

Factores que influyen en la adopción de tecnologías de conservación de suelos en el secano interior de Chile Central

Factors influencing the adoption of soil conservation technologies in the rainfed area of Central Chile

Lisandro Roco Fuentes ^{1,2}

Alejandra Engler Palma ²

Roberto Jara-Rojas ²

Originales: Recepción: 16/05/2011 - Aceptación: 27/06/2012

RESUMEN

El desarrollo de sistemas agrícolas sustentables es un desafío en el contexto de políticas e incentivos tendientes a la conservación de los recursos naturales, especialmente en zonas de secano. El presente estudio examina variables demográficas y productivas que influyen en la adopción de tecnologías de conservación de suelos en 90 pequeños productores del secano interior de Chile Central, en las comunas de Pencahue y Curepto. Se utilizó un modelo de regresión Probit, el cual asocia la adopción de las tecnologías con las variables: edad del agricultor, tamaño familiar, superficie predial y forma de tenencia de la tierra; presencia de: plantaciones forestales, invernaderos, aboneras, animales mayores en el predio; experiencia en comercialización del productor y participación en actividades de capacitación. El modelo seleccionado tiene un alto poder de predicción, llegando a clasificar correctamente un 92,2% de las observaciones. Los resultados econométricos muestran que la participación en actividades de extensión, la superficie predial, la presencia de plantaciones forestales y el uso de aboneras, influyen de manera positiva y significativa sobre la adopción de tecnologías conservacionistas. Resulta relevante el impacto de la capacitación sobre la adopción de tecnologías de alto grado de inversión, así como la incorporación de prácticas de conservación de bajo nivel de inversión como las aboneras.

ABSTRACT

The development of sustainable agricultural systems is a challenge in the context of policies and incentives aimed to the conservation of natural resources, especially in rainfed areas. This study examines demographic and productive variables that influence the adoption of soil conservation technologies (terraces and infiltration trenches) in 90 small scale farmers in the rainfed area of Central Chile, at the municipalities of Pencahue and Curepto. A Probit regression model was used which associates the adoption of technologies with the variables such as: age of farmer, family size, farm size, form of land tenure; presence of: tree plantations, greenhouses, composting and animals on the farm; participation in training activities and marketing expertise of the producer. The estimated Probit model has a high predictive power, reaching up to 92,2% of the correctly classified observations. The econometrics results show that the participation in training activities, the farm size, the presence of forest plantations and use of compost influence significantly and positively on the adoption of soil conservation technologies. The analysis not only reveals a positive impact of training on the adoption of high investment conservation practices but also on the incidence of the simple technologies such as use of compost.

1 Dpto. de Ciencias Forestales. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Católica del Maule. Casilla 617. Talca, Chile. Iroco@ucm.cl

2 Dpto. de Economía Agraria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Talca. Talca. Chile.

Palabras clave

terrazas • zanjas de infiltración • agricultura sustentable • capacitación • adopción de tecnologías

Keywords

terraces • infiltration trenches • sustainable agriculture • training • technology adoption

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la agricultura de secano produce 55% de los alimentos y en Latinoamérica cerca del 90% del suelo cultivado corresponde a áreas sin riego (46). De acuerdo con Gowin & Palmer (21), se deben aplicar técnicas de manejo sustentables que involucren tecnología de bajos insumos externos en la agricultura de secano para aliviar la pobreza y mejorar la seguridad alimentaria. En este sentido, la agricultura sustentable utiliza menos insumos externos, tales como fertilizantes comprados, y emplea los recursos naturales existentes en el interior del predio -compost, guano, rastrojos-; de esta manera, el uso de insumos se optimiza y produce dos grandes efectos: minimiza los costos de producción y mitiga la contaminación hacia el medio ambiente (32). Las prácticas de esta agricultura son ampliamente descritas por Lee (33), y entre ellas se destaca la implementación de obras de conservación de suelo tales como terrazas y microterrazas para cultivo y establecimiento de árboles frutales, diques, zanjas de infiltración, aplicación de cubiertas y fertilizaciones orgánicas.

La innovación tecnológica en agricultura de conservación en países en desarrollo ha recibido bastante atención en la literatura internacional, ya que se relaciona con el alivio de la pobreza rural e incrementos en la producción e ingreso agrícola (14). En términos económicos, el productor adopta tecnologías de conservación de recursos naturales en la medida en que su rentabilidad esperada es aceptable (14, 16).

No obstante, existen factores socioeconómicos y culturales, y asociados a los recursos naturales, que condicionan la adopción (32, 44) por lo que el análisis varía según país o región (42) y con el tipo de tecnología. Los productores adoptan una tecnología cuando creen que una práctica los ayuda a conseguir sus metas, las cuales pueden incluir metas económicas, sociales y ambientales (22). Kessler (30) plantea una estrategia para cambiar la actitud pasiva de los agricultores en Bolivia por una activa participación en la conservación de los recursos naturales; esta contempla motivación inicial, planificación integral de las actividades de conservación de suelo y agua, y colaboración de agricultores capacitadores. Sain & Barreto (41), analizando un caso en El Salvador, sostienen que para una adopción exitosa de tecnologías de conservación de suelos estas deben considerar el mejoramiento de la productividad y debe existir soporte técnico e institucional. En este mismo sentido, Cáceres *et al.* (10), luego de realizar un análisis de adopción en Argentina, señalan que el proceso de adopción tecnológica es complejo debido a que no sólo están en juego factores técnico-productivos, sino también una red de relaciones sociales, en la que los agentes involucrados confrontan lógicas distintas, desarrollan actividades muy diferentes y pugnan por lograr un mejor posicionamiento en el campo donde desarrollan su actividad socio-económica.

Al describir los factores que afectan la adopción de prácticas conservacionistas, los resultados de Jara-Rojas *et al.* (25) resaltan la importancia del capital social, el tamaño predial y el uso de la tierra en la adopción de prácticas de conservación de agua en la agricultura de riego de Chile Central.

Kassie *et al.* (28) reportan que el acceso a extensión, la participación en organizaciones, el tamaño predial y la propiedad de la tierra son variables asociadas con la adopción de prácticas de agricultura sustentable, específicamente, labranza conservacionista y uso de compost por pequeños agricultores en Etiopía, en tanto, la tenencia de ganado facilita la aplicación de compost. Boardman *et al.* (9) reconocen la influencia del producto de las plantaciones en fuertes pendientes de especies como olivos y almendros sobre los procesos erosivos. Mazvimavi & Twomlow (35) señalan que se deben identificar los factores socioeconómicos e institucionales que influyen en la adopción de la agricultura conservacionista, con el fin de avanzar en su promoción. Sidibé (43) detecta, como variables relevantes en la adopción de técnicas de conservación de suelos y agua en África, la tenencia de animales y capacitación en dichas técnicas. Wollni *et al.* (49) destacan la importancia de los efectos de la existencia de mercados orgánicos y la participación de organizaciones de productores para la adopción de prácticas de conservación de suelo entre pequeños agricultores de Honduras. White *et al.* (48) destacan la importancia de los costos de oportunidad que posee la mano de obra en relación con los tipos de tecnologías a adoptar para productores de la Amazonia en Perú. Del mismo modo, los resultados de Honduras reportados por Arellanes & Lee (5) muestran que la adopción de las prácticas de labranza mínima y cultivos de cobertura está influenciada principalmente por las características del predio, tales como incorporación de sistemas de riego, propiedad de la tierra, pendiente, así como por las percepciones de los agricultores sobre la calidad del suelo.

Un factor clave que afecta la inversión en prácticas de conservación de suelos y aguas corresponde a la seguridad en la tenencia de la tierra, de acuerdo con lo reportado por Kessler (29) en Bolivia y Tenge *et al.* (45) en Tanzania. Conforme a lo planteado por Rodríguez (40) las barreras relacionadas con la adopción de prácticas conservacionistas en el sur de Estados Unidos están vinculadas con la información, el conocimiento y la difusión de la información que se tenga de estas. En tal sentido, la capacitación y extensión agrícola juegan un rol muy importante. Por otro lado, según Knowler y Bradshaw (31), la mayoría de los estudios de agricultura conservacionista se centran en la práctica denominada cero labranza, aunque otras prácticas de conservación de suelo y agua, tales como aplicación de compost, uso de rotaciones e implementación de obras, han demostrado tener un Valor Actual Neto (VAN) positivo en el 60% de los casos.

De la revisión bibliográfica se infiere que el proceso de adopción de tecnologías es complejo y depende de una serie de factores del entorno y variables específicas del productor y su sistema productivo que resultan imposibles modelar como un todo. Sin embargo, es de especial interés conocer el impacto de aquellas variables que pueden intervenir a través de políticas y programas de apoyo a la conservación. El objetivo de este estudio es conocer los factores que afectan la adopción de tecnologías de conservación de suelos, zanjas y terrazas, por parte de los productores del secano interior de la zona central de Chile.

Las hipótesis que se plantean son las siguientes: (a) agricultores que participan en actividades de capacitación o que han implementado tecnologías de conservación de baja inversión tienen mayor probabilidad de implementar tecnologías de conservación que requieren mayor inversión, dado que es esperable que al contar con capacitación y experiencia en prácticas conservacionistas a nivel predial, los productores posean mayor disponibilidad a invertir en tecnologías relacionadas; (b) existe un efecto positivo de la seguridad en la tenencia de la tierra, el tamaño predial y las plantaciones forestales sobre la adopción de tecnologías de conservación, esto debido a que es esperable que predios con seguridad en su tenencia y de mayor superficie posean mayor capital y por lo tanto, mayor disposición a invertir en el largo plazo. Por otro lado, las plantaciones forestales generalmente basan su éxito en labores culturales de establecimiento que favorecen la conservación de suelos.

En Chile existen evidencias de disminución de la capacidad productiva de los suelos a nivel de cuenca (38), aunque se cuenta con programas de bonificación a la implementación de tecnologías de conservación de suelos, por lo cual es interesante desarrollar análisis enfocados en la incidencia de los programas, en cuanto a su permanencia en el tiempo y los efectos de estos a nivel predial. La dirección de las políticas en este sentido, en términos de favorecer prácticas de corto plazo o inversiones mayores, es un punto relevante en la discusión, puesto que no se conoce la relación ni los efectos que ocurren entre ambos incentivos. Se puede pensar que la conservación de suelos y los cambios que conlleva en los sistemas productivos podrían ser abordados de manera gradual, con el fin de establecer primero obras a corto plazo, para luego dar paso a inversiones de largo plazo. Para lo anterior se estimó un modelo de respuesta binaria, cuyo propósito es explicar la adopción en función de variables prediales y sociodemográficas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El secano interior de Chile Central, específicamente de la Región del Maule, comprende la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa. En dicha zona, el agua utilizada para riego corresponde principalmente a precipitaciones. Existen limitantes naturales a la producción agrícola y ganadera, principalmente la baja fertilidad de los suelos, por lo que en las últimas décadas han surgido grandes extensiones cubiertas de plantaciones forestales, principalmente de pino insigne.

Esta zona tiene una superficie de 544.000 ha aproximadamente, lo que representa el 18% de la superficie total de la región. En esta zona se observa degradación de suelos, con un bosque nativo en exterminio y extensas áreas de plantaciones de espacios forestales con especies exóticas. Las precipitaciones se concentran en los meses de invierno; en este periodo se excede la capacidad de retención de agua del suelo, lo cual aumenta el escurrimiento superficial, causando daños severos de erosión. Como resultado de una sucesiva práctica de la agricultura y/o ganadería intensiva, se observa una fuerte disminución de la productividad de los terrenos, provocando una importante migración hacia los centros urbanos y aumento de la pobreza (7).

El área de estudio corresponde a diez localidades rurales de las comunas de Penciahue y Curepto, todas participantes del proyecto "Desarrollo de los Sistemas de Agricultura Familiar Campesina Sustentable en las comunas de Curepto y Penciahue" ejecutado por Fundación CRATE⁽¹⁾. Dichas localidades están ubicadas en el secano interior de la Región del Maule, donde los productores allí presentes desarrollan principalmente agricultura de subsistencia, orientada a abastecer las necesidades de alimentación de sus grupos familiares. La figura 1 muestra la localización de la zona bajo estudio.

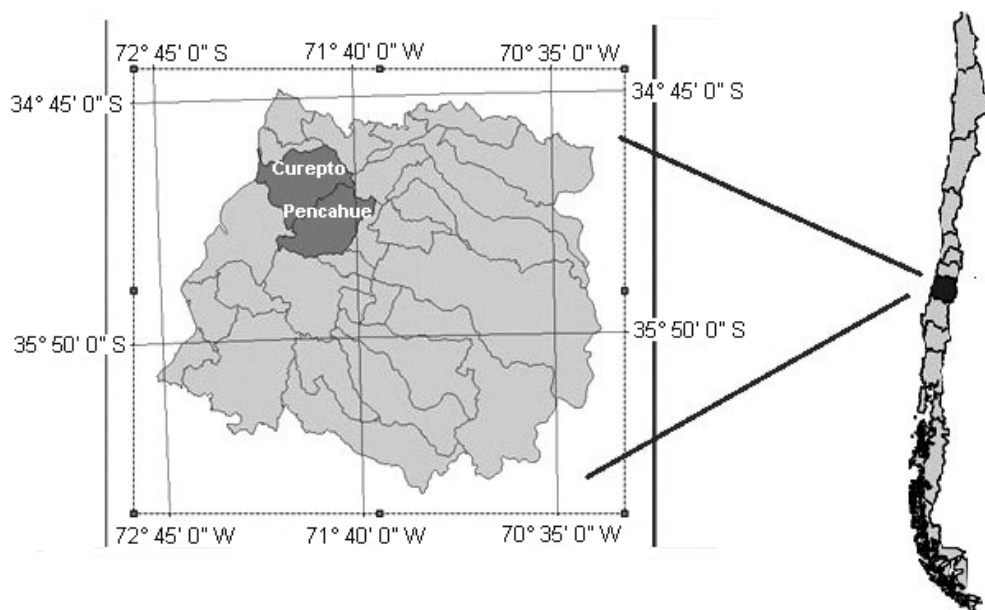


Figura 1. Ubicación de las comunas en estudio de Curepto y Penciahue en la Región del Maule.

Figure 1. Location of the districts in study, Curepto and Penciahue in Maule Region.

Al definir las características y problemáticas de la población perteneciente a las áreas de secano de la Región del Maule, se puede observar ciertos patrones tales como avanzada edad, baja disponibilidad de mano de obra, reducido tamaño predial, incertidumbre sobre la tenencia de la tierra, escasa experiencia en comercialización, entre otras características relevantes. Según la encuesta CASEN⁽²⁾, aplicada en 2006, la comuna de Curepto presenta un 21,1% de su población en condiciones de pobreza, en tanto que la comuna de Penciahue presenta un 11,2%. De acuerdo con la medición establecida por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), los índices de desarrollo humano de 1996 para ambas comunas corresponden a la categoría "muy bajo" (7).

(1) Fundación CRATE: Centro Regional de Asistencia Técnica y Empresarial.

(2) CASEN: Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional de Chile.

Modelo de adopción

Antes de definir el modelo de adopción a utilizar, es necesario definir tecnologías de alta y baja inversión. A nivel predial, las estrategias de conservación se pueden clasificar en tecnologías que requieren un bajo nivel de inversión y tecnologías que requieren un alto nivel de inversión. Las primeras contemplan prácticas que involucran cambios en el manejo predial, por ejemplo: fabricación y aplicación de compost, rotaciones en los cultivos, zonificaciones prediales (27, 36, 50). Por otro lado, las tecnologías de alto nivel de inversión consisten en obras de conservación de suelo y agua implementadas a nivel predial, por ejemplo: terrazas, zanjas de infiltración, canales, diques y otras (26, 29, 30).

El modelo de adopción de tecnología utilizado se basa en lo descrito por Rahm & Huffman (39) quienes explican la teoría de maximización de la utilidad. El trabajo de Rahm y Huffman ha servido como estudio base para diversas investigaciones aplicadas en adopción de tecnologías de conservación. Algunos ejemplos incluyen: Mazvimavi & Twomlow (35), Jara-Rojas *et al.* (24), Anley *et al.* (4), Park & Lohr (37), Adesina & Chianu (2) y Adesina & Zinnah (1), entre otros. De la teoría de maximización de utilidad, el i -ésimo agricultor adopta una nueva tecnología sólo si la utilidad esperada (U_{i1}) es mayor que la utilidad asociada con la tecnología actual (U_{i0}). Esta formulación implica modelos del tipo binario estimado a través de modelos econométricos probabilístico o logístico, tal como lo propuesto por Feder *et al.* (18), Lapar & Pandey (32) y Foltz (19), entre otros.

Para determinar la probabilidad adopción de las tecnologías de conservación de suelos por parte de los agricultores de la muestra, se estimó un modelo de respuesta binaria mediante regresión Probabilística (*Probit*), ecuación [1]. La definición de la ecuación a utilizar (23) es:

$$P_i = \Pr(Y = 1) = \Pr(U_{i1} \leq U_{i0}) = F(U_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\beta'X_i} e^{-t^2/2} dt \quad [1]$$

donde:

P_i : probabilidad de adopción de las tecnologías de conservación de suelos

β : vector de coeficientes

X_i : conjunto de variables que explican la adopción

t : variable normal estandarizada

De acuerdo con estudios de adopción de tecnologías en sectores rurales, se espera que variables sociodemográficas (edad del jefe de hogar, composición de grupo familiar, entre otras), del sistema productivo (superficie predial, cultivos, rubros principales, tipo de fertilización usada) y otras, como la presencia de plantaciones forestales o la experiencia relevante en comercialización, estén influenciado la adopción de las tecnologías de conservación de suelos (3, 8, 11, 12, 43, entre otros). Para este estudio se consideran las variables independientes de la tabla 1 (pág. 37), de acuerdo con la información obtenida de la encuesta.

| Variable en el modelo | Nombre | Descripción | Media | Desv. est. | Efecto esperado |
|----------------------------|--------------------------------------|---|-------|------------|-----------------|
| Variables continuas | | | | | |
| <i>Edad</i> | Edad | Edad del jefe de hogar en años. | 52,66 | 14,08 | (-) |
| <i>IntFam</i> | Tamaño familiar | Número de personas que viven en el predio. | 3,58 | 1,52 | (-, +) |
| <i>Capac</i> | Capacitación | Número de reuniones de capacitación a la que asistió el productor en el año anterior. | 8,64 | 2,43 | (+) |
| Variables binarias | | | | | |
| <i>Curepto</i> | Comuna | Adquiere el valor 1 si el predio pertenece a la comuna de Curepto y 0 si pertenece a Penciahue. | 0,46 | - | (-, +) |
| <i>Q1</i> | | Adquiere el valor 1 si el tamaño predial es menor a 1,4 ha y 0 en otros casos. | 0,24 | - | (-) |
| <i>Q2</i> | | Adquiere el valor 1 si el tamaño predial es mayor o igual a 1,4 ha y menor a 5 ha y 0 en otros casos. | 0,24 | - | (-,+) |
| <i>Q3</i> | Tamaño predial | Adquiere el valor 1 si el tamaño predial es mayor o igual a 5 ha y menor a 17 ha y 0 en otros casos. | 0,26 | - | (-,+) |
| <i>Q4</i> | | Adquiere el valor 1 si el tamaño predial es mayor o igual a 17 ha y 0 en otros casos. Variable omitida. | 0,26 | - | (+) |
| <i>TitProp</i> | Tenencia de la tierra | Adquiere el valor 1 si el agricultor posee título de dominio vigente y 0 en los otros casos. | 0,59 | - | (+) |
| <i>PForest</i> | Presencia de plantaciones forestales | Adquiere el valor 1 si en el predio existen plantaciones forestales (pino o eucaliptus) y 0 en los otros casos. | 0,42 | - | (+) |
| <i>Inverna</i> | Presencia de invernadero | Adquiere el valor 1 si en el predio existe invernadero y 0 en los otros casos. | 0,31 | - | (+) |
| <i>Animd</i> | Presencia de bovinos | Adquiere el valor 1 si en el predio existe ganado mayor (bovinos) y 0 en los otros casos. | 0,67 | - | (+) |
| <i>Venta</i> | Experiencia en comercialización | Adquiere el valor 1 si los ingresos por ventas son relevantes para el agricultor y 0 si lo son. | 0,38 | - | (+) |
| <i>Abo</i> | Presencia de aboneras | Adquiere el valor 1 si en el predio existen una o más aboneras y 0 en los otros casos. | 0,41 | - | (+) |

Tabla 1. Variables sociodemográficas y prediales consideradas en el modelo y su efecto esperado sobre la adopción de tecnologías de conservación de suelos.

Table 1. Socio-demographic and farm variables considered in the model and its expected effect on the adoption of soil conservation technologies.

A priori, se puede esperar que productores con familias más numerosas posean mayor disponibilidad de mano de obra para implementar las tecnologías, aunque por el tipo de tecnología, el requerimiento de mano de obra es puntual en el tiempo. También se espera que productores que posean un alto grado de participación en actividades de capacitación y extensión, tengan una mayor probabilidad de adopción. En el caso del tamaño predial, se esperaría que a medida que aumente la superficie, crezca también la probabilidad de adopción; no obstante, para tamaños prediales intermedios no está clara cuál es dirección de esta relación.

El modelo general de adopción, dado por la información disponible, se puede definir como en la ecuación [2].

[2]

$$P(\text{Adopta} = 1) = f(\text{Edad}, \text{IntFam}, \text{Capac}, \text{Curepto}, Q1, Q2, Q3, \text{Tit Pr op}, \text{PForest}, \text{Inverna}, \text{Animd}, \text{Venta}, \text{Abo})$$

La variable "adopción de tecnologías de conservación de suelos" (Adopta) se construyó a partir de las prácticas descritas en la tabla 2. Se consideró que un agricultor adopta la tecnología de conservación si ha implementado al menos una de las dos tecnologías de alta inversión, terrazas o zanjas de infiltración, en su sistema productivo. La estimación del modelo de regresión probabilístico se realizó con el software estadístico STATA 10.1.

Tabla 2. Tecnologías de conservación de suelos.

Table 2. Soil conservation technologies.

| Tecnología | Descripción | n (%) |
|------------------------|---|-----------|
| Terrazas | Construcción de terrazas en laderas orientadas al cultivo y la plantación de especies frutales. | 27 (30,0) |
| Zanjas de infiltración | Construcción de zanjas de infiltración para favorecer la regulación hídrica a nivel predial. | 20 (22,2) |
| Adopta | Adopción de ambas tecnologías en el predio. | 36 (40) |

Encuesta y muestreo

A partir de una encuesta realizada en 2009, se obtuvo información socioeconómica productiva y de prácticas de conservación de suelos que los agricultores realizan. En las áreas bajo estudio habitan aproximadamente 300 familias, con equivalente número de predios. Al asumir una distribución binomial para la respuesta binaria de decisión de adoptar *versus* no adoptar tecnologías de conservación -variable de interés en este estudio- se puede establecer que el tamaño de muestra representativa se puede estimar a partir de las ecuaciones [3] y [4].

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 p(1-p)}{d^2} \quad [3]$$

$$n' = \frac{n}{1 + \frac{n}{N}} \quad [4]$$

Asumiendo que un valor de z de 1,96 para un nivel de confianza de 95%; una probabilidad de ocurrencia del evento p de 0,5 y d es el error permitido igual a 8,7%, el tamaño de la muestra equivale a 127 encuestas. Dado que se conoce el universo, $N=300$ predios, el tamaño muestral se ajusta con la ecuación [4] (pág. 38), quedando finalmente en 90 encuestas. En el estudio se recopiló información de 90 encuestas, lo que corresponde a un 30% del universo.

RESULTADOS

El promedio de edad de los productores es de 52 años (tabla 1, pág. 37), el tamaño familiar varía entre uno y nueve integrantes con una media de 3,6; en tanto, que el número de actividades de capacitación a las que asistieron los productores va desde 5 a 13 actividades, con una media de 8,64 actividades por productor al año; un 46% de los productores pertenece a la comuna de Curepto, en tanto que un 58,8% de la muestra posee título de dominio vigente y un 37,7% de ellos posee experiencia en comercialización. Un 42,2% de los predios de la muestra posee plantaciones forestales, un 31,1% posee invernaderos, un 66,7% posee bovinos y un 41,1% posee aboneras. De acuerdo con el criterio de clasificación establecido previamente para medir adopción de tecnologías de conservación de suelos, un 40% de los productores de la muestra ha incorporado al menos una de las dos tecnologías consideradas en el estudio (tabla 2, pág. 38).

Las características promedio de la muestra analizada varían de acuerdo con el tamaño de sistema productivo. Dentro de la muestra la superficie de sistema tiene un rango de entre 0,5 y 140 ha, y ante esta gran amplitud se decidió dividir la muestra en estratos que conformaron cuartiles (Q) con el fin de desarrollar una descripción más completa (tabla 3).

Tabla 3. Características generales de los productores y de los sistemas prediales por cuartil de superficie predial.

Table 3. General characteristics of producers and farm systems by quartile of farm size.

| Cuartil | Q1 | Q2 | Q3 | Q4 |
|--|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Superficie predial en ha | <1,4 | 1,4-5 | 5-17 | >17 |
| Características de los productores | | | | |
| Tamaño muestral (n) | 22 | 22 | 23 | 23 |
| Agricultores de la comuna de Curepto (n) | 7 | 10 | 12 | 12 |
| Agricultores de la comuna de Pehuenhue (n) | 15 | 12 | 11 | 11 |
| Edad promedio en años | 48,3 | 52,8 | 56,3 | 53,1 |
| Tamaño familiar promedio en número de integrantes | 3,6 | 3,8 | 3,1 | 3,7 |
| Capacitaciones promedio a las que asistieron los productores | 8,1 | 8,9 | 9,5 | 8,0 |
| Agricultores con título de dominio vigente (n) | 12 | 17 | 12 | 12 |
| Agricultores con experiencia en comercialización (n) | 7 | 6 | 10 | 11 |
| Características prediales | | | | |
| Superficie predial total promedio en ha | 0,7 ^a | 2,8 ^a | 10,0 ^a | 41,3 ^b |
| Predios con presencia de plantaciones forestales (n) | 2 ^a | 6 ^{a, b} | 17 ^{b, c} | 13 ^c |
| Predios con presencia de invernaderos (n) | 5 | 9 | 8 | 6 |
| Predios con presencia de ganado mayor (n) | 10 ^a | 12 ^{a, b} | 18 ^{a, b} | 20 ^b |
| Predios con presencia de aboneras (n) | 9 | 6 | 14 | 8 |

Nota: ^{a, b, c} son grupos con diferencia significativa al 5%.

Note: ^{a, b, c} are groups with significant difference at 5%.

A pesar de que las características de los productores no varían entre cuartiles, sí existen diferencias significativas entre la presencia de plantaciones forestales y la presencia de ganado mayor. Esto es esperable, de acuerdo con el mayor requerimiento de superficie requerido por ambos rubros productivos.

Los resultados econométricos del modelo de regresión *Probit* son mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Estimación del modelo de regresión *Probit*.

Table 4. Estimation of the *Probit* regression model.

| Variable | Coefficiente | Error estándar Robusto ^a | Efectos marginales |
|----------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------------|
| Edad | 0,066*** | 0,024 | 0,022 |
| IntFam | -0,009 | 0,147 | -0,003 |
| Capac | 1,042*** | 0,282 | 0,351 |
| Curepto | 2,969*** | 0,835 | 0,823 |
| Q1 | -3,392*** | 1,128 | -0,597 |
| Q2 | -2,155** | 0,916 | -0,465 |
| Q3 | -2,868*** | 1,176 | -0,557 |
| TitProp | 0,505 | 0,439 | 0,165 |
| Pforest | 1,657** | 0,701 | 0,546 |
| Inverna | -0,046 | 0,636 | -0,015 |
| Venta | 0,676 | 0,484 | 0,235 |
| Abo | 0,912** | 0,432 | 0,313 |
| Animd | -0,855 | 0,662 | -0,302 |
| Constante | -13,343*** | 3,251 | |
| Mc Fadden's R ² | 0,7278 | | |
| Log pseudolikehood | -16,4844 | | |
| N | 90 | | |

* p < 0,1; **p < 0,05; ***p <0,01

a. Errores estándar robustos estimados con el paquete estadístico STATA 10.1 (comandos: probit, robust).

* p < 0,1; **p < 0,05; ***p <0,01

a. Robust standard errors estimated using the STATA statistical package 10.1 (commands: probit, robust).

El modelo muestra 8 de 13 coeficientes estadísticamente significativos, al menos al 10% y un porcentaje de predicciones correctas del 92,2% (tabla 5). Es importante destacar que la matriz de correlaciones entre las variables independientes arroja baja probabilidad y muticolinealidad entre las variables seleccionadas, de manera que no existe riesgo de resultados espurios (34).

Tabla 5. Predicción del modelo econométrico.

Table 5. Prediction of the econometric model.

| Clasificado por el modelo | Datos originales | |
|---------------------------|------------------|------------|
| | Adopta | No adopta |
| Adopta | 32 (88,9%) | 3 (5,6%) |
| No adopta | 4 (11,1%) | 51 (94,4%) |
| Promedio | 92,2% | |

En concordancia con Amsalu & de Graaf (3), la edad del productor posee una influencia positiva en la adopción de las prácticas de conservación; esto se puede relacionar con la naturaleza de las prácticas, ya que estas pueden asociarse con agricultura de conservación desarrollada históricamente en el área, dada la baja disponibilidad de insumos agrícolas. En este sentido, por cada año de edad del productor aumenta la probabilidad de adoptar las tecnologías en un 2,2%.

La capacitación, medida como número de actividades a las que asistió el productor en el año anterior, resultó tener una incidencia positiva y muy significativa en la adopción, consistente con lo descrito por Kassie *et al.* (28), Sidibé (43) y Rodríguez (40). De acuerdo con el efecto marginal, la probabilidad de adoptar las tecnologías aumenta en un 35,1% por cada actividad de capacitación para el agricultor promedio de la muestra. Estos resultados resaltan la importancia de la capacitación para el proceso de adopción tecnológica, lo cual es consistente con lo planteado por Sain & Barreto (41), Cáceres *et al.* (10), Kessler (29), entre otros autores, en relación con la realidad de Latinoamérica.

Es relevante mencionar la mayor probabilidad de adopción en la comuna Curepto (82,3%), que probablemente tiene relación con el programa de conservación Prodecop-Secano implementado entre 1997 y 2003, cuyo objetivo principal fue contribuir a la superación de la pobreza y evitar la degradación de los recursos naturales en áreas del secano costero (20). Esto indicaría que inversiones en educación, extensión y promoción de técnicas de conservación tienen un impacto positivo en la adopción de estas prácticas y que se mantienen en el tiempo.

El tamaño predial, medido a través de una variable categórica, indica que los agricultores con predios más grandes poseen mayor probabilidad de adopción de tecnologías (Q4), en relación con el resto de la muestra. Este resultado es consistente con los hallazgos descritos por Featherstone & Goodwin (17), Westra & Olson (47), Cramb *et al.* (13) y Asafu-Adjaye (6), quienes señalan que la superficie predial incide fuertemente en la adopción de tecnologías de conservación de suelos por parte de pequeños agricultores. Las tecnologías de conservación utilizadas en este estudio implican altos costos de inversión, los que son más fáciles de asimilar en predios de mayor escala. El valor del efecto marginal del tamaño predial para el primer cuartil con respecto al cuarto es de -0,597; es decir, al pertenecer el predio a primer cuartil tiene 59,7% menos probabilidades de adoptar las prácticas. Similar situación ocurre con los cuartiles 2 y 3, para los cuales la probabilidad de adopción disminuye en 46,5 y 55,7%, respectivamente.

La presencia variable de plantaciones forestales tiene una asociación positiva con la adopción. En predios con plantaciones forestales se implementan estos tipos de tecnologías de conservación para asegurar la producción y elevar la productividad de terrenos marginales para la agricultura. En Chile existe el Programa de Bonificación Forestal (Decreto Ley 701) desde 1974 a la fecha, el cual bonifica las actividades de forestación entregando subsidios y beneficios tributarios para las actividades de manejo forestal. Dentro de dichas actividades se encuentra la recuperación de

suelos, desarrollada en suelos frágiles, en proceso de desertificación o degradados. Además, existen programas relacionados con la bonificación forestal como el Programa de Recuperación de Suelos Degradados SAG/INDAP⁽³⁾ y los créditos de enlace (INDAP y Banco del Estado de Chile) que permiten acceder a liquidez para ejecutar actividades previa obtención de las bonificaciones (15). Por lo tanto, la alta incidencia que tiene la existencia de plantaciones forestales en la adopción de tecnologías de conservación pueden ser explicadas por: (i) el impacto en rendimiento de las plantaciones derivadas de estas prácticas y (ii) el acceso a financiamiento para prácticas de conservación para predios con plantaciones forestales.

La presencia de aboneras en los predios también resultó relevante en la adopción, aportando un aumento en la probabilidad de 31,3%; esto se puede explicar a partir de que los agricultores que conocen y practican técnicas de conservación de suelos de menor inversión -en este caso construcción de aboneras- son más propensos a la implementación de tecnologías de conservación de largo plazo.

La variable de tamaño familiar no resultó significativa, lo cual podría estar asociado con el requerimiento puntual en el tiempo de mano de obra de las tecnologías consideradas en el estudio. Situación similar ocurre con la variable de seguridad de tenencia de la tierra: esto es explicable por el proceso dinámico de subdivisión predial y el tiempo que demoran las regularizaciones de los predios, o por otros factores como la aversión al riesgo de los mismos productores.

Si bien es cierto que existen factores endógenos de los sistemas productivos, como tamaño y capital acumulado, que podrían estar determinando la adopción, los resultados de este estudio tienen implicancias en materia de política agraria y pueden ser útiles para instituciones de fomento a la Agricultura Familiar Campesina (AFC) en Chile. Los programas de intervención como el Prodecop-Secano y la capacitación tienen un impacto positivo y alto sobre la adopción de tecnologías de conservación. Esto es relevante para asignar recursos del Estado para la conservación de recursos naturales. Por otra parte, queda explícito que para fomentar la adopción de tecnologías de conservación de largo plazo que requieren mayor inversión, es necesario trabajar previamente con tecnologías de corto plazo que motiven a los agricultores a invertir en conservación de recursos naturales. Esto queda de manifiesto por la alta incidencia de la presencia de aboneras sobre la adopción de zanjas y terrazas.

Por otra parte, se puede apreciar que la totalidad de los agricultores que tienen plantaciones forestales en la muestra, han sido apoyados por el Programa de Bonificación Forestal en Chile, el que no sólo cumple funciones de aumentar el ingreso predial en suelos marginales, sino que también incentiva inversiones intraprediales en tecnologías de conservación de suelos. Esto demuestra que la política de incentivos ha sido efectiva en promover el uso de tecnologías de largo plazo de conservación.

(3) SAG: Servicio Agrícola y Ganadero.

INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario, el cual enfoca sus programas de fomento a pequeños agricultores denominados "Agricultura Familiar Campesina" (AFC).

CONCLUSIONES

En este artículo se examinaron los factores que influyen en la adopción de tecnologías de conservación de suelos para un total de 90 agricultores del secano interior de Chile Central. El análisis de adopción fue realizado por medio de un modelo de regresión *Probit*, puesto que la variable dependiente es discreta, tomando valores de cero y uno. De acuerdo con los resultados del modelo econométrico, los parámetros de las variables edad, capacitación, tamaño predial, presencia de plantaciones forestales y presencia de aboneras son significativos e indican una relación positiva con la adopción.

Respecto de la ubicación geográfica, la comuna de Curepto ha estado sometida a varios programas relacionados con la conservación de los recursos naturales, por lo cual, la incidencia de la localización en este estudio es altamente significativa, e indica que la inversión en dichos programas ha permanecido en el tiempo, generando incluso beneficios. La superficie predial juega un rol importante en la adopción de las tecnologías, ya que los predios con mayores superficies, normalmente poseen mayor acceso al capital y al crédito, por lo que tienen capacidad de realizar inversiones a nivel predial. Las plantaciones forestales poseen una gran incidencia sobre la adopción de las tecnologías, dado por la necesidad del aseguramiento de la productividad de los terrenos en que se ubican dichas plantaciones. La capacitación resultó ser una variable altamente significativa en la adopción de tecnologías de conservación de alta inversión. Por otra parte, la presencia de aboneras aumenta la probabilidad de adopción de tecnologías que requieren mayor inversión. En este sentido, los resultados señalan que es posible vislumbrar el éxito de los programas que apuntan a la conservación de los recursos naturales, favoreciendo la capacitación y la implementación de tecnologías de conservación de bajo costo en etapas entre productores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Adesina, A. A.; Zinnah, M. M. 1993. Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: a Tobit model application in Sierra Leone. *Agricultural Economics* 9: 297-311.
2. Adesina, A. A.; Chianu, J. 2002. Determinants of farmers' adoption and adaptation of alley farming technology in Nigeria. *Agroforestry Systems* 55: 99-112.
3. Amsalu, A.; de Graaff, J. 2007. Determinants of adoption and continued use of stone terraces for soil and water conservation in an Ethiopian highland watershed. *Ecological Economics* 61: 294-302.
4. Anley, Y.; Bogale, A.; Haile-Gabriel, A. 2007. Adoption decision and use intensity of soil and water conservation measures by smallholder subsistence farmers in Dedo District, Western Ethiopia. *Land Degradation and Development* 18: 289-302.
5. Arellanes, P.; Lee, D. 2003. The determinants of adoption of sustainable agriculture technologies: evidence from the hillsides of Honduras. *Proceedings of the 25th International Conference of Agricultural Economists (IAAE)*. Durban, South Africa. 693-699 p.
6. Asafu-Adjaye, J. 2008. Factors affecting the adoption of soil conservation measures: A case study of Fijian cane farmers. *Journal of Agricultural and Resource Economics* 33(1): 99-117.
7. ASIAFCHILE. 2010. Caracterización del secano interior de la Región del Maule. Centro de Desarrollo para el Secano Interior. 95p. Disponible en: <http://www.centrosecano.cl/quehacemos/recursos/Informe%20Caracterizacion%20Secano%20Interior.pdf>. Fecha de consulta: 20 de abril de 2011.
8. Bekele, W.; Drake, L. 2003. Soil and water conservation decision behavior of subsistence farmers in the Eastern Highlands of Ethiopia: a case study of the Hunde-Lafto area. *Ecological Economics* 46: 437-451.
9. Boardman, J.; Poesen, J.; Evans, R. 2003. Socio-economic factors in soil erosion and conservation. *Environmental Science & Policy*. 6: 1-6.

10. Cáceres, D.; Silvetti, F.; Soto, G.; Rebolledo, W. 1997. La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. *Agro Sur* 25(2): 123-135.
11. Caviglia-Harris, J. 2003. Sustainable agricultural practices in Rondônia, Brazil: Do local farmer organizations affect adoption rates?. *Economic Development and Cultural Change* 52(1): 23-49.
12. Caviglia-Harris, J. 2004. Household production and forest clearing: the role of farming in the development of the Amazon. *Environmental Development Economics* 9: 181-202.
13. Cramb, R.; Garcia, J.; Gerrits, R.; Saguiguit, G. 1999. Smallholders adoption of soil conservation technologies: evidences from upland projects in the Philippines. *Land Degradation & Development*. 10: 405-423.
14. de Graaff, J.; Amsalu, A.; Bodnár, F.; Kessler, A.; Posthumus, H.; Tenge, A. 2008. Factors influencing adoption and continued use of long-term soil and water conservation measures in five developing countries. *Applied Geography* 28: 271-280.
15. DIPRES. 2006. Evaluación de impacto al programa bonificación forestal DL 701. Informe de síntesis. Gobierno de Chile, Ministerio de Hacienda, Dirección de Presupuestos. 15 p. Disponible en: http://www.dipres.cl/574/articles-32198_doc_pdf.pdf. Fecha de consulta: 13 de marzo de 2011.
16. Ellis, F. 1993. 2° Ed. Peasant economics. Cambridge, Reino Unido. Cambridge University Press. 303 p.
17. Featherstone, A. M.; Goodwin, B. K. 1993. Factors Influencing a Farmer's Decision to Invest in Long-term Conservation Improvements. *Land Economics* 69(1): 67-81.
18. Feder, G.; Just, R. E.; Zilberman, D. 1985. Adoption of agricultural innovations in developing countries: a survey. *Economic Development and Cultural Change* 33(2): 225-298.
19. Foltz, J. 2003. The economics of water-conserving technology adoption in Tunisia: an empirical estimation of farmer technology choice. *Economic Development and Cultural Change* 51(2): 359-373.
20. Fuentes, R. 2003. Evaluación del subsidio directo e indirecto de un programa para la superación de la pobreza desde la perspectiva de los usuarios. Caso proyecto Prodecop Secano Microrregión Curepto. Memoria título Ing. Agr. Universidad de Talca. 54p.
21. Gowin, J.; Palmer, M. 2008. Sustainable agricultural development in sub-Saharan Africa: the case for a paradigm shift in land husbandry. *Soil Use and Management*. 24: 92-99.
22. Greiner, R.; Patterson, L.; Miller, O. 2009. Motivations, risk perception and adoption of conservation practices by farmers. *Agricultural Systems*. 99:86-104.
23. Gujarati, D. 1995. 3° Ed. Basic Econometrics. USA. McGraw-Hill, Inc. 838 p.
24. Jara-Rojas, R.; Bravo-Ureta, B.; Díaz, J. 2009. Adopción de prácticas de conservación de suelos, en la pequeña agricultura de Chile Central. *Economía Agraria* 13: 69-80.
25. Jara-Rojas, R.; Bravo-Ureta, B.; Díaz, J. 2012. Adoption of water conservation practices: A socioeconomic analysis of small-scale farmers in Central Chile. *Agricultural Systems* 110: 54-62.
26. Kabubo-Mariara, J.; Karanja, F. 2007. The economic impact of climate change on Kenyan crop agriculture: A Ricardian approach. *Global and Planetary Change* 57: 319-330.
27. Kaliba, A. R. M.; Rabele, T. 2005. Impact of Adopting Soil Conservation Practices on Wheat Yield in Lesotho. *University of Arkansas*. 4(2):1481-1489.
28. Kassie, M.; Zikhali, P.; Manjur, K.; Edwards, S. 2009. Adoption of sustainable agriculture practices: Evidence from a semi-arid region of Ethiopia. *Natural Resource Forum*. 33:189-198.
29. Kessler, C. 2006. Decisive key-factors influencing farm households' soil and water conservation investments. *Applied Geography*. 26: 40-60.
30. Kessler, C. 2007. Motivating farmers for soil and water conservation: A promising strategy from the Bolivian mountain valleys. *Land Use Policy* 24: 118-128.
31. Knowler, D.; Bradshaw, B. 2007. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. *Food Policy*. 32: 25-48.
32. Lapar, M. L. A.; Pandey, S. 1999. Adoption of Soil Conservation: The Case of the Philippine Uplands. *Agricultural Economics* 21: 241-256.
33. Lee, D. R. 2005. Agricultural sustainability and technology adoption: Issues and policies for developing countries. *American Journal of Agricultural Economics*. 87(5): 1325-34.
34. Mahadevan, R. 2008. The high price of sweetness: The twin challenges of efficiency and soil erosion in Fiji's sugar industry. *Ecological Economics* 66: 468-477.
35. Mazvimavi, K.; Twomlow, S. 2009. Socioeconomic and institutional factors influencing adoption of conservation farming by vulnerable households in Zimbabwe. *Agricultural Systems*. 101: 20-29.
36. McCool, D. K.; Pannkuk, C. D.; Kennedy, A. C.; Fletcher, P. 2008. Effects of burn/low-till on erosion and soil quality. *Soil and Tillage Research* 101: 2-9.
37. Park, T. A.; Lohr, L. 2005. Organic pest management decisions: a systems approach to technology adoption. *Agricultural Economics* 33: 467-478.

38. Peña-Cortés, F.; Pincheira-Ulbrich, J.; Escalona-Ulloa, M.; Rebolledo, G. 2011. Cambio de uso del suelo en los geosistemas de la cuenca costera del río Boroa (Chile) entre 1994 y 2004. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. 43(2): 1-20.
39. Rahm, M.; Huffman, W. 1984. The adoption of reduced tillage: the role of human capital and other variables. *American Journal of Agricultural Economics*. 66: 405-413.
40. Rodríguez, J. 2005. Barriers to adoption of sustainable agriculture practices in the south: changes, agents and perspectives. M.S. Thesis. Auburn University. Auburn, Alabama. 126 p.
41. Sain, G.; Barreto, H. 1996. The adoption of soil conservation technologies in El Salvador: Linking productivity and conservation. *Journal of Soil and Water Conservation* 51(4): 313-321.
42. Sharma, V. P.; Kumar, A. 2000. Factors influencing adoption of agro-forestry programme: a case study from North-West India. *Indian Journal of Agricultural Economics* 55(3): 500-510.
43. Sidibé, A. 2004. Farm-level adoption of soil and water conservation techniques in northern Burkina Faso. *Agricultural Water Management*. 71: 211-224.
44. Soule, M.; Tegene, A.; Wiebe, K. 2000. Land tenure and the adoption of conservation practices. *American Journal of Agricultural Economics* 82(4): 993-1005.
45. Tenge, A.; de Graff, J.; Hella, J. 2004. Social and economic factors affecting the adoption of soil and water conservation in West Usambra, Tanzania. *Land Degradation & Development*. 15: 99-114.
46. Wani, S. P.; Sreedevi, T. K.; Rockström, J.; Ramakrishna, Y. S. 2009. Rainfed agriculture - Past trends and future prospects. In: *Rainfed agriculture: Unlocking the potential*. Eds. Wani, S. P.; Rockström, J.; Oweis, T. ICRISAT - IWMI. 1-35.
47. Westra, J.; Olson, K. 1997. Farmers' decision processes and adoption of conservation tillage. Staff Paper P97-9. University of Minnesota.
48. White, D.; Labarta, R.; Leguía, E. 2005. Technology adoption by resource-poor farmers: considering the implications of peak-season labor costs. *Agricultural Systems* 85: 183-201.
49. Wollni, M.; Lee, D.; Thies, J. 2008. Effects of participation in organic markets and farmer-based organizations on the adoption of soil conservation practices among small-scale farmers in Honduras. Trabajo presentado en the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Orlando, FL. 20p.
50. Wu, J.; Babcock, B. 1998. The Choice of tillage, rotation, and soil testing practices: Economics and environmental implication. *American Journal of Agricultural Economics* 80: 494-511.

Agradecimientos

A la Fundación CRATE (Centro Regional de Asistencia Técnica y Empresarial) y, en especial, a su Área Desarrollo Sustentable, por la facilidad otorgada para el uso de los datos empleados en el estudio.

A los revisores anónimos, por sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar el trabajo.