

LA INTERACCIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN HUÁNUCO, PERÚ

Vicente Pocomucha¹, Julio Alegre²

Recepción: 30 de mayo de 2014

Aceptado: 16 de noviembre de 2014

Resumen

El estudio evalúa el uso del potencial de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) y la interacción con los factores ambientales y económicos que los productores vienen manejando en el distrito José Crespo y Castillo, Huánuco, Perú. Para evaluar las 37 variables cuantitativas y cualitativas, se entrevistó a 36 productores de cacao utilizando una escala tipo Likert y, se aplicó el análisis de correlación de Spearman (r_s) para determinar la dependencia entre los factores en estudio. Los resultados indican que los sistemas agroforestales (SAF) están combinados entre 01 y 08 diferentes especies forestales y frutales (promedio 69 árboles por hectárea). Igualmente se determinó que el carbono almacenado en las parcelas varía entre 163,98 t C y 1 444,98 t C. Las variables que presentaron correlación significativa con el potencial de carbono almacenado fueron: La edad del sistema agroforestal (SAF) y densidad de árboles forestales (factor ambiental), rendimiento, costo de producción y grado de obtención de productos diferentes al cultivo de cacao (factor económico). Se concluye que todos los productores entrevistados presentan actitudes positivas hacia los SAF de cacao que no están valorándose adecuadamente en función del potencial de carbono almacenado, usándose para otros beneficios adicionales como la mejora de ingresos económicos y el nivel de vida familiar. El rendimiento (489 kg ha⁻¹) es bajo en comparación con el promedio regional y nacional.

Palabras clave: Cacao, sistemas agroforestales, factores económicos y ambientales, carbono almacenado, interacción.

Abstract

The study evaluated the potential of stored carbon in agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao* L.) and the interaction with environmental and economic factors that are being used by cocoa farmer in the district José Crespo y Castillo, Huanuco, Peru. To assess the 37 quantitative and qualitative variables 36 cacao farmers were surveyed using the Likert scale, the Spearman correlation analysis (r_s) was applied to determine the dependence between the factors under study. The results showed that agroforestry systems (AS) are combined from 01 and 08 different tree and fruit species (average 69 trees per hectare). It was also determined that the carbon stored in the AS osciled between 163.98 t C and 1444.98 t C. The variables showed significant correlated with the stored carbon potential in AS were: The AS age and tree forest density associated with cocoa trees (environmental factor), yield, production cost and amout of products different from cocoa (economic factor). We conclude that all cacao producers perceived farmers interviewed have positive attitudes towards AS cocoa. However they are not properly valuing a function of stored potential carbon, if they are not being used for other benefits such as improved income and level of family life. The yield (489 kg ha⁻¹) were very low compared to the regional and national level.

Key words: Cocoa, agroforestry systems, economic and environmental factors, stored carbon, interaction.

¹Docente, Universidad Nacional Agraria de la Selva. Departamento Académico de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables. E-mail: vicente.pocomucha@unas.edu.pe

²Docente, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n La Molina, Lima - Perú. E-mail: jalegre@lamolina.edu.pe

Introducción

La finalidad de los sistemas agroforestales es optimizar los efectos benéficos de las interacciones entre el componente arbóreo y no arbóreo del sistema, dándose las condiciones económicas, ecológicas y sociales predominantes (1). Estas interacciones múltiples generan procesos biológicos y productivos relacionados con el reciclaje de nutrientes, el flujo de energía, el desarrollo de cultivos y su nivel de producción; así como efectos derivados de las condiciones ambientales y del entorno socio económico (2).

Teniendo en cuenta que las emisiones estimadas de carbono derivadas de la deforestación mundial en los bosques tropicales, en la década de los noventa que alcanzaron 1.6 billones de t C año⁻¹, que constituye un 20% del total de emisiones hacia la atmósfera (1 t C = 3.67 t CO₂) (3). En el Perú las estimaciones de Gases de Efecto Invernadero en el año 2000, producidas por aprovechamiento de los bosques tropicales y por los cambios de uso de la tierra, representan el 47,5% de las emisiones netas del país. Donde la superficie deforestada, acumulada para la Amazonia peruana es de 7 172 554 ha, lo que representa el 9,3% de la superficie de los bosques amazónicos y el 5,6% del territorio nacional (4).

Es probable que los cambios climáticos anticipatorios tendrían efectos negativos en zonas tropicales de países en desarrollo (5), específicamente en poblaciones de bajos ingresos y vulnerables como la zona de estudio (prov. Leoncio Prado, Perú); donde los predios son menores a 10 ha, el 88% de plantaciones de cacao tienen menos de dos ha, es un producto no tradicional de mucha importancia social (generador de empleo e ingresos económicos); aunque los productores siguen manejando sus parcelas de forma tradicional y obtienen bajos rendimientos (549 kg ha⁻¹), cuya población de pobreza llega hasta el 47,1% (6, 7), y están expuestos en mayor grado a los efectos naturales extremos.

Entonces, como señalara (8) si las fuentes de ingreso en gran medida son dependientes de los recursos sensibles al calentamiento global y los recursos económicos y tecnológicos son limitados, durante el cambio climático será necesario realizar acciones de respuestas tanto globales como locales, que para (9) están vinculadas principalmente a la adaptación y mitigación ante futuros escenarios climáticos. Por ello, se ha considerado a la agroforestería, porque ofrece muchas ventajas especialmente para los pequeños productores que reducen la dependencia de un solo cultivo, permiten desarrollar actividades productivas económicas y ambientalmente más permitiendo y representan una práctica, con gran potencial para la captura de carbono que benefician a los

productores (10), y juegan un papel importante en el ciclo global de carbono como una opción de mayor captura de carbono que alcanza entre 25 y 250 t C ha⁻¹ (11). Esto se logra mediante la acumulación de carbono en la biomasa tanto de raíces vivas y muertas como en la biomasa aérea, y por la prevención de mayor deforestación, ya que los SAF permiten que los agricultores pueden continuar cultivando tierras ya deforestadas (12).

En la actualidad, se han desarrollado diferentes alternativas para reducir los impactos por deforestación, degradación de bosques y manejo de sistemas agroforestales; sin embargo es necesario conocer las interacciones del potencial de carbono almacenado en los SAF con los factores ambientales, sociales y económicos, ya que la complejidad de los problemas de los productores requieren realizar investigaciones apropiadas y localizadas, con esta perspectiva es importante generar información acerca de cómo están influenciados los factores ambientales y socioeconómicos de los SAF de cacao, considerando además la actitud de los productores cacaoteros, acerca del aprovechamiento de los recursos que le brinda su parcela de cultivo de cacao.

Siendo pertinente estudiar la capacidad de almacenamiento de carbono en los SAF de cacao, y no como el único componente a evaluar, si no considerando otros escenarios donde se consideren los aspectos sociales, económicos y ecológicos. Y asimismo porque la mayoría de investigaciones se centran en el estudio de la parte biológica, específicamente de las interacciones de los árboles sobre los animales y cultivos o viceversa. Sin embargo la aplicación y el desarrollo de los SAF no se sitúan únicamente en el factor biológico, sino que abarca al productor y a su entorno, debiendo identificarse también otras interacciones (13).

Planteándose como objetivo principal evaluar la interacción del potencial de carbono almacenado con los factores socio económicos y ambientales asociados en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) y establecidos bajo sombra, que vienen manejando los productores cacaoteros; promover y plantear la importancia y necesidad de establecer sistemas agroforestales como manejo sostenible del cultivo de cacao en el distrito José Crespo y Castillo (Huánuco).

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en un área con clima trópico de altura ubicado en selva alta; en el margen derecho del río Huallaga dividiéndose para ello en 4 sectores (Maronilla, Aucayacu, 7 de Octubre/Pucayacu y Los Milagros), ubicado entre

08° 21' 47.7" Latitud Sur y 76° 10' 16" Longitud Oeste y a 600 msnm. Distrito José Crespo y Castillo (Aucayacu), provincia Leoncio Prado, región Huánuco (14).

Población y muestra

Siendo el tamaño de muestra definitiva (n = 36 productores) que fue conformados a partir de 174 productores cacaoteros elegidos mediante muestreo aleatorio estratificado.

Metodología

Para evaluar el grado la intensidad y grado de influencia de los factores ambientales con el potencial de carbono almacenado en los SAF de cacao, se diseñó un cuestionario de entrevista, recopilándose la información de campo en 14

variables (Cuadro 1). El instrumento tenía graduación tipo Likert (5 = muy de acuerdo, 4 = de acuerdo, 3 = ni de acuerdo, ni en desacuerdo, 2 = en desacuerdo y 1 = muy en desacuerdo); cuya equivalencia categórica cuantitativa fue establecida en: 4-5 puntos (afirmación/aceptación a la pregunta y/o respuesta), 3 puntos (afirmación con tendencia al rechazo o negación), 1-2 puntos = negación o rechazo a la pregunta y/o respuesta.

Variables de respuesta

Las variables en estudio fueron el potencial de carbono almacenado en los SAF de cacao (t C ha⁻¹) y las variables ambientales (Cuadro 1).

En el análisis estadístico de pruebas no paramétricas de correlación se aplicó a Spearman (r_s) y el de Kruscal – Wallis.

Cuadro 1. Variables – indicadores cuantitativos y cualitativos en estudio. Distrito José Crespo y Castillo, año 2013.

Factor ambiental		
1.	SAF de cacao (ha)	8.
2.	Edad del SAF de cacao (años)	9.
3.	Grado de aceptación del cacao CCN-51	10.
4.	Grado de importancia del distanciamiento 3x3 m vs 10x10 m	11.
5.	Intensidad de asociación con especies (N°/ha)	12.
6.	Densidad de árboles forestales asociados al cacao (N°/ha)	13.
7.	Área de bosque primario (ha)	
Factor social		
14.	Recepción de capacitación	19.
15.	Intensidad de capacitación (N° horas)	20.
16.	Grado de mejora de la parcela SAF	21.
17.	Grado de importancia trabajar con la familia	22.
18.	Grado de motivación por la agricultura	
Factor económico		
23.	Precio de cacao (S./Kg)	27.
24.	Rendimiento de cacao (Kg/ha)	28.
25.	Costo de producción de cacao (S./ha)	29.
26.	Costo de mantenimiento de cacao (S./ha/año)	30.
		Área de bosque secundario (ha)
		Área de otros cultivos (ha)
		Grado del daño de las inundaciones
		Comunicar a las autoridades locales
		Grado de aceptación de aire limpio en su comunidad
		Volumen de uso de leña (Kg/semana)
		Grado de satisfacción en la aplicación de SAF de cacao
		Grado de utilidad de la capacitación en SAF de cacao
		Grado de intención de continuidad con el SAF de cacao
		Tiempo de conocimiento del SAF (años)
		Grado de importancia dedicarse a su parcela SAF de cacao
		Grado de obtención de productos diferentes de la producción de cacao
		Intención de incrementar el SAF de cacao (ha)
		Grado de aceptación de bonos de carbono

Resultados

La caracterización de los SAF resultantes según las variables cualitativas de los aspectos generales; así como el grado de motivación por la agricultura, grado de satisfacción en la aplicación del SAF de cacao y grado de obtención de productos diferentes al cacao, para los productores cacaoteros para el área de estudio muestran actitudes positivas (Figura 1).

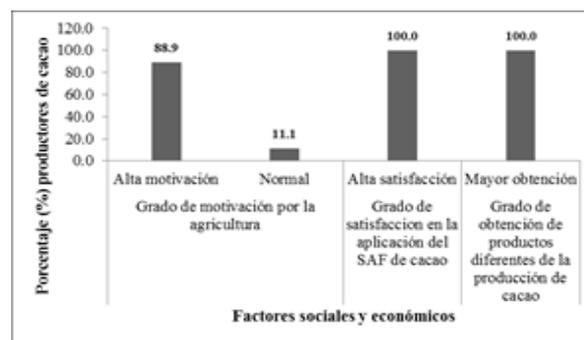
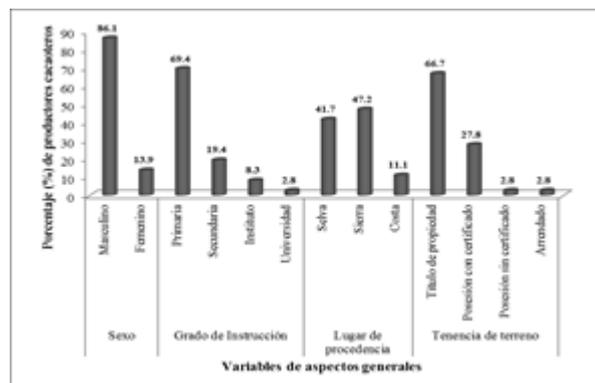


Figura 1. Variables sexo, grado de instrucción, lugar de procedencia y tenencia de terreno de los productores cacaoteros. Actitudes de los productores cacaoteros, respecto a variables económicas y sociales cualitativas. Distrito José Crespo y Castillo, año 2013.

Factores en estudio

La evaluación resultante para las variables cuantitativa para según estadística descriptiva; describe; así como los Intervalos de confianza para el 95%, se describen en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Medias, desviación estándar (DE) e intervalos de confianza (IC) de las variables cuantitativas de los factores ambientales y socioeconómicos. Distrito José Crespo y Castillo, año 2013.

N°	Variables cuantitativas	N°	Media ±DE	IC 95%
1	Numero de miembros de familia dedicados al SAF	36	3,08 ±1,23	2,66 – 3,39
2	Edad agricultor (años)	36	55,89 ±11,46	52,01 – 59,77
3	Edad del SAF (años)	36	6,63 ±4,07	5,25 – 8,00
4	SAF de cacao (ha)	36	4,01 ±2,43	3,19 – 4,84
5	Intensidad de especies asociados con cacao (ha)	36	4,14 ±1,64	3,58 – 4,69
6	Densidad de árboles forestales asociados (ha)	36	69,17 ±22,66	61,50 – 76,83
7	Área de bosque primario (ha)	36	3,63 ±8,61	0,71 – 6,54
8	Área de bosque secundario (ha)	36	3,07 ±4,74	1,46 – 4,67
9	Área de otros cultivos (ha)	36	2,47 ±2,92	1,47 – 3,45
10	Volumen de leña utilizada (Kg/semana)	36	65,33 ±9,06	62,27 – 68,40
11	Intensidad de capacitación en SAF (horas)	36	2,88 ±0,92	2,56 – 3,19
12	Tiempo de conocimiento del SAF de cacao (años)	36	12,67 ±10,14	9,23 – 16,10
13	Precio de cacao (S/. /Kg)	36	5,23 ±0,13	5,18 – 5,27
14	Rendimiento cacao (Kg/ha)	36	489,17 ±336,50	375,31 – 603,02
15	Costo de producción SAF (S/. /Kg)	36	3 527,78 ±568,01	3 335,59 – 3 719,96
16	Costo de mantenimiento SAF (S/. ha/año)	36	379,17 ±191,38	314,41 – 443,92
17	Intención de incrementar el SAF de cacao (ha)	36	2,69 ±1,82	2,08 – 3,31
18	Carbono almacenado (t/ha)	36	526,54 ±318,73	418,70 – 634,38

Interacción de factores

En la Cuadro 3 se presentan los resultados de interacción entre los factores ambientales y socioeconómicos que presentaron correlación significativa con el potencial de carbono almacenado en los SAF de cacao. Las variables edad del SAF ($r_s = 0,374^*$) y la densidad de árboles

forestales asociados al cacao ($r_s = 0,732^{**}$) pertenecen al factor ambiental; el rendimiento ($r_s = 0,438^{**}$), costo de producción ($r_s = 0,518^{**}$) y grado de obtención de productos diferentes a la producción cacao ($r_s = -0,376^*$) pertenecen al factor económico; y el grado de satisfacción en la aplicación de SAF de cacao ($r_s = 0,356^*$) pertenece al factor social.

Cuadro 3. Correlación de la variable potencial de carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao. Distrito José Crespo y Castillo, año 2013.

Variables	Edad de SAF de cacao (años)	Densidad de árboles ^a (ha)	Grado de satisfacción ^b	Rendimiento (Kg/ha)	Costo de producción (S/./ha)	Grado de obtención ^c
Carbono almacenado en SAF de cacao (t/ha)	0,374 [*]	0,732 ^{**}	0,356 [*]	0,438 ^{**}	0,518 ^{**}	-0,376 [*]

* = Significación estadística (p<0,05) ** = Significación estadística (p<0,01)
 a = forestales asociados al cacao b = en la aplicación del SAF de cacao
 c = de productos diferentes de la producción de cacao

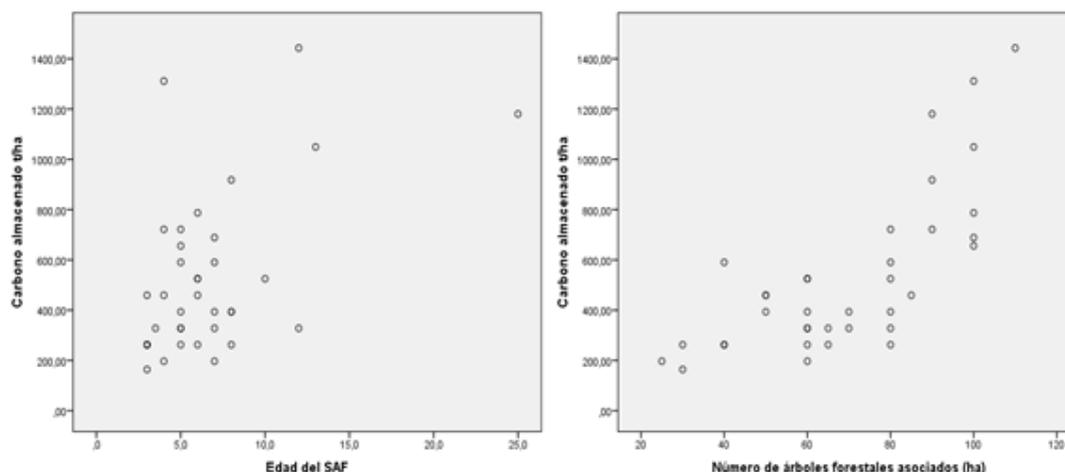


Figura 2. Relación del contenido de carbono almacenado entre densidad de árboles forestales asociados y la edad en SAF de cacao. Distrito José Crespo y Castillo, año 2013.

Discusión

Caracterización de los SAF

En la zona de estudio, las variables sexo (varones 86,1%), el grado de instrucción (primario 69,4%) y procedencia (sierra 47,2% selva 41,7%) indica migracionismo, confirmándose que tener un arraigo cultural es sinónimo de conocimiento sobre la agricultura que facilitan la implementación del SAF de cacao; lo cual tiene correspondencia con (15), en que el desarrollo de sistemas agroforestales, las sociedades locales no son estáticas, y en la mayoría de la regiones rurales se enfrentan un crecimiento poblacional e inmigraciones como la modificación en la agricultura.

En relación a la posesión del título de propiedad (66,7%), con certificado de posesión (27,8%) y el restante 5,5% arrendatarios; se infiere que la tercera parte (33,3%) como no son propietarios jurídicamente están limitados a su financiamiento; lo cual es común en la Amazonía peruana (16) aunque la estructura de propiedades están altamente fragmentadas (17), la producción de cacao en pequeñas parcelas es característica típica de la zona, la que hace difícil su desarrollo económico por tenencia de tierras es soslayadas (18).

Potencial de carbono almacenado

En los SAF de cacao el contenido de carbono almacenado en las parcelas (varían entre 163,98 y 1 442,98 t C) es un sumidero por el potencial de captura de carbono (12), aunque los resultados homogéneos según el sector, el sexo, el grado de instrucción y el lugar de procedencia son contradictorios a (19), ya que el carbono almacenado en los SAF dependen de la cantidad de especies forestales, del tipo de cultivo, de la edad y del tipo de suelo.

Factor ambiental

Sobre la asociación con especies forestales y el tiempo promedio de existencia (siete años máx. 25) y adoptado recientemente como sistemas agroforestales, la proporción de su asociatividad es 1:8 especies diferentes (densidad promedio 69 árboles/ha) que coincide con los hallazgos de (16, 20). Confirmándose que en sistema SAF, el árbol es importante ya que producen interacciones ecológicas, económicas y entre componentes arbóreos y no arbóreos, que incrementan la diversidad biológica (1).

Factor social

Considerando que los SAF de cacao, son formas de uso de la tierra, que incluyen especies forestales y frutales, para diversificar la producción e incrementar los beneficios económicos y ambientales, generan diferentes cambios sociales

en los productores, quienes experimentan altas satisfacciones y motivación (88,9%), ya que los SAF satisfacen necesidades dando mayor seguridad al productor ante la inestabilidad de precios; mejorando de la seguridad alimentaria de los pequeños productores mediante un manejo adecuado, ya que resulta favorable para la producción, los ingresos económicos por venta de madera y otros bienes adicionales (21, 22).

Factor económico

Las variables inestables que dependen del ingreso por la venta del cacao son los costos promedio de producción (s/. 3 527,00/ha), mantenimiento (s/. 379,00/ha) y precio unitario (s/. 5,20/kg). Resultando inadecuado los medios de comercialización y que el costo y mantenimiento de SAF de cacao están relacionados a la tecnología utilizada (9).

El rendimiento promedio de cacao (489 kg ha⁻¹) logrado por los productores es bajo, debido a que el SAF está manejándose de forma tradicional y las especies forestales dispersas en el área de cultivo son producto de la regeneración natural, cuyos rendimientos están por debajo del promedio nacional (549 kg ha⁻¹) (6).

Las ventajas por dedicarse a las parcelas SAF estuvieron respaldados por la totalidad de los entrevistados, en razón de que les permite obtener simultáneamente y todo el año diferentes productos como la madera, leña, frutos y semillas, esto aun cuando no son manejados apropiadamente. Y naturalmente la totalidad de ellos están dispuestos aceptar los bonos de carbono por manejar su parcela SAF, y como indican (1, 23), además de ofrecer servicios ambientales por almacenamiento de carbono podrían ingresar al mercado de carbono.

Interacción entre los factores ambientales y económicos

En el factor ambiental la correlación entre el potencial de carbono almacenado y la edad del SAF de cacao (Figura 2), nos indican que a mayor edad del SAF existirá tendencia al incremento de carbono almacenado, esto debido a la fisiología de la planta de cacao, a las prácticas culturales durante la producción y podas de formación, que facilitarán una mayor tasa de fijación de carbono (24). Por otro lado, la correlación con la densidad de árboles forestales asociados con el cultivo de cacao, nos muestra que a mayor número de árboles asociados también será mayor el almacenamiento de carbono en los SAF de cacao. Como es conocida las plantas capturan el CO₂ de la atmosfera a través de la fotosíntesis y almacenan el carbono en sus estructuras leñosas, que influyen en los SAF con la mayor densidad de árboles. Dichos resultados concuerdan en que el carbono

almacenado en los SAF varía en función de la edad y la densidad de poblaciones de cada sistema (11, 19). Donde los componentes señalados interactúan biológicamente y al menos uno de ellos es una especie manejada con fines agrícolas (25), además de existir interacciones entre los elementos arbóreo y no arbóreo del sistema (1).

Por otra parte, entre el factor económico existe correlación con el rendimiento, lo que demuestra que el aumento del rendimiento de cacao existe tendencia a incrementarse el carbono almacenado en el SAF. Confirmándose que los árboles mejoran su productividad de los SAF, también mejoran su fertilidad del suelo, el microclima, la capacidad de absorción del agua, el almacenamiento de CO₂ y otros componentes. Además con los árboles incluidos en el SAF maximizan las interacciones y afectan en forma positivas a las plantas de cacao, produciendo mayor incremento en el rendimiento y aumento de carbono en el sistema (26). Los rendimientos bajos de cacao (489 kg ha⁻¹ en promedio) en la zona podrían deberse al limitado conocimiento en las técnicas de producción, gestión agrícola, calidad y material de siembra. Así como al factor edad avanzada de plantaciones, la falta de capacitación permanente y la organización de los productores cacaoteros (27).

En cuanto a la correlación con el costo de producción del SAF, podemos inducir que al conservar y manejar el cultivo de cacao asociado con especies forestales y obtener mayor rendimiento del cacao se generan mayor costo de producción. A mayor densidad de plantación aumentan los costos totales por hectárea, que también están determinados por el uso de mano de obra, materiales y servicios, variando con la especie forestal (28). Y los SAF presentan limitaciones, al no generar ingresos económicos rentables en los primeros años de instalación (ni por los árboles ni por el cultivo de cacao), hasta que éstos empiezan producir y los ingresos económicos también van incrementándose a medida que el rendimiento va en aumento, llegando a un punto de equilibrio a partir de la misma que empiezan generar saldos positivos para el productor. Por eso, los beneficios no son a corto plazo y la estabilidad como los retornos económicos se obtendrán a mediano y largo plazo. Pero está claro que los SAF disminuyen los riesgos económicos de los productores al diversificar la producción (29).

La correlación negativa encontrada con la variable grado de obtención de productos diferentes de la producción de cacao, nos indica que a mayor extracción de otros productos diferentes al cultivo de cacao en el SAF menor será el almacenamiento de carbono. Estos resultados nos muestran que los SAF proveen al agricultor diferentes bienes adicionales al cultivo de cacao, entre otros la madera, la leña, los frutos y semillas.

Considerando que los SAF proporcionan servicios ambientales como sumidero de CO₂ y se encuentran dentro de algún proyecto por pago de bonos de carbono, los resultados obtenidos serían relevantes, ya que a mayor almacenamiento de carbono por el SAF de cacao, menor será la obtención de otros productos de la parcela. Y como es sabido toda actividad de extracción del SAF incluida la poda de árboles, pueden ser consideradas como pérdida de carbono almacenado (30), cuando se cosechan los árboles de los SAF, el carbono secuestrado temporalmente en el componente arbóreo se libera otra vez a la atmósfera con la descomposición de su madera (31) y, el papel más grande de la agroforestería en relación al cambio climático, consiste en la mitigación de emisiones del CO₂, considerando al árbol como un componente muy importante para el almacenamiento de carbono (32).

Conclusiones

Los productores cacaoteros mayormente son varones (86,1%), con instrucción primaria (69,4%), proceden de la sierra (47,2%) y el 33,3% no poseen título de propiedad. Determinándose que el carbono almacenado en las parcelas varían entre 163,98 t C y 1 442,98 t C.

Los productores cacaoteros tienen actitudes **positivas** o favorables y están motivados por la aplicación de los sistemas agroforestales de cacao (88,9%) y presentan alta satisfacción la totalidad de ellos.

La inclusión de árboles en las parcelas agroforestales no están valorándose adecuadamente en función del potencial de carbono almacenado, si no para otros beneficios adicionales como la mejora de ingresos económicos y el nivel de vida familiar. Las parcelas estudiadas están combinadas entre uno y ocho diferentes especies forestales y frutales (promedio 69 árboles), existiendo algunos SAF asociados con especies de regeneración natural, pero su distribución no es homogénea, reconociéndose que las especies forestales proveen estabilidad ecológica y económica a los productores.

Los costos de producción y mantenimiento son variables (entre s/. 2 500,00 a 4 800,00) que equivale el 46,8% del promedio departamental; aunque la variación depende de la tecnología utilizada y de los ingresos obtenidos por la venta de cacao a intermediarios. En la zona el rendimiento de cacao es bajo comparando con los rendimientos regionales y nacionales.

De los factores socioeconómicos y ambientales estudiados, las variables que presentan correlación positiva con el potencial de carbono almacenado, son la edad de los SAF y la densidad de árboles forestales asociados con el cultivo de cacao que

pertenecen al factor ambiental; y el rendimiento y costo de producción que pertenecen al factor económico. Dentro de ésta la variable grado de obtención de productos diferentes de la producción de cacao presenta correlación negativa.

Referencias bibliográficas

- Nair PKR. Classification of agroforestry systems. En: *Agroforestry System*. 1985; 3(2): 97-128.
- Beer J, Ibrahim M, Somarriba E, Barrance A, Leakey R. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. *Árboles de Centroamérica*; 2004.
- Parker C, Mitchell A, Trivedi M, Mardas N. *The Little REDD+ Book*. Global Canopy Programme; 2009.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA y Consejo Nacional del Ambiente – CONAM. Memoria Descriptiva del Mapa de Deforestación de la Amazonia Peruana 2000. Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire – PROCLIM. Lima: INRENA, CONAM; 2005.
- Cline R. Global warming and agriculture: impact estimates by country. Center for Global Development. Washington, DC.; 2007.
- Arévalo E, Zuñiga L, Arévalo C, Adiazola J. Cacao: manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la Amazonía Peruana. Instituto de Cultivos Tropicales (ICT). Tarapoto, Perú; 2004.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Mapa de pobreza. Lima Perú; 2007.
- Samayos S. Mercado de carbono, oportunidades para proyectos de pequeña escala. SNV. 2.ª ed. Col. Kennedy, Tegucigalpa, Honduras; 2011.
- Torres J, Tenorio A, Gómez A. Agroforestería: una estrategia de adaptación al cambio climático propuesta de adaptación tecnológica del cultivo de café y cacao en respuesta al cambio climático en San Martín. Soluciones Prácticas-ITDG. Lima, Perú; 2008.
- Fassbender HW. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Serie de materiales de enseñanza. Turrialba, Costa Rica; 1993.
- Alegre JC, Ricse A, Arévalo L, Barbaran J, Palm C. Reservas de carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonía peruana. Symposium Internacional de Agroforestería. Manaus, Brasil EMBRAPA; 2000.
- Schroeder P. Carbon storage benefits of agroforestry systems. *Agroforestry Systems*. 1994; 27: 89-97.
- Borel R. Interacciones en sistemas agroforestales: hombre - árbol - cultivo - animal. In *Avances en la investigación agroforestal*. Eds. J.W. Beer, HW. Fassbender, J. Heuvelodp. CATIE, Turrialba, Costa Rica; 1989. Pp. 119-138.
- Valencia F, Fernández P, Ríos J, Muñoz M. Diagnóstico sectorial socioeconómico y ambiental. FLOAGRI. Tingo María, Perú; 2007.
- Wiersum K. Significado de la organización social y de las actitudes culturales en el desarrollo forestal. *Avances en la investigación agroforestal*. Memoria de Seminario. Turrialba Costa Rica; 1985. Pp. 26-38.
- Vásquez RW, Ríos J, Valencia F, Muñoz M. Caracterización de los sistemas agroforestales de la cuenca media margen derecha del río Huallaga - Aucayacu - Perú. FLOAGRI. Tingo María, Perú; 2008.
- Ríos J, Valencia F, Muñoz M. Expansión y trayectoria de la ganadería en la Amazonía: Alto Huallaga, Perú, UNAS Tingo María Perú; 2003.
- De Janvry A. *The Agrarian Question and Reformism in Latin America*. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press; 1981.
- Lapeyre T, Alegre J, Arévalo L. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de tierra en San Martín, Perú. *Revista Ecología Aplicada*. 2004; 3(1,2): 35-44.
- Villalobos M, Acuña K. Una experiencia de manejo ambiental en cacao en los territorios indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca-Costa Rica. El caso del Proyecto Captura de Carbono. 1.ª ed. Turrialba, Costa Rica; 2009.
- Renda A, Calzadilla E, Jiménez M, Sánchez J. La agroforestería en Cuba. Instituto Investigaciones Forestales. Red Latinoamericana de Coop. Técnica en Sistemas Agroforestales. Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. Of. Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile; 1997.
- Navarro PM, Mendoza AI. Cultivo del cacao en sistemas agroforestales. Guía Técnica para Promotores. Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio El Castillo, Río San Juan, Nicaragua. ProDeSoc.; 2006.
- Villanueva C, Wachtel G. Agroforestería en la Región San Martín: manual de promoción y capacitación para extensionistas. Manual Técnico; 2009.
- Concha JY, Alegre JC, Pocomucha V. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. En el Departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*. 2007; 6(1, 2): 75-82.
- Somarriba E. ¿Qué es la agroforestería?. *Sistemas agroforestales*. CATIE, Turrialba, CR. Serie Técnica. Manual Técnico; 1998. Pp. 1-14.
- Anderson LI, Sinclair F. Interacciones ecológicas en los sistemas agroforestales. En: Jiménez F. y Vargas A. Editores. *Sistemas*

- Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ; 1993. Pp. 25-84.
27. Córdova V, Sánchez M, Estrella NG, Macías A, Sandoval E, Martínez T, et al. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el ejido Francisco I madero del plan Chontalpa Tabasco, México. Universidad y Ciencia. 2001; 17(34): 92-100.
28. Gómez M, Reiche C. Costos de establecimiento y manejo de plantaciones forestales y sistemas agroforestales en Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica; 1996.
29. Altieri M. Directrices para diseñar proyectos agrícolas de pequeña escala ambientalmente saludables. En: Sepúlveda Sergio y Edwards Richard (Comp.): Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Rural. San José, IICA; 1997. Pp. 287-309.
30. Lal R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ enrichment. Soil Tillage Research. 1997; 43: 81-107.
31. Jiménez F, Muschler R. Agroforestería y Recursos Naturales. En: Jiménez F, Muschler R, Kopsell E. Editores. Funciones y Aplicaciones de Sistemas Agroforestales. Módulo de Enseñanza Agroforestal. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ; 2001. Pp. 47-58.
32. Rao K, Verchot L, Laarman J. Adaptation to climate change through sustainable management and development of agroforestry systems. World Agroforestry Center. SAT. 2007; 4(1):1-30.