

ESCUELA DE  
NEGOCIOS



# EFECTO DEL VECINDARIO EN LA ADOPCIÓN DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN CHILE

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN ECONOMIA

19 DE DICIEMBRE DE 2022

MATÍAS S. VALENZUELA BOBADILLA

PROFESOR GUIA: PILAR JANO

PROFESORES CORRECTORES: ALEJANDO MONTECINOS, MARIA NIEVES VALDÉS Y  
ANDRÉS SILVA

ACCREDITATIONS



MEMBER OF



## ***Agradecimientos***

*En este espacio quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a todas las personas que me apoyaron durante este largo camino. Gracias a ellas y a un profundo trabajo interior soy el hombre que soy hoy día.*

*En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme la vida y disfrutar del día a día. Soy feliz con lo que me ha dado y me contento con compartir lo que tengo con otros.*

*Agradezco a mi profesora guía, Pilar. Quien en un comienzo me alentó a atreverme a hacer la tesis investigando cosas nuevas y me apoyó en el transcurso de este camino. Y también quiero agradecer a la profesora María por ayudarme en el final del camino. Con la ayuda de ellas y los comentarios de mis profesores revisores Andrés y Alejandro logré terminar con éxito mi proceso. Gracias a todos.*

*Gracias a mi familia por su apoyo incondicional durante todo este tiempo. Con ellos es que he llegado hasta donde estoy hoy en día, han sido la fuente sanadora de mi energía cuando más lo he necesitado. Agradezco en especial a mi madre Macarena, a mi padre Raúl, a mis abuelos maternos Rosa y Dagoberto y a mis abuelos paternos Raúl y Emmy.*

*Agradezco a mi cuidador Juan por apoyarme y enseñarme de la vida, también agradezco a sus padres Mercedes y Juan, por brindarme cariño y apoyo en toda circunstancia.*

*Agradezco a mis amigos, que han sido los hermanos que la vida me ha permitido elegir. Con ellos la vida se hace más divertida. Agradezco a José, Ignacio, Diego, Vicente, Matías, Pablo, Esteban y Giann.*

*Y por último, me agradezco a mí mismo por atreverme a tomar el valor de enfrentarme a mí mismo.*

# Índice

1.	Introducción.....	3
2.	Antecedentes de la agricultura orgánica en Chile .....	5
3.	Revisión de Literatura .....	6
4.	Redes sociales, efectos de aglomeración y vecindario en la agricultura orgánica .....	7
5.	Modelo teórico.....	9
6.	Estrategia empírica .....	11
7.	Datos.....	13
8.	Resultados.....	16
9.	Discusión de resultados .....	18
10.	Conclusiones.....	20
11.	Bibliografía .....	21
12.	Anexos.....	24

# 1. Introducción

En su primer ensayo “*An Essay on the Principle of Population*”, Thomas Malthus (1798) señala que la tasa de crecimiento de la población mundial aumentaba de manera exponencial, mientras que la producción agrícola aumentaba a razón de una progresión aritmética, haciendo inminente el momento en que la capacidad de producir alimentos para toda la población fuese insuficiente. No obstante, tanto las medidas de control sobre la natalidad como los avances tecnológicos aplicados a la agricultura optimizaron el uso de los recursos y sus rendimientos. Solo entre 1961 y 2000 hubo un aumento de un 98,0% de la población mundial, mientras que la producción alimentaria creció en un 146,0% y la producción per cápita de alimentos se incrementó en un 24,0% (FAO, 2016), superando con creces las necesidades alimenticias de la población.

Recursos como el agua y el suelo que antes se consideraban como renovables, hoy están en riesgo de perder esa característica; se estima que cerca de la mitad de la población mundial ya siente experiencias severas de escasez de agua al menos una parte del año (Pörtner y otros, 2022). Además, durante los últimos 60 años, solo en el sector de la agricultura, la tierra cultivable pasó de 0,45 hectáreas a 0,25 hectáreas per cápita y se estima que para el año 2050 la demanda mundial de alimentos se incrementará en al menos un 40,0% comparado al año 2010 (FAO, 2016). Sumado a lo anterior, la erosión del suelo se ha ido acelerando por la acción poco consciente del ser humano, pudiendo llegar a tener consecuencias desastrosas en los siguientes 30 años (FAO, 2019). Estas son señales de que es urgente adoptar tecnologías de producción que sean compatibles con el equilibrio del planeta y su capacidad de regeneración como, por ejemplo: energías renovables no convencionales, la pesca ecológica y la agricultura orgánica.

El presente trabajo se centrará particularmente en el área de la agricultura, siendo el principal propósito evaluar si existe una influencia del vecindario sobre la adopción de la agricultura orgánica en Chile. La Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) define la agricultura orgánica como un “*sistema integral de producción basado en prácticas ecológicas, cuyo objetivo principal es alcanzar una productividad sostenida mediante la conservación y/o recuperación de los recursos naturales*”. Para términos de esta investigación, se entenderá la agricultura orgánica como una tecnología de producción que los agricultores pueden adoptar o no y que en este caso se puede ver influenciada por el vecindario donde se encuentra el agricultor. El efecto del vecindario se entenderá como un conjunto de factores de interacción propios de una zona a la que pertenece un agricultor y que pueden influir en la decisión para adoptar la agricultura orgánica. Factores como los servicios de extensión de conocimiento, las motivaciones personales, el aprendizaje por imitación, el intercambio de información con colegas del rubro, los incentivos por parte de privados, la presión de la comunidad, etc., pueden considerarse dentro de este efecto.

La evidencia empírica a nivel mundial de los últimos años señala que las decisiones de adopción de la agricultura orgánica están relacionadas no solo con las motivaciones intrínsecas de los productores y las características de sus fincas, sino que también con el entorno social y productivo en donde se desarrollan las actividades silvoagropecuarias. Entre las investigaciones podemos encontrar que los agricultores suelen ajustar sus métodos de producción y usos de tecnologías cuando observan que entre sus redes cercanas se obtienen resultados favorables, o bien cuando pertenecen a una zona donde se brinda apoyo financiero y/o técnico (Lohr y Salomonsson 2000; Abdulai y Huffman 2005; Conley y Udry, 2010; Mzoughi, 2011). Por otro lado, la relevancia del vecindario puede deberse a las condiciones técnicas necesarias para producir de manera orgánica, incentivando así la creación de zonas propicias y con mayor participación de este tipo de producción (Parker y Munroe 2007; Schmidtner y otros, 2012). Sin embargo, las complejidad para identificar el efecto del vecindario sobre las decisiones individuales continúa siendo un problema para entender los mecanismos de la adopción de tecnologías agrícolas, tales como la agricultura orgánica.

La principal dificultad que se enfrenta al estudiar el efecto de vecindario es el problema de la reflexión, descrito por Manski (1993). El autor sostiene que la identificación de los efectos de los pares es un proceso matemáticamente endógeno, lo que limita la posibilidad de separar los efectos de la interacción social de los efectos asociados a los atributos de los pares. En el presente trabajo se propone estudiar el efecto del vecindario sobre la decisión de adoptar la agricultura orgánica de los agricultores a través de la cantidad de agricultores orgánicos que participan dentro de la misma comuna. Naturalmente, la variable cantidad de agricultores orgánicos dentro de una zona es una variable potencialmente endógena y dificulta la capacidad de atribuir el efecto de la interacción social entre pares como factor influyente en la toma de decisión productiva. Este problema se aborda mediante el método de la variable instrumental, utilizando como instrumento la superficie de tierra expropiada por comuna durante la Reforma Agraria en Chile.

Para analizar la toma de decisión de un agricultor se utiliza el modelo teórico de elección discreta que considera interacciones sociales desarrollado por Brock y Durlauf (2001). En términos generales, los beneficios esperados que observa un agricultor dependen en cierto grado de un componente social relacionado a la toma de decisiones de otros agricultores. Los resultados iniciales indican que existe un efecto positivo y estadísticamente significativo del vecindario sobre la decisión de adoptar la agricultura orgánica. No obstante, la estimación de los efectos marginales sugiere que con los datos y la metodología empleada no existe evidencia de que el efecto sea relevante. En el siguiente apartado se exponen los antecedentes de la agricultura orgánica en Chile, destacando la importancia del estado de las tierras en la década del 2000 y la necesidad de concientizar al sector silvoagropecuario para una producción sostenible en los años venideros.

## 2. Antecedentes de la agricultura orgánica en Chile

En el XI Congreso de Economistas Agrarios (2006), Chile estaba trazando la hoja de ruta que lo llevaría a convertirse en una potencia agroalimentaria del siglo XXI. El país ya presentaba ventajas comparativas naturales y otras adquiridas frente a sus competidores<sup>1</sup> (Sepúlveda, 1995). Sin embargo, también enfrentaba un grave problema con el principal insumo en la agricultura: la inminente erosión del suelo. En 2010 el Centro de Información de Recursos Naturales de Chile (CIREN) señalaba que la causa de la *erosión acelerada*<sup>2</sup> del suelo nacional en gran medida se produce por la acción y visión cortoplacista del hombre; por buscar mejorar la rentabilidad a través del uso de tecnologías y prácticas silvoagropecuarias inadecuadas con relación a la capacidad de uso de suelo (Flores y otros, 2010).

Una forma efectiva para frenar la erosión acelerada del suelo es que los agricultores aprendan a utilizar técnicas de producción que además de mejorar la calidad del producto busquen cuidar las condiciones naturales del ecosistema. En ese sentido, la agricultura orgánica se presenta como una opción, ya que según su definición el objetivo principal es alcanzar una productividad sostenida en base a la conservación y/o recuperación de los recursos. En ese sentido, el año 2010 a través de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias en Chile (ODEPA) se desarrolla una propuesta de planificación estratégica 2010-2020 para determinar el estado de la agricultura orgánica en el país y establecer los lineamientos para su implementación en el mediano y largo plazo.

Por iniciativa del plan estratégico y a partir del año 2014 se registran cifras de superficie orgánica (en hectáreas) cultivada. Según las estadísticas registradas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), la superficie orgánica cultivada desde el año 2008 hasta el 2018 se tuvo una disminución de la superficie orgánica del 61,4%, generado en gran medida por una caída de las áreas dedicadas a la recolección silvestre. A pesar de esta disminución en superficie, las exportaciones de productos orgánicos aumentaron progresivamente hacia el año 2018 llegando a las 84.737 toneladas el año 2018, un 10,0% más que el total exportado el año 2017 (Eguillor, 2020).

Por otra parte, en cuanto a los productores certificados como orgánicos, se tiene que a fecha de septiembre de 2019 existen 19 Organizaciones de Agricultores Ecológicos con auto certificación (Eguillor, 2020). Sin embargo, según el registro de agricultores orgánicos, no hay claridad sobre la cantidad de estos agricultores. El mejor instrumento que se tiene es el Censo Nacional Agropecuario y Forestal del año 2007, que contabiliza cuántos agricultores utilizan la agricultura orgánica como tecnología de producción en sus predios. En total el año 2007-2008 se registraron 254 productores a nivel nacional que dijeron utilizar la agricultura orgánica como tecnología de manejo de cultivo<sup>3</sup>. A continuación, se revisan algunos trabajos de distintas regiones del mundo sobre la adopción de la agricultura orgánica y se profundiza en la línea investigativa de las redes sociales y el efecto del vecindario en la decisión de adopción tecnológica.

---

<sup>1</sup> Sepúlveda habla de cuatro ventajas comparativas naturales: i) clima generalmente óptimo; ii) excelentes condiciones fitosanitarias, tanto productivas como institucionales; iii) excelentes ventajas de localización, por la cercanía de sus cultivos a los puertos; y iv) mayor disponibilidad relativa de mano de obra de bajo costo. Las ventajas adquiridas se apoyan en el diseño de un sistema de producción maximizador de rendimientos y semintensivo en el uso de mano de obra calificada; menos sustentado en la generación tecnológica.

<sup>2</sup> Proceso de degradación del suelo acelerado, que es causado por la acción del hombre donde se genera una remoción de suelo al destruir la vegetación natural que le protege de la acción de las aguas lluvia.

<sup>3</sup> Se anexa imagen de la pregunta realizada en la Cédula Censal del Censo Agropecuario de Chile 2007. Anexo N°4. Para más información consultar en <https://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/CedulaCenso2007.pdf>

### 3. Revisión de Literatura

Las cuestiones de la adopción de tecnología se encuentran en el centro de las preocupaciones de los economistas sobre el crecimiento económico y la reducción de la pobreza, porque los avances en el bienestar humano dependen del aumento de la productividad de las existencias de tierra, trabajo y capital (Moser y Barrett, 2006). En ese sentido, el cambio tecnológico ha sido un factor importante en la configuración de la agricultura durante los últimos 100 años (Sunding y Zilberman, 2001), donde el progreso técnico (ej. mejoras significativas en la productividad de la tierra y la mano de obra) contribuyó a la mayor parte del aumento de la producción agrícola (Chavas, 2001).

Foster y Rosenzweig (2010) definen *tecnología* como la relación entre insumos y productos. Señalan que lo importante para que un agente adopte una nueva tecnología es la *ganancia neta*, incluyendo todos los costos de uso de esta; Los autores identifican dos formas: para aquellas tecnologías utilizadas por entidades maximizadoras de beneficios, consideran que comparar la rentabilidad de utilizar la tecnología versus la rentabilidad de no utilizarla es el ejercicio clave. Mientras que, para aquellas tecnologías que mejoran la utilidad de los agentes (ej. la salud), la medición de los retornos es menos sencilla. Las personas eligen utilizar una tecnología basándose en su propia medición de bienestar, que no es fácil de medir. En concreto, si llevamos tal idea al plano de la agricultura orgánica, esta representaría una tecnología que involucra ambos tipos de ganancias: por un lado, las ganancias (o pérdidas) físicas son fácilmente medibles, como por ejemplo el rendimiento de un cultivo al utilizar un determinado fertilizante, sin embargo, la ganancia (pérdida) del proceso a partir de la utilidad personal y/o social es más complejo de valorar, como por ejemplo, cuánto beneficio reporta para un individuo contribuir a cuidar el planeta.

La agricultura ha sido por excelencia una fuente de información para cuantificar los beneficios o contras a nivel agregado del uso de una nueva tecnología debido a la relativa facilidad con que se pueden medir y comparar los rendimientos ex-post. No obstante, las razones del proceso de adopción y de difusión de una tecnología puede ser algo más complejo de determinar. Esto mismo aplica a la adopción de la agricultura orgánica y así se evidencia en la vasta literatura que existe al respecto. Las investigaciones que han seguido la línea de identificar los determinantes de la adopción de la agricultura orgánica a menudo se centran en las variables y motivaciones que afectan la toma de decisión individual del productor, como también en encontrar las razones de por qué su expansión continúa siendo un proceso lento.

Entre estas razones se encuentran las restricciones financieras que enfrentan los agricultores (Pietola y Lansink, 2001; Acs, Berensten y Huirne, 2007), la disponibilidad de conocimiento y de fuentes informativas (Duram, 1999; Genius, Pantzios y Tzouvelekas, 2006; Kallas, Serra y Gil, 2010) y las percepciones individuales de los productores, la estructura de la finca y el entorno institucional (Fairweather, 1999; Fuglie y Kascak, 2001; Padel, 2001; Kerselaers, De Cock, Lauers y Huylenbroeck, 2007). Estos trabajos abordan la adopción de la agricultura orgánica desde una perspectiva similar a la planteada por Foster y Rosenzweig (2010), es decir, de empresa (maximización de beneficios en base a la inversión), o desde las decisiones de beneficio personal (motivaciones intrínsecas). Sin embargo, a pesar de la cantidad de investigación encontrada sobre las restricciones financieras e informacionales y las motivaciones individuales para adoptar la agricultura orgánica, la adopción de este tipo de tecnologías muestra requerir ciertos elementos del espacio donde se practica. Una de las grandes dificultades para adoptar la agricultura orgánica es que el control del espacio productivo dependerá tanto de las prácticas individuales como del entorno donde se llevan a cabo.

## **4. Redes sociales, efectos de aglomeración y vecindario en la agricultura orgánica**

La literatura de las últimas dos décadas ha seguido dos enfoques complementarios sobre la dimensión de relaciones sociales y su influencia en la expansión de tecnologías agrícolas sobre una determinada región. Por un lado, se tienen las investigaciones que se han centrado en los patrones espaciales de la adopción tecnológica (Parker y Munroe, 2006; Schmidtnr y otros, 2011; Wollni y Andersson, 2014; Boncinelli y otros, 2015; Läßle y Kelley, 2015); que, en resumidas cuentas, se caracterizan por utilizar técnicas de econometría espacial para detectar patrones de aglomeración geográfica en la difusión de una tecnología, y relacionar la dependencia espacial entre zonas. Sin embargo, Lewis, Barham y Robinson (2011) plantean que los estudios de diseminaciones espaciales enfrentan restricciones debido a que algunas regiones pueden presentar ventajas naturales de ubicación respecto a otras regiones, lo que implicaría que una concentración geográfica no necesariamente conduce a un efecto de diseminación espacial dentro de un determinado espacio.

Por otro lado, se tienen los trabajos que se enfocan en el rol del aprendizaje y las redes sociales en la adopción y difusión de una tecnología (Foster y Rosenzweig, 1995; Moser y Barret, 2006; Munshi, 2004; Bandiera y Rasul, 2006; Conley y Udry, 2010; Amadu, 2014; Krishnan y Patnam, 2014), que se centran en utilizar técnicas econométricas para identificar y separar los efectos de los pares sobre la decisión de un agricultor que adopta una nueva tecnología. La presente investigación aborda la adopción y difusión de la agricultura orgánica desde esta perspectiva, buscando determinar si el vecindario al cual pertenece un agricultor puede estar influyendo en las decisiones de este mismo a partir de un efecto de interacción social.

Conley y Udry (2010) investigan el rol del aprendizaje social en la adopción y difusión de una nueva tecnología agrícola en Ghana. Durante los años 90' se estaba dando una transición de los cultivos de maíz y yuca a la producción de cultivos de piña. Esto implicaba la adopción de nuevos métodos de producción, los cuales se dieron en distintos periodos de tiempo por parte de los agricultores. Los diferentes momentos en el que las personas adoptaban la nueva tecnología (en particular fertilizantes y químicos) permitió a los investigadores preguntarse si existía un efecto de difusión de ésta a través de las redes de contacto que mantenían los agricultores. Los resultados sostienen que existen efectos fuertes del aprendizaje social que tienen los agricultores a partir de sus redes de contacto y el uso de innovaciones tecnológicas de insumos. Este resultado es importante cuando se habla de efectos de vecindario, ya que el aprendizaje de los agricultores a partir de la experiencia de otros evidencia un mecanismo mediante el cual se difunde el conocimiento. Sin embargo, el tamaño de las redes sociales en las que participa un agricultor podría tener efectos ambiguos en la decisión de adoptar o no una nueva tecnología.

Bandiera y Rasul (2006) dan cuenta de que los estudios sobre adopción tecnológica, en general, se enfocan en el rol del aprendizaje social después de que la nueva tecnología se ha adoptado, pero no de lo que sucede antes. Estos investigadores analizan si es que el aprendizaje social conduce a que las decisiones iniciales de adopción estén correlacionadas con las redes sociales. Los autores encuentran que las decisiones de adopción se comportan como una curva de U invertida respecto del tamaño de la red social de adoptantes, en otras palabras, que los efectos del vecindario son positivos cuando el número de adoptantes dentro de una red es pequeño, mientras que el efecto se torna negativo cuando el tamaño de estos adoptantes dentro de la red aumenta. Desde esta perspectiva, y considerando la heterogeneidad de tamaños de redes de agricultores orgánicos por comuna en Chile, se abre la posibilidad de que se pueda obtener un efecto de vecindario tanto positivo como uno negativo.

Por otro lado, Bandiera y Rasul encuentran que las decisiones de adopción de un agricultor con mejor información sobre nuevos cultivos (tecnologías) son menos sensibles a las decisiones de adopción de otros agricultores. En este aspecto, Genius, Pantzios y Tzouvelekas (2006) sugieren que las decisiones de adopción de una nueva tecnología deben estudiarse de manera conjunta con la decisión de adquirir información. A través de un modelo probit y utilizando una base de datos de corte transversal sobre los agricultores de Creta observan que aquellos agricultores que están más educados leen más boletines técnicos y folletos de innovación que sus pares menos educados. A nivel del presente trabajo se aborda esta parte desde un punto de vista informativo, donde agricultores mejores informados o bien con mejor y mayor acceso a información (ej. fuentes digitales, revistas técnicas) pueden estar más preparados para la adopción de nuevas tecnologías y por lo tanto decidan adoptarlas cuando observan posibles beneficios netos positivos.

En otro aspecto, la influencia que puedan tener ciertas instituciones en la difusión de una nueva tecnología o cultivo dentro de una zona también puede verse contenida dentro del efecto del vecindario. Moser y Barret (2006) analizan las tasas de adopción de nuevas tecnologías prometedoras para la producción de arroz en Madagascar. Los autores encuentran que los efectos de aprendizaje, tanto el proveniente de los servicios de agencia como el proveniente de otros agricultores, ejercen un efecto significativo sobre la decisión de adopción. Esto se relaciona con el efecto del vecindario, donde un agricultor que está inmerso en una determinada zona puede verse afectado en su decisión de adoptar una nueva tecnología si es que se ve alentado por servicios de agencia o por los resultados de otros agricultores con quienes tenga relación. Además, Moser y Barret encuentran que la educación de los agricultores, la liquidez y la disponibilidad de trabajo dentro de un área importan para motivar al agricultor a probar algo nuevo en tecnologías que son intensivas en mano de obra. Este resultado es importante si consideramos que la agricultura orgánica, debido a sus estándares productivos, es una tecnología que requiere de mayor uso de mano de obra.

## 5. Modelo teórico

Se considera el modelo teórico desarrollado por Brock y Durlauf (2001) para analizar numerosos tratamientos teóricos de las *interacciones sociales*, el cual se adapta al contexto de esta investigación. Por interacciones sociales se entenderá como la idea de que la utilidad percibida por un individuo depende directamente de las elecciones de las demás personas en el grupo de referencia de ese individuo. En tal caso, por ejemplo, una persona que realiza una acción  $A$ , percibirá una mayor utilidad si otras personas de su mismo grupo de referencia se comportan de forma similar eligiendo también  $A$ . De esta manera, la presencia de interacciones sociales provocará una tendencia a la aprobación del comportamiento entre los miembros de tal grupo de referencia.

El modelo original considera una población de  $I$  individuos que deben elegir una acción binaria en algún momento común. Para efectos de este trabajo, se considera a una población  $P$  de productores agrícolas donde en un momento determinado cada uno enfrenta la decisión de si adoptar una nueva tecnología o no (en este caso la agricultura orgánica). Las elecciones se denotan por  $w_p$ , que puede tomar valores de  $\{-1, 1\}$ . Cada productor realiza su elección para maximizar una función de pago  $V$ . Se asume que esta función de pago depende de las características individuales del productor. Se supone además que estas características se dividen entre un vector  $Z_p$  de observables y un par de shocks aleatorios no observables  $\epsilon_p(1)$  y  $\epsilon_p(-1)$ . Este vector de observables incluye elementos propios de la persona (edad, sexo, educación) y de la explotación que trabaja (superficie del predio, fuentes digitales). Los shocks  $\epsilon_p(1)$  y  $\epsilon_p(-1)$  son distintos, ya que distintos tipos de efectos no observables son relevantes para solo una cierta opción de tecnología de producción. Por ejemplo, para la opción de adoptar la agricultura orgánica,  $\epsilon_i(1)$  puede referirse a un shock que mide la caída en los rendimientos futuros de la producción (ej. plaga de pulgones descontrolada) y, por lo tanto, solo es relevante si el agricultor utiliza la agricultura orgánica. El modelo que representa la elección individual es de la forma:

$$\max_{w_p \in \{-1, 1\}} V(w_p, Z_p, \epsilon_p(w_p)) \quad (1)$$

Aquí se asume que la variable inobservable son valores extremos e independientemente distribuidos tanto dentro de cada individuo como entre individuos (Brock y Durlauf, 2001). Esto implica que, para un determinado individuo, la diferencia entre sus componentes inobservables se distribuye logísticamente como:

$$\mu(\epsilon_p(-1) - \epsilon_p(1) \leq z) = \frac{1}{1 + \exp(-\beta_p z)}; \quad \beta_p \geq 0 \quad (2)$$

Se utiliza  $\mu(\cdot)$  para denotar medidas de probabilidad. El subíndice  $p$  es utilizado aquí y en el resto de las ecuaciones para capturar la dependencia en  $Z_p$ .

El enfoque de las interacciones para la elección binaria se basa en este mismo modelo, utilizando una medida del comportamiento esperado de los demás productores que es considerada por cada productor en particular. Algebraicamente, cada elección es descrita por:

$$\max_{w_p \in \{-1, 1\}} V(w_p, Z_p, \mu_p^e(w_{-p}), \epsilon_p(w_p)) \quad (3)$$

Donde  $w_{-p} = (w_1, \dots, w_{p-1}, w_{p+1}, \dots, w_P)$  es el vector de elecciones de los demás productores distintos a  $p$ , y  $\mu_p^e(w_{-p})$  denota la creencia individual sobre las elecciones de los demás productores.

Finalmente, se afirma que la función de pagos  $V$  puede descomponerse en tres términos:

$$V(w_p, Z_p, \mu_p^e(w_{-p}), \epsilon_p(w_p)) = u(w_p, Z_p) + S(w_p, Z_p, \mu_p^e(w_{-p})) + \epsilon_p(w_p) \quad (4)$$

Aquí  $u(w_p, Z_p)$  representa la utilidad privada del productor  $p$ ,  $S(w_p, Z_p, \mu_p^e(w_{-p}))$  representa la utilidad social considerada por el productor, y  $\epsilon_p(w_p)$  representa el término de utilidad aleatoria. De esta manera, queda planteado que el productor considera dentro de su función de beneficios las decisiones de otros productores, haciendo un símil a lo que sería un efecto del vecindario en la utilidad misma del productor.

En el caso de esta investigación, un agricultor decide adoptar la agricultura orgánica si y solo si se cumple que:

$$E[V_O(w_p, Z_p, \mu_p^e(w_{-p}), \epsilon_p(w_p))] - E[V_C(w_p, Z_p, \mu_p^e(w_{-p}), \epsilon_p(w_p))] > 0 \quad (5)$$

De esta forma, el pago esperado de adoptar la agricultura orgánica ( $V_O$ ) debería ser mayor al pago esperado de no adoptar y producir de forma convencional ( $V_C$ ). Como se puede apreciar, esta diferencia no solo depende de la componente individual, sino también de la decisión de otros agricultores dentro del vecindario.

## 6. Estrategia empírica

En este trabajo el efecto de la comuna sobre la decisión de adopción de la agricultura orgánica de un productor se explica a través del número de adoptantes dentro de la misma comuna, haciendo un símil a un efecto del vecindario. Esto quiere decir que para un productor  $i$ , la cantidad de agricultores orgánicos dentro de la comuna  $k$  es el efecto de interés. El siguiente modelo representa la idea general de que un productor recibe una ganancia  $y_{ik}^*$  no observada por adoptar la agricultura orgánica:

$$y_{ik}^* = \beta Z_i + \beta_1 S_i + \gamma N_k + u_{ik} \quad (6)$$

Donde  $Z_i$  es un vector de características individuales de los productores,  $S_i$  es la superficie de la explotación controlada por el productor,  $N_k$  es el número de agricultores orgánicos que pertenecen a la misma comuna del productor y  $u_{ik}$  es el término de error. Dado que no se observa  $y_{ik}^*$ , sólo cuando el productor utiliza la agricultura orgánica en su explotación, se tiene que:

$$y_i = 1 \quad \text{si } y_i^* > 0 \quad (\text{el productor adopta la agricultura orgánica})$$

$$y_i = 0 \quad \text{si } y_i^* \leq 0 \quad (\text{el productor no adopta la agricultura orgánica}).$$

En un modelo econométrico con variables de interacciones sociales, la identificación del efecto vecindario sobre la decisión de un agricultor para adoptar la agricultura orgánica es un proceso complejo. Se genera un problema al intentar inferir si la decisión de un agricultor es afectada por el comportamiento promedio de quienes adoptan la agricultura orgánica. La endogeneidad en la decisión de adopción de los agricultores como resultado de la simultaneidad en las interacciones entre estos a menudo crea dificultades en la identificación de los efectos de pares. Este es el problema de la reflexión, estudiado inicialmente por Manski (1993). En otras palabras, la variable del número de agricultores orgánicos está determinada conjuntamente con la decisión de adoptar el manejo orgánico. Sumado a esto, ocurre que la decisión propia de un agricultor para optar por utilizar un cierto tipo de tecnología también puede generar que exista endogeneidad debido a otros factores no considerados y que posiblemente se encuentren contenidos en el término de error.

En el caso de esta investigación, se hablará de efectos de vecindario aludiendo a un contexto más amplio que los pares. Por efecto de vecindario se entenderá como un conjunto de factores de interacción propios de una zona a la que pertenece un agricultor y que pueden incidir en su decisión de adoptar la agricultura orgánica. Factores como los servicios de extensión de conocimiento agrícola, motivaciones personales, aprendizaje por imitación, intercambio de información con sus colegas, incentivos por parte de privados, presión de la comunidad y otros, pueden agruparse dentro de este efecto. No obstante, la decisión personal de un agricultor de adoptar la agricultura orgánica abre la posibilidad de que el número de adoptantes dentro de una determinada zona sea una fuente de endogeneidad potencialmente alta debido a lo explicado anteriormente; en otros términos,  $cov(N_k, u_{ik}) \neq 0$ . Para solucionar este problema, se instrumentaliza la variable  $N_k$  utilizando la superficie expropiada por comuna  $E_k$  durante la reforma agraria como instrumento. Esto requiere que se satisfagan dos condiciones:

1.  $Cov(E_k, u_{ik}) = 0$ , que la expropiación de la reforma agraria sea exógena a la ecuación (6) y
2.  $Cov(E_k, N_k) \neq 0$ , que la expropiación de la reforma agraria se relacione a la cantidad de agricultores orgánicos en una comuna.

Cumpléndose ambas condiciones, el modelo queda representado por las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ecuación principal:} \quad y_{ik} = \beta_0 Z_i + \beta_1 S_i + \gamma N_k + u_{ik} \quad (7)$$

$$\text{Instrumento:} \quad N_k = \delta_0 E_k + \delta Z_i + \delta_1 S_i + v_k \quad (8)$$

La elección del instrumento es razonable por dos razones: primero, la reforma agraria fue un proyecto llevado a cabo durante los años 1962 y 1973, que tenía por objetivo aumentar la productividad de la tierra a través del fraccionamiento de grandes propiedades para su posterior repartición. Sin embargo, desde 1971, comenzaron expropiaciones a terrenos que incluso eran menores a 80 HBR<sup>4</sup> (Cuesta y otros, 2017), por lo que finalmente fue un proceso que afectó de manera transversal al sector agrario en Chile. En segundo lugar, la posterior “contrarreforma parcial” que se dio después del año 1973 implicó que muchos de los terrenos expropiados durante la reforma no fueran devueltos a sus dueños originales, sino más bien fueron entregados a muchos nuevos propietarios. Esto último abriría espacio para que cada agricultor como dueño particular pudiera llevar a cabo su propio proyecto de vida, generándose una mayor apertura a la innovación en el uso de tecnologías para la agricultura, ganadería o silvicultura. Además, el hecho de que más agricultores compartan dentro de un mismo espacio es muy probable que aumente la interacción social entre estos, facilitando así la utilización y diseminación de nuevas técnicas para trabajar la tierra, el bosque o con los animales.

---

<sup>4</sup> HBR: Hectáreas de Riego Básico. Es una unidad de medida de tierra en base al rendimiento potencial de esta, donde se considera el acceso al agua, calidad de suelo, pendiente, etc.

## 7. Datos

Para la determinación de la existencia de un efecto de vecindario es necesario definir primero el espacio al cual se acotará la zona de influencia y luego contrastarlo con la información disponible. El ideal es contar con respuestas individualizadas y georreferenciadas. Sin embargo, las estadísticas para la agricultura orgánica manejadas por el Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (SAG) solo se presentan a nivel regional.

Por otro lado, el Censo Agropecuario y Forestal 2007 de Chile cuenta con respuestas individuales sobre el uso o no de la agricultura orgánica como tecnología de producción y además permite formar agrupaciones de productores por zonas geográficas. Este instrumento de medición considera diversas variables que permiten describir tanto a los productores como a sus explotaciones controladas, por ejemplo, características individuales del individuo (edad, sexo, educación, etc.), características de la finca (hectáreas, cultivos, estructuras, etc.) y otras como el uso de tecnología (fertiirrigación, control biológico de plagas, agricultura orgánica, etc.). El nivel mínimo al cual se pueden agrupar a las personas en el censo agropecuario es a nivel comunal, por lo que el tratamiento del efecto de vecindario se contempla en este nivel geográfico. En la comuna se involucran las posibles redes de interacción entre agricultores pertenecientes a esta misma, como también con(entre) otros actores (municipalidades, servicios de extensión agrícola, empresas privadas).

El censo contiene 301.376 observaciones de *explotaciones agropecuarias* distribuidas a lo largo de 331 comunas a nivel nacional<sup>5</sup>. De estas, solo 107 explotaciones no fueron consideradas de primera mano debido a que no son utilizadas directamente para la actividad agropecuaria y/o forestal; estas pertenecen a reservas naturales y parques nacionales. La estadística descriptiva de las variables utilizadas se puede ver más abajo en la parte I de la Tabla 1. En orden, se tiene que el uso de la agricultura orgánica como metodología de producción es la variable dependiente, seguido de algunas características propias del agricultor como el sexo, la edad y los años de educación alcanzada; también, si el agricultor utiliza fuentes digitales. Se presenta además el número de agricultores orgánicos que pertenecen a la misma comuna, el tamaño del predio trabajado por el agricultor y la cantidad de superficie expropiada durante la reforma agraria. Un total de 2.074 explotaciones reportaron el uso de la agricultura orgánica como tecnología de producción, las que representan el 0,69% del total de productores silvoagropecuarios censados. Estos se concentran en las regiones de mayor actividad agrícola y su distribución comunal es a simple vista heterogénea a lo largo del país<sup>6</sup>.

En cuanto a los datos para construir la variable instrumental, se utilizó la base de datos sobre la Reforma Agraria en Chile construida por Cuesta y otros autores (2017). Esta base reúne a nivel comunal el total de las hectáreas físicas que entraron a proceso de expropiación y el resultado final del proceso entre los años 1965 y 1975. La información proviene de 5.687 archivos que registran los predios agrícolas participantes del proceso, que en otro aspecto, algunos sufrieron cambios en cuanto a la comuna donde pertenecían debido a modificaciones limítrofes vía decretos de ley realizados en los años posteriores a la reforma. Esto hizo que los autores consideren “unidades geográficas” que representaran a varias comunas con características similares, siempre que mantuvieran la condición de que sus límites no varíen durante el tiempo del estudio (1955 -2007).

---

<sup>5</sup> Una explotación agropecuaria se define como todo terreno que se utiliza total o parcialmente en actividades agrícolas, ganaderas o forestales por un productor(a), sin consideración de tenencia o tamaño. Puede involucrar más de un predio, juntos o separados, pero que se encuentren ubicados dentro de la misma comuna y siempre que en su conjunto formen la misma unidad territorial. Definición del VII Censo Agropecuario y Forestal, Chile 2007.

<sup>6</sup> Para una mejor visualización, en el Anexo I, se presenta un mapa coroplético de la Región de Coquimbo hasta la Región de los Lagos.

En la investigación presente, para evitar interpretaciones erróneas, se utilizan solo aquellas comunas que no hubiesen presentado variaciones de sus límites geográficos y que como unidad geográfica se mantuviera constante en el tiempo, lo que resultó en que 228 comunas de un total de 331 que aparecen en el censo agropecuario de 2007 cumplieran con los requisitos. La estadística descriptiva en la parte II de la Tabla 1 muestra que el porcentaje de agricultores que utiliza la agricultura orgánica varía de 0,69% a 0,72% cuando se consideran solo las comunas seleccionadas. Se presentan algunas diferencias estadísticamente significativas en las variables sexo, edad, años de educación, uso de fuentes digitales, N° de agricultores orgánicos por comuna y superficie del predio<sup>7</sup>. Finalmente, la información que se extrajo del trabajo de Cuesta y otros (2017) fueron las hectáreas físicas por comuna que entraron al proceso de expropiación durante el tiempo de la reforma agraria y que coincidieran con las delimitaciones comunales actuales<sup>8</sup>.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de las variables de estudio.

<b>I. Solo Censo: explotaciones agropecuarias y forestales</b>						
<b>VARIABLES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Agricultura Orgánica (orgánico=1)	301.269	0,007		0,083		
Sexo (hombre =1)	268.787	0,70		0,46		
Edad (años)	265.553	57,38	58	14,62	18	105
Educación (años formales alcanzados)	265.622	6,63	4	4,33	0	17
Fuentes Digitales (utiliza=1)	301.269	0,073		0,259		
N° Agricultores Orgánicos en la comuna	301.269	9,72	4	21,78	0	251
Total superficie del predio (HF*)	301.269	120,95	6.9	3.170,34	0	811.259,40
<b>II. Censo y Reforma Agraria: explotaciones agropecuarias y forestales</b>						
<b>VARIABLES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Agricultura Orgánica (orgánico=1 en %)	238.642	0,72		0,08		
Sexo (hombre =1 en %)	211.622	70,45		0,46		
Edad	208.902	57,53	58	14,54	18	105
Educación	208.989	6,74	4	4,39	0	17
Fuentes Digitales (utiliza=1 en %)	238.642	7,88		0,27		
N° Agricultores Orgánicos en la comuna	238.642	10,66	4	23,72	0	251
Total superficie del predio (HF)	238.642	114,37	6.8	2.826,75	0	811.259,4
Superficie expropiada en Reforma Agraria (HF)	238.642	41.556,59	22.708,61	54.263,92	3,35	449.000

Fuente: Elaboración propia en base al Censo Agropecuario 2007 y la base de datos de Cuesta y otros (2017).

\*HF: Hectáreas Físicas.

<sup>7</sup> En el Anexo 6 se pueden ver la tabla de comparación de medias para las variables de interés.

<sup>8</sup> Cuesta y otros (2017) formaron 271 zonas geográficas, dentro de las cuales se incluyen la mayoría de las comunas que componen la división político-administrativa 2019 de Chile utilizada en este trabajo. Se revisó zona por zona y comuna por comuna para ver cuáles habían conservado su estructura territorial desde el proceso de la reforma agraria hasta el censo agropecuario 2007. El cruce final entre ambas bases de datos resultó en 228 comunas que se consideran como “territorios constantes” en el tiempo.

Si bien el total de observaciones sin considerar los parques y reservas nacionales son 301.269, se deben notar dos cosas: 1) variables como edad, sexo y educación poseen menos observaciones que el total de explotaciones debido a que algunas explotaciones fueron registradas como persona jurídica, es decir una empresa, y por lo tanto no posee sexo, edad, educación, etc.; y 2) al utilizar la variable instrumental se debió acotar el estudio de acuerdo con lo expuesto anteriormente, lo que resultó en una merma de observaciones. Sin embargo, a pesar de que se cuenta con menos registros, si se observan las estadísticas descriptivas de la tabla 1 es posible apreciar que no hay una diferencia sustantiva al comparar entre estadísticas de las variables; con excepción de la superficie total del predio<sup>9</sup>.

En la Tabla 2 se resumen abreviadamente las estadísticas según si el productor utiliza la agricultura orgánica o no la utiliza. Se puede ver que aquellos agricultores que utilizan la agricultura orgánica tienen en promedio más años de educación que sus pares convencionales, reportan utilizar más las fuentes de información digitales (computadoras, internet) y son en promedio más jóvenes<sup>10</sup>.

Tabla 2. Estadísticas de Agricultores Orgánicos y Agricultores Convencionales

<b>VARIABLES AGRICULTORES ORGÁNICOS</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Comunas	331				
Utiliza Agricultura Orgánica	2.074				
Sexo (hombre =1 en %)	1.689	72,00	0,45		
Edad	1.688	54,62	13,79	21	100
Educación	1.687	8,88	4,86	0	17
Fuentes Digitales (utiliza=1 en %)	2.074	29	0,45		
Total superficie del predio (HF)	2.074	201,32	3.386,90	0,00	150.351,80

<b>VARIABLES AGRICULTORES CONVENCIONALES</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. Estándar</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
Comunas	331				
No utiliza Agricultura Orgánica	299.195				
Sexo (hombre =1 en %)	267.098	70	0,46		
Edad	263.865	57,40	14,62	18	105
Educación	263.935	6,62	4,33	0	17
Fuentes Digitales (utiliza=1 en %)	299.195	7	0,26		
Total superficie del predio (HF)	299.195	120,40	3.168,79	0,00	811.259,4

<sup>9</sup> Para mayor detalle respecto de este punto revisar Anexo N°3 al final del documento.

<sup>10</sup> Revisar anexo N°7 para ver las pruebas de comparación de medias.

## 8. Resultados

La Tabla 3 resume los resultados de distintos modelos econométricos estimados para la variable dependiente binaria, “Agricultura”, que representa la adopción de la agricultura orgánica. Se tiene en primer lugar un modelo de probabilidad lineal (MPL), en segundo lugar un MPL con variable instrumental (IV-MPL), en tercer lugar un modelo probit y en cuarto lugar un modelo probit con variable instrumental (IV-probit). Cabe señalar que en estos modelos se decide discretizar las variables de educación y superficie de predio expuestas en el apartado anterior. Esto permite observar de mejor manera cambios en la dirección del efecto cuando se tienen diferencias en años de escolaridad y en la superficie del predio.

Tabla 3: Regresiones

Variables	Modelos			
	MPL (1)	IV-MPL (2)	Probit (3)	IV-probit (4)
<b>Agricultura</b>				
N° de Agr. Orgánicos Comuna	0,00067***	0,00156***	0,00846***	0,02961*
Sexo	0,00029	-0,00004	0,00362	-0,00807
Edad	-0,00005***	-0,00003*	-0,00284***	-0,00209
Educ. Primaria (=1 Sí, completa)	-0,0023***	-0,0021**	-0,1460***	-0,1278*
Educ. Superior (=1 Sí, completa)	0,0035***	0,0032***	0,1282***	0,0956*
Superficie Predio <5 Ha (=1 Sí)	-0,0015***	-0,0025**	-0,0803***	-0,0733**
Superficie Predio >50 Ha (=1 Sí)	0,002***	0,003**	0,061*	0,081*
Fuentes Digitales (=1 sí utiliza)	0,014***	0,012***	0,404***	0,291*
Constante	0,004***	-0,066	-2,434***	-2,301***

### Primera Etapa modelo IV-probit

#### N° de Agr. Orgánicos Comuna

Sexo				0,35**
Edad				-0,02***
Educ. Primaria (=1 Sí, completa)				-0,93***
Educ. Superior (=1 Sí, completa)				-0,25
Fuentes Digitales (=1 sí utiliza)				2,33***
Superficie Predio <5 Ha (=1 Sí)				1,65***
Superficie Predio >50 Ha (=1 Sí)				-2,15***
Expropiación R.A. (hf)				-0,000007913***
Constante				11,68***
Rho				-0,6
Sigma				3,16***
N° observaciones	265.402	208.799	265.402	208.799

\* Indica significancia estadística: \*  $p < 0,5$  ; \*\*  $p < 0,01$  ; \*\*\*  $p < 0,001$

En general, se puede observar en la Tabla 3 que la dirección de los efectos para las variables seleccionadas y su significancia estadística de los distintos modelos son en su gran mayoría iguales. Empezando por el MPL, estimado por Mínimos Cuadrados Ordinarios, se observa directamente la magnitud de los coeficientes estimados, donde la probabilidad de que un agricultor elija ser orgánico varía en 0,066 puntos porcentuales (p.p.) cuando el número de agricultores orgánicos dentro de su comuna varía en una unidad. El efecto es significativo y positivo, como también lo son en las variables de educación superior del productor (17 años o más), poseer un predio con superficie por sobre las 50 hectáreas y utilizar fuentes de información y de trabajo digitales. Por otra parte, variables como la edad, el nivel de educación solo hasta básica (4 años) y el manejo de un predio inferior a 5 hectáreas muestran un efecto negativo en la decisión de adoptar la agricultura orgánica cuando se producen variaciones marginales en sus respectivas variables; los coeficientes de estimadores son además estadísticamente significativos.

En el modelo Probit la estimación se realiza por el método de máxima verosimilitud. La dirección del efecto del número de agricultores orgánicos dentro de una misma comuna sobre la decisión de adoptar la agricultura orgánica es positivo y significativo. Este resultado sugiere que la decisión de un productor para adoptar está directamente relacionada con el vecindario (comuna) donde se practica, es decir, la probabilidad de que un agricultor decida utilizar la agricultura orgánica aumenta (o disminuye) de acuerdo con la cantidad de agricultores que practican la agricultura orgánica dentro de la misma comuna. Además, al igual que en el MPL, los efectos de las variables de control también siguen la misma dirección.

Los modelos IV-MPL y IV-probit utilizan la variable Expropiación R.A. (hf) como instrumento para controlar la endogeneidad generada por la variable N° de Agricultores Orgánicos. En el modelo IV-MPL se observa que hay algunas variaciones en la significancia estadística de las variables con respecto al MPL, no obstante, la dirección de los signos a lo largo de las variables se mantuvo prácticamente igual (excepto en la variable sexo y la constante). Además, se tiene que la probabilidad de que un agricultor elija ser orgánico varía en un 0,15 puntos porcentuales cuando el número de agricultores orgánicos dentro de su comuna varía en una unidad.

Por otro lado, el modelo IV-probit muestra que los resultados para las variables de interés son estadísticamente significativos y que la dirección de sus efectos se mantuvo prácticamente igual. Además, para este modelo se obtiene el efecto marginal de tener un agricultor orgánico más dentro de la comuna. En la Tabla 4 se muestra el efecto marginal calculado a partir de una prueba de contraste entre el efecto predicho para la muestra inicial y el efecto predicho para la muestra sumado un agricultor orgánico más por comuna. El valor es positivo, aunque cercano a cero.

Tabla 4: Efectos Marginales

	Contraste	Error Estándar
N° Orgánicos comuna v/s N° Orgánicos comuna +1	0,0013	0,0021

\* El efecto marginal se obtiene por medio de una diferencia entre el valor predicho evaluado en la muestra inicial de agricultores orgánicos y el valor predicho evaluado en la muestra inicial +1 agricultor orgánico en la comuna.

## 9. Discusión de resultados

Según lo explicado por Manski (1993), atribuir el comportamiento de un productor en particular en base al comportamiento promedio de un grupo de referencia y sus características propias es una fuente potencial de endogeneidad debido a las dificultades que se generan para identificar el mecanismo. En este trabajo la propuesta es que la cantidad de agricultores orgánicos en la comuna tiene influencia sobre la decisión de un agricultor a través de las interacciones que se generan dentro del mismo espacio. Esta variable es endógena en el sentido de que una comuna puede tener ciertas características inobservadas que llevan a los agricultores a tomar las decisiones de adopción en base a otras razones, generando grandes dificultades para identificar al grupo de referencia. Motivos como la presencia de servicios de agencia que incentiven el uso de la agricultura orgánica, características culturales y/o condiciones climáticas propias de la zona, también son factores que pueden estar relacionados con el comportamiento del grupo dentro del vecindario. Por consiguiente, los resultados del MPL y del modelo probit que fueron expuestos en el apartado anterior tienen un gran potencial de estar sesgados.

Una forma de lidiar con el problema de endogeneidad es a través de la instrumentalización de la variable endógena. Los modelos IV-MPL y IV-probit utilizan las hectáreas expropiadas durante la Reforma Agraria como instrumento del número de agricultores orgánicos dentro de la comuna. Los resultados de estos modelos muestran de primera mano que existe un potencial sesgo donde, por ejemplo, el MPL estaría subestimando el efecto que tiene el N° de agricultores orgánicos sobre la decisión de adopción de un agricultor en particular. El MPL estima que el efecto es de 0,066 p.p. , mientras que el IV-MPL estima que es de un 0,15 p.p. Sin embargo, el MPL y el IV-MPL tienen ciertas limitaciones que no los hacen fiables (el efecto es lineal, probabilidad fuera del rango [0,1], etc.). Por lo tanto, se propone trabajar con un modelo probit para controlar mejor los problemas asociados a modelos con variable dependiente binaria.

El modelo probit muestra correctamente los resultados, pero teniendo conciencia de que la endogeneidad de la variable N° de Agricultores Orgánicos no permite hacer un juicio acertado de los estimadores. De esta manera es mejor mirar el modelo IV-probit, donde la inclusión de la variable instrumental sí trata el potencial sesgo. A primera vista, aunque los coeficientes estimados de los modelos probit y IV-probit no sean interpretables, se puede apreciar una subestimación del modelo probit en la magnitud de la variable del N° de agricultores orgánicos.

En otro aspecto, el modelo IV-Probit plantea una prueba de Wald para los modelos estimados por máxima verosimilitud donde se determina si los términos de error en la estimación principal y la estimación de primera etapa para la variable endógena están correlacionados. La hipótesis nula es que el parámetro  $Rho = 0$ , que para este caso es igual a  $-0,6$  , indicando que sí hay correlación y que por lo tanto existe un problema de endogeneidad. No obstante, la prueba estadística no es significativa, lo que no permite rechazar la hipótesis nula. A pesar de esto, las estimaciones de los puntos por el modelo IV-Probit siguen siendo consistentes.

La Tabla 5 muestra la influencia que tiene un agricultor orgánico más sobre la decisión de otro agricultor para adoptar la agricultura orgánica. Según el resultado estimado, el efecto marginal es de 0,1 p.p., lo que en la práctica es un cero. No obstante, este efecto crece en la medida que aumenta el número de agricultores orgánicos dentro de la comuna.

Tabla 5: Efectos Marginales en distintos tramos del N° de agricultores orgánicos

	Contraste	Error Estándar
N° Orgánicos comuna v/s N° Orgánicos comuna +1 (*)	0,0012	0,002
N° Orgánicos comuna $\leq$ 4 (**)	0,0005	0,001
$4 \leq$ N° Orgánicos comuna $\leq$ 9	0,0006	0,001
N° Orgánicos comuna $\geq$ 9 (***)	0,0027	0,004

\* Efectos marginales evaluados en la muestra completa

\*\* Efectos marginales evaluados en la porción menor a la mediana

\*\*\* Efectos marginales evaluados para observaciones sobre el percentil 90.

En cuanto a las variables de control, la variable de educación se desgregó en dos para hacer notar la diferencia del efecto que tienen los años de escolaridad. En esa línea, existen otras investigaciones que han encontrado resultados similares donde tanto la edad como el nivel educacional de los agricultores juegan un rol relevante en la adopción (Fuglie & Kascak, 2001; Genius, Pantzios & Tzouvelekas, 2006). Comparado a los resultados de esta investigación, coinciden en que los agricultores que practican la agricultura orgánica son productores más educados y jóvenes.

Por otro lado, la variable de Superficie del Predio controlado por el productor mostró ciertas diferencias en cuanto a la dirección del efecto con respecto a otras investigaciones. En el caso de esta investigación, trabajar una superficie de tierra inferior a las 5 hectáreas físicas tiene un efecto negativo en la decisión de adoptar la agricultura orgánica, mientras que trabajar una superficie de tierra superior a las 50 hectáreas físicas tiene un efecto positivo en la decisión de adopción<sup>11</sup>. El efecto que se aprecia en la literatura, en general, con respecto al tamaño de la superficie de tierra sobre la decisión de adoptar la agricultura orgánica, es negativo (Kallas, Serra y Gil, 2010). Esto tiene un sentido práctico, donde experimentar con un nuevo método de agricultura es riesgoso para la estabilidad financiera del productor. La agricultura orgánica es una tecnología de producción más costosa, donde la pérdida en los rendimientos de los cultivos y el no acceso a los precios de productos orgánicos desde un comienzo (por deber pasar un periodo de transición) pueden desmotivar la adopción de la tecnología orgánica. A pesar de esto, aquellos productores que posean más superficie de tierra pueden verse atraídos a experimentar en sus cultivos disponiendo una porción menor de tierra a la producción orgánica.

Otro resultado interesante es el papel que juega el uso de fuentes de información y herramientas digitales en la toma de decisiones de los agricultores. Wolni y Andersson (2013) concluyen que aquellos hogares con mejor acceso a la información son más propensos a adoptar la agricultura orgánica. Los resultados del presente trabajo arrojan que el uso de fuentes de información digitales (revistas agrícolas extranjeras, investigaciones, contacto digital con otros agricultores) tiene un efecto positivo en la decisión de adoptar la agricultura orgánica. El acceso fácil a información que está fuera de la esfera agrícola de cada vecindario se considera como una fuente informativa alcanzable a través del uso de la tecnología digital. No obstante, estos resultados no permiten establecer si el uso de fuentes digitales está asociado a una mayor facilidad para obtener información relacionada a la agricultura orgánica.

<sup>11</sup> Se puede revisar el Anexo N°3 para ver detalles de cómo se categorizaron los tramos de superficie de tierra.

## 10. Conclusiones

En esta investigación se estudió el efecto del vecindario sobre la decisión de adopción de la agricultura orgánica a través de la cantidad de agricultores orgánicos que pertenecen a una misma comuna. También se estudiaron la influencia de algunos rasgos de los productores como el nivel de educación, la edad, el uso de fuentes digitales y otros rasgos de las fincas administradas, principalmente el tamaño del predio.

A partir de los datos utilizados y según los resultados estimados, no hay evidencia de que existe un efecto del vecindario en la decisión de adopción de la agricultura orgánica. Los resultados son estadísticamente significativos. Por otro lado, al evaluar los efectos marginales en distintos tramos de la muestra, es posible notar una tendencia al alza del efecto marginal del número de agricultores orgánicos cuando más agricultores orgánicos hay dentro de la comuna.

En cuanto a las características de los agricultores y sus fincas se encontró evidencia de que los años de escolaridad influyen de forma positiva en la decisión de adoptar la agricultura orgánica, como también se encontró que la edad del agricultor influye de forma negativa en la medida de que este es más experimentado en alguna otra metodología. En cuanto a la superficie de la explotación, la variable del tamaño total del predio si bien no es significativa cuando se utilizó como variable continua, sí lo hizo cuando se discretizó. El efecto del tamaño de la finca es positivo en la adopción de la agricultura orgánica, por cuanto más grande sea el tamaño del predio se puede entender como la posibilidad para experimentar con nuevas metodologías de producción en porciones de tierra reducidas.

En otros aspectos, con los datos que se tienen, tampoco es posible determinar los mecanismos subyacentes a través del cual se genera este efecto de vecindario. Queda a futuro determinar cuáles son estos mecanismos, siendo importante la capacidad de discernir entre los efectos asociados al aprendizaje de pares, de los motivos relacionados a servicios de extensión y otros factores como las características propias de una comuna. Para esto es importante que se elaboren instrumentos de recolección de datos capaces de reunir información de las características socioeconómicas de la población agrícola, como también de las características individuales de estos y de las explotaciones que administran.

En cuanto a las limitaciones de este trabajo se encontró que la base de datos del Censo Agropecuario 2007 si bien es una fuente de información amplia y cuantitativamente grande, no posee todas las variables deseadas ni tampoco se puede combinar con otras fuentes de datos que caractericen socioeconómicamente a los agricultores (como la encuesta CASEN).

Por otra parte, la metodología utilizada es eficaz en cuanto al tratamiento de los problemas de endogeneidad y posiblemente se puedan obtener mejores resultados al utilizar fuentes de datos con mayor contenido de variables relacionadas a la georreferenciación de las explotaciones. No obstante, algunas variables de interés presentaron diferencias estadísticamente significativas cuando se usaron los datos de la reforma agraria, lo que podría afectar los resultados de este trabajo.

Finalmente, estas conclusiones son importantes para las futuras políticas públicas relacionadas al rubro agrícola, donde uno de los objetivos de Chile es alcanzar la cualidad de potencia agroalimentaria. En este sentido, el desarrollo del sector debe ir acompañado de prácticas que sean sustentables para que así el valor económico generado hoy sea también sostenible para el futuro. Sin embargo, para lograr generar buenas políticas y tomar buenas decisiones es sustancial contar con datos actualizados que permitan hacer estudios más eficaces con respecto a la realidad agrícola del país.

# 11. Bibliografía

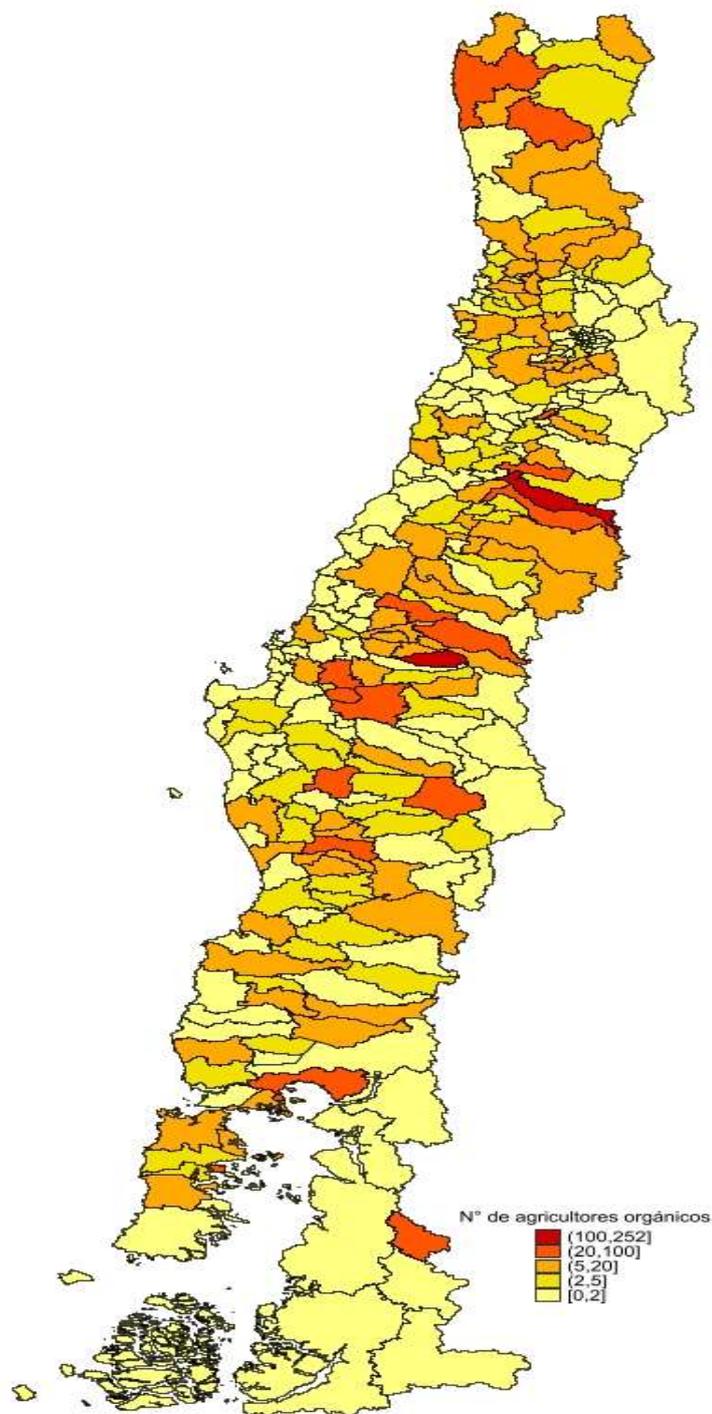
- Abdulai, A., & Huffman, W. E. (2005). The diffusion of new agricultural technologies: The case of crossbred-cow technology in Tanzania. *American Journal of Agricultural Economics*, 87(3), 645-659.
- Acs, S., Berentsen, P. B. M., & Huirne, R. B. M. (2007). Conversion to organic arable farming in The Netherlands: A dynamic linear programming analysis. *Agricultural Systems*, 94(2), 405-415.
- Bandiera, O., & Rasul, I. (2006). Social networks and technology adoption in northern Mozambique. *The Economic Journal*, 116(514), 869-902.
- Besley, T., & Case, A. (1993). Modeling technology adoption in developing countries. *The American Economic Review*, 83(2), 396-402.
- Boncinelli, F., Bartolini, F., Brunori, G., & Casini, L. (2016). Spatial analysis of the participation in agri-environment measures for organic farming. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 31(4), 375-386.
- Brock, W. A., & Durlauf, S. N. (2001). Discrete choice with social interactions. *The Review of Economic Studies*, 68(2), 235-260.
- Cédula del Censo Agropecuario y Forestal de Chile 2006–2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal, *Instituto Nacional de Estadísticas de Chile*.
- Chavas, J. P. (2001). Structural change in agricultural production: Economics, technology, and policy. *Handbook of Agricultural Economics*, 1, 263-285.
- Chavas, J. P., & Nauges, C. (2020). Uncertainty, learning, and technology adoption in agriculture. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(1), 42-53.
- Coleman, J. S. (1988). Social capital in the creation of human capital. *American Journal of Sociology*, 94, S95-S120.
- Conley, T. G., & Udry, C. R. (2010). Learning about a new technology: Pineapple in Ghana. *American Economic Review*, 100(1), 35-69.
- Cuesta, J. I., Diaz Bahamonde, J., Gallego Yáñez, F., González, F., & Marshall, G. (2017). La reforma agraria chilena: Hechos estilizados a la luz de una nueva base de datos. *Repositorio Pontificia Universidad Católica de Chile*.
- Darnhofer, I., Schneeberger, W., & Freyer, B. (2005). Converting or not converting to organic farming in Austria: Farmer types and their rationale. *Agriculture and Human Values*, 22(1), 39-52.
- Duram, L. A. (1999). Factors in organic farmers' decisionmaking: Diversity, challenge, and obstacles. *American Journal of Alternative Agriculture*, 14(1), 2-10.
- Durlauf, S. N., & Fafchamps, M. (2003). Empirical studies of social capital: a critical survey.
- Eguillor, R. (2020). Agricultura orgánica chilena: estadísticas sectoriales 2019. Recuperado de <https://odepa.gob.cl/handle/20.500,12650,70238>.
- Fairweather, J. R. (1999). Understanding how farmers choose between organic and conventional production: Results from New Zealand and policy implications. *Agriculture and Human Values*, 16(1), 51-63.

- FAO. 2019. Soil Erosion: The Greatest Challenge to Sustainable Soil Management.
- Flores, J. P., Martínez, E., Espinosa, M., Avendaño, P., Ahumada, I., Henríquez, G., & Torres, P. (2010). Determinación de la erosión actual y potencial de los suelos de Chile: Región del Bío Bío. *Pub. CIREN N° 148*.
- Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R. (1995). Learning by doing and learning from others: Human capital and technical change in agriculture. *Journal of Political Economy*, 103(6), 1176-1209.
- Foster, A. D., & Rosenzweig, M. R. (2010). Microeconomics of technology adoption. *Annu. Rev. Econ.*, 2(1), 395-424.
- Fuglie, K. O., & Kascak, C. A. (2001). Adoption and diffusion of natural-resource-conserving agricultural technology. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 23(2), 386-403.
- Genius, M., Pantzios, C. J., & Tzouvelekas, V. (2006). Information acquisition and adoption of organic farming practices. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 93-113.
- Kallas, Z., Serra, T., & Gil, J. M. (2010). Farmers' objectives as determinants of organic farming adoption: the case of Catalonian vineyard production. *Agricultural Economics*, 41(5), 409-423.
- Kerselaers, E., De Cock, L., Lauwers, L., & Van Huylenbroeck, G. (2007). Modelling farm-level economic potential for conversion to organic farming. *Agricultural Systems*, 94(3), 671-682.
- Knowler, D., & Bradshaw, B. (2007). Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*, 32(1), 25-48.
- Krishnan, P., & Patnam, M. (2014). Neighbors and extension agents in Ethiopia: Who matters more for technology adoption? *American Journal of Agricultural Economics*, 96(1), 308-327.
- Läpple, D., & Kelley, H. (2015). Spatial dependence in the adoption of organic drystock farming in Ireland. *European Review of Agricultural Economics*, 42(2), 315-337.
- Lohr, L., & Salomonsson, L. (2000). Conversion subsidies for organic production: Results from Sweden and lessons for the United States. *Agricultural Economics*, 22(2), 133-146.
- Luca, M. Dan, P. & Neil M. (2016). Estado Mundial del Recurso Suelo: Resumen Técnico. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*.
- Malthus, T. R. (1872). *An Essay on the Principle of Population*.
- Manski, C. F. (1993). Identification of endogenous social effects: The reflection problem. *The Review of Economic Studies*, 60(3), 531-542.
- Moser, C. M., & Barrett, C. B. (2006). The complex dynamics of smallholder technology adoption: the case of SRI in Madagascar. *Agricultural Economics*, 35(3), 373-388.
- Munshi, K. (2004). Social learning in a heterogeneous population: technology diffusion in the Indian Green Revolution. *Journal of Development Economics*, 73(1), 185-213.
- Mzoughi, N. (2011). Farmers adoption of integrated crop protection and organic farming: Do moral and social concerns matter? *Ecological Economics*, 70(8), 1536-1545.
- Padel, S. (2001). Conversion to organic farming: a typical example of the diffusion of an innovation? *Sociologia Ruralis*, 41(1), 40-61.

- Parker, D. C., & Munroe, D. K. (2007). The geography of market failure: edge-effect externalities and the location and production patterns of organic farming. *Ecological Economics*, 60(4), 821-833.
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., ... & Ibrahim, Z. Z. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (p. 3056). Geneva, Switzerland:: IPCC.
- Schmidtner, E., Lippert, C., Engler, B., Häring, A. M., Aurbacher, J., & Dabbert, S. (2012). Spatial distribution of organic farming in Germany: does neighbourhood matter? *European Review of Agricultural Economics*, 39(4), 661-683.
- Pietola, K. S., & Lansink, A. O. (2001). Farmer response to policies promoting organic farming technologies in Finland. *European Review of Agricultural Economics*, 28(1), 1-15.
- Sepulveda, C. (1995). El hemisferio sur frente al mercado internacional de la fruta fresca de clima templado. *IICA, Colecciones Publicaciones y Documentos*.
- Sunding, D., & Zilberman, D. (2001). The agricultural innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector. *Handbook of Agricultural Economics*, 1, 207-261.
- Wollni, M., & Andersson, C. (2014). Spatial patterns of organic agriculture adoption: Evidence from Honduras. *Ecological Economics*, 97, 120-128.

## 12. Anexos

Anexo 1: Mapa desde la Región de Coquimbo hasta la Región de Los Lagos, principales zonas de agricultura en Chile.



Chile DPA 2019, Región de Coquimbo a Región de Los Lagos  
Fuente: Elaboración propia con datos del Censo Agropecuario 2007

## Anexo 2: Clasificación según superficie total manejada por el productor.

Tabla Anexo 3

Tramos según superficie total de la explotación medido en HF	Freq.	Porcentaje	Acumulada
<= 1 ha	49,506	16.43	16.43
> 1 ha y <= 5 ha	81,995	27.21	43.63
> 5 ha y <= 10 ha	47,635	15.81	59.44
> 10 ha y <= 20 ha	43,770	14.52	73.96
> 20 ha y <= 50 ha	39,254	13.02	86.99
> 50 ha y <= 100 ha	16,711	5.54	92.53
> 100 ha	22,505	7.47	100
N	301,376		

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Censo Agropecuario y Forestal 2007 de Chile

Esta clasificación se utiliza para posteriormente determinar tres rangos de superficie controlada y así generar variables dummy para las regresiones. Los rangos quedan como:

- 1) Superficie Menor = 1 si  $Sup. \leq 10ha$
- 2) Superficie Media = 1 si  $10ha < Sup. \leq 50ha$
- 3) Superficie Mayor = 1 si  $Sup. > 50ha$

\*La construcción de este rango se realizó a través de múltiples pruebas utilizando los tramos iniciales y su efecto sobre la adopción de la agricultura orgánica.

### Anexo 3: Educación del productor según nivel alcanzado.

Tabla anexo 4. Estadística descriptiva según educación del productor

	Frec.	Porcentaje	Media edad	Media superficie	Desv. Est. superficie
Educación del productor(a)					
Básica					
Estado de estudios					
Incompletos	127,532	48.0%	60.0	14.8	199.6
Completos	41,078	15.5%	53.2	19.0	491.8
Total	168,61	63.5%	58.3	15.8	298.4
Media					
Estado de estudios					
Incompletos	20,049	7.5%	51.3	31.2	420.4
Completos	25,867	9.7%	50.7	42.3	468.5
Total	45,916	17.3%	51.0	37.5	448.2
Técnica P.					
Estado de estudios					
Incompletos	1,601	0.6%	52.5	66.8	475.0
Completos	7,707	2.9%	50.5	40.7	226.6
Total	9,308	3.5%	50.9	45.2	285.3
Universitaria					
Estado de estudios					
Incompletos	4,327	1.6%	52.6	123.2	1,144.2
Completos	16,028	6.0%	54.8	91.5	793.2
Total	20,355	7.7%	54.3	98.3	879.7
Ninguna					
Estado de estudios					
Incompletos	15,37	5.8%	69.2	12.4	109.4
Completos	6,063	2.3%	69.5	21.7	117.2
Total	21,433	8.1%	69.3	15.0	111.8

Fuente: Elaboración propia en base a la información del Censo Agropecuario y Forestal 2007 de Chile. Superficie es medida en Hectáreas Físicas.

#### Anexo 4: Extracto de cédula censal Censo Agropecuario y Forestal 2007, Chile.

SECCIÓN XVI : OTRAS CONSULTAS	
Uso de tecnologías : ¿Usó alguna de las siguientes técnicas o insumos en el año agrícola 2006/2007? (marque con X una o más opciones )	
402	<input type="checkbox"/> Semilla certificada
403	<input type="checkbox"/> Control integrado/biológico de plagas
404	<input type="checkbox"/> Agricultura orgánica (certificada o en transición) (indique) → <input type="checkbox"/>
405	<input type="checkbox"/> Fertirrigación
	1 Pecuario
	2 Hortalizas
	3 Cultivos tradicionales
	4 Flores
	5 Viñas
	6 Frutales

#### Anexo 5: Estadística descriptiva de variables de interés para las observaciones no consideradas.

Variables	N	Media	Mediana	Desv. Estándar	Min	Max
Agricultura (orgánico=1 en %)	17.053	0,53	0	0,072	0	1
Sexo	15.620	0,71	1	0,45	0	1
Edad	15.467	57,55	58	14,39	18	99
Educación (años)	15.468	6,79	4	4,39	0	17
Fuentes Digitales (utiliza=1 en %)	17.053	6,5	0	0,246	0	1
N° Agricultores orgánicos en la comuna	17.053	9,34	3	1,42	0	45
Total superficie predio	17.053	129,56	9	4.440,18	0	500.635,70
Superficie expropiada en Reforma Agraria	17.053	47.904,78	20.632,60	52.783,51	1.711,80	156.355,20

## Anexo 6: Comparación de medias para variables de interés al utilizar base de datos de censo más reforma agraria.

En la siguiente tabla se muestra si existen diferencias estadísticamente significativas para las variables de interés al utilizar la base de datos del censo agropecuario más la reforma agraria, usando como valores de referencia las medias calculadas con la base de datos del censo agropecuario.

T-test			
Variable/Hipótesis alternativa	$H_a: \delta < \mu_{censo}$	$H_a: \delta \neq \mu_{censo}$	$H_a: \delta > \mu_{censo}$
Agricultura	0,947	0,105	0,0527
Sexo	0,999	0,002	0,001
Edad	1,00	0,00	0,00
Años educación	1,00	0,00	0,00
Uso de fuentes digitales	1,00	0,00	0,00
N° de agricultores orgánicos por comuna	1,00	0,00	0,00
Superficie predio	0,00	0,00	1,00

\*Se realizan test de hipótesis para cada una de las variables a un nivel de significancia del 5%. La hipótesis nula es  $H_0: \mu_{c+r} = \delta$ . Se considera el caso para  $\delta = \mu_{censo}$ .

\*Para la variable agricultura no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto no hay diferencias estadísticamente significativas para esta variable cuando se utiliza la base de datos del censo más la reforma.

\*Para las variables de sexo, edad, años de educación, uso de fuentes digitales, N° de agricultores orgánicos por comuna y la superficie del predio se puede ver que existen diferencias estadísticamente significativas con respecto a la media obtenida al utilizar la base de datos del censo agropecuario.

## Anexo 7: Comparación de medias entre agricultores orgánicos y agricultores convencionales.

T-test para comparación de muestras independientes			
Variable/Hipótesis Alternativa	$H_a: \delta < 0$	$H_a: \delta \neq 0$	$H_a: \delta > 0$
Sexo	0,02	0,03	0,98
Edad	1,00	0,00	0,00
Años educación	0,00	0,00	1,00
Uso de fuentes digitales	0,00	0,00	1,00
Superficie predio	0,35	0,69	0,65

\* Se realizan test de hipótesis para cada una de las variables a un nivel de significancia del 5% y varianzas desiguales. La hipótesis nula es  $H_0: \mu_{conv} - \mu_{org} = \delta$ . Se considera el caso para  $\delta = 0$ .

\* Para las variables sexo, edad, años de educación y uso de fuentes digitales se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, tenemos certeza de que las diferencias de medias para estas variables entre agricultores orgánicos y agricultores convencionales son significativas.

\* Para la variable superficie de predio no se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto se tiene que la media de la superficie controlada por los agricultores orgánicos y los agricultores convencionales es la misma.