

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador

Departamento de Desarrollo, Ambiente y Territorio

Convocatoria 2015-2017

Tesis para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo

Efecto de la adopción de semilla híbrida sobre la productividad por hectárea del cultivo de  
maíz duro: evidencia desde Ecuador

Víctor Hugo Sánchez Arizo

Asesor: Juan Fernández

Lectores: Fernando Martín y Roberta Curiazi

Quito, agosto de 2020

## **Dedicatoria**

Mi tesis se la dedico a mi esposa y a mis hijos, quienes son mi alimento espiritual diario, sin ellos no hubiera podido culminar. A mi padre, madre y hermanos, por siempre estar presentes, son el complemento de mi vida, tienen mi eterno amor. A mis amigos, sus desinteresadas palabras de ánimo, el tiempo que se tomaron para escucharme. A mis maestros y tutores, sus charlas y guía quedan registradas en mi mente, varios de ellos, buenos amigos. A los queridos agricultores, queda mucho por hacer, este trabajo es un mínimo aporte.

## Tabla de contenidos

Resumen .....	VI
Agradecimientos.....	VII
Capítulo 1 .....	1
Introducción .....	1
El cultivo de maíz duro en el Ecuador.....	3
Capítulo 2.....	4
Marco Teórico.....	4
2.1. La adopción de tecnologías .....	4
2.1.1. Las etapas de la adopción tecnológica.....	5
2.1.2. Las características de la tecnología.....	8
2.1.3. El aprendizaje y la adopción tecnológica .....	9
2.1.4. Los activos complementarios y la adopción tecnológica .....	11
2.2. Determinantes de la adopción tecnológica .....	12
Capítulo 3 .....	17
Marco Empírico.....	17
3.1. Determinantes de la adopción tecnológica en agricultura .....	17
3.2. Efectos de la adopción tecnológica en agricultura .....	19
Capítulo 4 .....	23
Objetivos, preguntas e hipótesis de investigación.....	23
Capítulo 5 .....	26
Metodología .....	26
5.1. Datos y variables .....	26
5.2. Aspectos metodológicos .....	27
5.2.1. Cálculo del <i>propensity score</i> .....	29
5.2.2. Determinantes de la adopción.....	32
5.2.3. Elección de estrategias de emparejamiento y ponderación .....	34
5.2.4. Balance de los <i>propensity scores</i> en los grupos de Tratamiento y Comparación.....	35
5.2.5. Equilibrio de las covariables después de igualar o ponderar la muestra con el <i>propensity score</i> .....	38
Capítulo 6.....	41
Resultados .....	41

Efecto de la adopción de semillas híbrida por los pequeños productores de maíz duro .....	41
Conclusiones .....	43
Anexos.....	44
Análisis de estabilidad de las covariables en los tratamientos de estudio .....	44
Lista de referencias.....	48

### **Declaración de sesión de derecho de publicación de la tesis**

Yo, Víctor Hugo Sánchez Arizo, autor de la tesis titulada “Efecto de la adopción de semilla híbrida sobre la productividad por hectárea del cultivo de maíz duro: evidencia desde Ecuador” declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de maestría de Investigación en Economía del Desarrollo concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Quito, marzo de 2020



Víctor Hugo Sánchez Arizo

## **Resumen**

En el Ecuador se estableció un programa público para subvencionar la adopción de semillas híbridas e insumos complementarios, como fertilizantes y pesticidas, además de asistencia técnica, para mejorar la productividad de los cultivos de pequeños agricultores. A través el método del *propensity score matching*, el presente trabajo evalúa el efecto de la adopción de la semilla híbrida sobre la productividad por hectárea del cultivo de maíz duro de los pequeños productores del litoral ecuatoriano. Además, dado que muchos de los pequeños productores adoptaron tecnologías agrícolas por fuera del programa de Gobierno, también se analiza el efecto de la semilla adoptada de esta manera frente a la semilla utilizada a través de la subvención. Los resultados demuestran la importancia de las tecnologías complementarias y de la capacitación para alcanzar la mayor productividad de la semilla híbrida de maíz duro por parte de los pequeños productores del litoral ecuatoriano.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia y amigos, sus palabras y buenos deseos fueron fundamentales para seguir adelante.

A mi asesor Juan Fernández, a la profesora Roberta Curiazi y al profesor Fernando Martín, sus acertados consejos me ayudaron a enrumbar este trabajo y a crecer como profesional.

Un agradecimiento especial a José Luis Zambrano, líder y amigo, tu desinteresado apoyo en los momentos más críticos fue fundamental para concluir este proyecto.

Gracias a Dios por darme tanto en mi esposa, hijos, familia, amigos, compañeros, maestros.

## Capítulo 1

### Introducción

En los países en desarrollo, la agricultura está caracterizada principalmente por la presencia de pequeños productores que utilizan técnicas basadas en capacidades y conocimientos tradicionales (Lacki 2011), de tal manera que en estos países persisten productores que aún cultivan sin el uso de tecnologías agrícolas modernas. Esta realidad provoca que los cultivos sean más vulnerables a las condiciones climáticas, que exista volatilidad en los niveles de producción y que los campesinos tengan altos niveles de exposición al subempleo (Todaro y Smith 2012). Esta situación explica por qué el índice de productividad de la agricultura modernizada, frente a la campesina, pasó de una proporción de 10:1 en 1940 a una proporción de 2.000:1 para principios del siglo actual (Carrillo 2014, 39).

En concreto, pese a la probada eficacia de las tecnologías agrícolas como las semillas, la productividad de los cultivos todavía sigue siendo ineficiente en los países en desarrollo (López, Salazar y De Salvo 2017), principalmente por dos motivos. En primer lugar, los pequeños productores disponen de menores conocimientos tecnológicos y, en la mayoría de los casos, carecen de tecnologías complementarias que hagan que la adopción de nuevas semillas sea efectiva (Foster y Rosenzweig 2014). En segundo lugar, los productores se enfrentan a mayores restricciones de crédito, que en los países desarrollados, lo que también dificulta la adopción (Feder 1982). Frente a este escenario, los gobiernos de los países en desarrollo, en su afán de corregir los bajos niveles de productividad agrícola, establecen subvenciones para que los pequeños agricultores adquieran las semillas que el aumento de la productividad requiere (Todaro y Smith 2012, 422).

En muchos casos, estas subvenciones se aplican a través de paquetes tecnológicos que, además de las semillas de mayor rendimiento, incluyen otros insumos como fertilizantes y pesticidas. Además, en ocasiones, las subvenciones también vienen acompañadas de programas de capacitación sobre el uso eficiente de las tecnologías proporcionadas (Boothby, Dufour y Tang 2010). En consecuencia, estos paquetes tecnológicos tienen tanto el objetivo de facilitar la adopción de nuevas tecnologías agrícolas, como el de proporcionar a los agricultores de los conocimientos y activos complementarios (fertilizantes y pesticidas) necesarios para poder utilizar las nuevas tecnologías de manera efectiva.



Aunque las subvenciones a paquetes tecnológicos agrícolas persiguen incrementar la productividad de los pequeños agricultores, no existen garantías de que éstas influyan positivamente en la productividad agrícola (Jönsson y Radman 2012). Por lo tanto, resulta relevante analizar el efecto de la adopción de nuevas semillas sobre la productividad de los cultivos de los pequeños productores agrícolas. Por otro lado, dado que también existen agricultores que adquieren las semillas por cuenta propia, sin la necesidad de utilizar la subvención, también resulta oportuno comparar si el impacto de las semillas difiere en función de si han sido o no adquiridas a través de un programa estatal de subvenciones. Sobre esto último, cabría esperar que el impacto de las semillas sea mayor en caso de ser adquiridas a través del programa, sobre todo cuando éste incluye otras tecnologías complementarias y las capacitaciones respecto al uso eficiente de las mismas.

En consecuencia, la presente investigación tiene como objetivo determinar el impacto de la adopción de una nueva variedad de semilla, ya sea a través de una subvención de un paquete tecnológico o por cuenta propia, en la productividad por hectárea de los pequeños productores, con el propósito de determinar si los diferentes modos de adopción influyen en la efectividad de las nuevas semillas en el contexto de un país en desarrollo. Estos resultados aportarían a la evidencia empírica con información que demuestre la importancia de los insumos complementarios y el conocimiento sobre el buen uso de las tecnologías para obtener las mejores productividades de las nuevas semillas.

Para responder al objetivo de investigación, el presente estudio se delimitó al caso ecuatoriano, debido a que su Gobierno emprendió un proyecto para subvencionar paquetes de tecnologías agrícolas dirigidos a pequeños productores de maíz duro durante los años 2013 a 2016. Este proyecto se estableció con el propósito de incrementar la productividad del cultivo de maíz duro a través de incentivos económicos, insumos tecnificados y asistencia técnica. De esta manera, el Gobierno del Ecuador garantizaría la disponibilidad de semillas híbridas a precios accesibles y fomentaría el buen uso de esas semillas mediante la asistencia técnica y la adecuada aplicación de tecnologías complementarias como fertilizantes y pesticidas (MAG 2017a).

La base de datos de pequeños productores de maíz duro de Ecuador, que será empleada en esta tesis, cuenta con información de 1622 productores para los años 2015 y 2016 y fue llevada a cabo por la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) del Ecuador. Dada la naturaleza de la información disponible, este estudio utilizará el método del *propensity score matching*. Antes de proceder con el desarrollo del presente trabajo de investigación, a continuación se pone en contexto la importancia del cultivo de maíz duro en el Ecuador.

### **El cultivo de maíz duro en el Ecuador**

El maíz duro en Ecuador es un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria debido a la multiplicidad de productos y subproductos que se obtienen, principalmente en las industrias de aves, pescado y productos lácteos (Limongi *et al.* 2018). Aunque se lo produce en prácticamente todo el país, este cultivo se presenta en mayor superficie en las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y Loja. Gran parte de la producción nacional se la obtiene de pequeños productores que siembran alrededor de cuatro hectáreas cada uno, por lo que emplea a más de 189 mil personas (MAG 2019).

El maíz duro se lo cultiva en dos épocas en el año: invierno y verano, siendo en invierno donde se realiza la siembra del 80% de la superficie. Los meses de cosecha son entre mayo y julio en la época de invierno, y de octubre a noviembre en el verano. Se estima que los mejores rendimientos se obtienen en la época de invierno (Castro 2016a, Castro 2016b, Monteros y Salvador 2015, Monteros 2015).

La demanda nacional de maíz duro es de aproximadamente 1.7 millones de toneladas. Hasta el 2012, la quinta parte de esa demanda no era cubierta por la producción nacional. A partir de entonces, luego de la implementación de un programa de subvención de tecnologías agrícolas para pequeños productores de maíz duro, el país fue incrementando la producción y con ello la disminución de las importaciones, de tal forma que para el 2015 requirió importar alrededor del 3% de la demanda nacional. Este aumento de la producción de maíz duro en el Ecuador vino de la mano con el incremento de la productividad, que pasó de 2,82 t/ha en el 2007 a 5,58 t/ha para el 2016. (MAG 2017b). Ante este escenario, no existe evidencia empírica que explique si la productividad del cultivo de maíz duro estuvo influenciada por el uso de tecnologías agrícolas, asociadas o no la subvención tecnológica que incluye la capacitación.

## Capítulo 2

### Marco Teórico

En un estudio de adopción tecnológica, la unidad de análisis es el tomador de decisiones individuales, que en este caso es el pequeño productor de maíz duro. Dado que este trabajo de investigación analiza la adopción de semillas híbridas, en este apartado se desarrollará la teoría sobre la adopción de las tecnologías agrícolas; con lo cual, también será posible plantear las variables que la determinan.

#### 2.1. La adopción de tecnologías

La adopción de las innovaciones en la agricultura se ha estudiado ampliamente desde los años 60s (Possas, Salles-Filho y da Silveira 1996). Existen dos escuelas de pensamiento que abordan el problema de la adopción tecnológica desde diferentes perspectivas: i) modelos de equilibrio y ii) modelos evolutivos (Ruttan 1996).

Los modelos de equilibrio consideran que la adopción tecnológica está determinada por un proceso de elección racional, mediante el cual el productor compara los beneficios derivados de la adopción con los costes de adquisición tecnológica, de tal manera que asume que el productor siempre es capaz de seleccionar la tecnología que más le convenga (Ruttan 1996). En cambio, los modelos evolutivos describen que la adopción tecnológica no debe ser vista como una elección racional (Selis 2000), puesto que asume que los agentes económicos no son racionales y que además toman sus decisiones en un entorno de completa incertidumbre. En este sentido, los modelos evolutivos consideran que en el proceso de adopción tecnológica influyen otros factores más allá de los económicos. Según esta teoría, para adoptar efectivamente una nueva tecnología es necesario contar también con nuevos conocimientos y tecnologías complementarias. En otras palabras, el aprendizaje es central en el proceso de adopción.

En consecuencia, el desarrollo de este capítulo se enmarcará en los aspectos teóricos considerados por los modelos evolutivos, partiendo del supuesto que la adopción de una nueva tecnología no es sólo el resultado de decisiones que se toman desde el punto de vista económico. Para el efecto, a continuación se presentan los elementos teóricos que explican el proceso de adopción tecnológica y las características de la tecnología que lo favorecen. Con

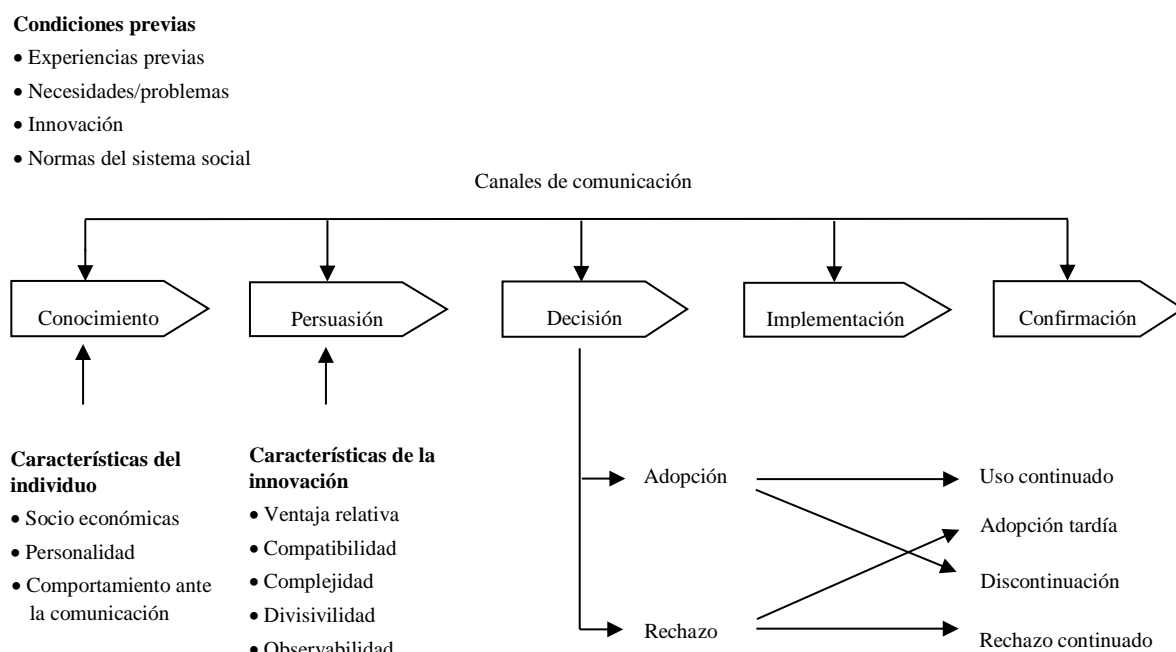
este análisis se expondrá sobre el rol del aprendizaje y de los activos complementarios en el proceso de adopción tecnológica. Esta contextualización permitirá advertir el comportamiento de las variables que determinan la adopción tecnológica en los estudios revisados para la presente investigación.

### 2.1.1. Las etapas de la adopción tecnológica

El proceso de adopción puede contemplarse en varias etapas, por lo que se han esbozado teorías para explicarlo, basándose, de manera general, en tres niveles: cognoscitivo, afectivo y activo (Alcón 2007). El nivel cognoscitivo se refiere al conocimiento, el afectivo a la evaluación y el activo a adquirir la innovación. Las etapas de elección se desarrollan en un escenario de incertidumbre respecto a la nueva tecnología, por lo que la adopción dependerá de la disponibilidad de información y la agregación de esta a las creencias de los posibles adoptantes (Pannell *et al.* 2006).

El modelo de difusión propuesto por Rogers (1971) plantea que la adopción tecnológica se desarrolla en etapas tal y como muestra la Figura (1). La decisión de adoptar o no adoptar una tecnología sucede en cada una de las etapas de conocimiento, persuasión, decisión, implementación y confirmación.

**Figura 1. Etapas para el proceso de adopción**



Fuente: Rogers 1971.

- El proceso de adopción inicia cuando el potencial adoptante se pone en contacto con la nueva tecnología y gana algún entendimiento de cómo funciona: esta es la etapa de *Conocimiento*. Los medios masivos de comunicación y los agentes de cambio son importantes en esta fase, pues crean conciencia y conocimiento respecto a la nueva tecnología. Sin embargo, el conocimiento de la tecnología no garantiza que el posible adoptante pase a la fase de *Persuasión*, ya que los individuos pueden no interesarse en la innovación por considerarla no relevante para su situación o porque no obtuvo suficiente información al respecto.

- La siguiente fase en el proceso de adopción es la *Persuasión*. Aquí el individuo se forma una imagen favorable o desfavorable acerca de la innovación, mediante una cuidadosa revisión de los atributos percibidos de la tecnología y los beneficios potenciales y costos de adquirirla. En esta fase es importante la fuente de información, los mensajes que recibe y cómo el potencial adoptante interpreta la información adquirida.

Toda innovación conlleva algún grado de incertidumbre y los individuos quieren asegurarse de tomar una decisión correcta. En esta fase, los medios masivos de comunicación no proporcionan la información que el adoptante requiere para confirmar sus creencias respecto a la innovación. Por lo que los individuos a menudo se acercan a sus compañeros o vecinos para conocer su opinión respecto a la nueva tecnología.

- En la fase de *Decisión*, el adoptante evalúa la tecnología para asegurar que cumpla con sus expectativas. Por lo general, la decisión de adoptar o rechazar se dará luego de un período de prueba, que puede ser realizada por cuenta propia o por un tercero. La información que obtengan de este periodo de prueba le servirá para disminuir la incertidumbre.

Los agentes de cambio a menudo patrocinan demostraciones de la nueva tecnología a individuos que forman parte de un sistema social, como una estrategia para acelerar el proceso de innovación. Esta estrategia suele ser más efectiva si se la utiliza con líderes de opinión. En esta fase se pueden dar dos tipos de rechazo: activo y pasivo. En el rechazo activo, el individuo considera adoptar la tecnología, pero finalmente no lo hace. Este comportamiento puede relacionarse con aspectos socioculturales y económicos, por ejemplo, el sabor del producto de la cosecha puede no ser de su gusto por lo que prefiere la semilla tradicional

(Foster y Rosenzweig 2014). Otro ejemplo muy común sucede cuando la tecnología supera sus posibilidades de inversión (Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya 2017). En el rechazo pasivo, el individuo nunca considera el uso de la innovación.

- En la fase de *Implementación*, el individuo pone en práctica la innovación. Aquí pueden surgir problemas para el adoptante, pues requiere conocer de manera exacta sobre el uso de la innovación; es decir, que un cierto grado de incertidumbre sobre los efectos de la innovación todavía persiste. Por lo que, el papel del agente de cambio es de importancia, ya que debe proveer asistencia técnica sobre el funcionamiento de la innovación.

Esta fase puede continuar durante un largo período de tiempo y llega a un punto en el que la nueva idea se convierte en parte del productor. Este proceso puede implicar la adquisición de información sobre cómo administrar de manera óptima la nueva tecnología en sus condiciones. En consecuencia, se pueden dar casos de re invención, es decir, que el individuo adapta la tecnología a su conveniencia.

La reinención provoca que el individuo no sólo se enfrente a la decisión de adoptar o no la tecnología, sino también de modificarla o el rechazo selectivo de algunos componentes de la innovación. En el ámbito agrícola, por ejemplo, cierto tipo de agricultor puede experimentar con un cultivo en su propiedad para determinar la cantidad de fertilizante que debe usar (Foster y Rosenzweig 2014).

Algunas de las razones por las cuales se da una re invención son las siguientes: por la complejidad de la innovación; por el escaso contacto del adoptante con el agente de cambio; cuando elementos de la tecnología están empaquetados de forma flexible, en otras palabras, que la tecnología está compuesta por elementos que no están muy interrelacionados; cuando la innovación está diseñada para solucionar una amplia gama de problemas de los usuarios; por el orgullo de ser dueño de una innovación y/o parezca que el producto es local; y por influencias de los agentes de cambio, en especial, de los descentralizados.

- En la etapa de *Confirmación*, el individuo busca reforzar la decisión de adopción; si el individuo está satisfecho, continúa utilizando la tecnología. Posiblemente una de las razones

de la discontinuación (rechazo) de las innovaciones se deba a que los agentes de cambio asumen que la innovación continuará adoptada sin ninguna modificación a través del tiempo.

### **2.1.2. Las características de la tecnología**

Las características de la tecnología son importantes para la adopción tecnológica, pues se trata de la información que recibe el potencial adoptante durante todo el proceso de adopción. Este conocimiento sirve para disminuir la incertidumbre que genera la nueva tecnología; por ello, es necesario identificar los aspectos de la tecnología que son determinantes en el proceso de adopción.

De acuerdo con Rogers (1971), existen cinco factores de la tecnología que son determinantes: ventaja relativa, compatibilidad, complejidad, divisibilidad y observabilidad. Estos atributos son predictores significativos de la adopción: se estima que son responsables de un 49% y el 87% de la varianza de ratio de adopción de innovaciones. De estos factores, los más importantes son la ventaja relativa y la compatibilidad.

- La *ventaja relativa* es una proporción de los beneficios esperados y los costos de la adopción de la tecnología. Las subdimensiones de la ventaja relativa son: la rentabilidad económica, que sea bajo costo inicial; que provean una disminución de la incomodidad; que otorguen prestigio social; permitan ahorro de tiempo y esfuerzo; de resultados inmediatos y que sea de menor incertidumbre.
- La *compatibilidad* es el grado en el cual una innovación se percibe como consistente con los valores existentes, experiencias pasadas y las necesidades de los posibles usuarios. Dicha compatibilidad ayuda al individuo a entender la innovación, por considerarlo familiar. La innovación puede ser compatible o incompatible con los valores y las creencias socioculturales. Por ejemplo, los agricultores de arroz en Filipinas dan mayor valor al sabor de su producto obtenido con la semilla tradicional, que a los mejores rendimientos obtenidos con las nuevas semillas, por lo que no deja de producir su propia semilla para el auto consumo (Rogers 2003).

Las viejas ideas son las principales herramientas mentales que los individuos utilizan para evaluar las nuevas y darles sentido. En otras palabras, las experiencias de los individuos para

familiarizarse con las innovaciones favorece la adopción. En el ámbito agrícola, un productor puede adoptar una nueva semilla con mayor facilidad si dispone experiencia previa en el mismo cultivo o en uno similar. No obstante, esta compatibilidad percibida en la nueva tecnología puede llevar al uso incorrecto y una mala adopción, ya que esa familiaridad o experiencia previa hace que los adoptantes apliquen la nueva tecnología con los conocimientos que tienen sobre la antigua. Es por esto que los agentes de cambio deben comprender las experiencias previas de los individuos para evitar que las nuevas tecnologías sean puestas en práctica de mala manera.

- La *complejidad* es el grado en el cual una innovación se percibe como relativamente fácil de entender y utilizar. Una innovación compleja tendrá una relación negativa con la adopción.
- La *divisibilidad* es el grado en que una innovación puede ser experimentada sobre una base limitada. Si una innovación puede ser diseñada para ser tratada con mayor facilidad, tendrá un ritmo más rápido de adopción.
- La *observabilidad* es el grado en que los resultados de una innovación son visibles para los demás. La observabilidad de una innovación, según la percepción de los miembros de un sistema social, se relaciona positivamente con la adopción.

### **2.1.3. El aprendizaje y la adopción tecnológica**

Como se ha visto, el flujo de información es importante en todo el proceso de adopción, ya que su asimilación le permite disminuir la incertidumbre en el individuo sobre el beneficio de la nueva tecnología. El aprendizaje puede entenderse como una variedad de procesos a través de los cuales los individuos adquieren conocimiento y habilidades técnicas (Bell y Pavitt 1995). Es decir que el aprendizaje es la raíz del cambio técnico incremental de las empresas (Malerba 1992). En otras palabras, para que una tecnología sea adoptada, se requiere que los individuos aprendan sobre su existencia y sus beneficios (Sadoulet 2017).

Los agricultores pueden aprender de su propia experiencia, aprender del comportamiento de terceros y mejorar su propio comportamiento (Sjakir *et al.* 2015) y también por la intervención de un agente de cambio (Rogers 1971). En el primer caso, el agricultor aprende



por sí mismo o adquiere la información acerca de la tecnología haciendo prácticas o experimentos en su finca. Para el segundo caso, el adoptante captura el conocimiento desde la experiencia de otros y los aplica a su realidad. Este tipo de aprendizaje ha sido el más estudiado por la evidencia empírica (Foster y Rosenzweig 2014). En la tercera opción, el agricultor puede aprender de la tecnología a través de un agente de cambio que a menudo forma parte de programas gubernamentales de extensión agrícola (Cáceres *et al.* 1997).

El aprendizaje de su propia experiencia supone incurrir en costos que en ocasiones no se recuperan, por lo que el individuo debe disponer de recursos suficientes para la experimentación. En el ámbito agrícola, los productores con mayores extensiones de tierra son propensos a experimentar con las nuevas tecnologías. Luego ese conocimiento, por lo general se transfiere a los pequeños agricultores, quienes adoptan sin asumir ningún costo de la experimentación (Foster y Rosenzweig 2014).

Aunque aprender de un tercero facilita la adquisición de conocimiento en comparación de si se lo hace por experiencia propia, tales externalidades pueden dar lugar a una adopción subóptima de las nuevas tecnologías. Esto debido a que la experiencia de un vecino determinado contribuye con menos información que la experiencia propia, esto puede comprometer el rendimiento y las percepciones sobre la nueva tecnología (Foster y Rosenzweig 2014). En caso extremo, la insuficiente información conlleva a la no adopción de una tecnología rentable.

Otra forma en que el individuo aprende de la nueva tecnología es por la intervención del agente de cambio o también llamado extensionista en el ámbito agropecuario. El agente de cambio es un individuo que influye en las decisiones de los potenciales adoptantes, muchas veces en la dirección que la agencia de cambio<sup>1</sup> considera pertinente (Rogers 1971). El extensionista a menudo se constituye en el mediador que pone a disposición la nueva tecnología, que transmite el conocimiento sobre su funcionamiento y favorece por tanto el proceso de adopción (Cáceres *et al.* 1997), en un ambiente de intercambio de información entre el agente de cambio y el adoptante.

---

<sup>1</sup> La agencia de cambio constituye el organismo interesado de que la nueva tecnología sea utilizada por los potenciales adoptantes. En esta investigación, la agencia de cambio es el Gobierno del Ecuador.

Para acelerar el proceso de adopción, los agentes de cambio suelen establecer o propiciar sitios de experimentación con la nueva tecnología, por lo que el mayor contacto de un individuo con los agentes de cambio hace que esté más familiarizado con el conocimiento de la tecnología y existan mayores probabilidades de adopción (Tiamiyu, Akintola y Rahji 2009).

#### **2.1.4. Los activos complementarios y la adopción tecnológica**

Como se ha dicho, el proceso de adopción tecnológica requiere de un intercambio de información sobre la efectividad de la nueva tecnología, por lo que el aprendizaje es importante para la adopción. Sin embargo, para alcanzar ese aprendizaje muchas veces son necesarios los activos complementarios.

En el sentido más amplio, para que la nueva tecnología genere los beneficios esperados, en ocasiones se requiere que sea utilizada o complementada con otras capacidades o activos (Teece 1986, 288). En otras palabras, los activos complementarios son aquellos requeridos para derivar valor a partir de una inversión primaria (Teece 1988). En algunos casos, los activos complementarios pueden ser otras partes de un sistema; en este caso de estudio la semilla híbrida requiere del uso eficiente de fertilizantes y pesticidas (Jönsson y Radman 2012).

Los activos complementarios pueden ser las innovaciones complementarias y la asistencia técnica, que juntas garantizan una mejor experiencia con la tecnología; por tanto, pueden influir en el éxito de la innovación (Salles-Filho, Edilson y Mendes 2007). Pues, la innovación puede depender de otras innovaciones complementarias para alcanzar su mayor potencial.

Respecto a las tecnologías agrícolas, en general la adopción implica costos fijos y variables. Este proceso de adopción a menudo requiere de costos de aprendizaje considerables, dados a través de los servicios públicos de extensión agrícola (asistencia técnica). En ocasiones también requieren de herramientas complementarias para aplicar la tecnología (innovaciones complementarias). Tal inversión inicial a menudo es sustancial para los hogares pobres y puede actuar como un costo fijo que impide que los hogares adopten, aunque la tecnología en sí sea asequible. Por ejemplo, es probable que el costo para cubrir la distancia entre la granja y

la tienda de suministro de fertilizantes sea un factor importante en la decisión de comenzar a usar fertilizantes, independientemente del costo del fertilizante (Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya 2017, 3).

Además de los costos fijos, hay costos que están en función de la escala a la que se adopta la tecnología. Los ejemplos aquí son el costo de un kilogramo de fertilizante, el costo de una bolsa de semillas y el costo de la mano de obra necesaria para aplicar el fertilizante o insumos complementarios que dependen de la escala. Estos costos son menos relevantes para la decisión de adopción, pero es probable que desempeñen un papel importante en la decisión sobre la intensidad de uso de la tecnología. Por ejemplo, es probable que el precio del fertilizante sea un elemento importante en la decisión sobre la cantidad de fertilizante que se debe usar, independientemente del costo que cubra la distancia entre la granja y la tienda de suministro de fertilizante (Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya 2017, 3).

En cuanto a la asistencia técnica, si bien sus costos en ocasiones están cubiertos por programas gubernamentales, el aprendizaje requiere de una base de capacidades o habilidades para que las nuevas tecnologías sean asimiladas y aprovechadas (Castro, Rocca e Ibarra 2009, Salles-Filho, Edilson y Mendes 2007, 34). En el ámbito agrícola, la interacción de los dos elementos: la capacidad de absorción y el contacto efectivo con el agente de cambio, adquiere mayor importancia para lograr una mejor adquisición, comprensión y cambios en el comportamiento del productor (Tepic *et al.* 2012). Pues un productor analfabeto puede ser capaz de adoptar el uso de un insumo, pero no de utilizarlo de manera correcta (Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya 2017). Por ejemplo, un productor con pocos años de escolaridad puede usar un fertilizante, pero no en las dosis recomendadas para el cultivo.

## **2.2. Determinantes de la adopción tecnológica**

Para el análisis de los determinantes de la adopción tecnológica identificados en la evidencia empírica, se toma como referencia la agrupación de descriptores propuesta por Mwangi y Kariuki (2015), quienes los clasifican de la siguiente manera: 1) factores económicos, relacionados a las características de los productores, es decir los agricultores; 2) factores relacionados con las características de la tecnología; 3) factores institucionales y 4) factores individuales. A continuación se describen cada uno de ellos.

### 2.2.1. Factores económicos

Los aspectos económicos que influyen en la adopción tecnológica son: el rendimiento esperado de la tecnología y el coste de la adquisición de la misma, que a su vez están relacionados con el tamaño de la finca y el acceso al crédito.

El nivel económico del productor y la innovación parecen ir de la mano. Los más ricos suelen ser dueños de fincas de mayor tamaño, por lo que tienen mayor acceso al crédito. Por tanto, estos individuos tienen ventaja financiera, lo que influye en la adopción de nuevas ideas cuya implementación a menudo es costosa (Feder y Umali 1993). Estos individuos son los que toman los riesgos para hacer frente al alto grado de incertidumbre que supone una innovación que se introduce por primera vez a un sistema; en general, esta incertidumbre es evitada por los adoptantes de fincas de menor extensión (Rogers 1971).

La riqueza y la innovación asumen una relación positiva, es decir, los individuos adoptan innovaciones en proporción directa a su condición económica; con cada unidad adicional de ingresos, el tamaño y otras variables económicas, se espera que el individuo sea más innovador.

Además, algunas tecnologías se denominan dependientes de la escala, debido a la gran importancia del tamaño de la finca para su adopción (Mwangi y Kariuki 2015). En este sentido, muchos estudios denotan una relación positiva entre el tamaño de la finca y la adopción de la tecnología (Pan 2014, Mason y Smale 2013, Ali y Addulai 2010). Por citar un ejemplo para el caso de tecnologías agrícolas, la tracción bueyes como una innovación tecnológica en comparación con el arado con tractor puede llegar a ser viable sólo si la extensión de la finca es lo suficientemente grande. Otras tecnologías, en cambio, en ocasiones denotan relaciones negativas con el tamaño de la finca. Los fertilizantes y pesticidas son insumo con el que existen cuestiones relacionadas con la divisibilidad; dicho de otra manera, en pequeñas parcelas requeriría del reenvasado. A menudo la mala manipulación o adulteración de las cantidades recomendadas de estos insumos da lugar a malos resultados en la productividad (Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya 2017).

El coste de la tecnología es también un factor importante que influye en la adopción. El costo de las semillas, fertilizantes y plaguicidas es un ejemplo típico de un coste variable

relacionado con la adopción. El costo de la tecnología subyacente rara vez se incluye en los estudios empíricos, debido a la dificultad de obtener los precios a nivel de finca (Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya 2017).

### 2.2.2. Factores tecnológicos

Las características de las tecnologías que son observadas por los adoptantes fueron analizadas en el acápite 2.1.3, de las cuales la ventaja relativa y la compatibilidad son las más importantes en el ámbito agropecuario. A continuación se exponen las principales variables que se utilizan en la literatura.

La ventaja relativa de la tecnología influye significativamente en la decisión de adoptar la tecnología (Mwangi y Kariuki 2015). La evidencia empírica indica que la adopción de la innovación estará sujeta al beneficio marginal de la nueva tecnología con respecto a la tradicional (Alcón 2007). Un estudio realizado por Adesina y Zinnah (1993) mostró que la percepción de los agricultores sobre las características de la variedad moderna de arroz influye significativamente en la adopción.

Otro estudio sobre la importancia de la ventaja relativa para la adopción fue realizado en Kenia. En eso se evaluaron los determinantes de la adopción del maíz resistente a *Imazapyr*.<sup>2</sup> Míngnouna *et al.* (2011) afirmaron que la característica de la tecnología juega un papel crítico en la adopción. Estos autores sostienen que los agricultores que perciben que la tecnología es consistente con sus necesidades y compatible con su entorno probablemente la adopten, ya que lo encuentran como una inversión positiva.

La compatibilidad de la tecnología con el individuo está en función del conocimiento previo que tenga el potencial adoptante sobre la tecnología. Es por ello que la experiencia del agricultor influye en la adopción pues, a medida que aumenta el año laboral, el agricultor comprende mejor el sistema de la agricultura (Udimal *et al.* 2017). Se espera que la experiencia mejore la participación de los agricultores en la adopción de semillas. Un productor más experimentado puede tener un nivel más bajo de incertidumbre sobre el rendimiento de la nueva tecnología (Rogers 1971).

---

<sup>2</sup> *Imazapyr* es una molécula química utilizada para el control de malezas.

### **2.2.3. Factores institucionales**

Para el proceso de adopción es fundamental la disponibilidad de la información sobre la nueva tecnología, pues esto ayuda a disminuir la incertidumbre en los adoptantes. Las variables que por lo general explican el acceso a la información son: distancia a los mercados, contacto con los agentes de cambio, pertenecer a una asociación.

La pertenencia a una asociación aumenta el capital social permitiendo la confianza y el intercambio de información de la tecnología (Mignouna *et al.* 2011). Los agricultores dentro de una asociación aprenden sobre los beneficios y el uso de la nueva tecnología, lo que en ocasiones facilita la adopción. Los conocimientos que adquieren pueden cambiar con la evaluación propia a lo largo del tiempo (Mwangi y Kariuki 2015).

El acceso al servicio de extensión también ha sido considerado como un aspecto clave para la adopción tecnológica. Los agricultores suelen ser informados sobre la existencia, así como el uso efectivo y el beneficio de la nueva tecnología a través de los agentes de cambio. Estos agentes actúan como un enlace entre los generadores de la tecnología y los beneficiarios de esa tecnología. Por tanto, un mayor contacto con estos agentes de cambio favorecerá en el proceso de adopción de la nueva tecnología (Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya 2017). Otra variable que se utiliza para revelar el acceso a la información es la distancia al poblado más cercano. Esta variable también manifiesta el acceso a los insumos agrícolas como fertilizantes y pesticidas (Larochelle *et al.* 2017, Neil y Lee 2001, Awotide, Karimov y Diagne 2016).

### **2.2.4. Factores individuales**

Las variables del hogar más utilizadas en la evidencia empírica son: la edad del jefe de familia, género de quien toma las decisiones de producción y el tamaño del hogar.

La edad del jefe de familia ha mostrado ser determinante de la adopción tecnológica, mostrando una relación negativa debido a que los productores de mayor edad tienden a ser más adversos al riesgo, mientras que los jóvenes son más propensos a adoptar nuevas tecnologías (Mauceri *et al.* 2007, Pan 2014, Mason y Smale 2013).

El género del productor también se ha tomado como factor explicativo de la adopción de tecnologías agrícolas, aunque la evidencia muestra efectos heterogéneos. No obstante, en

general la evidencia sugiere que los hombres son los que más acceden a los insumos tecnológicos para la producción (Awotide, Karimov y Diagne 2016).

Del mismo modo, el tamaño del hogar puede afectar la adopción tecnológica: por un lado, los hogares más grandes tienen mayor disponibilidad de fuerza de trabajo, es decir, que son más propensos a adoptar tecnologías que sean intensivas en trabajo como el caso de tecnologías de producción orgánica (Polson y Spencer 1991, Tiamiyu, Akintola, Rahji 2009, Mauceri *et al.* 2007) y, por otro lado, como lo exponen Saín y Martínez (1999), los hogares con más integrantes utilizan mucho de sus ingresos para satisfacer sus necesidades vitales y, por lo tanto, pueden tener mayores restricciones presupuestarias para la adquisición de tecnologías como las semillas.

En resumen, en este capítulo se ha visto que el enfoque de los modelos evolutivos proporciona mayores elementos para explicar el proceso de adopción tecnológica, pues consideran que a más de los aspectos económicos de la tecnología, también se requiere que los individuos asimilen conocimientos sobre el uso de la tecnología y de sus insumos complementarios, por lo que se ha exhibido la importancia del aprendizaje y las tecnologías complementarias en el proceso de adopción. Además, se ha manifestado que los adoptantes buscan disminuir la incertidumbre del beneficio de la nueva tecnología y que, para ello, el intercambio de la información y sus fuentes juegan un papel de importancia en el proceso de adopción. Toda vez planteados estos elementos será posible examinar las variables que determinan la adopción tecnológica y los efectos de las tecnologías identificadas en la evidencia empírica.

## Capítulo 3

### Marco Empírico

#### 3.1. Determinantes de la adopción tecnológica en agricultura

La evidencia empírica sobre los determinantes de la adopción de tecnologías agrícolas, que es amplia y diversa, ha permitido evaluar la adopción de distintas tecnologías agrícolas como semillas mejoradas, prácticas de manejo de cultivos, insumos de cultivo (fertilizantes y pesticidas), prácticas de conservación de suelos, entre otras.

La Tabla 1 resume algunos de los hallazgos empíricos sobre los determinantes de la adopción tecnológica revisados para esta investigación. En términos generales, la evidencia empírica expone que los determinantes que más influyen en la adopción tecnológica son: el contacto con el agente de cambio (recibir capacitación), el tamaño de la finca, el acceso al crédito, los años de escolaridad del productor y la experiencia en el cultivo (Pan 2014, Mason y Smale 2013); mientras que, con menor frecuencia, aparecen las variables de edad del agricultor, origen de los ingresos, pertenencia a una asociación, tamaño de la familia y ser dueño del predio (Saín y Martínez 1999, Tihamiyu, Akintola, Rahji 2009, Uaiene, Arndt y Masters 2009, Mauceri *et al.* 2007).

**Tabla 1. Variables determinantes y sus efectos en las evaluaciones de adopción de tecnologías agrícolas**

Autor	Lugar de estudio	Variable de resultado	Variables determinantes	Efecto
Pan (2014)	China	Participación en programa gubernamental	Edad de agricultor	-
			Años de escolaridad	+
			Recibir capacitación	+
			Tamaño de la finca	+
Shively y Ricker-Gilbert (2013)	Malawi	Acceso a subvención	Experiencia en el cultivo	+
			Jefe de familia hombre	+
			Años de escolaridad	+
Mason y Smale (2013)	Zambia	Adopción de semilla	Tamaño de la finca	+
			Poseer ganado	+
			Precio del fertilizante	+
			Distancia a camino	-
			Expectativa de lluvia	-
Uaiene, Arndt y Masters (2009)	Mozambique	Adopción de semilla	Pertenecer a asociación	+
			Acceso al crédito	+
Tihamiyu, Akintola y Rahji (2009)	Nigeria	Adopción paquete de tecnologías agrícolas	Años de escolaridad	+
			Recibir capacitación	+
			Experiencia en el cultivo	+



			Dueño del predio	+
			Acceso al crédito	+
			Acceso al mercado	+
Saín y Martínez (1999)	Guatemala	Adopción de semilla	Siembra en monocultivo	+
			Tamaño de la finca	+
			Tamaño de la familia	-

Fuente: Pan (2014), Shively y Ricker-Gilbert (2013), Mason y Smale (2013), Uaiene, Arndt y Masters (2009), Tiamiyu, Akintola y Rahji (2009), Saín y Martínez (1999).

Pan (2014) examinó el efecto de los programas de extensión agrícola sobre el uso de nutrientes en siete provincias de la China. Los productores que tuvieron mayores probabilidades de participar en esos programas fueron los más jóvenes, los de mayor educación, los que tuvieron contacto con los agentes de cambio y los dueños de fincas de mayores extensión.

Shively y Ricker-Gilbert (2013) evaluaron un programa de subvención de insumos agrícolas impulsado por el Gobierno de Malawi. Sus resultados indican que las familias, cuyas cabezas de hogar son de mayor edad, tienen más probabilidades de recibir un paquete completo insumos. El género también es determinante para la participación, ya que los hogares encabezados por mujeres tienen menores probabilidades de recibir el beneficio del Gobierno. Además, los individuos de mayor educación recibieron mayor cantidad de subsidio de la establecida.

En el estudio que realizaron Mason y Smale (2013) sobre el efecto de la adopción de semilla de maíz subsidiada por el Gobierno de Zambia, los autores demuestran que la variable tamaño de la finca es determinante para la adopción de la semilla. Otro descriptor importante es la propiedad del ganado, pues tiene una relación positiva con el uso de semillas. Entre las características de los hogares, ni el liderazgo femenino ni la educación tienen influencia con la adopción. Se evidenció también que los precios del maní y el uso de semillas híbridas se asociaron positivamente, a lo cual los investigadores sugieren que se debe a una complementariedad entre estos cultivos. Los autores encontraron que la mayor distancia a la vía principal reduce la demanda de semillas híbridas.

Uaiene, Arndt y Masters (2009) realizaron un estudio de adopción de tecnologías agrícolas en Mozambique. Este trabajo identifica que la educación de los productores determina de forma positiva la adopción de las tecnologías. Además, los autores destacan la importancia del acceso al crédito para que los agricultores puedan utilizar las tecnologías. La variable

pertenecer a una asociación también es positiva en las decisiones de adopción. Se demuestra que la participación de los agentes de cambio es positiva para la adopción de nuevas tecnologías.

Tiamiyu, Akintola y Rahji (2009), en un estudio realizado en Nigeria sobre la adopción de tecnologías agropecuarias, señalan que la adopción de tecnología se ve afectada significativamente por el nivel de educación de los agricultores, las visitas de los agentes de cambio, la experiencia en el cultivo de arroz, la tenencia de la tierra, el uso de crédito y el nivel de comercialización de arroz. Los autores enfatizan en que el uso de tecnología complementaria contribuye a una mayor productividad del cultivo de arroz. Recomiendan que el Gobierno debe promocionar el uso de tecnologías complementarias en el cultivo de arroz. Saín y Martínez (1999) evaluaron la adopción de semillas híbridas de maíz en Guatemala. Sus resultados indican que la productividad de la tierra es un componente clave para la decisión de adoptar, mientras que las preferencias de consumo desempeñan un papel secundario. Otras variables importantes para la adopción son el tamaño de la familia y el sistema de cultivo de la semilla híbrida. Los autores señalan que la probabilidad de usar materiales híbridos aumenta con el tamaño de la granja. Se destaca además que los agricultores asignan tierras a las semillas mejoradas de acuerdo con su percepción de la calidad de la tierra.

### **3.2. Efectos de la adopción tecnológica en agricultura**

Mason y Smale (2013) analizaron el efecto del uso de semilla subsidiada y no subsidiada en Zambia, en variables de resultado como la productividad de maíz, los ingresos totales y la severidad de la pobreza, con el método de Modelo Tobit. Sus resultados indican que el cultivo de maíz tuvo efectos significativos en todas las variables de resultado evaluadas. Respecto a la productividad de maíz en adoptantes no subsidiados, encontraron que por cada 10 kg de semilla híbrida sembrada se aumentaba en un 4,4% la producción y en un 2,6% el ingreso; mientras que el efecto en los adoptantes subsidiados fue menor, así 10 kg de semilla subsidiada aumentaba la cantidad promedio de maíz producido en solo 106 kg y el ingreso total del hogar en alrededor de 1.1%. Estos resultados son atribuidos a que ciertas semillas subsidiadas fueron de polinización abierta, y por tanto, de menores rendimientos a las semillas híbridas.

En Pakistán, Ali y Abdulai (2010) usaron el *propensity score matching* para evaluar el efecto de la adopción de semilla transgénica de algodón sobre los rendimientos, la demanda de pesticidas, el ingreso familiar y la reducción de la pobreza. Sus resultados mostraron que la adopción tuvo efectos positivos y significativos en los rendimientos, los ingresos familiares y la reducción de la pobreza; mientras que el impacto en el uso de pesticidas fue negativo. El rendimiento del algodón fue 50 kg/acre más alto para los adoptantes lo que conllevó a un aumento de los ingresos y a la reducción de la pobreza.. La ganancia en productividad fue mayor en los pequeños productores adoptantes en comparación a los medianos y grandes; sin embargo, el efecto en los ingresos se presenta mayor en los grandes productores.

En Nigeria, Awotide, Karimov y Diagne (2016) evaluaron los efectos del uso de semilla mejorada de arroz en las variables bienestar de los hogares y la participación en el mercado con el Modelo Tobit y el modelo de dos etapas. La mejora del rendimiento de la producción de arroz generó excedentes de producción, lo que les permitió colocar parte de su producto en el mercado, mejorar sus ingresos y elevar sus niveles de bienestar. Este estudio evidenció entonces que la semilla mejorada de arroz provoca mejores rendimientos en los productores, en comparación con las variedades tradicionales de arroz.

Shively y Ricker-Gilbert (2013) utilizaron un modelo de dos etapas para evaluar un programa de subvención que contemplaba la dotación de semilla y fertilizante en Malawi, mostraron que la productividad del cultivo de maíz subió en promedio 500 kg/ha y que se incrementó el uso de fertilizantes por parte de los pequeños productores, especialmente las fincas encabezadas por hombres. Otro efecto observado fue la disminución en la compra de los fertilizantes en las casas comerciales. El programa de subvención causó efectos negativos, en particular por la tendencia al aumento del área de producción con maíz subsidiado, ya que se sembró alrededor de un 16% más por cada cupón proporcionado. Esto provocó la disminución en la calidad de nutrición de los productores, debido al reemplazo de los cultivos de seguridad alimentaria. El aumento de las hectáreas de siembra también aumentó la tasa de deforestación. Jönsson y Radman (2012) utilizaron un modelo de dos etapas para evaluar el impacto del uso de fertilizantes y semillas en los pequeños productores en Kenia y observaron que la mejora productiva con el uso de semilla de fréjol no fue significativa. En cambio la semilla de maíz mejoraba el rendimiento, siempre con el uso adecuado del fertilizante. Los autores concluyen que la mejora productiva permitió que los agricultores tengan mayor participación en el

mercado y el aumento de su nivel de ingresos. Estos resultados sugieren entonces que las tecnologías por sí solas no son suficientes para aumentar el nivel económico de los hogares, ya que hacen falta activos complementarios, como los fertilizantes y el conocimiento técnico, para aprovechar del potencial productivo de las semillas, en particular con el maíz híbrido. Tiamiyu, Akintola y Rahji (2009) analizaron la ganancia de productividad del cultivo de arroz mediante el uso de las tecnologías complementarias como el fertilizante inorgánico, mejores prácticas culturales, herbicidas y otros agroquímicos y dispositivos mecánicos (por ejemplo, sembradoras, tractor). Los autores concluyen que un nivel relativamente alto del uso de tecnología complementaria contribuye a una mayor productividad del cultivo de arroz.

Por su parte, un estudio de adopción de fertilizantes en Uganda realizado por Nazziwa, Van Campenhout y Amwonya (2017) refleja la importancia de las capacidades de los agricultores para asimilar o aprender sobre el uso de las tecnologías. Si bien los productores analfabetos fueron capaces de adoptar el uso de fertilizantes para mejorar la producción de sus cultivos, los autores identificaron que estos no eran capaces de aplicar las cantidades adecuadas. Este estudio también enfatiza la importancia de las tecnologías complementarias, ya que sugiere que las intervenciones de las agencias de cambio (en este caso el Gobierno de Uganda) deben implementar tecnologías complementarias para garantizar el buen uso de los fertilizantes. Los autores sugieren el uso de carteles en lugares públicos y el suministro de cucharas especiales que se pueden usar para la dosificación fácil y correcta de fertilizantes.

El estudio realizado por Feder (1982) ayuda a entender la importancia del acceso al crédito para la adopción tecnológica. El investigador indica que el subsidio que ayuda a reducir el costo de los insumos no favorece la adopción cuando el productor está restringido al crédito. La restricción crediticia hace también que los subsidios al precio de producción reduzcan la intensidad del uso de insumos por hectárea. El autor menciona que el subsidio a los costos de los insumos favorece la adopción de las innovaciones interrelacionadas (tecnologías como la semilla híbrida, fertilizantes y pesticidas) cuando el crédito no está restringido; mientras que, por el contrario, si el crédito está restringido, la adopción de las tecnologías de escala serán las menos adoptadas.

En resumen, en este capítulo se han exhibido los hallazgos empíricos sobre los determinantes de la adopción de tecnologías agrícolas y los efectos que estas han tenido en los individuos.

Además, se ha puesto en evidencia la importancia de la información y las tecnologías complementarias para lograr la eficiencia de las semillas híbridas. Con estos elementos será posible construir el modelo econométrico e interpretar los resultados que se logren en la presente investigación.

## Capítulo 4

### Objetivos, preguntas e hipótesis de investigación

Los Gobiernos de los países en desarrollo subvencionan paquetes de tecnologías agrícolas para motivar la adopción de nuevas semillas para favorecer el aumento de la productividad de los cultivos de los pequeños productores. Para incrementar las posibilidades de éxito de las nuevas semillas, estas subvenciones a menudo vienen acompañadas de capacitaciones y de tecnologías complementarias.

Ahora bien, tal y como hemos visto, la adopción de una nueva tecnología se da luego de un proceso en donde los adoptantes se enfrentan a la incertidumbre sobre el funcionamiento de la tecnología. En este sentido, el aprendizaje y las tecnologías complementarias juegan un papel fundamental para el éxito y la posible adopción de la tecnología. Por tanto, para que la tecnología sea efectiva no sólo se requiere que la misma sea dotada a los potenciales adoptantes, sino que también es necesario proveer asistencia técnica sobre el funcionamiento de la tecnología y de los insumos complementarios.

Además, en el proceso de adopción los individuos adquieren el conocimiento de las nuevas tecnologías por diferentes vías. En el ámbito agropecuario esto puede darse por su propia experiencia y por la experiencia de terceros. El aprendizaje por su propia experiencia requiere que los individuos dispongan de los recursos necesarios para incurrir en los gastos de la experimentación de la tecnología, por lo que muchos de los pequeños productores obtienen la información de terceros. Se ha dicho también que el aprendizaje de terceros deriva en distintos resultados, pues es posible que la información obtenida sea incompleta. También se ha expuesto sobre la importancia de los agentes de cambio para favorecer el uso eficiente de las nuevas tecnologías. Por tanto resulta relevante analizar hasta qué punto la adopción de una semilla impactó en la productividad por hectárea de los agricultores, lo que constituye el objetivo general de la presente investigación.

**Objetivo general:** Analizar la adopción de la nueva semilla sobre la productividad de la tierra.

Para cumplir con el objetivo general se ha tomado el contexto ecuatoriano, país en donde se estableció un programa gubernamental para subvencionar tecnologías agrícolas y proporcionar asistencia técnica, cuyo propósito fue el de incrementar la productividad de los pequeños productores de maíz duro en el litoral ecuatoriano. Por tanto, se ha planteado el siguiente objetivo específico:

**Objetivo específico 1:** Determinar el efecto de la adopción de semillas híbridas sobre el rendimiento en el cultivo de maíz duro de los pequeños productores del litoral ecuatoriano. A partir del objetivo específico trazado, cabe entonces formularse la siguiente pregunta de investigación.

**Pregunta de investigación 1:** ¿Cuál es el impacto de la adopción de semillas híbridas sobre la rentabilidad en el cultivo de maíz duro de los pequeños productores del litoral ecuatoriano? Aunque la adopción de una nueva tecnología no tiene por qué tener un impacto en la productividad si ésta no va acompañada de los insumos complementarios y los conocimientos necesarios para una aplicación efectiva de la tecnología, resulta plausible considerar que la utilización de una semilla de probada eficacia impacte positivamente en la productividad de la tierra. Por ello, se plantea la siguiente hipótesis:

**Hipótesis 1:** El uso de semilla híbrida tiene un impacto positivo en el rendimiento de los cultivos de maíz duro de pequeños productores.

Además, los productores reciben y asimilan información de diferentes maneras, aspecto que puede condicionar la eficiencia de las nuevas tecnologías. En el presente estudio se ha indicado que el Gobierno del Ecuador subvencionó tecnologías agrícolas y proporcionó capacitaciones para incrementar las productividades de los pequeños productores de maíz duro; sin embargo, también existieron productores que usaron la semilla híbrida de maíz por fuera del programa gubernamental. En este sentido, y para complementar al objetivo general de esta investigación, se planteó el siguiente objetivo específico.

**Objetivo específico 2.** Determinar el efecto del uso de semilla híbrida, sea subvencionada por el Gobierno como adquirida por cuenta propia, sobre el rendimiento del cultivo de maíz duro.

Para el análisis del segundo objetivo específico, se planteó la siguiente pregunta de investigación:

**Pregunta de Investigación 2:** ¿Difiere el efecto de la adopción de semilla híbrida en función de si se realizó por cuenta propia o a través de la subvención del Gobierno?

En el marco teórico y empírico de este trabajo se ha mostrado que los adoptantes tienen diferentes formas para acceder al conocimiento de las tecnologías. En el proceso de adopción a través de agentes de cambio, los productores pueden acceder, además de a la nueva semilla, a insumos y conocimientos complementarios que pueden afectar a la efectividad de la semilla, mientras que los productores que adquieren semillas por cuenta propia no acceden a los insumos y conocimientos complementarios de manera inmediata, sino que tienen que adquirirlos a través de otros procedimientos. Estas dos formas de acceder al conocimiento y a las tecnologías complementarias pueden dar diferentes resultados con el uso de las semillas híbridas. En este sentido se propone la siguiente hipótesis:

**Hipótesis 2:** Existen diferencias en el rendimiento del cultivo de maíz duro entre la semilla híbrida subvencionada por el Gobierno y la adquirida por cuenta propia.

En adelante, el documento está organizado de la siguiente manera: el Capítulo 5 (metodología) describe la base de datos, las variables utilizadas y detalla la metodología econométrica empleada. El Capítulo 6 (resultados) presenta y discute los resultados encontrados. Finalmente, el Capítulo 7 (conclusiones) presenta las conclusiones del estudio y señala recomendaciones de política pública.



## Capítulo 5

### Metodología

#### 5.1. Datos y variables

La presente investigación utiliza datos proporcionados por la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) del Ecuador sobre encuestas realizadas a un total de 1622 productores de maíz duro de las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Loja, correspondiente a los ciclos de siembra de invierno y verano de los años 2015 y 2016.

La base de datos cuenta con información de: i) factores económicos como la productividad, el tamaño de la finca, la superficie cultivada con maíz duro, etc.; ii) factores tecnológicos como el uso de semilla híbrida, el uso de fertilizante, el uso de maquinaria, tipo de siembra, el sistema de cultivo, la capacitación, uso de kit tecnológico, etc.; iii) factores institucionales como pertenecer a una asociación, el uso de seguro agrícola, la provincia, cantón y parroquia a la que pertenece el productor, etc.; y iv) factores específicos del hogar como la edad del agricultor, número de generaciones que se han dedicado al cultivo de maíz duro y origen de los ingresos económicos. Además existen variables climáticas: siembras realizadas en invierno o en verano.

La variable de resultado (VR) es la productividad de la tierra, misma que está expresada en toneladas por hectárea (t/ha). Esta VR consta en la base de datos y ha sido calculada con la siguiente fórmula (Castro 2016a):

$$pc = \frac{\text{mazorcas por hectárea} * \text{peso promedio de mazorcas (gramos)}}{1000000 \text{ toneladas métricas}}$$

$$VR = \frac{pc * (100 - \text{porcentaje humedad} - \text{porcentaje impurezas})}{100 - (\text{porcentaje humedad fija} - \text{porcentaje impureza fija})}$$

Donde:

porcentaje de humedad fija: 13

porcentaje de impureza fija: 1

mazorcas por hectárea: utilizando la distancia del surco y mazorcas por 10 metros.

peso promedio de mazorca: promedio de los pesos de las mazorcas obtenidas.

porcentaje de humedad e impureza: datos obtenidos en laboratorio de muestras.

Para evaluar el efecto de la semilla híbrida adoptada por cuenta propia se creó la variable de tratamiento *SEMILLA*, que es dicotómica y toma valor 1 para los productores que utilizan semilla híbrida, pero que la adquirieron por cuenta propia, y 0 para los que no utilizan la semilla híbrida. Mientras que la variable de tratamiento que operacionaliza la adopción de la semilla híbrida a través de la subvención se la denominó *KIT*. Esta variable es dicotómica y toma valor 1 para los productores que utilizan la semilla híbrida, adquirida a través de la subvención pública, y 0 para los individuos que no utilizan la semilla híbrida. En la Tabla 1 se observan las estadísticas descriptivas de las variables de tratamiento (*KIT* y *SEMILLA*). El tratamiento *KIT* muestra mayores productividades.

**Tabla 2. Estadísticas descriptivas de la VR (productividad de la tierra) según las dos variables de tratamiento diseñadas**

Tratamiento	Descripción	Número Tratados	Número de no tratados (control)	Media de la VR en t/ha	
				Tratados	No tratados
KIT	agricultores que acceden a kit (1)	455	163	5,88 (1,63)	4,78 (1,76)
SEMILLA	agricultores que no acceden a kit pero utilizan semilla (1)	981	163	5,65 (1,86)	4,78 (1,76)

Entre paréntesis la desviación estándar.

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

## 5.2. Aspectos metodológicos

Este estudio pretende estimar el efecto del uso de semilla híbrida sobre la productividad del cultivo de maíz duro, además de distinguir si la adopción de semilla híbrida mediante la subvención tecnológica (tratamiento *KIT*) causa mayor efecto en la productividad que si se la adopta por cuenta propia (tratamiento *SEMILLA*). En este sentido es importante considerar que, debido a que los productores se autoseleccionan para adoptar la semilla híbrida (sea tratamiento *KIT* o *SEMILLA*), existe un problema de endogeneidad que hace que el efecto estimado a través de mínimos cuadrados ordinarios esté sesgado. Por esta razón es necesario identificar un contrafactual adecuado, que consiste en encontrar individuos que sean similares a las personas tratadas, excepto en el recibo del tratamiento (Garrido *et al.* 2014).

Dada la naturaleza de la información disponible, el presente estudio utiliza el método del *propensity score matching*<sup>3</sup> (PSM). Este método reduce el problema del emparejamiento pareando a los individuos tratados con aquellos no tratados, con base en una serie de características observables. Los individuos pareados tienen la misma probabilidad de recibir el tratamiento.

Sea  $T \in [0,1]$  una de las variables de tratamiento definidas (*KIT* o *SEMILLA*) y  $Y \in [0,1]$  la *VR*, el efecto promedio del tratamiento sobre el tratado (*ATT* por sus siglas en inglés) se lo puede calcular de la siguiente manera:

$$ATT = E(Y_{1i}|T = 1) - E(Y_{0i}|T = 1) \quad (1)$$

Donde  $Y_{1i}$  es la productividad del cultivo cuando el productor  $i$  recibe tratamiento e  $Y_{0i}$  es la productividad del cultivo si el mismo productor  $i$  no hubiera recibido el tratamiento.

En la ecuación 1 podemos observar el problema de inferencia causal, pues el elemento  $E(Y_{0i}|T = 1)$  es un resultado no observable a partir de los datos de nuestra base. Es por esto que el efecto causal de los tratamientos sólo puede estimarse por la diferencia de medias entre los individuos tratados y los no tratados. Se lo expresa de la siguiente manera:

$$E(Y_{1i}|T = 1) - E(Y_{0i}|T = 0) \quad (2)$$

La ecuación 2 permitiría estimar el efecto causal si la asignación del tratamiento hubiera sido aleatoria, dado que, en ese caso ocurriría que  $E(Y_{0i}|T = 1) = E(Y_{0i}|T = 0)$ ). Esto último permitiría afirmar que  $T$  es independiente de los resultados potenciales  $Y$ , es decir:  $T \perp (Y_{0i}, Y_{1i})$ .

No obstante, dado que la asignación del tratamiento no es aleatoria, es posible que las diferentes características de los agricultores - tratados y no tratados - que influyeron en la adopción del tratamiento también puedan influir en la *VR*. De tal manera, con el objetivo de estimar el verdadero efecto causal, esta investigación utiliza el método *propensity score matching*, que parea tratados con no tratados en función de la probabilidad de recibir el

---

<sup>3</sup> Método desarrollado por Rosenbaum y Rubin (1985)

tratamiento. La validez de este método se basa en dos supuestos que se describen a continuación.

1. **Independencia de media condicional:** el resultado potencial es independiente, condicionados a la probabilidad de recibir el tratamiento, que se escribe así:

$$T \perp (Y_{0i}, Y_{1i}) | p(x) \quad (3)$$

donde  $p(x)$  es la probabilidad de recibir el tratamiento, condicional en un conjunto de covariables  $x$  y se lo conoce como *propensity score*.

2. **Soporte común:** cada individuo tiene una posibilidad de ser tratado y no ser tratado, dadas las covariables. Se expresa de la siguiente manera:

$$0 < p(T = 1 | X = x) < 1$$

### 5.2.1. Cálculo del *propensity score*

Debido al supuesto de independencia de media condicional, en el cálculo del *propensity score* (PS) resulta conveniente incluir todas las covariables relacionadas con la VR y con la probabilidad de recibir el tratamiento. Si la cantidad de información disponible es pequeña, las covariables potencialmente irrelevantes pueden introducir demasiado “ruido” en las estimaciones del efecto del tratamiento (Garrido *et al.* 2014). En la Tabla 3 se presentan las estadísticas descriptivas (media y desviación estándar) de las covariables de cada tratamiento.

**Tabla 3. Estadísticas de las covariables de los tratamientos en evaluación y el control**

Covariable	Tipo de covariable y descripción	Kit tecnológico	Semilla libre	Control
Tamaño finca	continua: expresada como logaritmo natural	1,56 (0,79)	1,36 (0,94)	0,88 (0,86)
Tipo de siembra	dicotómica: 1 para monocultivo y 0 para otras	0,97 (0,18)	0,96 (0,19)	0,94 (0,24)
Mecaniza siembra	dicotómica: 1 si mecaniza y 0 no mecaniza	0,27 (0,45)	0,25 (0,43)	0,21 (0,41)
Mecaniza cosecha	dicotómica: 1 si mecaniza y 0 no mecaniza	0,30 (0,46)	0,24 (0,43)	0,16 (0,37)
Pertenece a	dicotómica: 1 pertenece y	0,57	0,28	0,22

asociación	0 no pertenece	(0,50)	(0,45)	(0,42)
Parroquia Urbana	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,64 (0,48)	0,64 (0,48)	0,58 (0,50)
Edad agricultor	continua: aplicada logaritmo natural	3,81 (0,30)	3,81 (0,32)	3,89 (0,35)
Primera generación	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,13 (0,34)	0,19 (0,40)	0,31 (0,46)
Segunda generación	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,48 (0,50)	0,40 (0,49)	0,34 (0,47)
Más generaciones	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,39 (0,49)	0,41 (0,49)	0,36 (0,48)
Fuente de ingresos	dicotómica: 1 para producción de maíz y 0 para otras	0,86 (0,35)	0,81 (0,39)	0,67 (0,47)
Control de factores ambientales				
Año2015_Invierno	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,47 (0,50)	0,15 (0,36)	0,26 (0,44)
Año2015_Verano	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,33 (0,47)	0,23 (0,42)	0,19 (0,39)
Año2016_Invierno	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,15 (0,35)	0,34 (0,47)	0,32 (0,47)
Año2016_Verano	dicotómica: 1 pertenece y 0 no pertenece	0,05 (0,22)	0,27 (0,45)	0,23 (0,42)

Entre paréntesis, la desviación estándar.

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

En Ecuador son considerados pequeños y medianos a los productores que disponen hasta 50 hectáreas de tierras (Crespo 2005). En vista que la política fue dirigida a productores con menos de 20 hectáreas, el presente estudio se centrará en los productores medianos y pequeños. Si se considera esto, la población muestral se reduce de 1622 a 1599 observaciones (la reducción representa 4% del tamaño original de la muestra). La covariable *Tamaño finca* es continua y se la consideró no lineal ante la probabilidad de adopción, por lo tanto, se introdujo en la ecuación como su logaritmo natural (Saín y Martínez 1999, 15).

El *tipo de siembra* es otra covariable que indica la especialización de los agricultores, también es dicotómica: el valor 1 es asignado a los productores que siembran en monocultivo y 0 para los que no. Los que siembran en monocultivo tienen mayor interés en adoptar tecnologías para mejorar las producciones (Becerril y Abdulai 2010).

Las covariables *Mecaniza siembra* y *Mecaniza cosecha* refiere a la riqueza y el acceso a las tecnologías, lo que, según la evidencia empírica, puede significar mayor posibilidad de adopción tecnológica (Mwangi y Kariuki 2015, 210). Es una covariable dicotómica, donde el valor 1 indica el acceso a la mecanización y el 0 que no dispone de la mecanización.

La covariable *Pertenece a asociación* es dicotómica, en donde con 1 se indica que pertenece a una asociación. Los que pertenecen a una asociación están expuestos al intercambio de conocimientos y tienden a adoptar nuevas tecnologías (Awotide, Karimov y Diagne 2016, Ali y Abdulai 2010).

La covariable dicotómica *Parroquia Urbana* informa si un productor pertenece a una parroquia urbana (1) o rural (0). Se considera que un productor que se encuentra en las zonas urbanas tiene mayor acceso a una política, debido al mayor acceso a la información y vinculación al mercado (Larochelle *et al.* 2017, Neil y Lee 2001).

La covariable *edad del agricultor* es continua, por lo que se le aplicó logaritmo natural. Esta covariable debería indicar que los productores más jóvenes están dispuestos a introducir nuevas tecnologías en las fincas (Pan 2014, Mason y Smale 2013).

El número de generaciones dedicadas al cultivo da cuenta de la experiencia del productor. La evidencia empírica indica que los de mayor experiencia tienden a adoptar la semilla mejorada (Saín y Martínez 1999, Awotide, Karimov y Diagne 2016). Para este estudio se diseñaron tres covariables dicotómicas. En la covariable *Primera generación* el valor 1 es dado para los productores que llevan una generación en el cultivo de maíz y 0 para otras. Para la covariable *Segunda generación* el valor 1 se refiere a los productores que llevan dos generaciones en el cultivo de maíz y 0 para otras. Finalmente, la covariable *Más generaciones* se asigna el valor 1 para los productores que llevan más de dos generaciones en el cultivo de maíz y 0 para otras.

La covariable *Fuente de ingresos* indica la especialización del productor (Parvan s.f.). Se trata de una covariable que diferencia el productor que subsiste exclusivamente del cultivo de maíz del que obtiene recurso financiero de otras fuentes además del cultivo de maíz. Por tanto, esta

covariable dicotómica asigna el valor 1 para el agricultor que sólo se dedica al cultivo de maíz y 0 para otros.

Finalmente, el cultivo de maíz duro en el Ecuador se lo puede realizar en las dos temporadas del año: invierno y verano. Las temporadas determinan las productividades del maíz. Según la bibliografía disponible, las productividades de la temporada invernal son mayores que las de verano (Castro 2016a, Castro, 2016b, Monteros y Salvador 2015, Monteros 2015). Para controlar esta variación se crearon las covariables dicotómicas: *Año2015\_Invierno*; *Año2015\_Verano*; *Año2016\_Invierno*; *Año2016\_Verano*.

### 5.2.2. Determinantes de la adopción

Mediante el análisis de estabilidad, detallado en el Anexo 1, se lograron identificar las covariables necesarias para la modelación econométrica con los tratamientos en estudio. Los efectos de las covariables utilizadas se encuentran en la Tabla 4. El análisis de la calidad de ajuste de los modelos utilizados se lo puede realizar mediante las pruebas Wald chi2 y Pseudo R2; los valores resultantes para cada tratamiento evaluado se encuentran en la Tabla 4. Los valores de Wald chi2 son superiores a 10 (128,08 y 84,90) en las modelaciones de los dos tratamientos en estudio; esto da muestra de que cada covariable es independiente y está especificando correctamente a la VR.

**Tabla 4. Determinantes de los tratamientos en estudio KIT y SEMILLA**

	KIT		SEMILLA	
	Coefficiente	Error estándar	Coefficiente	Error estándar
Tamaño finca	0,422 ***	0,08	0,338 ***	0,058
Tipo de siembra	0,302	0,307	0,302	0,225
Mecaniza siembra	-0,151	0,166	-0,087	0,123
Mecaniza cosecha	0,278	0,163	0,338 **	0,13
Pertenece a asociación	0,874 ***	0,145	-0,006	0,118
Parroquia Urbana	0,11	0,135	0,001	0,103
Edad agricultor	-0,687 ***	0,205	-0,496 ***	0,152
Primera generación	--	--	--	--
Segunda generación	0,595 ***	0,174	0,359 ***	0,126
Más generaciones	0,468 **	0,179	0,427 ***	0,129
Fuente de ingresos	0,488 ***	0,153	0,367 ***	0,111
<b>Factores ambientales</b>				
Año2015_Invierno	1,145 ***	0,224	--	--

Año2015_Verano	1,054 ***	0,225	0,512 ***	0,153
Año2016_Invierno	0,623 **	0,242	0,446 ***	0,140
Año2016_Verano	--	--	0,525 ***	0,154
Pseudo R2	0,29		0,10	
Wald chi2	128,08		84,90	

\* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

Las covariables determinantes para la adopción de la semilla híbrida en los dos tratamientos en estudio (*KIT* y *SEMILLA*) fueron: *Tamaño de la finca*, *Fuente de ingresos*, *Pertenece a una asociación*, *Edad del agricultor*, *Segunda generación*, *Más generaciones* y la *Mecaniza cosecha*.

En cuanto al comportamiento de las covariables, se puede mencionar que los agricultores con mayores extensiones de tierra tienen mayores posibilidades de acceder a tecnologías (Uaiene, Arndt y Masters 2009). Este comportamiento nos permite asumir sobre la capacidad financiera del agricultor con mayores extensiones de tierra, pues es posible que tenga mayor facilidad para adquirir los insumos complementarios, sea vía crédito o venta de otros bienes disponibles en la finca. Esta capacidad de operación financiera, que viene de la riqueza, supone una menor aversión al riesgo y, por lo tanto, que sean mejores adoptantes de las nuevas semillas (Foster y Rosenzweig 2014).

En cuanto a la *Fuente de ingresos*, los agricultores con mayor experiencia en la producción de maíz son propensos a adoptar la semilla híbrida. Esto se alinea al resultado obtenido por Mason y Smale (2013), quienes mostraron que la adopción de la semilla está determinada positivamente con la experiencia en la producción de ese cultivo.

La covariable *edad del agricultor* nos indica que los jóvenes están más dispuestos al uso de la semilla híbrida. La evidencia empírica muestra que los agricultores jóvenes utilizan los mecanismos disponibles para financiar mejores insumos y lograr mayores producciones (Ali y Abdulai 2010). Esto conlleva a una mayor vinculación con el mercado y a mejorar las oportunidades en el acceso a la información (Awotide, Karimov y Diagne 2016).

Las covariables de generación - *Primera generación*, *Segunda generación* y *Más generaciones* - nos indican sobre la experiencia del agricultor. Estas también obedecen a la



evidencia disponible, ya que la experiencia en el cultivo hace que se incremente el interés de los productores sobre las nuevas tecnologías (Awotide, Karimov y Diagne 2016).

La covariable *Pertenecer a asociación* fue determinante para el tratamiento *KIT*. En la evidencia empírica esta covariable determina de manera positiva la adopción tecnológica (Ali y Abdulai 2010, Uaiene, Arndt y Masters 2009, Tihamiyu, Akintola, Rahji 2009). Los agricultores que pertenecen a una asociación interaccionan con otros, lo que permite el intercambio de información; en este caso, sobre la subvención tecnológica promocionada por el Gobierno.

Finalmente, la covariable *Mecaniza cosecha* está determinando el tratamiento *SEMILLA*. Los agricultores que mecanizan el cultivo, sobre todo la cosecha, son los que tienen acceso a mayor capital. El signo positivo indica la producción en escala, es decir la reducción de los costes de la producción en grandes extensiones de tierra (Mwangi y Kariuki 2015).

### **5.2.3. Elección de estrategias de emparejamiento y ponderación**

Dentro de las estrategias de emparejamiento, un individuo tratado puede ser evaluado con el individuo de control con el *PS* más similar o se puede emparejar a cada individuo tratado con uno o varios individuos del grupo de control. En este sentido, los algoritmos más utilizados son: pareo por el vecino más cercano (las siglas utilizadas en el idioma inglés suelen ser *NNM* por las palabras *Nearest Neighbour Matching*) y pareo basado en el algoritmo de *Kernel* (las siglas utilizadas en el inglés suelen ser *KBM* por las palabras *Kernel Based Matching*).

El *NNM* consiste en elegir los individuos de los tratados y no tratados que están más cerca en términos de *PS* (Rodríguez 2012, Caliendo y Kopeinig 2005). Aunque no es necesario, el método generalmente se aplica con reemplazo, en el sentido de que una unidad de control puede ser la mejor opción para más de una unidad tratada. Una vez que cada unidad tratada se hace coincidir con una unidad de control, se calcula la diferencia entre el resultado de las unidades tratadas y el resultado de las unidades de control emparejadas (Becker e Ichino 2002, 363). El *ATT* de interés se obtiene entonces promediando estas diferencias. Con este método, todas las unidades tratadas encuentran una coincidencia, provocando que estas sean deficientes porque para algunas unidades tratadas el vecino más cercano puede tener un *PS*

muy diferente. No obstante, contribuiría a la estimación del efecto del tratamiento independientemente de esta diferencia (Becker e Ichino 2002, 361).

El *KBM* calcula el resultado contrafactual para cada individuo tratado, usando los promedios ponderados de observaciones de todos los individuos en el grupo de control y asigna mayor peso a las observaciones más cercanas en términos de *PS*. Este método compara los indicadores de resultado para los participantes del programa con los del control, asignando mayor peso a estos últimos en función de cuan similares son sus probabilidades estimadas a las de los participantes (Handouyahia, Haddad y Eaton 2013). Por lo tanto, el estimador de concordancia proporciona algunas ventajas en términos de menor varianza, ya que utiliza más información que otros algoritmos (Guerzonía y Raiteri 2015, Caliendo y Kopeinig 2005). El *KBM* maximiza la precisión al retener el tamaño de la muestra sin empeorar el sesgo, otorgando mayor peso a las mejores coincidencias (Garrido *et al.* 2014, 10-11). En el presente estudio, debido a que la disponibilidad de observaciones de control es limitada (tabla 4), hace que el algoritmo *KBM* sea la mejor opción; sin embargo, para efectos de medición de sensibilidad también se utilizará el algoritmo *NNM*.

#### **5.2.4. Balance de los *propensity scores* en los grupos de Tratamiento y Comparación**

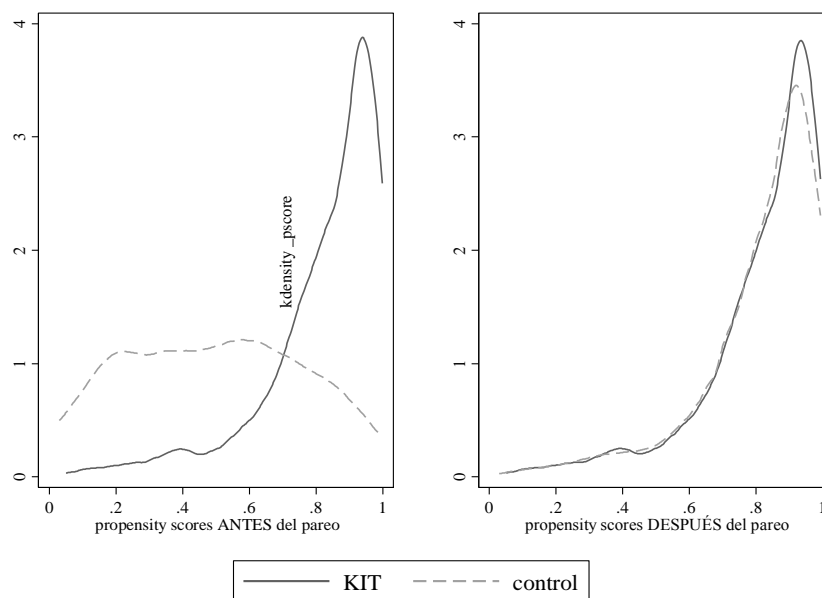
Para que el emparejamiento resulte posible, deben existir unidades en el grupo de comparación y en el grupo de los tratados con los mismos valores de *PS*. Por tanto, debe existir el solapamiento de las distribuciones del *PS* entre los dos grupos. Sin embargo, se darán casos de unidades que no dispongan de contrafactual, lo que implica que la estimación del efecto se realice en la región de soporte común (Rodríguez 2012, 13). Las unidades que no disponen de contrafactual son excluidas del estudio, por lo que sus efectos no son considerados. El análisis del soporte común se lo puede realizar mediante un gráfico (Caliendo y Kopeinig 2005).

La Figura 2 muestra las densidades de los valores de propensión en cada uno de los tratamientos en estudio, antes y después del emparejamiento. Como era de esperar, para cada tratamiento hay diferencias en las distribuciones de densidad. Esas diferencias se corrigen después del procedimiento: los gráficos muestran que la concordancia de los *PS* reduce las disimilitudes en las distribuciones. El alto grado de superposición señala la buena calidad del procedimiento de coincidencia.

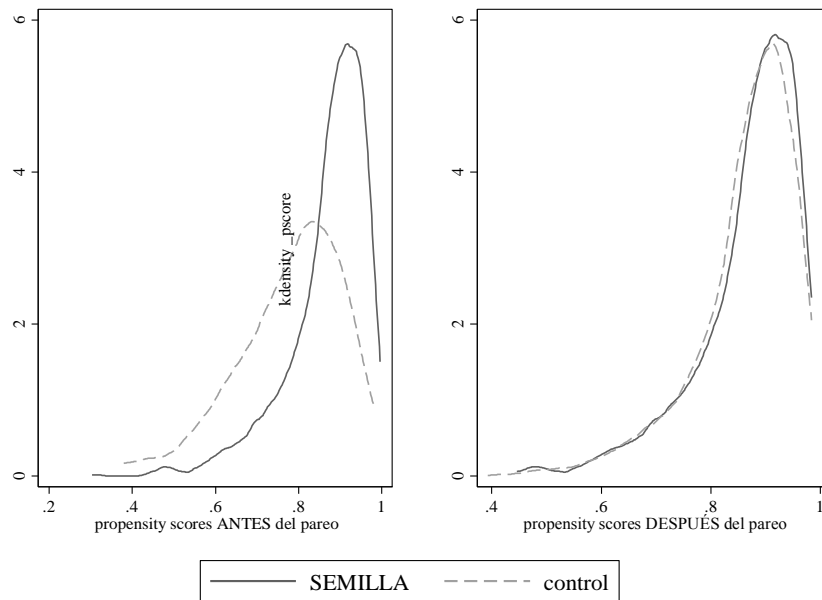
Como se ha dicho, el cumplimiento del soporte común provoca la exclusión de los individuos que no disponen de contrafactual. Cuando la proporción de los individuos dejados fuera de análisis es pequeña, pueden suponerse pocos problemas. Sin embargo, si el número es muy grande, se generan dudas sobre si el efecto estimado es representativo. En ese caso, lo recomendable es inspeccionar las características de las personas descartadas, ya que pueden proporcionar pistas importantes al interpretar los efectos del tratamiento estimado (Caliendo y Kopeinig 2005).

**Figura 2. Evaluación de la superposición de los *propensity scores* antes y después del emparejamiento con el algoritmo KBM: a) tratamiento KIT y b) tratamiento SEMILLA**

a)



b)



KBM=Algoritmo de emparejamiento de Kernel.

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

En el presente estudio, el cumplimiento del soporte común provocó pocas pérdidas de observaciones: 2,6% para el caso del tratamiento *KIT* y 2% para el *SEMILLA* (v. Tabla 5). En la evidencia empírica se han encontrado evaluaciones con pérdidas de alrededor del 8% de las observaciones tratadas (Becerril y Abdulai 2010, Abate *et al.* 2016). Por lo tanto se puede desestimar las pérdidas de información durante la lectura de los resultados (Caliendo y Kopeinig 2005).

**Tabla 5. Número de individuos por tratamiento en estudio, junto con las pérdidas por el soporte común**

Tratamiento	Número de individuos tratados	Número de individuos no tratados (control)	Pérdidas para lograr el soporte común (%)
KIT	443	163	12 (2,6)
SEMILLA	961	163	20 (2,0)

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

### **5.2.5. Equilibrio de las covariables después de igualar o ponderar la muestra con el *propensity score***

Debido a que el objetivo principal de *PSM* es reducir el sesgo de selección incrementando el balance entre los tratados y los controles, es importante comprobar si el procedimiento de emparejamiento fue capaz de equilibrar la distribución de las variables relevantes. Esta prueba de equilibrio se requiere normalmente después del emparejamiento para determinar si las diferencias en las covariables han sido eliminadas (Ali y Abdulai 2010).

No existe un mejor método para evaluar el equilibrio de las covariables y tampoco existe una regla con respecto a cuanto desequilibrio es aceptable luego obtenidos los valores de propensión (Garrido *et al.* 2014). Sin embargo, la literatura explica que las diferencias estandarizadas máximas propuestas para covariables específicas pueden oscilar entre el 10 y 25 por ciento (Garrido *et al.* 2014). En los casos en que la especificación inicial no resulta equilibrada se recomienda: incluir o descartar variables que sean menos importantes según la teoría, recategorizar variables (por ejemplo, convertir una variable continua en categórica o dicotómica), incluir interacciones entre variables, por ejemplo: edad y empleo, sexo y empleo (Garrido *et al.* 2014). Los resultados del balance de las covariables utilizadas con los dos algoritmos utilizados se observan en las tablas 6 y 7. Los valores de sesgo obtenidos, en general, denotan buenos emparejamientos. Los mejores emparejamientos se lograron con el algoritmo de KBM; nótese que las diferencias de las covariables, en los tratados y no tratados, en su mayoría no son significativas.

Tabla 6. Balance de las covariables luego de aplicado los algoritmos de emparejamiento (*NNM* y *KBM*) en el tratamiento *KIT*

	Antes del emparejamiento			Emparejamiento con NNM			Emparejamiento con KBM		
	Control	Tratado		Control	Tratado		Control	Tratado	
Tamaño finca	0,875	1,560	***	1,595	1,530	NS	1,549	1,530	NS
Tipo de siembra	0,938	0,967	NS	0,986	0,966	NS	0,985	0,966	NS
Mecaniza siembra	0,214	0,274	NS	0,347	0,275	**	0,332	0,275	NS
Mecaniza cosecha	0,159	0,303	***	0,207	0,286	**	0,302	0,286	NS
Pertenece a asociación	0,221	0,567	***	0,580	0,555	NS	0,525	0,555	NS
Parroquia Urbana	0,576	0,639	NS	0,573	0,636	NS	0,560	0,636	*
Edad agricultor	3,891	3,805	***	3,786	3,810	NS	3,800	3,810	NS
Primera generación	0,306	0,131	***	0,155	0,135	NS	0,116	0,135	NS
Segunda generación	0,337	0,476	**	0,395	0,471	**	0,425	0,471	NS
Más generaciones	0,355	0,391	NS	0,449	0,392	NS	0,458	0,392	NS
Fuente de ingresos	0,668	0,857	***	0,830	0,853	NS	0,823	0,853	NS
<b>Factores ambientales</b>									
Año2015_Invierno	0,263	0,474	***	0,435	0,460	NS	0,478	0,460	NS
Año2015_Verano	0,190	0,327	***	0,383	0,336	NS	0,339	0,336	NS
Año2016_Invierno	0,319	0,147	***	0,117	0,151	NS	0,122	0,151	NS
Año2016_Verano	0,226	0,050	***	0,063	0,051	NS	0,059	0,051	NS
<b>Rango de sesgo (%)</b>	7 - 83,2			0,22-19			0,28 - 15,7		

Significancia: NS no significativo, \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

**Tabla 7. Balance de las covariables luego de aplicado los algoritmos de emparejamiento (NNM y KBM) en el tratamiento SEMILLA**

	Antes del emparejamiento			NNM			KBM		
	Control	Tratado		Control	Tratado		Control	Tratado	
Tamaño finca	0,875	1,360	***	1,285	1,325	NS	1,247	1,325	NS
Tipo de siembra	0,938	0,964	NS	0,982	0,966	**	0,960	0,966	NS
Mecaniza siembra	0,214	0,252	NS	0,235	0,248	NS	0,217	0,248	NS
Mecaniza cosecha	0,159	0,238	**	0,262	0,228	NS	0,252	0,228	NS
Pertenece a asociación	0,220	0,282	NS	0,277	0,282	NS	0,268	0,282	NS
Parroquia Urbana	0,576	0,637	NS	0,631	0,634	NS	0,609	0,634	NS
Edad agricultor	3,891	3,806	***	3,820	3,812	NS	3,820	3,812	NS
Primera generación	0,306	0,194	***	0,194	0,197	NS	0,193	0,197	NS
Segunda generación	0,337	0,399	NS	0,400	0,392	NS	0,406	0,392	NS
Más generaciones	0,355	0,405	NS	0,404	0,409	NS	0,400	0,409	NS
Fuente de ingresos	0,668	0,807	***	0,792	0,804	NS	0,810	0,804	NS
<b>Factores ambientales</b>									
Año2015_Invierno	0,263	0,152	***	0,138	0,152	NS	0,186	0,152	*
Año2015_Verano	0,190	0,233	NS	0,224	0,232	NS	0,229	0,232	NS
Año2016_Invierno	0,319	0,339	NS	0,380	0,343	NS	0,342	0,343	NS
Año2016_Verano	0,226	0,274	NS	0,255	0,271	NS	0,241	0,271	NS
<b>Rango de sesgo (%)</b>	4,3 - 53,8			0,2 - 8,4			0,2 - 8,6		

Significancia: NS no significativo, \* p<0.05, \*\* p<0.01, \*\*\* p<0.001

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

## Capítulo 6

### Resultados

#### Efecto de la adopción de semillas híbrida por los pequeños productores de maíz duro

En la Tabla 8 se muestran los *ATT* (efecto promedio del tratamiento sobre los tratados en sus siglas en inglés) de los dos tratamientos *KIT* y *SEMILLA*, utilizando los algoritmos de emparejamiento *KBM* y *NNM*. Como se puede observar, los *ATT* estimados con los dos algoritmos de emparejamiento son similares para los dos tratamientos en estudio, razón por la cual, para el análisis de los resultados se utilizarán los efectos conseguidos con el algoritmo *KBM*, esto por lo expuesto en el apartado 5.2.3 del presente documento.

**Tabla 8. Resultados del *ATT* en los tratamientos en estudio, *KIT* y *SEMILLA***

Algoritmo	Tratamiento	Tratado	Control	<i>ATT</i>	Error estándar	Estadístico t
KBM	KIT	1,734	1,461	0,272 ***	0,067	4,07
	SEMILLA	1,671	1,549	0,122 **	0,042	2,88
NNM	KIT	1,734	1,485	0,244 ***	0,08	3,06
	SEMILLA	1,671	1,567	0,105 *	0,054	1,94

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$

*KBM*: Algoritmo de emparejamiento Kernel; *NNM*: Algoritmo de emparejamiento por vecino más cercano.  
Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

A la luz de los resultados obtenidos se deduce que la adopción de la semilla híbrida, en cualquiera de los dos tratamientos *KIT* y *SEMILLA*, tiene efectos positivos y significativos en la productividad por hectárea del maíz duro. Los *ATT* obtenidos para el tratamiento *KIT* y para el tratamiento *SEMILLA* fueron de 0,272 y de 0,122 respectivamente. Por tanto, se acepta la hipótesis que indica que la semilla híbrida afecta el rendimiento de los cultivos de maíz duro de pequeños productores del litoral ecuatoriano.

Además, es importante resaltar que el mayor *ATT* lo obtiene el tratamiento *KIT* (0,272) respecto al tratamiento *SEMILLA* (0,122). Este resultado indica que la semilla híbrida adoptada a través de la subvención, que además de la semilla híbrida incluye tecnologías complementarias (fertilizantes y pesticidas) y la capacitación, tiene mayor efecto sobre la productividad de la tierra que cuando es utilizada por cuenta propia. En consecuencia, se



cumple la hipótesis sobre la diferencia en el rendimiento del cultivo de maíz entre la adopción de semilla híbrida subvencionada por el Gobierno y la adquirida por cuenta propia.

Estos resultados dan muestra de la importancia del buen uso de los fertilizantes y pesticidas para que la semilla híbrida sea más productiva, puesto que la diferencia entre el tratamiento *KIT* y el tratamiento *SEMILLA* estuvo en que los individuos del primero accedieron, además de la semilla híbrida, a fertilizantes y pesticidas, además de la asistencia técnica, mientras que el segundo sugiere que el adoptante obtuvo la información de la semilla híbrida y de sus tecnologías complementarias a través de fuentes que no le permitieron alcanzar la mayor productividad de la semilla híbrida. En consecuencia, el mayor efecto del tratamiento *KIT* pudo verse influenciado por el uso eficiente de las tecnologías complementarias provocado por la intervención de los agentes de cambio, quienes proporcionaron la asistencia sobre el funcionamiento de las nuevas tecnologías.

## **Conclusiones**

En este estudio se plantearon objetivos e hipótesis orientados a entender el efecto de las tecnologías agrícolas adoptadas por los pequeños productores de maíz duro sobre el aumento de su productividad. Los resultados presentados permiten dar cuenta que la adopción de la semilla híbrida, por medio de la subvención y por cuenta propia, tiene efectos positivos en la mejora de la productividad de la tierra frente a los que no adoptan la semilla híbrida, con lo cual se confirma la primera hipótesis del presente estudio.

También se observó que los productores que adoptaron la semilla híbrida subvencionada obtuvieron mejores resultados que los que adoptaron por cuenta propia. Este resultado confirma la segunda hipótesis del estudio, el cual planteaba una diferencia en los efectos entre los dos tipos de adopción.

Los resultados expuestos en esta investigación confirman la importancia de los activos complementarios y la capacitación para garantizar el uso eficiente de las tecnologías. Ya que, la semilla híbrida de maíz presenta mayores productividades cuando se la utiliza junto al fertilizante y al pesticida; no obstante, es preciso el aprendizaje sobre el buen uso de las tecnologías. En consecuencia, los procesos de capacitación, que garanticen la calidad de la información sobre la tecnología, son necesarios para conseguir mejores experiencias en el uso de las nuevas tecnologías.

**Anexos****Análisis de estabilidad de las covariables en los tratamientos de estudio****Tratamiento KIT**

<b>Variable</b>	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>	<b>Modelo 6</b>
Tamaño finca (ln)	0,418*** (0,077)	0,433*** (0,078)	0,422*** (0,080)	0,410*** (0,078)	0,414*** (0,078)	0,414*** (0,077)
Fuente de ingresos	0,508*** (0,150)	0,502*** (0,151)	0,488** (0,153)	0,492** (0,153)	0,486** (0,152)	0,514*** (0,151)
Tipo de siembra	0,333 (0,298)	0,314 (0,299)	0,302 (0,307)	0,320 (0,306)	0,352 (0,303)	0,305 (0,301)
Mecaniza cosecha	0,307* (0,156)	0,326* (0,158)	0,278 (0,163)	0,259 (0,161)	0,242 (0,160)	0,320* (0,158)
Año2015_Invierno	1,239*** (0,217)	1,199*** (0,220)	1,145*** (0,224)	1,176*** (0,222)	1,166*** (0,221)	1,248*** (0,217)
Año2015_Verano	1,076*** (0,221)	1,059*** (0,221)	1,054*** (0,225)	1,067*** (0,224)	1,070*** (0,224)	1,073*** (0,220)
Año2016_Invierno	0,680** (0,231)	0,623** (0,237)	0,623* (0,242)	0,670** (0,237)	0,657** (0,236)	0,693** (0,231)
Pertenece a asociación	0,847*** (0,139)	0,879*** (0,142)	0,874*** (0,145)	0,846*** (0,141)	0,847*** (0,141)	0,849*** (0,139)
Edad agricultor (ln)	- 0,673*** (0,200)	-0,677*** (0,201)	-0,687*** (0,205)	-0,685*** (0,204)	-0,700*** (0,203)	-0,660** (0,201)
Mecaniza siembra	---	-0,177 (0,164)	-0,151 (0,166)	---	---	---
Parroquia Urbana	---	---	0,110	0,105	---	0,0873

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
	---	---	(0,135)	(0,135)	---	(0,132)
Primera generación	---	---	-0,468**	-0,471**	-0,458**	---
	---	---	(0,179)	(0,179)	(0,177)	---
Segunda generación	---	---	0,127	0,134	0,144	---
	---	---	(0,150)	(0,149)	(0,149)	---
Más generaciones	---	---	0	0	0	---
	---	---	(,)	(,)	(,)	---
Constante	0,649	0,727	0,804	0,745	0,838	0,565
	(0,845)	(0,848)	(0,877)	(0,875)	(0,866)	(0,855)
Observaciones	618	618	618	618	618	618
Pseudo R2	0,2737	0,275	0,292	0,291	0,290	0,274
LR chi2	195,20	196,36	208,80	207,97	207,37	195,64
Log likelihood	-258,95	-258,37	-252,15	-252,56	-252,87	-258,74

Error estándar en paréntesis

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

**Tratamiento SEMILLA**

	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>	<b>Modelo 6</b>
Tamaño finca (ln)	0,329*** (0,056)	0,337*** (0,057)	0,338*** (0,057)	0,331*** (0,056)	0,332*** (0,056)	0,329*** (0,056)
Fuente de ingresos	0,383*** (0,110)	0,384*** (0,110)	0,367*** (0,111)	0,367*** (0,111)	0,367*** (0,111)	0,383*** (0,110)
Tipo de siembra	0,354 (0,223)	0,352 (0,223)	0,302 (0,225)	0,304 (0,225)	0,305 (0,223)	0,352 (0,224)
Mecaniza cosecha	0,320* (0,129)	0,328* (0,129)	0,338** (0,130)	0,330* (0,129)	0,330* (0,129)	0,321* (0,129)
Año2015_Invierno	-0,426** (0,146)	-0,443** (0,148)	-0,525*** (0,154)	-0,508*** (0,152)	-0,509*** (0,151)	-0,423** (0,148)
Año2015_Verano	0,022 (0,145)	0,014 (0,145)	-0,012 (0,147)	-0,0073 (0,147)	-0,0072 (0,147)	0,023 (0,145)
Año2016_Invierno	0,025 (0,136)	0,0066 (0,138)	-0,078 (0,145)	-0,060 (0,142)	-0,060 (0,142)	0,027 (0,137)
Pertenece a asociación	0,013 (0,116)	0,020 (0,116)	-0,0062 (0,118)	-0,012 (0,117)	-0,012 (0,117)	0,014 (0,116)
Edad agricultor (ln)	-0,470** (0,150)	-0,467** (0,150)	-0,496** (0,152)	-0,499** (0,152)	-0,499*** (0,151)	-0,468** (0,150)
Mecaniza siembra	---	-0,092 (0,123)	-0,086 (0,123)	---	---	---
Parroquia Urbana	---	---	0,000948 (0,103)	0,00346 (0,102)	---	0,0110 (0,101)
Primera generación	---	---	-0,427*** (0,129)	-0,428*** (0,129)	-0,428*** (0,129)	---

	<b>Modelo 1</b>	<b>Modelo 2</b>	<b>Modelo 3</b>	<b>Modelo 4</b>	<b>Modelo 5</b>	<b>Modelo 6</b>
Segunda generación	---	---	-0,0689 (0,116)	-0,0674 (0,116)	-0,0670 (0,116)	---
Más generaciones	---	---	0 (,)	0 (,)	0 (,)	---
Constante	1,878** (0,633)	1,888** (0,633)	2,242*** (0,659)	2,230*** (0,658)	2,233*** (0,652)	1,868** (0,640)
Observaciones	1144	1144	1144	1144	1144	1144
Pseudo R2	0,088	0,089	0,102	0,101	0,101	0,088
LR chi2	82,97	83,54	95,51	95,02	95,02	82,98
Log likelihood	-426,91	-426,63	-420,64	-420,89	-420,89	-426,91

Error estándar en paréntesis

\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Fuente: Encuesta de la CGSIN de los años 2015 y 2016.

## Lista de referencias

- Abate, Gashaw, Tadesse, Shahidur Rashid, Carlo Borzaga y Kindie Getnet. 2016. "Rural Finance and Agricultural Technology Adoption in Ethiopia: Does the Institutional Design of Lending Organizations Matter?" *World Development* (84): 235-253. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.003>>
- Adesina, A., y M. Zinnah. 1993. "Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: A Tobit model analysis in Sierra Leone". *Agricultural Economics* 9 (4): 297-311. DOI <[https://doi.org/10.1016/0169-5150\(93\)90019-9](https://doi.org/10.1016/0169-5150(93)90019-9)>
- Alcón, Francisco. 2007. "Adopción y difusión de las tecnologías de riego: Aplicación en la agricultura de la región de Murcia". Tesis para el grado de doctor. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Ali, Akhter y Awudu Abdulai. 2010. "The Adoption of Genetically Modified Cotton and Poverty Reduction in Pakistan". *Journal of Agricultural Economics* (61): 175-192. DOI <<https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2009.00227.x>>
- Awotide, Amoke, Aziz Karimov y Aliou Diagne. 2016. "Agricultural technology adoption, commercialization and smallholder rice farmer's welfare in rural Nigeria". *Agricultural and Food Economics* (4): 24p. DOI <<https://doi.org/10.1186/s40100-016-0047-8>>
- Becker, Sascha y Andrea Ichino. 2002. "Estimation of Average Treatment Effects Based on Propensity Scores". *Stata Journal* 2 (4): 358-377. DOI <<https://doi.org/10.1177/1536867X0200200403>>
- Bell, M., y K. Pavitt. 1995. "The Development of Technological Capabilities". En *Trade Technology and International Competitiveness*, editado por I.U. Haque, 69-101. Washington: The World Bank.
- Becerril, Javier y Awudu Abdulai. 2010. The Impact of Improved Maize Varieties on Poverty in Mexico: A Propensity Score-Matching Approach. *World Development* 38 (7): 1024-1035. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.11.017>>
- Boothby, Daniel, Anik Dufour y Jianmin Tang. 2010. "Technology adoption, training and productivity performance". *Research Policy* 39: 650-661. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.02.011>>
- Cáceres, Daniel, Felicitas Silvetti, Gustavo Sotto y Walter Rebolledo. 1997. "La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores". *Agroecología y*

- Ambientes Rurales* (25): 123-135. DOI <<https://doi.org/10.4206/agrosur.1997.v25n2-01>>
- Caliendo, Marco y Sabine Kopeinig. 2005. "Some Practical Guidance for the Implementation of Propensity Score Matching." IZA Discussion Paper No. 1588. DOI <<https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2007.00527.x>>
- Carrillo García, Germán. 2014. *Desarrollo Rural y Cooperativismo Agrario en Ecuador: Trayectorias históricas de los pequeños productores en la economía global*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Disponible en <<http://hdl.handle.net/10201/45840>>
- Castro, Javier, Liliana Rocca, Andoni Ibarra. 2009. "Capacidad de absorción y formas de aprendizaje para la innovación: un modelo conceptual". *Proyética* 1 (1):63 – 76.
- Castro, Marcelo. 2016a. "Rendimientos de maíz duro seco en invierno 2016". Documento de trabajo. Quito, Ecuador: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Castro, Marcelo. 2016b. "Rendimientos de maíz duro seco en verano 2016". Documento de Trabajo. Quito, Ecuador: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información, Coordinación General del Sistema de Información Nacional del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Crespo, Santiago. 2005. "Inventario Tecnológico del Programa de Maíz". Documento de trabajo (no publicado). Quevedo, Ecuador: Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Feder, Gershon, 1982. *Adoption of Interrelated Agricultural Innovations: Complementarity and the Impacts of Risk, Scale, an Credit*. American Agricultural Economics Association, D.C.: World Bank. DOI <[https://doi.org/10.1016/0040-1625\(93\)90053-A](https://doi.org/10.1016/0040-1625(93)90053-A)>
- Feder, Gershon, Dina Umali. 1993. "The Adoption of Agricultural Innovations A review". *Technological Forecasting and Social Change* 43: 215-239.
- Foster, Andrew y Mark Rosenzweig. 2014. "Microeconomics of Technology Adoption". *Annual Review of Statistics and Its Application* (2): 395-424. DOI <<https://doi.org/10.1146/annurev.economics.102308.124433>>
- Garrido, Melissa M., et al. 2014. "Methods for constructing and assessing propensity scores." *Health Services Research*: 1-19. DOI <<https://doi.org/10.1111/1475-6773.12182>>



- Guerzonía, Marco y Emilio Raiteri. 2015. "Demand-side vs. supply-side technology policies: Hidden treatment and new empirical evidence on the policy mix". *Research Policy* (44): 726-747. DOI <<https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.10.009>>
- Handouyahia, A., T. Haddad, and F. Eaton. 2013. "Kernel Matching versus Inverse Probability Weighting: A comparative Study." *Journal of Mathematical and Computational Sciences* (8): 1218-1220.
- Jönsson, Tina, y Mika Radman. 2012. "Economic impact of fertilizers and improved seeds among smallholder farming systems in Central and Western Kenya". Degree thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Economics.
- Lacki, Polan. 2011. *El libro de los pobres rurales. Desarrollo agropecuario: De la independencia al protagonismo del agricultor*. Curitiva: RazonEs de SER.
- Larochelle, Catherine, Jeffrey Alwang, Elli Travis, Victor Hugo Barrera y Juan Manuel Domínguez. 2017. "Did You Really Get the Message? Using Text Reminders to Stimulate Adoption of Agricultural Technologies." *The Journal of Development Studies*: 1-17. DOI <<https://doi.org/10.1080/00220388.2017.1393522>>
- Limongi Andrade, R., F., Alarcón, E. Zambrano, M. Caicedo, P. Villavicencio, J. Eguez, ... J. Zambrano. 2018. "Development of a new maize hybrid for the Ecuadorian lowland". *Agronomía Colombiana* 36 (2): 174-179. DOI <<http://dx.doi.org/10.15446/agron.colomb.v36n2.68782>>
- López, César, Lina Salazar, and Carmine De Salvo. 2017. "Gasto Público, Evaluaciones de Impacto y Productividad Agrícola: Resumen de Evidencias de América Latina y el Caribe". Nota Técnica No. IDB-TN-1242. Banco Interamericano de Desarrollo, División del Medio Ambiente, Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastres.
- \_\_\_\_\_. 2017a. *Proyecto Nacional de Semillas por Agrocadenas Estratégicas*. Quito : Editogram-Medios Públicos EP.
- \_\_\_\_\_. 2017b. *Boletín Situacional: Maíz duro seco 2017*. Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- \_\_\_\_\_. 2019. *Informe de rendimientos objetivos de maíz duro, verano 2018 (julio-diciembre)*. Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Malerba, Franco. 1992. "Learning by Firms and Incremental Technical Change". *The Economic Journal* 102 (413): 845-59. DOI <<https://www.jstor.org/stable/2234581>>

- Mason, Nicole y Melinda Smale. 2013. "Impacts of subsidized hybrid seed on indicators of economic well-being among smallholder maize growers in Zambia". *Agricultural Economics* (44): 659-670. DOI <<https://doi.org/10.1111/agec.12080>>
- Mauceri, María, Jeffrey Alwang, George Norton y Víctor Barrera. 2007. "Effectiveness of integrated pest management dissemination techniques: a case study of potato farmers in Carchi, Ecuador". *Journal of Agricultural and Applied Economics* (39): 765-780. DOI <<https://doi.org/10.1017/S1074070800023403>>
- Mignouna, B., M. Manyong, J. Rusike, S. Mutabazi y M. Sekondo. 2011. "Determinants of Adopting Imazapyr Resistant Maize Technology and its Impact on Household Income in Western Kenya". *AgBioforum* (14): 158-163.
- Monteros, A. 2015. "Rendimientos de maíz duro seco verano 2015". Documento de trabajo. Quito, Ecuador: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Monteros Guerrero, A y Santiago Salvador. 2015. "Rendimientos de maíz duro seco en el Ecuador invierno 2015". Documento de trabajo. Quito, Ecuador: Dirección de Análisis y Procesamiento de la Información. Coordinación General del Sistema de Información Nacional del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
- Mwangi, Margaret y Samuel Kariuki. 2015. "Factors Determining Adoption of New Agricultural Technology by Smallholder Farmers in Developing Countries". *Journal of Economics and Sustainable Development* (6): 208-216.
- Nazziwa-Nviiri, Lydia, Bjorn Van Campenhout, David Amwonya. 2017. "Stimulating Agricultural Technology Adoption Lessons from Fertilizer Use among Ugandan Potato Farmers". Discussion Paper 01608: International Food Policy Research Institute.
- Neil, Sean P. y David R. Lee. 2001. "Explaining the Adoption and Disadoption of Sustainable Agriculture: The Case of Cover Crops in Northern Honduras". *Economic Development and Cultural Change* (49): 793-820. DOI <<https://doi.org/10.1086/452525>>
- Pannell, D., G. Marshall, N. Barr, A. Curtis, F. Vanclay, R. Wilkinson. 2006. "Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders". *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46: 1407-1424. DOI <<https://doi.org/10.1071/EA05037>>

- Pan, Dan. 2014. "The Impact of Agricultural Extension on Farmer Nutrient Management Behavior in Chinese Rice Production: A Household-Level Analysis". *Sustainability*: 6644-6665. DOI <<https://doi.org/10.3390/su6106644>>
- Parvan, Andrei. s/f. "Agricultural Technology Adoption: Issues for consideration When Scaling Up", <http://blogs.cornell.edu/policyreview/2011/07/01/agricultural-technology-adoption-issues-for-consideration-when-scaling-up/>
- Polson, Rudolph A. y Dunstan S. C. Spencer. 1991. "The Technology Adoption Process in Subsistence Agriculture: The Case of Cassava in Southwestern Nigeria". *Agricultural Systems* (36): 65-78. DOI <[https://doi.org/10.1016/0308-521X\(91\)90108-M](https://doi.org/10.1016/0308-521X(91)90108-M)>
- Possas, Mario, Sergio Salles-Filho, José Maria da Silveira. 1996. "An evolutionary approach to technological innovation in agriculture: some preliminary remarks". *Research Policy* (25): 933-945. DOI <[https://doi.org/10.1016/0048-7333\(96\)00884-0](https://doi.org/10.1016/0048-7333(96)00884-0)>
- Rodríguez, Magdalena. 2012. "Técnicas de Evaluación de Impacto: Propensity Score Matching y Aplicaciones Prácticas con Stata". Documento No 2. España: Instituto de Estudios Fiscales.
- Rogers, Everett. 1971. *Diffusion of innovations*. Third Edition, (Free press: New York, NY).
- Rogers, Everett. 2003. *Diffusion of innovations*. Third Edition, (Free press: New York, NY).
- Rosenbaum, Paul y Donald Rubin. 1985. Constructing a Control Group Using Multivariate Matched Sampling Methods That Incorporate the Propensity Score. *The American Statistician* 39 (1): 33-39. DOI: 10.1080/00031305.1985.10479383
- Ruttan, Vernon W. 1996. "What happened to technology adoption diffusion research". *Sociologia Ruralis* 1 (36): 51-73. DOI <<https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.1996.tb00004.x>>
- Sadoulet, Elisabeth. 2017. "Review of Theories of Learning for Adopting". En *Learning for Adopting: Technology Adoption in Developing Country Agriculture*, editado por Alain De Janvry, Karen Macours y Elisabeth Sadoulet, 17-40. Clermont-Ferrand, Francia: Ferdi.
- Saín, Gustavo y Julio Martínez. 1999. *Adoption and Use of Improved Maize by Small-Scale Farmers in Southeast Guatemala*. CIMMYT Economics Paper 99-04, Mexico D.F.: CIMMYT.
- Salles-Filho, Sergio, Pedro Edilson, Jeanne Mendes. 2007. *Conceptos, elementos de políticas y estrategias regionales para el desarrollo de innovaciones institucionales*. San José, CR: IICA, FORAGRO, GFAR.

- Selis, Dardo. 2000. *Espacio tecnológico, población y reproducción social en el sector hortícola de La Plata*. Estudios-Investigaciones;39, La Plata: UNLP. FaHCE, 31-56.
- Shively, Gerald y Jacob Ricker-Gilbert. 2013. "Measuring the Impact of Agricultural Input Subsidies in Sub-Saharan África: Evidence from Malawi's Farm Input Subsidy Program". *Pardue Policy Research Institute (PPRI) Policu Briefs* (1): 1-8.
- Sjakir, Muhammad, Abd Awang, Azima Azima, Mohd Hussain y R. Zaimah. 2015. "Learning and Technology Adoption Impacts on Farmer's Productivity". *Mediterranean Journal of Social Sciences* 6. DOI <<https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n4s3p126>>
- Teece, David. 1986. "Profiting from technological innovation: Implications for integration, collaboration, licensing and public policy". *Research Policy* 15 (6): 285-305. DOI, <[https://doi.org/10.1016/0048-7333\(86\)90027-2](https://doi.org/10.1016/0048-7333(86)90027-2)>
- Teece, David. 1988. *Profiting from technological innovation: implications for integration, collaboration, licensing and public policy*. London: Printer.
- Tepic, M., J. Trienekens, R. Hoste y S. W. Omta. 2012. "The Influence of Networking and Absorptive Capacity on the Innovativeness of Farmers in the Dutch Pork Sector". *International Food and Agribusiness management Review* (15):1-34.
- Todaro, Michael y Stephen Smith. 2012. *Economic Development*. Boston: Addison-Wesley.
- Tiamiyu, S.A., J.O. Akintola y M.A.Y. Rahji. 2009. "Technology Adoption and Productivity Difference among Growers of New Rice for Africa in Savanna Zone of Nigeria". *Tropicultura* (27): 193-197.
- Uaiene, R, C. Arndt, y W. Masters. 2009. "Determinants of Agricultural Technology Adoption in Mozambique". Discussion papers No. 67E. Mozambique: National Directorate of Studies and Policy Analysis y Ministry of Planning and Development.
- Udimal, Thomas, Jincal Zhuang, Mensah Owusu, Caesar Ayamba. 2017. "Factors Influencing the Agricultural Technology Adoption: The Case of Improved Rice Varieties (Nerica) in the Northern Region, Ghana". *Journal of Economics and Sustainable Development* 8 (8): 137-148.