito $\hat{I} = I + \alpha = I \left(1 + \frac{\alpha}{I} \right)$ bajo el supuesto de que $\hat{I} < w$ y las entidades financieras exigen un repago igual a $\hat{I}(1 + \hat{i})$,

donde ahora $\hat{i} = i_p + \frac{\kappa}{I}$. Dado que también se contratan los servicios de extensión, en caso de éxito el proyecto genera un ingreso total de $\hat{y}^H = I(1 + r^H + s)$ con probabilidad p y en caso de fracaso de $\hat{y}^L = I(1 + r^L + s)$ con probabilidad $1 - p$. Por el lado del seguro el agricultor recibe una compensación igual a $\hat{y}^H - \hat{y}^L$ (el payout) en caso de fracaso. La prima del seguro es la que hace las ganancias de la aseguradora igual a cero, $\hat{\pi} = (1 - p)(\hat{y}^H - \hat{y}^L) + \theta$. Gracias al seguro en $t = 1$ el ingreso total del agricultor deja de tener riesgo y es igual a $w + E(\hat{y}) - \theta - \hat{I}(1 + \hat{i})$.

Redefiniendo x como $x \equiv E(r) + s - \hat{i} - \frac{\theta}{I} - \frac{\alpha(1 + \hat{i})}{I}$ y definiendo $\hat{\phi} \equiv \phi(1 + \frac{\theta}{I})$ se tiene que la condición para implementar el proyecto con crédito, seguro y extensión es

$$u(w) + u(w + Ix) > u(w) + u(w) \quad (35)$$

$$u(w + Ix) - u(w) > 0 \quad (36)$$

Usando expansión de Taylor de segundo orden y reordenando términos se tiene que

$$-\hat{\phi}x^2 + x > 0 \quad (37)$$

De está expresión es claro que la condición para implementar el proyecto es que x ($E(R)$) debe ser igual o mayor a:

$$x_{min} = 0 \quad (38)$$

$$E(r)_{min} = \hat{i} + \frac{\theta}{I} + \frac{\alpha(1 + \hat{i})}{I} - s \quad (39)$$

Esta última expresión permite comparar en qué escenarios la contratación en simultáneo de crédito, seguro y extensión la rentabilidad mínima que requiere el agricultor para implementar el proyecto es menor a la rentabilidad mínima necesaria que se requiere si sólo se contrata uno de estos servicios (o cualquiera dos de ellos). Esto se verá en la sección de simulaciones. Sin embargo, aquí se puede decir que, por ejemplo, cuando no hay riesgo o el riesgo es muy bajo contratar seguro no tiene mucho sentido ya que el costo fijo de su provisión escede el beneficio de reducir un riesgo que de por sí ya es muy pequeño o inexistente. Es decir se paga todo el costo del servicio con muy poco beneficio.

Por el lado de la oferta de estos tres servicios también hay espacio para aprovechar complementariedades. En este modelo simple, donde la única fuente de riesgo se asume asegurable, la institución financiera no requiere de un colateral por parte del agricultor en tanto en caso de fracaso del proyecto existe un pago de la aseguradora que permite repagar el crédito. Esto permite reducir (o eliminar) el costo κ y por tanto $\hat{i} = i_p$. Por otro lado si se toma en cuenta que para la provisión de extensión agrícola eficaz el agricultor debe proveer información veraz sobre sus ac-

tividades productivas y que todo o parte de esa información corresponde a la misma información que requiere la compañía de seguros para ofrecer sus servicios de aseguramiento entonces se puede argumentar que el costo de la prima del seguro estará por debajo de $\frac{\theta}{I}$ e incluso cercana a cero bajo los supuestos del modelo. En este escenario, asumiendo que se eliminan (minimizan) los costos fijos de otorgar crédito y seguro, se tiene un retorno esperado mínimo del proyecto menor al de la ecuación 39, tal que ahora

$$E(r)_{min} = i_p + \frac{\alpha(1 + i_p)}{I} - s \quad (40)$$

Bajo estas condiciones, contratación y provisión conjunta de crédito, seguro y extensión es mucho más probable la implementación del proyecto por parte del agricultor ya que la rentabilidad esperada mínima exigida al proyecto puede ser sustancialmente menor, más aún cuando hay riesgo de por medio.

III SIMULACIÓN

Para simular cuantitativamente el modelo se consideran las siguientes funciones y parámetros para un escenario base:

1. Para normalizar todos los parámetros en función del ingreso seguro de subsistencia se considera $w = 1$ (tecnología tradicional)
2. Siguiendo a [Farrin and Miranda, 2015] se considera una función de utilidad con aversión relativa al riesgo constante, tal que $U(w) = \frac{w^{(1-\gamma)}}{1-\gamma}$, donde γ es el coeficiente de aversión al riesgo y se considera $\gamma = 2$. Con un coeficiente γ igual a 2 se estima que una inversión de 10% del ingreso de subsistencia, auto financiada por el productor, requiere que tenga como mínimo una rentabilidad de 25% y sin riesgo para que el productor este indiferente entre realizar o no la inversión. Con riesgo este porcentaje se eleva. En caso de una inversión de 20% la rentabilidad mínima requerida es de 66.7%. Estas estimaciones parecen estar en línea con la baja o casi nula inversión autofinanciada, por encima de las inversiones mínimas requeridas en insumos básicos, por productores de pequeña escala en países en desarrollo.
3. La inversión requerida para tener acceso al proyecto de alta rentabilidad esperada pero riesgoso se asume igual al 20% del ingreso de subsistencia
4. En caso de éxito la rentabilidad del proyecto r^H se asume igual a 55% y simetricamente en caso de fracaso la rentabilidad r^H es igual a -50%

5. La probabilidad de éxito del proyecto se asume igual a 75% con lo cual el retorno esperado del proyecto es igual a 22.5% y la varianza del retorno igual a 31.7% (desvío estándar igual a 56.29%)
6. El costo fijo κ para otorgar crédito, el costo fijo θ para otorgar seguro y el costo fijo para proveer extensión agrícola α se asumen iguales a 2.0% del ingreso de subsistencia. Dada una inversión del 20% esto representa un 10.0% con respecto a la inversión I .
7. El costo de fondos para las instituciones financieras i_p se asume igual a 10%
8. La rentabilidad extra a la inversión gracias a contratar servicios de extensión, parámetro s , se asume igual a 12.5%

La Tabla 1 resume los parámetros empleados

Tabla 1: Parámetros del modelo

Parámetro	Valor	Definición
w	1	ingreso de subsistencia
γ	2	coeficiente de aversión al riesgo
I	20%	inversión (% del ingreso de subsistencia)
r^H	55%	rentabilidad del proyecto en caso de éxito
r^L	-75%	rentabilidad del proyecto en caso de fracaso
p	50%	probabilidad de éxito del proyecto
κ	2.0%	costo fijo para otorgar crédito (% del ingreso de subsistencia)
θ	2.0%	costo fijo para otorgar seguro (% del ingreso de subsistencia)
α	2.0%	costo fijo para otorgar extensión (% del ingreso de subsistencia)
i_p	10%	costo de fondos para instituciones financieras (tasa pasiva)
s	12.5%	rentabilidad extra a la inversión por contratar extensión

El ejercicio de simulación consiste en estimar bajo qué circunstancias el productor aceptará invertir en un proyecto con relativa alta rentabilidad esperada pero que implica riesgo. Las ecuaciones usadas para simular el modelo son parcialmente distintas de las descritas en el modelo teórico. Con el modelo teórico se buscó caracterizar algunos resultados del modelo, para lo cual se usaron expansiones de Taylor de segundo orden y son válidas para cambios pequeños alrededor del punto de expansión, ya sea el ingreso de subsistencia o el ingreso esperado. Para las simulaciones sólo se usó expansión de Taylor en el caso que se requiera valor esperado de la función de utilidad. En el Anexo se describen las ecuaciones utilizadas para la simulación. Se consideran seis escenarios:

1. Auto financiamiento: caso en que el productor usa recursos propios, los cuáles son escasos, para financiar la inversión riesgosa del proyecto
2. Sólo crédito: caso en que el productor únicamente tiene acceso a crédito para financiar la inversión, lo cual implica no tener que sacrificar recursos propios al inicio del período, pero tener que repagar un monto fijo, inversión más intereses, al final del período sin importar si el proyecto tiene o no éxito
3. Sólo seguro: caso en que el productor usa recursos propios para financiar la inversión riesgosa y únicamente tiene acceso a un seguro para eliminar el riesgo de la inversión. Para ello debe pagar una prima que reduce su rentabilidad neta esperada.
4. Sólo extensión: caso en que el productor usa recursos propios para financiar la inversión riesgosa y además uso de recursos propios para pagar por servicios de extensión agrícola que permiten elevar la rentabilidad esperada del proyecto.
5. C+S+E (Crédito, Seguro, Extensión): caso en que el productor tiene acceso a crédito para financiar la inversión del proyecto riesgoso y servicios de extensión agrícola y además tiene acceso a un seguro para eliminar el riesgo. Este caso considera el acceso a los 3 servicios sin embargo no considera la provisión u oferta conjunta de los 3 servicios en tanto no ahorra costos de oferta
6. C+S+E conjunto (Crédito, Seguro, Extensión): caso en que el productor tiene acceso a crédito para financiar la inversión del proyecto riesgoso y servicios de extensión agrícola y además tiene acceso a un seguro para eliminar el riesgo. Este caso considera la provisión u oferta conjunta de los 3 servicios en los que el proveedor de los servicios ahorra costos fijos

Para cada uno de estos escenarios se estima la rentabilidad esperada mínima que debe tener el proyecto para que sea beneficioso para el agricultor realizar la inversión. Esta rentabilidad mínima dependerá del nivel de riesgo de la inversión. En la Tabla 2 se estiman estas rentabilidades mínimas para 3 niveles de riesgo. La primera fila corresponde a un caso hipotético de una inversión sin riesgo. La segunda fila muestra los resultados para el nivel de riesgo asumido aquí como caso base, de una rentabilidad con desvío estándar de 56.29%; reflejando la naturaleza de riesgo elevado de la actividad agrícola. La tercera fila muestra los resultados para un caso de aún mayor riesgo (desvío estándar de la rentabilidad de 100%).

En caso de un proyecto sin riesgo (primera fila de la Tabla 2), si la inversión fuera enteramente financiada por el productor sería necesaria una rentabilidad de 66.66% como mínimo para

Tabla 2: Rentabilidad esperada mínima para invertir

Riesgo (S.D.)	Rentabilidad esperada					
	Auto Fin	Sólo crédito	Sólo seguro	Sólo extensión	C+S+E	C+S+E Conjunto
0.0%	66.66%	20.00%	76.67%	83.93%	28.50%	8.50%
56.29%	71.35%	26.18%	76.67%	88.42%	28.50%	8.50%
100.00%	81.04%	38.59%	76.67%	97.74%	28.50%	8.50%

que la inversión sea beneficiosa para el productor. Esto muestra cómo en ausencia de servicios financieros proyectos altamente rentables son dejados de lado por el productor dado el alto costo de oportunidad de sus escasos recursos propios. En el caso de sólo acceso a crédito la rentabilidad mínima requerida es aquella que cubre la tasa de interés del préstamo, en este caso 20%. Este 20% se descompone en 10% como costo de fondeo para las instituciones financieras, y un 10% de costo fijo para proveer crédito a pequeños productores. En el caso de utilizar sólo seguro la rentabilidad mínima esperada sube exactamente en 10 puntos porcentuales en comparación al autofinanciamiento. Este 10% es el costo del seguro como proporción de la inversión. Al no existir riesgo el seguro únicamente implica un costo adicional sin ningún beneficio. En el caso que el productor quisiera invertir y a la misma vez contratar servicios de extensión agrícola para hacer más rentable su inversión la rentabilidad mínima requerida es incluso mayor que en los casos anteriores ya que el costo de la extensión se financia con recursos propios, cada vez más escasos, subiendo aún más el costo de oportunidad de estos. Si el productor tuviera acceso a los tres servicios, crédito, seguro y extensión la rentabilidad mínima requerida sería de 28.50%. Notar que en este caso es mayor a que si únicamente se contrata crédito; siendo la razón porque el seguro tiene un costo neto de 10% sin ningún beneficio. Aunque en esta tabla no se reporta el caso de contratar “sólo crédito y extensión”, es fácil verificar que en este caso la rentabilidad mínima requerida sería 10% inferior, es decir de 18.5%, reflejando cierta complementariedad entre crédito y extensión agrícola. Finalmente, si se contratan los tres servicios y la provisión de ellos se hace de manera conjunta, tal que hay un ahorro en costos fijos, la rentabilidad requerida baja a 8.5%. Si a este 8.5% se le agrega el 12.5% de rentabilidad adicional gracias a los servicios de extensión se tiene una rentabilidad total de 20%; la que permite pagar el 10% de costo de fondeo de las instituciones financieras más un único 10% de costos fijos. En suma, aún considerando un proyecto libre de riesgo la rentabilidad mínima requerida se estima en alrededor de

20% para que el productor decida invertir en caso tenga acceso a servicios de crédito y extensión agrícola provistos de manera independiente. Sin embargo, en el caso de una provisión conjunta de los 3 servicios la rentabilidad mínima requerida del proyecto libre de riesgo baja a 8.5%.

En el caso más realista de un proyecto con riesgo, que aquí hemos estimado en 56.29% (segunda fila de la Tabla 2) se comprueba que en ningún caso la provisión de manera independiente de cualquiera de los servicios haría que el productor invierta en un proyecto con rentabilidad esperada de 22.5%, que es la considerada en este ejercicio. Incluso en el caso de tener el acceso a los tres servicios no haría que el productor invierte en el proyecto. La única posibilidad para que el productor decida invertir en el proyecto se da cuando existe el acceso a los tres servicios y existe una provisión conjunta de los mismos. Es interesante notar que el acceso a sólo crédito constituye una mejor opción que el acceso en simultáneo a los tres servicios, pero sin que sean provistos de manera conjunta. Esto es porque el seguro tiene un precio bastante elevado en comparación al servicio que brinda. La diferencia entre el ingreso esperado y el equivalente cierto (al final del periodo) permite estimar la prima máxima a pagar por un inversionista con el nivel de aversión al riesgo aquí considerado. Esa prima máxima se estima en 5.68% de la inversión. Esto contrasta con el 10% de prima considerado en este ejercicio, dado los altos costos fijos.

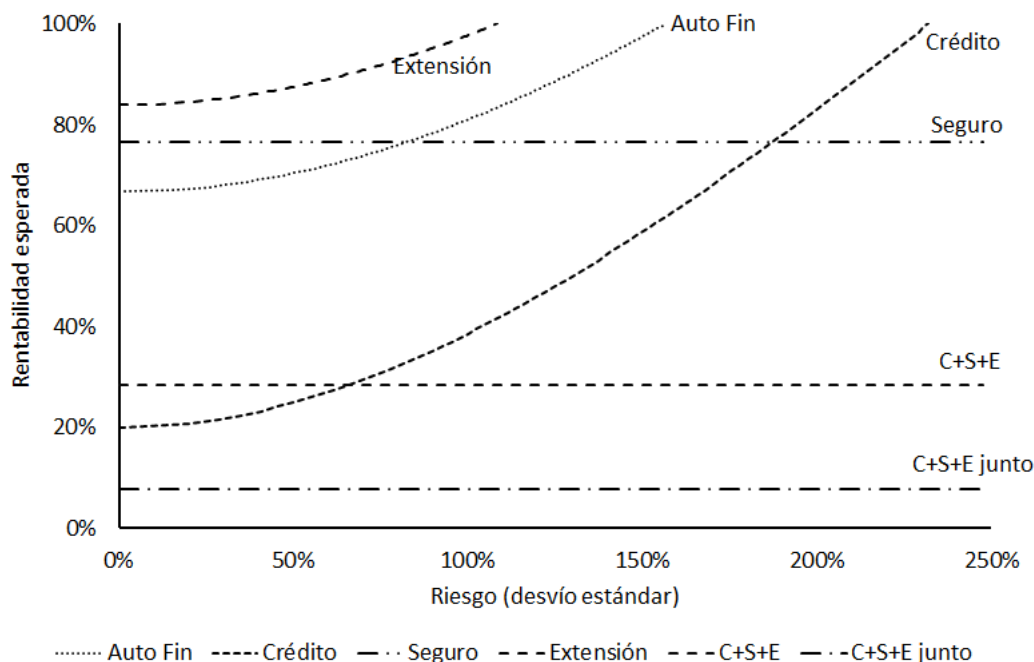
Finalmente, en la tercera fila de la Tabla 2, se considera una inversión aún más riesgosa. En este caso queda aún más claro que contratar sólo un servicio es muy insuficiente para incentivar la inversión por parte del productor. Ciertamente una inversión más riesgosa tendrá una mayor rentabilidad esperada. Sin embargo, contratar un único servicio exige rentabilidades esperadas improbables. Sólo la contratación simultánea de los 3 servicios haría más factible la inversión. Si, además, esos 3 servicios se proveen de manera conjunta, tal que hay un importante ahorro en costos, es bastante probable que la inversión se ejecute ya que basta una rentabilidad esperada de 8.5% para que sea el caso.

La Figura 2 muestra todos los escenarios considerados, el autofinanciamiento, contratar cada uno de los servicios por separado, contratar los 3 servicios simultáneamente y la contratación de los 3 servicios cuando ellos se proveen de manera conjunta. Cada curva o línea muestra la rentabilidad mínima esperada (eje vertical) para distintos niveles de riesgo (eje horizontal). Para cada escenario, sólo se implementará el proyecto si la combinación “riesgo - rentabilidad esperada” se encuentra por encima de la correspondiente curva o línea.

IV COMENTARIOS FINALES

Este trabajo desarrolla un modelo teórico muy simple para dar sustento a una propuesta que buscar para hacer viable la inversión en proyectos riesgosos con mediana y alta rentabilidad esperada

Figura 2: Mínima rentabilidad esperada para invertir



por parte de productores agrícolas de pequeña escala en países en desarrollo. Una característica común a estos productores es su bajo o nulo acceso a tres servicios productivos importantes: Crédito, seguro y asistencia técnica. La provisión por separado de estos 3 servicios enfrenta problemas conocidos. El crédito privado en buena medida no fluye a la agricultura de pequeña escala en buena medida por su baja productividad esperada, el alto riesgo inherente de la actividad agrícola, la ausencia de colateral formal y la ausencia de buena información para discernir entre productores de alta y baja productividad y alto y bajo riesgo. La provisión de seguro privado agrícola es también nula o muy escasa debido principalmente al alto costo de operarlo ya que no existe buena información sobre la distribución de probabilidad de riesgos y por el alto costo de información para verificar quiénes sufren siniestros y el valor de las pérdidas producto de esos siniestros. Los servicios de extensión agrícola, normalmente provisto por gobiernos, llegan a un número reducido de productores y no son de alta calidad. Esto se da porque llevar información a productores alejados y dispersos es relativamente costoso.

La propuesta que aquí se plantea es proveer de manera conjunta estos tres servicios. Esta propuesta está motivada en percatarse que estos tres servicios dependen de un insumo común que es información sobre quiénes son, qué hacen y qué activos poseen los productores. Por tanto, no es necesario que cada proveedor de alguno de estos servicios duplique el costo de obtener información si es que otro proveedor ya incurrió en ese costo. Además, las nuevas tec-

nologías permiten obtener información de los productores en tiempo real a mucho menor costo que en el pasado. Igualmente, enviar información a los productores es más barato a través de nuevas tecnologías. Por otro lado, estos tres servicios se complementan de la siguiente manera. La extensión agrícola permite elevar la rentabilidad de la agricultura de pequeña escala, condición necesaria para asignar recursos al sector. Con las nuevas tecnologías los servicios de extensión pueden realizarse de manera remota (tele agricultura). Esto no quita que hay un costo por “obtener información de “y “enviar información a” los productores. Si este costo debe ser financiado por el productor es muy probable que no se realice por dos razones. El costo de oportunidad de fondos escasos es muy alto para productores de pequeña escala. Invertir en extensión agrícola aumenta el riesgo del productor, ya que si la producción fracasa se pierde incluso lo invertido en extensión. Por tanto, el acceso a crédito y seguro facilitan la adopción de extensión por parte de los productores. Las instituciones financieras naturalmente van a preferir otorgar crédito a productores que contratan servicios de extensión ya que tienen una mayor rentabilidad esperada Y por tanto mayor capacidad de repago del crédito. Debe notarse también que para el productor implementar las recomendaciones recibidas de la extensión agrícola requiere de fondos que deben ser financiados. Las instituciones financieras también van a preferir a productores que cuenten con un seguro lo cual les puede permitir bajar sus tasas de interés. Así, es mucho más probable que el crédito fluya a productores que cuenten con servicios de extensión agrícola y seguro. Las aseguradoras también van a preferir a productores con servicios de extensión ya que ello permite reducir el riesgo. Además, productores con acceso al crédito podrán financiar la prima del seguro que típicamente se paga por adelantado (aunque en este modelo no se ha incorporado esta característica)

El modelo teórico desarrollado recoge de manera sencilla todos estos mecanismos, tanto las complementariedades de oferta y de demanda. Y con una calibración simple de parámetros muestra como la provisión conjunta de los tres servicios puede ser una opción viable para destinar la inversión en proyectos de alta rentabilidad pero riesgosos en la agricultura de pequeña escala. Y de esta manera elevar la productividad general de este sector y los niveles de ingreso para cientos de miles de productores de pequeña escala en países en desarrollo.

Futuras extensiones de este modelo deben considerar los siguientes aspectos de la realidad que en esta versión se han omitido por simplicidad. En primer lugar, el sistema financiero opera bajo la regla de responsabilidad limitada. Desde el punto de vista teórico la responsabilidad limitada brinda un servicio de aseguramiento básico, que en el contexto de fuerte información asimétrica y falta de activos que puedan ser usados como colateral, limitan el financiamiento a la agricultura de pequeña escala. Acceso a información ayuda a enfrentar el problema de información asimétrica y el acceso a seguro ayuda a enfrentar el problema de ausencia de colateral.

En segundo lugar, hay un problema de riesgo moral que aquí no se ha tomado en cuenta de manera explícita. El riesgo moral sin duda puede limitar el acceso a crédito y seguro. Una futura versión de este modelo pretende mostrar como servicios de extensión agrícola pueden ayudar a enfrentar este problema. Los servicios de extensión agrícola requieren que el productor comparta información privada relevante para recibir la mejor asesoría de expertos e implemente esas recomendaciones para que su inversión en extensión sea lo más rentable. Al estar esta información disponible para instituciones financieras y aseguradoras hay una reducción en problemas de riesgo moral e información asimétrica. En tercer lugar, los esfuerzos que sean hecho para brindar seguro a la agricultura de pequeña escala a bajo costo han arrojado nuevos productos de seguro, pero de menor calidad a los productos tradicionales, también llamados de indemnización. Los nuevos productos, entre ellos los seguros de índice, que no requieren verificación en campo de siniestros, introducen un componente no menor de riesgo de base. Una futura propuesta de este modelo incorporará cómo la inversión en tecnologías de información que permitan periódicamente recoger datos certeros sobre los productores y sus actividades productivas permite minimizar o eliminar el riesgo de base aumentando la calidad de los servicios de aseguramiento

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Adamopoulos and Restuccia, 2014] Adamopoulos, T. and Restuccia, D. (2014). The size distribution of farms and international productivity differences. *The American Economic Review*, 104(6):1667–1697.
- [Adamopoulos and Restuccia, 2021] Adamopoulos, T. and Restuccia, D. (2021). Geography and Agricultural Productivity: Cross-Country Evidence from Micro Plot-Level Data. *The Review of Economic Studies*, 89(4):1629–1653.
- [Aragón et al., 2022] Aragón, F. M., Restuccia, D., and Rud, J. P. (2022). Are small farms really more productive than large farms? *Food Policy*, 106:102168.
- [Clarke, 2016] Clarke, D. J. (2016). A theory of rational demand for index insurance. *American Economic Journal: Microeconomics*, 8(1):283–306.
- [Farrin and Miranda, 2015] Farrin, K. and Miranda, M. J. (2015). A heterogeneous agent model of credit-linked index insurance and farm technology adoption. *Journal of Development Economics*, 116:199–211.
- [Giné and Yang, 2009] Giné, X. and Yang, D. (2009). Insurance, credit, and technology adoption: Field experimental evidence from malawi. *Journal of Development Economics*, 89(1):1–11.
- [Hill et al., 2016] Hill, R. V., Robles, M., and Ceballos, F. (2016). Demand for a simple weather insurance product in india: Theory and evidence. *American Journal of Agricultural Economics*, 98(4):1250–1270.
- [Khandker, 2021] Khandker, S. R. (2021). *Credit for agricultural development*, chapter 16, pages 529–562. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, DC.
- [Robles, 2021] Robles, M. (2021). *Agricultural insurance for development: Past, present, and future*, chapter 17. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington, DC.
- [Rothschild and Stiglitz, 1976] Rothschild, M. and Stiglitz, J. (1976). Equilibrium in competitive insurance markets: An essay on the economics of imperfect information. *The Quarterly Journal of Economics*, 90(4):629–649.
- [Stiglitz and Weiss, 1981] Stiglitz, J. E. and Weiss, A. (1981). Credit rationing in markets with imperfect information. *The American Economic Review*, 71(3):393–410.

ANEXOS

A Ecuaciones para simulaciones

Ecuaciones utilizadas para las simulaciones

Financiamiento propio

$$U(w - I) + EU(w + y) > U(w) + U(w)$$

$$\begin{aligned} U(w + E(y)) - U(w) &+ U(w - I) - U(w) &+ \frac{1}{2}U''(w + Ey)V(y) > 0 \\ U(w[1 + I_w(ER)]) - U(w) &+ U(w(1 - I_w)) - U(w) &+ \frac{1}{2}U''(w[1 + I_w(ER)])w^2I_w^2V(r) > 0 \end{aligned}$$

$$Er_{min} = \frac{U^{-1}(2U(w) - U(w(1 - I_w)))}{I_w w} - \frac{(1 + I_w)}{I_w}$$

Crédito

$$U(w) + EU(w + I(r - i)) > U(w) + U(w)$$

$$\begin{aligned} U(w + I(Er - i)) - U(w) &+ EU(w + I(r - i)) - U(w + I(Er - i)) > 0 \\ U(w[1 + I_w(Er - i)]) - U(w) &+ \frac{1}{2}U''(w[1 + I_w(Er - i)])w^2I_w^2V(r) > 0 \end{aligned}$$

$$Er_{min} = i = i_p + \frac{\kappa}{I}$$

Seguro

$$U(w - I) + U(w + Ey - \theta) > U(w) + U(w)$$

$$\begin{aligned} U(w + Ey - \theta) - U(w) &+ U(w - I) - U(w) > 0 \\ U(w[1 + I_w ER] - \theta_w) - U(w) &+ U(w(1 - I_w)) - U(w) > 0 \end{aligned}$$

$$Er_{min} = \frac{U^{-1}(2U(w) - U(w(1 - I_w)))}{I_w w} - \frac{1}{I_w}(1 - \theta_w + I_w)$$

Extensión

$$U(w - I - \alpha) + EU(w + I(R + s)) > U(w) + U(w)$$

$$U(w + I(ER + s)) - U(w) + U(w - I - \alpha) - U(w) + EU(w + I(R + s)) - U(w + I(ER + s)) > 0$$

$$U(w[1 + I_w(ER + s)]) - U(w) + U(w[1 - I_w - \alpha_w]) - U(w) + \frac{1}{2}U''(w[1 + I_w(ER + s)])w^2I_w^2V(r) > 0$$

$$Er_{min} = \frac{U^{-1}(2U(w) - U(w[1 - I_w - \alpha_w]))}{I_w w} - \frac{(1 + I_w(1 + s))}{I_w}$$

Credito + Insurance + Extension

$$U(w) + U(w + I(1 + Er + s) - I - \alpha - I\hat{i} - \alpha\hat{i} - \theta) > U(w) + U(w)$$

$$U(w + I(1 + Er + s) - I - \alpha - I\hat{i} - \alpha\hat{i} - \theta) - U(w) > 0$$

$$U(w + I(Er + s - \hat{i}) - \alpha(1 + \hat{i}) - \theta) - U(w) > 0$$

$$U(w[1 + I_w(Er + s - \hat{i}) - \alpha_w(1 + \hat{i}) - \theta_w]) - U(w) > 0$$

$$Er_{min} = \hat{i} + \frac{\alpha_w(1 + \hat{i}) + \theta_w}{I_w} - s$$