

Avances de Investigación

Adopción prospectiva de las innovaciones tecnológicas para la producción orgánica de cacao en el Alto Beni, Bolivia¹

Walter Laura Quenta²; Michelliny Bentes-Gama³; Eduardo Somarriba⁴; Ángel Pastrana⁵

Palabras clave: modelo Logit, *Theobroma cacao*.

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una de las principales fuentes de ingresos en el Alto Beni, Bolivia. Sin embargo, las plantaciones tienen bajos rendimientos y la cadena de producción local adolece de varios problemas. En el año 2002, el Proyecto “Modernización de la Cacaocultura Orgánica de Alto Beni” introdujo un menú de alternativas tecnológicas para 1) elevar la productividad y diversificar las fincas de cacao orgánico y 2) mejorar la organización de los productores, la certificación y la comercialización del cacao. En este estudio se analizó la disposición de 108 productores a aceptar o no las innovaciones propuestas y se determinaron los factores socioeconómicos que explicaron sus decisiones. Las innovaciones tecnológicas propuestas tuvieron un porcentaje de adopción prospectiva que varió entre 24 y 100%, con un promedio general del 76%. El 56% de las innovaciones propuestas tuvo niveles altos de adopción prospectiva. El nivel de educación de los productores, el tamaño de la familia y otras variables socioeconómicas utilizadas en los modelos Logit permitieron estimar la probabilidad de adopción prospectiva de las innovaciones con porcentajes de acierto de entre 53 y 95%.

Prospective adoption of technological innovations for the organic cacao plantations of Alto Beni, Bolivia

Key words: Logit model, *Theobroma cacao*.

ABSTRACT

Cacao (*Theobroma cacao* L.) is one of the main sources of income in Alto Beni, Bolivia. Nevertheless, the plantations give low yields and the local cacao production chain suffers from various problems. In 2002, the project “Modernization of organic cacao production in Alto Beni” (locally known as PCO) introduced a menu of technological innovations to: 1) increase the productivity and diversify organic cacao farms; and 2) improve the organization of the producers, the certification and the commercialization of their cocoa. The willingness of 108 farmers to accept the proposed innovations were analyzed and the socio-economic factors that determined the farmers’ decisions were identified. The proposed technological innovations had an adoption percentage that varied between 24-100%, with an overall average of 76%; of these proposed innovations 56% had high levels of prospective adoption. The education level of the farmers, family size and some other socio-economic variables in the Logit models predicted prospective adoption of innovations with a success rate between 23-95%.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una fuente importante de ingresos para los hogares rurales del Alto Beni, Bolivia. Sin embargo, la incidencia de escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*) y mazorca negra (*Phytophthora* spp.) y los bajos precios pagados entre 1984 y 1996 contribuyeron a la reducción de la superficie cultivada con cacao híbrido en la zona del Alto Beni, de 5000 a 2500 ha. En el 2002 se inició el Proyecto “Modernización de la Cacaocultura

Orgánica del Alto Beni”, conocido localmente como Proyecto Cacao Orgánico (PCO), con el propósito de aumentar y diversificar la producción y rendimiento de los cacaotales, aumentar el volumen de cacao certificado y mejorar la industrialización y comercialización del cacao del Alto Beni por la Central de Cooperativas El Ceibo. De este modo se incrementarían los ingresos lícitos provenientes de las fincas (Somarriba et al. 2005). El PCO propuso nuevas tecnologías de viveros y de producción rápida

¹ Basado en Laura, W. 2005. Adopción de las alternativas tecnológicas generadas por el Proyecto Modernización de la Cacaocultura Orgánica del Alto Beni, Bolivia. Tesis Ing. Agr., UMSA, La Paz, Bolivia. 70 p.

² Ing. Agrónomo. Correo electrónico walterlq001@yahoo.com.mx (autor para correspondencia)

³ Asesora, Investigadora, Embrapa Rondônia, Brasil. Correo electrónico: mbgama@cpafro.embrapa.br

⁴ Departamento de Agricultura y Agroforestería, CATIE, Sede Central. Correo electrónico: esomarri@catie.ac.cr

⁵ Docente investigador UMSA, La Paz - Bolivia . Correo electrónico: a_pastrana@yahoo.com

de injertos, agroforestería, nuevas prácticas de poda, organización, certificación, industrialización y comercialización. En este estudio se 1) caracterizó el sistema de producción de cacao del Alto Beni; 2) analizó la disposición de los productores a aceptar o no las innovaciones propuestas por el PCO y 3) se determinaron los factores socioeconómicos que afectaron la adopción prospectiva de las alternativas tecnológicas propuestas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las Áreas I, II, III, IV, VI, y VII de la región de Alto Beni, Bolivia, una región amazónica en la ladera oriental de los Andes, bosque húmedo sub-andino (Morales 1990), localizada a 270 km de la ciudad de La Paz. La precipitación anual varía entre 1300 - 1600 mm, la temperatura media anual es de 24 °C, 78% de humedad relativa y altitudes que varían entre 400- 2000 m (Salm 1987, Elbers 1991).

En 2002, el PCO propuso modernizar la cacaocultura orgánica del Alto Beni mediante un conjunto de 26 innovaciones tecnológicas (Cuadro 1).

Se seleccionaron al azar 108 productores de la lista de 1300 productores del PCO utilizando la metodología propuesta por Valdez (1983). A cada productor se le presentó el cuadro de innovaciones y se le solicitó que marcara las innovaciones que incorporaría en el manejo de su cacaotal. Se calculó el porcentaje (promedio y desviación estándar) de productores que adoptaría cada recomendación. Las innovaciones se agruparon con base en el porcentaje de adopción en categorías de baja ($\leq 50\%$), media (51-80%) y alta (81-100%). Se entrevistó a cada productor para recopilar información socioeconómica que podría explicar sus decisiones de adoptar o no las innovaciones propuestas. La encuesta, que incluyó 25 preguntas (Laura 2005), había sido probada y ajustada previamente con 20 agricultores selec-

Cuadro 1. Alternativas tecnológicas del Proyecto Manejo de Cacao Orgánico en el Alto Beni, Bolivia

Oferta tecnológica del proyecto	Manejo tradicional
Viveros	
<ul style="list-style-type: none"> • Producir plantas en viveros comunales 	<ul style="list-style-type: none"> • Compra plantas en CEIBO y en Estación Experimental de Sapecho (EES)
Material genético	
<ul style="list-style-type: none"> • Usar plantas injertadas • Usar clones 	<ul style="list-style-type: none"> • Usa plantas de semilla • Usa híbridos
Preparación del sitio	
<ul style="list-style-type: none"> • Plantar sombra previo al cacao • Deshierbe selectivo • No quema • Trabajo colectivo (AYNIS) • Extraer contaminantes sólidos de la plantación • Hoyo grande (30 x 30cm) • Adición de materia orgánica en el hoyo 	<ul style="list-style-type: none"> • No se planta sombra • Deshierbe total • Quema • Trabajo individual • Deja contaminantes sólidos en la plantación • Hoyo pequeño • No adiciona materia orgánica
Diseño de plantación	
<ul style="list-style-type: none"> • Policultivo (cacao, banano, madera, cobertura) • Densidad 3 x 3 • Densidad 3,5 x 3,5 • Densidad 3 x 4 • Sombra permanente útil • Sombra permanente plantada • Regular sombra 	<ul style="list-style-type: none"> • Monocultivo • Densidad 4 x 4 • Densidad 4 x 4 • Densidad 4 x 4 • Único uso: dar sombra • Sombra permanente de regeneración natural • No regula sombra
Poda y manejo de plantaciones	
<ul style="list-style-type: none"> • Poda con machete corto, mazo y tijeras • Poda en 5 pasos • Cortes en cuello de ramas • Usar fertilizantes orgánicos • Uso de bioplaguicidas • Rehabilitar injertando en chupones 	<ul style="list-style-type: none"> • Poda solo con machete largo • Descopa • Cortes con muñones • No fertiliza • No controla o usa químicos • Rehabilitar sin injerto
Organización, certificación y comercialización	
<ul style="list-style-type: none"> • Asociación para certificación • Certificación del cacao • Vende cacao al CEIBO 	<ul style="list-style-type: none"> • No se asocia • No certifica (cacao convencional) • Vende a varios intermediarios

Cuadro 2. Variables utilizadas en el análisis de la adopción prospectiva de las alternativas tecnológicas del PCO, Alto Beni, Bolivia

Variable	Descripción	Categorías (unidades)
PTS	Organización social a la que pertenece	1 = Sindicato; 2 = Sindicato y Cooperativa
TAF	Tamaño de la finca o área total del lote	Hectáreas (ha)
EPROD	Edad del cacao en producción	N (número)
NHIJO	Número de hijos	N (número)
EDAD	Edad del jefe de familia	Años
EDUC	Nivel educativo del jefe de familia	0 = ninguno; 1 = primaria; 2 = secundaria; 3 = técnico
LLEG	Año de llegada del jefe de familia	1 = 1950-1970; 2 = 1971-1978; 3 = 1979-1984; 4 = 1985-1994; 5 = 1995-2003

cionados al azar en Área II del Alto Beni. Mediante inspección de la matriz de correlaciones entre las variables socioeconómicas y los porcentajes de adopción prospectiva calculados para cada productor (Pulido et al. 2001) se escogieron siete variables (Cuadro 2) para construir un modelo Logit (Salas 1990, Scott 1997, Pindyck y Rubinfeld 2000) que predijera el porcentaje de adopción de la innovación en función de las características socioeconómicas de los productores. Los datos se analizaron con hojas Excel y con varios programas de *software* (SPSS para Windows, Limdep 7.0 y Stat-Transfer 6.1). Se utilizó el modelo Logit, el cual se basa en la función de probabilidad logística acumulativa:

$$P_i = F(A_i) = F(\alpha + \beta X_i) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X_i)}}$$

donde

P_i = Probabilidad de adopción de la tecnología (variable dependiente); $e = 2,718...$ (base de los logaritmos naturales), X_i = Variables independientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cacaotales híbridos del Alto Beni

Las plantaciones de cacao híbrido del Alto Beni se establecieron con poca tecnología. La preparación del sitio se inició con el desmonte (del bosque o barbecho alto) y quema entre julio y octubre para plantar arroz (*Oryza sativa* L.) y luego establecer los cultivos perennes (CUMAT-COTESU 1985, Pinto 2005). Los cacaotales fueron establecidos por siembra directa de 2 a 3 semillas por sitio, a una distancia de 4 x 4 m (77% de las fincas), sin incorporar materia orgánica. La edad promedio de las plantaciones es de 27 años (1-40 años). Las plantaciones híbridas del Alto Beni (cruces interclonales de varios clones de las colecciones SCA, SC, UF, TSH, ICS de la Estación Experimental Sapecho) se establecieron masivamente a partir del 1963 (Torrico 1968, Lemaitre 1970). La sombra es escasa e irregular, con parches

densos y áreas a pleno sol dentro de las plantaciones. Predominan las especies siquili (*Inga* sp.), toco blanco (*Schizolobium parahyba*), huasicucho (*Centrolobium ochroxylum*), motacú (*Scheelea princeps*), ambaibo (*Cecropia* sp.) y bibosi (*Ficus killipii*). Las especies del género *Inga* han sido descartadas como especies de sombra, debido a que poseen hojas grandes, caducas, porte de copa muy frondosa y baja, muy susceptible al desgaje (Quiroz 1991). Las plagas de mayor importancia son el chinche (*Monalonion dissimulatum* Dist.) (81%) y el tujo (*Atta* spp.) en 40% de las fincas. Las enfermedades de mayor importancia son la escoba de bruja y la mazorca negra, que afectan entre 74 y 79% de las fincas. El control de plagas y enfermedades es inadecuado y el manejo de las plantaciones es deficiente (Rodríguez 1986, IBTA 1996, Zapp 2000). Varios mamíferos silvestres atacan las plantaciones de cacao, especialmente el jochi pintado (*Agouti paca*), sari (*Dasyprocta variegata*) y chanco de monte o pecarí de collar (*Pecari tajacu*), así como varias especies de monos.

La poda del cacao es esporádica, limitándose al despunte de las ramas usando un machete largo que deja tocones de ramas de 4 a 10 cm de largo, que impiden la rápida cicatrización, provocan pudriciones de la madera y crean condiciones adecuadas para el ataque de plagas y/o pudriciones de ramas y troncos (Quiroz 1991). La falta de podas produce plantas con copas muy altas y cerradas que proyectan mucha auto-sombra, limitan la floración y crean un ambiente adecuado para la proliferación de plagas y enfermedades (Rodríguez et al. 1982). El período de cosecha inicia en el mes de abril y termina en septiembre; los productores cosechan el cacao cada 10 - 20 días. Los frutos cosechados se desconchan en el cacaotal y las semillas se depositan en un cajón de madera durante 5 a 6 días para la fermentación. Luego, las semillas se secan al sol durante 4-5 días en esteras de bambú elevadas sobre el suelo en tallos de Charo (*Gynerium sagittatum*). El cacao seco se vende a intermediarios (49% de los productores) y el restante a

la cooperativa El Ceibo (24% eran socios de las cooperativas y 27% no). Los intermediarios pagan por peso, sin considerar la calidad del grano. El rendimiento de cacao es bajo, 2-6 qq ha⁻¹ (1 qq = 46 kg); se esperan rendimientos de 15-20 qq ha⁻¹ en condiciones de campo y con manejo adecuado (Lemaitre 1970).

Adopción prospectiva de innovaciones

La adopción prospectiva de las innovaciones propuestas por el PCO varió ampliamente entre el 24 y el 100%, con un promedio de 76% (Cuadro 3). Las recomendaciones con menores posibilidades de adopción fueron la utilización de altas densidades de plantación (3 x 3 m), la supresión del uso del fuego en la preparación del sitio, la incorporación de materia orgánica al fondo del

hoyo en el momento de plantar, la regulación de sombra y el deshierbe selectivo para reclutar árboles útiles de la regeneración natural. Las recomendaciones sobre el método e instrumentos de poda tuvieron un nivel medio de adopción. Las prácticas de producción orgánica, el uso de materiales clonales e injertos y la venta del cacao a través de la Central de Cooperativas El Ceibo fueron las innovaciones con mayores porcentajes de adopción prospectiva.

Factores socioeconómicos que afectaron la adopción de las innovaciones

Los modelos Logit permitieron estimar la probabilidad de que los productores adopten o no una innovación tecnológica en función de sus características

Cuadro 3. Porcentaje productores que aceptaría cada una de las innovaciones tecnológicas propuestas para modernizar la cacaocultura orgánica del Alto Beni, Bolivia (N = 108 productores entrevistados)

Oferta tecnológica	Promedio de adopción (%)	Desviación estándar
Alto porcentaje (81-100%) de adopción	Alto	
Certificación orgánica	100	0,00
Fertilizante orgánico	100	0,00
Bios pesticida	100	0,00
Sombra permanente	98,2	0,14
Eliminar contaminantes sólidos	98,8	0,09
Asociaciones Agrocológicas	95,7	
Policultivo	96,3	0,14
Plantas injertadas	93,8	0,25
Sombra previa al establecimiento	95,5	0,21
Hoyo 30 x 30 cm	88,4	0,32
Rehabilitación con injerto en chupón basal	87,5	0,32
Poda con el mazo, tijera y machete corto	86,5	0,27
Clones	80,6	0,40
Venta a la Cooperativa El Ceibo	86,8	
Medio porcentaje (51-80%) de adopción	Medio	
Vivero comunal	76,1	0,43
Densidad 3,5 x 3,5 m	68,0	0,46
Corte en el cuello de ramas	69,8	0,45
5 criterios de poda	67,2	0,46
AYNI ^a	62,6	0,49
Densidad 3 x 4 m	60,2	0,48
Bajo porcentaje (≤ 50%) de adopción	Bajo	
Regulación de sombra	43,7	0,96
Deshierbe selectivo	41,9	0,50
Densidad 3 x 3 m	39,3	0,49
Evitar la quema para el establecimiento	35,3	0,48
Adición de materia orgánica al hoyo	24,1	0,44
Promedio	75,8	

^a = Trabajo recíproco comunitario

Cuadro 4. Coeficientes de los modelos Logit para estimar el porcentaje de adopción prospectiva cada innovación propuesta, en función de varias características socioeconómicas de 108 productores cacaoteros del Alto Beni, Bolivia

Oferta tecnológica	Variables independientes								Predicción (%)
	Constante	EDUC	EDAD	LLEG	NHIJO	TAF	EPROD	PTS	
Vivero Comunal	2,544**					0,497 ^{ns}			74,00
Policultivo	1,113 ^{ns}				1,183*				96,77
Densidad de plantación	-0,277 ^{ns}	0,257**							53,46
Sombra permanente	0,829*	0,336 ^{ns}			0,195**				95,24
Regulación de sombra	5,388*		-0,486*				-0,742*		80,56
Poda	2,128 ^{ns}		-0,282 ^{ns}	0,699 ^{ns}					89,16
Corte en el cuello de ramas	0,588 ^{ns}			0,345*					80,3
Rehabilitación con injerto en chupón basal	1,126 ^{ns}		-0,838 ^{ns}	0,519**					85,26
Venta a El Ceibo	0,146 ^{ns}							1,024**	84,38

PTS = Organización social a la que pertenece; TAF = Tamaño de la finca o área total del lote; EPROD = Edad del cacao en producción; NHIJO = Número de hijos; EDAD = Edad del jefe de familia; EDUC = Nivel educativo del jefe de familia; LLEG = Año de llegada del jefe de familia. * Significativo al 95%; ** Significativo al 90%; ns: No significativas, pero considerados en el modelo por cumplir con el signo esperado según el criterio de la Cuchilla de Occam (Ramírez 2004).

socioeconómicas con un 53-95% de acierto, dependiendo de las innovaciones. Diferentes variables predijeron el comportamiento de los productores ante diferentes innovaciones (Cuadro 4). El nivel de educación de los productores y el tamaño de la familia han sido identificados por otros autores como factores importantes en la adopción de innovaciones (Valdez 1983, Almeida et al. 1999, Illanes 1995).

CONCLUSIONES

Las innovaciones tecnológicas propuestas por el PCO serían adoptadas por el 76% de los productores. El 56%

de las innovaciones tuvo altos niveles de adopción. Los modelos Logit permitieron estimar la probabilidad de que los productores adoptaran una innovación en función de algunas variables socioeconómicas, con porcentajes de acierto de 53-95%. El nivel de educación de los productores y el tamaño de la familia influyeron en los porcentajes de adopción de varias innovaciones.

AGRADECIMIENTOS

El Proyecto Modernización de la Cacaocultura Orgánica del Alto Beni, Bolivia (CICAD/OEA-FAO/C23-CATIE), proporcionó apoyo financiero y operativo.



Viveros comunales para la producción de plantines de cacao injerto en Sapecho, Alto Beni, Bolivia. (Foto: Walter Laura).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Almeida, NE; Galloway, G; Current, D; Lok, R; Prins, C. 1999. Adopción de prácticas agroforestales en el Municipio de San Juan Opico, El Salvador. (en línea). Consultado 25 oct. 2004. Disponible en <http://web.catie.cr/informacion/RAFA/rev23/nevera1.htm#introducción>. (Informe Técnico-Financiero, 11).
- CUMAT - Capacidad de Uso Mayor de la Tierra - COTESU - Cooperación Técnica Suiza. 1985. La Paz, BO, Proyecto Alto Beni. 146 p.
- Elbers, F. 1991. Suelos y capacidad de uso mayor de la tierra en la zona de Sapecho-Alto Beni, Bolivia. Tesis Dipl. Ing. Geológica. Alemania, Universidad de Bochum. 121 p.
- IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria). 1996. Informe anual: Estación experimental Sapecho-Alto Beni, Gestión Agrícola 1995-1996. La Paz, BO, IBTA. 33 p.
- Illanes, P. 1995. Adopción de tecnología en la producción lechera: estudio de caso de la comunidad San José Llanga. Tesis Lic. Economía. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés. 80 p.
- Laura, W. 2005. Adopción de las alternativas tecnológicas generadas por el Proyecto Modernización de la Cacaocultura Orgánica del Alto Beni, Bolivia. Tesis Ingeniería Agronómica. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés. 70 p.
- Lemaitre, RC. 1970. El cultivo de cacao en la zona Alto Beni. La Paz, BO, Instituto Nacional de Colonización. 57 p.
- Morales, C. 1990. Bolivia: Medio ambiente y ecología aplicada. La Paz, BO, Instituto de Ecología, UMSA. 318 p.
- Pindyck, SR; Rubinfeld, LD. 2000. Econometría: modelos y pronósticos. México, McGraw-Hill. 660 p.
- Pinto, PW. 2005. Evaluación de las condiciones de sitio y manejo en la fase de establecimiento de cacao (*Theobroma cacao* L.) en fincas de productores del Alto Beni. Tesis Ing. Agr. La Paz, BO, Universidad Mayor de San Andrés. 110 p.
- Pulido Alborres, AR; Anderson, S; Leaver, D. 2001. Evaluación del impacto de un programa de transferencia de tecnología en sistemas de producción de ganado bovino de doble propósito en Veracruz, México. Tecnológica Forestal y Agropecuaria, Veracruz 2001. Décima cuarta reunión científica no. 7, 32 p.
- Quiroz, RD. 1991. Manual para el control de la escoba de bruja del cacao. La Paz, BO, Editorial Gráfica Offset. 54 p.
- Ramírez, MA. 2004. Disponibilidad a pagar: conjunto recreativo cultural San Jacinto. Maestría en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Universidad de Los Andes, Facultad de Economía, Colombia.
- Rodríguez, G. 1986. Resultados de la transferencia de tecnología en el combate de escoba de bruja (*Crinipellis perniciososa*) del cacao en el Alto Beni, Bolivia. In Conferencia Internacional de Investigación en Cacao (10, Bolivia). Bolivia, IBTA. p. 751-754.
- _____; Espinoza, R; Trujillo, PG. 1982. Avances de las investigaciones sobre cacao en el Alto Beni, Bolivia. La Paz, BO. 11 p.
- Salas, J. 1990. Econometría aplicada a los países en desarrollo: El caso mexicano. Distrito Federal, MX, SEP/EFE. 320 p.
- Salm, H. 1987. Influencia de factores ambientales en el crecimiento de plantas medicinales en La Paz, Yungas y Alto Beni. La Paz, BO, Promenat. 55 p.
- Scott, LJ. 1997. Regression model for categorical and limited dependent variables. 7 ed. Estados Unidos, SAGE Publications. 297 p.
- Somarriba, E; Trujillo, L; Sepúlveda, C. 2005. Modernización de la cacaocultura orgánica del Alto Beni, Bolivia: Informe Final. Turrialba, CR, CATIE. 41 p.
- Torrico, AA. 1968. El Cultivo de Cacao en el Alto Beni. La paz, BO. 5 p.
- Valdez Rojas OA. 1983. Factores que influyen en la adopción de tecnología agropecuaria en el Altiplano Norte. Tesis Ing. Agr. Cochabamba, BO, Universidad Mayor de San Simón. 75 p.
- Zapp, J. 2000. Reporte de misión del consultor internacional en la organización "El Ceibo" entre los días 23 y 31 de marzo del 2000, dentro del marco de la asistencia FAO al proyecto Bol/99/008. 24 p.