

Índice

Editorial

La contribución del Proyecto Cacao Centroamérica al estímulo del sector cacaoero de Centroamérica
Eduardo Somarriba y Marilyn Villalobos 4

Foro

El PCC desde el prisma de sus socios 6

Avances de Investigación

Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala, Nicaragua
Eusebio Ayestas, Luis Orozco, Carlos Astorga, Rodolfo Munguía, Carolina Vega 18

Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá
Claudio Córdoba, Rolando Cerda, Olivier Deheuvels, Eduardo Hidalgo, Fabrice Declerck 26

Carbono en sistemas agroforestales de cacao de la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica
Rolando Cerda Bustillos, Tania Espin Chion, Miguel Cifuentes 33

Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua
Verónica Poveda, Luis Orozco, Cristóbal Medina, Rolando Cerda, Arlene López 42

Conocimiento local sobre los atributos deseables de los árboles y el manejo del dosel de sombra en los cacaotales de Waslala, Nicaragua
Claudia Silva, Luis Orozco, Mark Rayment, Eduardo Somarriba 51

Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua
Aura Matey, Lester Zeledón, Luis Orozco, Francisco Chavarría, Arlene López 61

Existencias de especies maderables y frutales en fincas de Waslala, Nicaragua
Erick Almendarez, Luis Orozco, Arlene López 68

Posicionamiento y gobernanza de Cacaonica en la cadena de valor del cacao orgánico de Nicaragua
Javier Montoya, Ruth Junkin, Verónica Gottret, Dietmar Stoian 78

Formas y efectos de la gobernanza forestal en los territorios indígenas bribri y cabécar de Alta Talamanca, Costa Rica
Sandra E. Candela, Dietmar Stoian, Eduardo Somarriba, Marilyn Villalobos 85

Artículos invitados

El cacao y la salud humana: propiedades antioxidantes del cacao nicaragüense y productos alimenticios comercializados
Sara Negaresh, Iván Marín 93

Evolución, aplicación y futuro de la agroforestería en Nicaragua
Luis Orozco Aguilar, Arlene López Sampson 99

¿Cómo Hacerlo?

¿Cómo diseñamos y ejecutamos el Proyecto Cacao Centroamérica para estimular al sector cacaoero de Centroamérica?
Eduardo Somarriba, Marilyn Villalobos, Rolando Cerda, Carlos Astorga, Shirley Orozco, Adriana Escobedo, Eduardo Say, Olivier Deheuvels, Luis Orozco, Ruth Junkin, Romina Villegas, Arlene López, Jazmín Salazar 111

¿Cómo se hacen las historietas educativas del Proyecto Cacao Centroamérica sobre el manejo sostenible del cacao?
Eduardo Somarriba, Francisco Quesada, Marilyn Villalobos, Shirley Orozco, Alexander Corrales 127

Reseñas 135

Publicaciones MAP-PCC del 2008 al 2012 141

Agroforestería en las Américas
Nº 49, 2013

Agroforestería en las Américas



Secadora de cacao. Instalaciones de APPTA.



Terminalia oblonga en cacaotales de Kusulí, Waslala, RAAN, Nicaragua. Foto: L. Orozco



Colección de historietas sobre el manejo del cultivo de cacao producidas por CATIE-PCC

La contribución del Proyecto Cacao Centroamérica al estímulo del sector cacaotero de Centroamérica

En Centroamérica, el interés por el cultivo de cacao ha crecido significativamente en la última década. Varias razones están detrás de este interés; entre ellas, los buenos precios del grano, la demanda creciente de la industria de chocolates finos y gourmet por los genotipos trinitarios-acriollados que se cultivan en la región y el apoyo financiero y político de la cooperación nacional e internacional al sector cacao en cada país. Las zonas productoras de cacao de Centroamérica se ubican mayormente en la vertiente caribeña y coinciden, geográficamente, con las zonas prioritarias de conservación del Corredor Biológico Mesoamericano. Numerosos grupos étnicos cultivan cacao en las zonas de amortiguamiento de varias reservas y áreas protegidas de valor nacional e internacional. Estos pueblos indígenas –como el ngobe en Panamá, bribri y cabécar en Costa Rica; maya kekchí y maya mopán en Guatemala y Belice; mayangna y misquitos en Nicaragua y Honduras– son el grupo meta de programas globales y nacionales de diversidad cultural y reducción de la pobreza.

Con el despertar del interés por el cacao se pusieron en evidencia las necesidades de los diferentes actores del sector cacaotero centroamericano. En el eslabón de producción, las familias cacaoteras en sus fincas y los profesionales de las agencias de extensión gubernamentales y ONG que proveen asistencia técnica requerían remozar sus conocimientos y destrezas en los temas de la cacaocultura moderna (uso de clones y plantas de porte bajo, manejo agroforestal del dosel de sombra para la producción diversificada de bienes para el consumo familiar, uso en la finca o venta; provisión de servicios ecosistémicos, certificación y acceso a mercados nicho y de alta calidad). Las organizaciones de los productores cacaoteros, que incluyen cooperativas y asociaciones (COA), y se encargan del acopio, certificación y venta del cacao, requerían fortalecer sus equipos gerenciales-administrativos y líderes políticos para enfrentar el reto de ofrecer mayores volúmenes de cacao, mejorar sustancialmente la calidad del cacao

para satisfacer las exigencias del mercado y mejorar sus estrategias de comunicación interna (con socios) y externa (con otras COA, instituciones de cooperación, clientes e industrias). Todo esto en un contexto de reducción (o eliminación total) del apoyo financiero de la cooperación internacional y de las empresas comercializadoras del cacao de las COA. Esta situación puso a las organizaciones en una posición inédita, al no tener asegurado el apoyo financiero para mantener sus esquemas de certificación o administración del acopio y venta, ni el mercado, ni el precio para su cacao. Hasta hace poco, el apoyo de los gobiernos centrales al sector cacao eran incipientes (el peso económico relativo del cacao en las economías de los países centroamericanos es insignificante, por lo que no atrae la atención de los políticos) y los actores se encontraban aislados y con pocos contactos y alianzas entre ellos. Era necesario, entonces, estimular el establecimiento y funcionamiento de mesas nacionales, agrocadenas, *clusters* y otros espacios de concertación de los actores cacaoteros en los seis países cacaoteros de Centroamérica. En estos espacios se lograría el estímulo para compartir, discutir y decidir sobre los temas centrales del desarrollo cacaotero nacional, e identificar y concretar alianzas; en fin, construir un sentimiento de grupo, armar una agenda y acción común concertada.

El Proyecto “Competitividad y Ambiente en los Territorios Cacaoteros de Centroamérica”, conocido popularmente como “Proyecto Cacao Centroamérica” (PCC) trabaja en las principales zonas cacaoteras de seis países (Bocas del Toro, Panamá; Talamanca y Upala, Costa Rica; Waslala, Nicaragua; Costa Norte, Honduras; Costa Sur y Alta Verapaz, Guatemala; Toledo, Belice). El PCC es una iniciativa del CATIE, ocho organizaciones de productores y varios socios (CIRAD, FHIA Honduras, FAUSAC Guatemala). El PCC es parte del Programa Agroambiental para Mesoamérica (MAP) del CATIE y es financiado por la Real Embajada de Noruega (US\$ 5 millones para 5 años, 2008- 2012).

El PCC puede mostrar varios resultados importantes. Por ejemplo, introdujo la última generación de clones de cacao con tolerancia a moniliasis (*Moniliophthora roreri*), buen rendimiento y alta calidad de cacao provenientes de la investigación sobre mejoramiento genético del CATIE en los últimos 15 años. Los nuevos clones (serie CATIE_Rx) se establecieron en una red de 38 jardines clonales en las comunidades cacaoteras de Centroamérica y en un amplio rango de condiciones agroecológicas y socioeconómicas. Estos jardines clonales permiten demostrar el desempeño local de los clones, como unidades de investigación y como fuente de yemas y patrones en un eventual programa de expansión cacaotera con clones. Mediante el programa de educación de escuelas de campo (ECA), el PCC aumentó los conocimientos y habilidades de 5082 familias cacaoteras (10.804 personas, 39% mujeres) socias de las COA. Se fortaleció el manejo empresarial y asociativo de las COA, lo que elevó la rentabilidad de la empresa y mejoró sustancialmente la relación entre dirigentes y familias socias.

El PCC apoyó el funcionamiento y análisis temático en las mesas nacionales y locales de concertación del sector cacao en seis países de Centroamérica. En numerosos foros técnicos se discutieron a profundidad la ciencia y la técnica detrás de las grandes decisiones en el desarrollo del sector: ¿Qué germoplasma utilizar? ¿Cómo alcanzar la calidad total con el cacao centroamericano? ¿Cómo vincularnos mejor con los productores para orientar el cambio tecnológico? ¿Cómo aprovechar la producción diversificada y la provisión de servicios ecosistémicos de los cacaotales en el mejoramiento de la economía familiar y en las estrategias de mercadeo de las COA? Se buscó dar respuesta, científicamente, a esas preguntas en cada país junto con los actores locales y se tomaron decisiones importantes que mejoraron el marco político y la cooperación entre los actores del sector cacaotero en cada país. Ya se observan avances. En los últimos tres años los gobiernos de Nicaragua, Costa Rica y Panamá, representados por los ministerios de agricultura y de industria y comercio, han apoyado al sector cacao con diversas medidas; por ejemplo, la adhesión del país a la Organización Internacional de Cacao (IICO) que permite optar por certificaciones nacionales en la categoría de productor de cacao fino de aroma y el acceso a fondos y proyectos de fomento cacaotero. El PCC produjo numerosos materiales educativos, informativos, de extensión, educación universitaria, paquetes informáticos y otros productos en línea; numerosos reportajes en radio, prensa y televisión que ayudaron a compartir los resultados, metodologías y experiencias del PCC con un amplio grupo de actores.

Al igual que otros proyectos del CATIE, el modelo de desarrollo impulsado por el PCC se basa en la gestión agroecológica de la producción cacaotera con base en información científica actualizada y relevante para el escenario local de acción. La integración de desarrollo-investigación-educación-comunicación-cooperación es central a la operación del PCC. En el quinquenio anterior, el PCC -con su equipo de nueve investigadores- realizó 50 investigaciones con la colaboración de 55 estudiantes (maestría, licenciatura, pasantes) de 17 universidades de 14 países, y cinco consultores. Los estudios aportaron información y conocimiento útil para la gestión del PCC (estudios de línea base, monitoreo y evaluación), enriquecieron las actividades de capacitación y contribuyeron al conocimiento científico global.

El PCC estableció una red de parcelas permanentes de investigación compuesta por más de 200 sistemas agroforestales de cacao y más de 20 parches de bosques, distribuidos en cinco países de Centroamérica. En esta red de parcelas se evaluó la capacidad de los cacaotales para aportar bienes para el beneficio familiar y proveer servicios ambientales a la sociedad. Las investigaciones permitieron determinar la capacidad de los cacaotales para almacenar carbono, mejorar la calidad del suelo, mantener altos niveles de riqueza y abundancia de taxones (vegetación, polinizadores del cacao en la hojarasca, herpetofauna, macrofauna de suelo) indicadores del estado ecológico del cacaotal. Los principales resultados se han divulgado en comunidades rurales, en foros nacionales y en revistas científicas internacionales.

Este número de *Agroforestería en las Américas* pone a disposición de tomadores de decisión, formuladores de proyectos de desarrollo, equipos técnicos y académicos, los principales resultados del Proyecto Cacao Centroamérica y sus avances de investigación. Los temas van desde el estudio de polinizadores en cacao, almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales, identificación de árboles superiores, hasta la contribución de los sistemas agroforestales a los ingresos de las familias, arreglos institucionales y gobernanza.

Esperamos que esta publicación informe a la comunidad técnica y académica cacaotera de Centroamérica, y de otras latitudes, de los avances logrados en el mejoramiento de la producción sostenible de cacao y en la formulación de mejores proyectos cacaoteros de desarrollo.

Eduardo Somarriba y Marilyn Villalobos

El PCC desde el prisma de sus socios

El Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) es un componente del Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP), ejecutado por el CATIE con financiamiento de la Embajada de Noruega. Esta iniciativa centroamericana se ha ejecutado gracias al aporte y la integración de diversos socios internacionales, regionales y nacionales en cada país, para mejorar la calidad de vida de 6000 familias productoras indígenas y campesinas, que se encuentran en zonas remotas, con limitados accesos y en condiciones de pobreza. Estas zonas coinciden con el Corredor Biológico Mesoamericano, eje central de la conservación de la biodiversidad en zonas de conectividad entre áreas protegidas.

El grupo de organizaciones coejecutoras está encabezado por las cooperativas y asociaciones productoras de cacao (COA) más importantes de la región: la Cooperativa de Servicios Múltiples de Cacao Bocatoreña R.L. (Cocabo) en Panamá; en Costa Rica, la Asociación de Pequeños Productores de Talamanca (Appta), la Comisión de Mujeres Indígenas de Talamanca (Acomuita) y la Asociación de Productores de Cacao de Upala (Procau); en Nicaragua, la Cooperativa de Servicio Agroforestal y de Comercialización de Cacao (Cacaonica); en Honduras, la Asociación de Productores de Cacao (Aprocacaho); en Guatemala, la Asociación de Productores de Cacao del Sur Occidente de Guatemala (Aproca), la Asociación de Sembradores de Cacao de la cuenca del Nahualate (Asecan), la Fundación Fray Domingo de Vico y la Plataforma de Organizaciones Cacaoteras de Alta Verapaz y, finalmente, The Toledo Cocoa Growers Association (Asociación de productores de Cacao de Toledo, TCGA) en Belice.

Los esfuerzos de estas COA se complementaron con otras dos organizaciones centroamericanas que fungen también como coejecutoras: la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (FAUSAC) de Guatemala y la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA).

Para lograr sus objetivos, el PCC se ha aliado con organizaciones internacionales que han colaborado en la modernización de la cacaocultura de la región. A nivel internacional, las organizaciones socias del PCC son: el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), la Unidad Regional de Asistencia Técnica para Centroamérica (RUTA), Bioversity Internacional (BI), Humane Society International (HSI) y la Fundación Mundial del Cacao (WCF).

Además, en cada país existe una red de socios que, en alianza, han logrado fortalecer el sector y facilitar procesos de gestión de conocimiento para la promoción de nuevas tecnologías que mejoren la calidad de vida de las familias cacaoteras. El aporte de estas organizaciones socias, en fondos efectivos y en especie, han sido esenciales para alcanzar los logros del PCC.

En 2011 la producción mundial de cacao fue de 3,6 millones de toneladas, de las cuales Centroamérica produjo solamente 4500 toneladas. Es por esto que esta región no podría competir por volumen, pero sí por calidad, pues posee variedades de cacao de aromas y sabores de interés para la industria de chocolates finos. Explotar este potencial y dinamizar el sector ha sido el trabajo que el PCC ha realizado en los últimos cinco años junto a más de 100 organizaciones aliadas. A continuación se retratan las experiencias de algunos socios claves y otros actores importantes con respecto a los temas en los que el proyecto trabajó con más fuerza: establecimiento de jardines clonales, escuelas de campo y otras capacitaciones, cooperación e incidencia y fortalecimiento empresarial. En las palabras de las personas entrevistadas se evidencian conclusiones, logros, limitaciones y perspectivas para el sector cacaotero centroamericano.

PANAMÁ

Rubén Gallego Aguilar. Presidente de Cocabo



Junta Directiva de COCABO. Septiembre, 2012.

La Cooperativa de Servicios Múltiples de Cacao Bocatoreña es la primera cooperativa agrícola de Panamá. Fue fundada en 1952, con diecinueve socios y una socia. Actualmente cuenta con 1800 miembros (mujeres y hombres), la mayoría de los cuales se dedican al cultivo del cacao orgánico. Aproximadamente 2000 familias de pequeños agricultores se benefician de esta actividad. La mayor parte son indígenas que comercializan su cacao a través de Cocabo, R.L. El sistema productivo de Cocabo se basa en el principio de fortalecer las fincas agroecológicas de sus asociados, orientadas a dar respuesta a las necesidades económicas primarias y materiales de sus familias productoras. Cocabo, R.L, está certificada como comercializadora de productos orgánicos y comercio justo y en el 2011 exportó 600.000 kg de cacao al mercado estadounidense y europeo.

“Las escuelas de campo (ECA) han sido el principal impacto del PCC en Cocabo; hemos visto los resultados muy claramente. Más de 1200 familias han sido capacitadas y ahora tenemos un equipo de promotores y promotoras que se quedan en Cocabo apoyando la producción sostenible. Nuestros voluntarios del

Cuerpo de Paz han sido involucrados en el proyecto y ahora ellos también apoyan la tarea de capacitación en las comunidades. Aquí hemos pasado de la teoría a la práctica, los productores y productoras han hecho cambios en la forma en que manejan el cacao, en cómo podan y cómo cosechan. Lo único que quisiéramos a futuro es ampliar las áreas de acción y extender el trabajo de ECA a otras áreas comarcales como Pueblo Nuevo, Canaza y Guariviara”.

Alfonso Sanabria Alfaro.

Coordinador General Proyecto Binacional Sixaola

El Proyecto Binacional Sixaola es una iniciativa que busca mejorar las condiciones de vida de la población de la cuenca binacional del río Sixaola mediante intervenciones en los ámbitos económico, social, ambiental y de gestión local, que contribuyan a la implementación de un modelo de desarrollo sostenible de la cuenca.

El PCC ha trabajado en alianza con este proyecto en la facilitación de foros nacionales de cacao en Costa Rica y Panamá y en un programa de intercambio de experien-

cias entre juntas directivas y familias de cooperativistas y asociaciones productoras de ambos países. Esto como parte de su propósito de propiciar la reestructuración de la base económica de la cuenca y estimular la diversificación, la competitividad y el uso sostenible de los recursos naturales. El Proyecto Binacional Sixaola promueve cambios en los modelos existentes de producción y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su sostenibilidad y contribuir a diversificar y dinamizar la base económica y productiva, así como aumentar las oportunidades de empleo bajo criterios de competitividad y sostenibilidad.

“Las organizaciones productoras de cacao de Panamá estaban actuando en forma aislada y sin el suficiente rigor científico para mejorar la producción de cacao en la cantidad y calidad necesarias para aprovechar la demanda internacional de variedades de cacao que son altamente apreciadas en el comercio internacional. La entrada y permanencia de CATIE en la región ha mejorado mucho las prácticas de manejo del cacao, en especial el secado y la fermentación.”

La relación del Proyecto Binacional Sixaola con el Proyecto Cacao Centroamérica del CATIE inició en el 2009, cuando participamos en un foro nacional sobre cacao que condujo el CATIE en Changuinola. Ese evento despertó nuestro interés por involucrarnos en el acompañamiento a productores de cacao locales y auspiciar otros foros sobre cacao, para lo cual propusimos un convenio con CATIE que hoy se encuentra en implementación.

Esta alianza estratégica es la mejor manera de optimizar nuestro aporte para incidir en la producción orgánica de cacao, en un momento en que esta es la mejor opción para fomentar la cultura agroforestal en la cuenca binacional del río Sixaola complementado con la capacidad técnica del CATIE como líder indiscutible en estos temas, en la región.

Cabe destacar la importancia de apoyar la decisión de los productores locales de establecer sistemas agroforestales con plátano, maderables y cacao, lo cual les ha motivado a participar de esta iniciativa”.

COSTA RICA

Walter Rodríguez Vargas. Coordinador General de APPTA



Secadora de cacao. Instalaciones de APPTA.

La Asociación de Pequeños Productores de Talamanca (APPTA) se fundó en 1987. Actualmente cuenta con 1200 productores y productoras asociados, de los cuales el 80% son indígenas bribris o cabécares y el 38% son mujeres.

Actualmente se trabaja en la producción y comercialización de productos orgánicos certificados (cacao, plátano y otras frutas). Las frutas y los cultivos se producen de forma tradicional, en un sistema integrado bajo la sombra de árboles maderables y frutales, que ofrecen excelentes condiciones para proteger el medio ambiente. Los productos de APPTA gozan de doble certificación: orgánicos y comercio justo; en el 2011 se exportaron 90.000 kg de cacao al mercado europeo.

“Para APPTA el cacao es el eje de un proceso de producción al que hemos apostado como organización, ya que se sustenta en nuestra forma histórica de cultivar en Talamanca. Sin embargo, este sistema fue seriamente afectado por la monilia, enfermedad que hizo que muchos cacaotales se abandonaran y disminuyó considerablemente la producción. Ahora, con los materiales que el CATIE está poniendo a disposición de nuestras familias y con el establecimiento del jardín clonal en APPTA hemos sido testigos de las oportunidades que se abren para nuestra región.

Ya hemos tenido la primer cosecha de estos seis clones y la producción sobrepasó nuestra capacidad de acopio. Esto fue una llamada de atención y ya nos estamos preparando para las próximas cosechas. Hoy se producen 350 toneladas por año, pero esperamos llegar a 1000 toneladas de cacao por año. Esto ha tenido gran impacto en APPTA y en las familias, así como en la economía de la zona y de la provincia.

Ver que estas plantas son resistentes a la monilia ha estimulado a otras ONG y al Ministerio de Agricultura y Ganadería para establecer convenios con nosotros y crear nuevos jardines clonales. Consideramos que el éxito ha tenido dos factores claves: los materiales se han vendido muy bien y APPTA ha sabido ponerlos a producir. Se ha hecho una simbiosis con CATIE, MAG, otros proyectos como el Binacional Sixaola y algunos compradores que nos han apoyado para dar extensión y establecer el vivero.

Continuamos trabajando y estableciendo alianzas para subsanar a futuro nuestras dos necesidades más importantes: la ampliación del área para fermentado y secado y el flujo de efectivo para comprar cacao y capital de trabajo. Sabemos que tenemos un futuro prometedor muy cercano”.

Geraldina Morales Torres. Presidenta de Acomuita



Evento de cierre del PCC en Shiroles, Talamanca. Diciembre, 2012.

La Asociación Comisión de Mujeres Indígenas de Talamanca (Acomuita) es una organización de base conformada por mujeres indígenas, con sede en Shiroles, Talamanca. Esta organización nació en 1992, como una iniciativa de mujeres líderes, quienes en forma conjunta y organizada luchan por el reconocimiento y mayor participación de la mujer en el campo productivo y organizativo. Actualmente cuenta con 76 socias.

Acomuita trabaja, desde hace cinco años, en la comercialización local de chocolate artesanal hecho con cacao orgánico certificado, producido en fincas de sus asociadas. Cuenta con infraestructura propia, destinada al trabajo comunal, formación institucional y de apoyo comunal.

“Los jardines clonales establecidos con las nuevas variedades del CATIE han sido muy importantes para motivar a las familias indígenas que no tenían cacao. Ahora, nuevas familias siembran cacao y se esmeran por mantener y poner a producir su parcela; muchas personas, al ver la producción y la forma de los árboles, se han interesado en sembrar esas variedades.

En general el cacao se ha reactivado, muchas familias además de venderlo lo usan para el consumo del hogar y se ha recobrado la tradición de hacer en cada familia su propio chocolate.

En Acomuita pensamos que a futuro, las familias que tienen su jardín clonal pueden servir como guía para otras familias y sus fincas serán ejemplos para quienes quieran tener ese nuevo jardín clonal. Estamos recobrando el valor histórico de este cultivo. Las nuevas variedades ya están aquí dentro de nuestra zona, no tenemos que ir a otros lugares a buscarlas y quienes lo quieran no tienen que moverse lejos ni invertir mucho dinero para traerlas a sus fincas.

El establecimiento de los jardines clonales, las escuelas de campo, la asistencia técnica en temas de mercadeo, asociatividad, empresarialidad y comunicación interna han sido una mezcla excelente para prepararnos hacia nuevos y mejores horizontes.

Nuestros productos, los chocolates artesanales, han sido reconocidos; hemos logrado mantener la producción y estamos buscando un punto de mercado fuerte en el que podamos vender nuestros chocolates.

Las ECA han reforzado nuestro sistema tradicional-cultural en el que nosotros como indígenas tenemos el valor de involucrar a toda la familia. Se ha fortalecido este sistema, todos cosechamos, limpiamos y podemos y así todos aprendemos. Este sistema se había perdido un poco pero después de las ECA lo hemos retomado. Ir a las fincas de las otras familias ha venido a reforzar la mano vuelta, trabajamos y compartimos en comunidad”.

Lloyd Foster Russell.

Gerente Programa Nacional de Cacao, MAG

El Ministerio de Agricultura y Ganadería es el ente responsable de promover la competitividad y el desarrollo de las actividades agropecuarias y del ámbito rural en armonía con la protección del ambiente y los recursos productivos. Mediante sus acciones, busca impulsar una mejor calidad de vida para los pobladores y una mayor y mejor integración de los agentes económicos de la producción al mercado nacional e internacional.

En el año 2006, en respuesta al déficit de cacao para la cosecha 2006-2007 y ante una creciente demanda insatisfecha, se creó el Programa Nacional de Cacao como

política del sector agropecuario, con el propósito de apoyar algunas gestiones a nivel nacional. El Programa busca profundizar en el conocimiento de la actividad cacaotera en toda su dimensión y aportar mayor información para definir la estrategia nacional de cacao.

“El Proyecto Cacao Centroamérica se ha convertido en un actor clave del sector cacaotero nacional. Los representantes del PCC participan en el “Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria en Cacao (PITTA-Cacao), instancia homóloga de las “Mesas del Cacao” que funcionan en otros países centroamericanos. Esta instancia ha apoyado diversas iniciativas del PCC; entre ellas, la serie de foros para la modernización de la cacaocultura.

Por otra parte, el MAG ha promovido y apoyado la reproducción del nuevo material genético mejorado del CATIE, con el cual se establecieron cuatro jardines clonales -dos en Guatuso y dos en Limón-, orientados a la producción de yemas portainjertos y el establecimiento de viveros para la producción de plantas injertadas en beneficio de los productores y productoras asociados a las organizaciones.

Se ha conformado un equipo técnico nacional de cacao, con la participación de profesionales que en el pasado estuvieron vinculados con esta actividad y que han sido capacitados y actualizados en cuatro cursos impartidos por el CATIE. Estas capacitaciones han fortalecido sus conocimientos en el cultivo del cacao, y les han motivado para mejorar el desempeño en sus labores de capacitación y asistencia técnica a productores y productoras”.

Juan Pablo Büchert. Presidente de la Cámara Nacional de Cacao Fino (Canacacao) de Costa Rica

La Cámara Nacional de Cacao Fino de Costa Rica se crea con la misión de integrar y alinear las acciones de los diversos actores del sector cacaotero de Costa Rica para impulsar su desarrollo sostenible y competitivo a nivel internacional y, de esta manera, favorecer el progreso socioeconómico de la región.

La implementación de la estrategia de Canacacao se fundamenta en atender cuatro áreas de prioridad estratégica que vinculan el sector con su entorno.

- Producción eficiente: promover y estimular la producción eficiente de cacao de alta calidad y la creación de negocios de alto valor agregado.



Juan Pablo Buchert. Presidente de CANACACAO en Foro Nacional de Cacao Fino. Costa Rica 2009.

- Entorno: desarrollar mecanismos de vinculación empresarial, política, financiera y de conocimiento.
- Mercados: posicionar y apoyar al sector para que se convierta en un exitoso proveedor internacional de cacao de alta calidad y de sus derivados.
- Desarrollo institucional: integrar y representar de manera efectiva los segmentos que conforman el sector cacaotero de Costa Rica.

“El sector cacaotero costarricense ha estado en abandono desde finales de los años 70, cuando la producción cayó fuertemente y se produjeron cambios de cultivos. En esos años, el MAG cerró el Programa de Cacao y se paralizaron las acciones de los diferentes actores relacionados con el cultivo. Lo mismo ha pasado en los demás países de la región. Desde hace unos pocos años la situación es diferente y el interés por el cultivo ha aumentado considerablemente, con mayor demanda por el

cacao de calidad. Sin embargo, para que los pequeños agricultores aprovechen esta oportunidad de mercado, se debe mejorar su posición competitiva. El PCC ha apoyado e impulsado decididamente a las comunidades más marginadas para que sean jugadores relevantes en el mercado.

Hoy en día, el sector enfrenta retos de productividad, volumen, calidad, conocimiento y acceso a mercados. El PCC ha apoyado a los productores más marginados para que mejoren algunos factores competitivos; entre ellos, la ausencia de infraestructura especializada para manejo pos-cosecha y almacenamiento, falta de acceso generalizado a material genético élite o mejorado, escasa información de mercados, falta de capacitación de técnicos y agricultores en cacaocultura moderna, ausencia de instrumentos financieros acordes al giro del negocio. Estos retos son permanentes y de largo plazo, por lo que es muy bueno que al menos algunas comunidades hayan mejorado su posición competitiva con el apoyo directo del PCC.

Los objetivos de Canacacao y PCC son coincidentes; conjuntamente, hemos participado en varios foros con el sector cacaotero nacional costarricense, y en alguna ocasión en Nicaragua. Algunos miembros de Canacacao son beneficiarios directos de PCC y en colaboración, esta Cámara ha facilitado intercambios educativos de agricultores con fincas modelo para compartir experiencias. Un tema de muy alto beneficio compartido ha sido la publicación de los materiales de PCC en la sección Biblioteca del sitio web de Canacacao, que es visitado por miles de personas en toda América Latina”.



Benjamín Dixon. Viceministro de Magfor 2012

NICARAGUA

Benjamín Dixon. Viceministro, Magfor de Nicaragua

El Ministerio Agropecuario y Forestal de Nicaragua tiene como misión formular, instrumentar, monitorear y evaluar la política de los sectores agropecuario y forestal a fin de promover y asegurar el mejoramiento económico, social, ambiental y productivo de la población nicaragüense. Mediante planes y estrategias de desarrollo para los pequeños y medianos productores e inversionistas nacionales y extranjeros, se han implementado programas y proyectos que permitan el desarrollo sostenible del sector. Desde el 2009, el Viceministro Dixon ha apoyado de cerca las acciones del PCC en Nicaragua, particularmente los foros nacionales en los que ha participado activamente.

“El CATIE ha hecho una excelente labor en Nicaragua; sobre todo, ha trabajado muy bien con la base territorial. Hemos visto que los procesos de investigación, enseñanza y aprendizaje han sido útiles y exitosos. Son US\$700.000 muy bien invertidos en el apoyo a más de 700 familias. Ahora que la demanda de cacao por parte del mercado internacional está creciendo, vemos la necesidad del apoyo por parte de instituciones como el CATIE y otras organizaciones internacionales; definitivamente tenemos que seguir trabajando juntos.”

El gobierno de Nicaragua basa su estrategia de atención en el Plan de Desarrollo Humano y en lo estipulado en la Ley de soberanía y seguridad alimentaria y nutricional, que apoyan los procesos de desarrollo de capacidades y asistencia técnica a los productores. En el Magfor estamos visualizando trabajar en el Caribe nicaragüense, los primeros esfuerzos demuestran que obtendremos resultados de impacto. Nos gustaría que el CATIE se involucre en este esfuerzo y que nos apoye en esta zona del país”.

Rogelio Pérez Zamora. Presidente de Cacaonica

La Cooperativa de Servicio Agroforestal y Comercialización de Cacao (Cacaonica) se constituyó en el año 2000 en el Municipio de Waslala, Región Autónoma del Atlántico Norte. Esta cooperativa cuenta con 548 socios que conforman la Asamblea General, diseminados en 45 comités de 49 comarcas en Siuna y Waslala, Nicaragua.

Uno de sus principales objetivos es comercializar colectivamente la producción de cacao para obtener mejores precios en el mercado internacional. La cooperativa vende parte de su producción certificada como orgánica y de comercio justo. La principal actividad de la cooperativa es acopiar y comercializar la producción de cacao, tanto de sus asociados como no asociados en Waslala y Rancho Grande. Sin embargo, se impulsan otras actividades como la reforestación, conservación de suelos y agua, fomento de cacao (siembra de nuevas áreas por los socios), mejoramiento de la productividad y calidad del cacao entre los socios, e intercambios para el fortalecimiento de organizaciones cacaoteras con productores de otras zonas cacaoteras de Nicaragua y Honduras.



Evento de cierre del MAP-PCC en CACAONICA. Waslala, Nicaragua. Diciembre, 2012.

La misión de Cacaonica es desarrollar estrategias que promueven la producción cacaotera de calidad mediante el establecimiento de nuevas áreas, el acceso a un mercado seguro y apreciable, y la generación de mayores ingresos que beneficien a las familias de los cooperativistas.

“En Cacaonica trabajamos, en alianza con el PCC con 238 familias cacaoteras. En el PCC aprendimos a hablar de familias y no solo de productores; de esta manera integramos a más personas y todos participan en el sistema del cultivo del cacao. En Cacaonica tuvimos un buen periodo entre el 2001 y 2007, cuando la cooperativa inició con mucho fervor y representatividad a nivel nacional e internacional. Debido a algunos problemas, en el 2008 sufrimos una caída y casi llegamos a desaparecer. En medio de esta crisis, en el 2009, asumí el reto de luchar por la cooperativa y reorganizarla.

En ese momento dejamos el acopio de cacao, no hicimos negocios y nos dedicamos a tratar de levantar la imagen de la empresa. En ese momento recibimos el respaldo del PCC, cuando más lo necesitábamos; nos asesoraron y poco a poco logramos salir adelante. Ahora hemos recuperado la buena imagen, y el gobierno y otras agencias de cooperación han puesto sus ojos en nosotros. Recuperamos a nuestro cliente más importante Ritter Sport y otras empresas chocolateras también están interesadas en nuestro producto. Hoy podemos decir que hemos salido fortalecidos de ese bache.

Otras acciones en las que el PCC nos ha apoyado y que han sido de gran valor para la cooperativa han sido la investigación sobre la huella de carbono de Cacaonica, nuestra política de género y nuestro plan ambiental”.

Carolina Aguilar.

Directora País, Lutheran World Relief (LWR)

Lutheran World Relief es una organización internacional sin fines de lucro que trabaja con comunidades empobrecidas para que se ayuden a ellas mismas a superar la pobreza e injusticia. LWR tiene socios en 35 países y busca promover el desarrollo sustentable con justicia y dignidad, para ayudar a las comunidades a provocar un cambio en pos de vidas saludables, seguras y a salvo; que se involucren en el comercio justo, promuevan la paz y la reconciliación y respondan proactivamente ante las emergencias.

“La colaboración entre CATIE y LWR ha consistido principalmente en compartir materiales didácticos sobre la producción sostenible de cacao, facilitar el acceso e intercambio de experiencias de familias productoras, colaborar en los territorios donde ambas organizaciones tienen acciones y colaborar en la organización de foros nacionales y regionales sobre temas de relevancia para el sector cacao.

El impacto de esta colaboración ha sido el fortalecimiento de las capacidades técnicas, empresariales y financieras de las organizaciones y productores. Así, se ha logrado su integración a la cadena de valor y la comercialización de su producción en mercados internacionales a precios competitivos. Los eventos han permitido facilitar un espacio para compartir las tendencias, retos, desafíos y oportunidades del sector, con una visión local, nacional y tomando en cuenta las particularidades del sector cacao a nivel mundial. También se ha logrado plantear a las autoridades del país las necesidades de los pequeños productores de cacao y crear sinergias entre los distintos actores de la cadena”.

HONDURAS

Aníbal Ayala Ayala. Gerente de Aprocacaho

La Asociación de Productores de Cacao de Honduras (Aprocacaho) es una organización gremial de segundo nivel que se fundó en 1984 con el objetivo de mejorar el nivel de vida del cacaotero hondureño. Está conformada por personas naturales, cooperativas y agrupaciones dedicadas a la producción y comercialización de cacao en Honduras. Aprocacaho cuenta con 770 asociados y brinda a 2500 cacaoteros todos los servicios necesarios, desde las semillas de variedades mejoradas hasta la exportación.

El propósito de Aprocacaho es propiciar el beneficio social y económico de sus asociados, al fomentar mejores técnicas de cultivo, la industrialización, comercialización y el consumo del cacao y sus derivados. Las fincas atendidas se localizan en el litoral atlántico desde la frontera con Guatemala hasta la frontera con Nicaragua, en los alrededores de la Reserva de la Biosfera del Río Plátano, Cordillera del Merendón y el Parque Nacional Pico Bonito.



Aníbal Ayala. Taller Regional del MAP-PCC. Noviembre, 2011.

“Cuando las familias productoras observaron la alta productividad de los clones del CATIE que Aprocacaho tiene en sus parcelas demostrativas, iniciaron las gestiones para establecer viveros comunales cerca de sus fincas. De esta forma están trabajando en la ampliación de sus sistemas agroforestales. Estas familias están invirtiendo en un futuro mejor, producto de los ingresos que les generará la venta de este cacao.

Por otra parte, los precios del cacao han mejorado, lo que significa mejores beneficios para las familias productoras y la reducción de la pobreza. Los buenos precios que Aprocacaho ha logrado son el resultado de los esfuerzos en mercadeo y la asistencia técnica del PCC, y han hecho que las familias productoras se interesen por sumarse a la asociación.

En el camino se han descubierto nuevos líderes -en especial en las Escuelas de Campo. Con esta metodología se involucra a toda la familia y la mujer toma mayor participación. Como resultado, se empiezan a rehabilitar muchas fincas y se establecen nuevas áreas con material genético más productivo y tolerante a enfermedades.

Durante la ejecución del PCC, Aprocacaho llegó a convertirse en una organización de segundo grado a nivel nacional, logrando la sostenibilidad a través de la comercialización que mantiene con sus

afiliados y productores independientes. El reconocido liderazgo de Aprocacaho propicia que clientes interesados en cacao de buena calidad lleguen a Honduras, ahora con un valor agregado gracias a las certificaciones orgánicas y de comercio justo. Así, en 2011 Aprocacaho hizo su primera exportación de 24,5 tm de cacao de buena calidad a Suiza.

A futuro, la principal necesidad de Aprocacaho es establecer y consolidar nuevos centros de acopio y dar continuidad al programa de ECA, con el objetivo de consolidar el resurgimiento del cacao en nuestro país”.

Aroldo Dubón Dubón.

Jefe del Centro Experimental de la FHIA

El Programa de Cacao y Agroforestería de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola orienta sus actividades a la generación, validación y transferencia de tecnología en el cultivo de cacao y sistemas agroforestales. Este Programa se enfoca en los pequeños y medianos productores establecidos en zonas de ladera de alta precipitación, y busca ofrecerles alternativas a la agricultura migratoria que contribuyan a la protección de los recursos naturales y el ambiente.

Entre las principales actividades que ejecuta el Programa están la evaluación de materiales genéticos de cacao (potencial productivo y tolerancia a enfermedades) para distribuirlos entre los productores; la evaluación y

validación de prácticas de control de enfermedades de importancia económica en el cultivo –p.e., la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) y la mazorca negra (*Phytophthora* sp.); la difusión de buenas prácticas de manejo del cultivo; la evaluación de especies forestales del bosque latifoliado como componentes de sistemas agroforestales, incluyendo árboles en linderos.

“Dentro del Proyecto Cacao Centroamérica, la FHIA ha actuado como una institución co-ejecutora, especialmente en la implementación de actividades consignadas en el componente de producción y ambiente.

En el marco de este esquema de cooperación y apoyo a las cooperativas y asociaciones de la región, nuestra responsabilidad ha sido la replicación del material genético proporcionado por el programa de Mejoramiento Genético del CATIE-PCC, para su distribución y evaluación en algunos países de Centroamérica.

La FHIA estableció jardines clonales y pruebas multilocales como fuentes primarias de germoplasma destinado a las COA de Guatemala, Belice, Nicaragua y a Aprocacaho en Honduras.

La fundación, como entidad facilitadora, ha desempeñado un papel protagónico en el desarrollo exitoso de cinco simposios sobre temas de actualidad e interés para la comunidad cacaotera nacional.

Unos de los logros más destacados –y que ha tenido un efecto directo sobre los productores- fue la masificación de los seis cultivares superiores en rendimiento, calidad y tolerancia genética a la moniliasis, distribuidos a los seis países. El germoplasma fue proporcionado a diferentes ONG e instituciones involucradas en el estudio de comportamiento regional de nuevos materiales promisorios”.

**Miguel Ángel Turcios Mayorga.
Universidad de San Pedro Sula**

La Universidad de San Pedro Sula fue fundada en 1978. Inicialmente se ofrecieron dos carreras: administración de empresas y derecho, y en los años siguientes se fueron agregando otras como agricultura, ciencias de la comunicación y publicidad, administración bancaria, arquitectura, ingeniería industrial, ciencias de la computación y mercadotecnia. Actualmente la oferta educativa

es de ocho carreras. En el primer año de actividades, el cuerpo docente lo conformaban doce profesionales de variadas disciplinas y, hoy en día, imparten cátedra más de 200 profesionales.

“La Universidad de San Pedro Sula ha apoyado al PCC por medio de sus laboratorios de biología y suelos, y asesoramiento a estudiantes recién egresados de la escuela de Agronomía para que realicen sus tesis de grado en temas de interés del PCC. Hasta la fecha, ya se tiene un estudio concluido sobre polinizadores del cacao y dos más en proceso: macrofauna del suelo de cacaotales y diagnóstico de jardines clonales. Además, la universidad ha apoyado en la coordinación de conferencias sobre sistemas agroforestales y mejoramiento genético del cacao.

El PCC ha sido una oportunidad valiosa para los estudiantes y docentes que se involucraron en la ejecución de actividades con la asesoría de técnicos del PCC. Tal participación les ha permitido enriquecer sus conocimientos teórico-prácticos sobre el manejo del cultivo del cacao y, además, algunos han tenido la posibilidad de convertirse en actores directos de la cadena del cacao, ya sea como productores o como proveedores de servicios técnicos.

Para el productor de cacao, los resultados de las investigaciones realizadas son aportes al logro de mejores resultados económicos en la producción del grano.

Las lecciones aprendidas en este proceso se centran alrededor de los conocimientos adquiridos en el tema de producción de cacao en sistemas agroforestales, por medio de actividades de campo y simposios dirigidos productores”.

GUATEMALA

Carlos Barillas. Presidente Asecan

La Asociación de Sembradores de la Cuenca del Nahualate (Asecan) fue legalizada en el año 2007. Su sede está en el Municipio de San Miguel Panán del Departamento de Suchitepéquez. Asecan cuenta con 163 familias socias, la mayoría de la etnia maya K'iche'. Asecan atiende a tres municipios de Suchitepéquez: Chicacao, San Antonio Suchitepéquez y San Miguel Panán. La asociación es miembro de la Agrocadena/Clúster del Cacao de Guatemala.



Carlos Barillas. Taller Regional del MAP-PCC. Noviembre, 2011.

La Asociación ofrece asistencia técnica y fortalecimiento organizativo para la producción. Además del cultivo de cacao, los productores cultivan maíz, café, naranja, mango y árboles forestales.

“Entre los asociados de Asecan hay grupos de mujeres, hombres y familias de diversas etnias que nos hemos beneficiado bastante con este proyecto: antes éramos distintos individuos trabajando por separado, por tradición histórica y como autoconsumidores producíamos el cacao para hacer chocolate de taza específicamente.

A raíz de que los precios del cacao se han elevado y que en Guatemala existe una importante demanda insatisfecha de cacao, se comenzó a recuperar otra vez el estímulo hacia el cultivo. En ese momento apareció el PCC y hemos logrado una sinergia que ha permitido a Asecan alcanzar sus objetivos como organización y reactivar el cultivo que nos ha dado de comer durante siglos.

Nuestro principal logro es que antes trabajábamos por separado, cada quien hacía su propio esfuerzo. Ahora hemos fortalecido nuestra asociatividad empresarial y en 2011 ya logramos comercializar cacao como asociación.

Además ya tenemos media hectárea de jardín clonal con los seis materiales promisorios del CATIE. Esto

nos va a permitir en un futuro cercano propagar materiales resistentes a enfermedades, altamente productivos y de excelente calidad comprobada a nivel internacional, que nos permita encontrar nichos de mercado especializados para nuestro producto”.

BELICE

Álvaro Pop. Presidente de TCGA

La Asociación de Productores de Cacao de Toledo (TCGA) se ubica en Punta Gorda, distrito de Toledo, Belice. La Asociación inició con 24 productores rurales indígenas y actualmente tiene más de 950 socios. Aproximadamente el 90% de los socios son indígenas mayas que viven en el sur de Belice. Desde 1993 venden su cacao en grano certificado como orgánico y de comercio justo. Su principal cliente es Green and Black's, con quien tiene una alianza importante mediante un contrato a largo plazo.

“El PCC ha sido muy importante para TCGA; con las variedades del CATIE hemos logrado establecer una hectárea de jardín clonal y una pequeña sección (0,2 ha) de ensayo multilocal en el instituto ITVET. Esas variedades son resistentes a enfermedades y de muy buena producción en finca.

El PCC brindó capacitación a un grupo de doce jóvenes de Punta Gorda, quienes se formaron como promotores y facilitadores en cacao. Ellos fueron quienes impartieron las Escuelas de Campo, en las que participaron 474 familias, para un total de 963 personas graduadas”.

EN CONCLUSIÓN...

Para afrontar los retos a futuro del sector cacao, en especial el aumento en la producción y el mejoramiento de la calidad, las organizaciones cacaoteras identifican varios factores claves: la apropiación de nuevas variedades de cacao mejoradas, los programas de capacitación y facilitación de intercambio de conocimientos entre las familias productoras y el fortalecimiento empresarial que permita a las asociaciones y cooperativas acopiar y procesar su producción de forma tal que agregue valor a su cacao. En este contexto, es preciso que se consoliden alianzas entre ONG, sector privado, gobiernos locales y nacionales, centros de estudios e investigación y asociaciones y cooperativas cacaoteras para dar continuidad a las acciones que el PCC y otras iniciativas han fomentado para modernizar la cacaocultura centroamericana.

Organizaciones socias del Proyecto Cacao Centroamérica

BELICE		
Unión Europea (UE)	Fundación la Caficultura para el Desarrollo Rural (Funcafé)	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Green and Black's (G&B)	Fundación Lachuá	Cooperativa la Campesina
Health for Progress	Programa de Desarrollo Rural de las Verapaces (Prodever)	Lutheran World Relief (LWR)
Instituto Humanista para la Cooperación con Países en Desarrollo - Holanda (HIVOS)	Programa de Desarrollo Económico desde lo Rural. Ministerio de Economía	Ministerio Agropecuario y Forestal (Magfor)
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)		Manejo Sostenible de Territorios Agropecuarios en Mesoamérica (Mesoterra)
Yax che		Proyecto Binacional Corazón (Proyecto Corazón)
COSTA RICA		
Agrocampus Quest	HONDURAS	Asociación Pueblos en Acción Comunitaria (PAC)
Asociación de productores de Upala (Procau)	Agencia Canadiense de Cooperación en Desarrollo Internacional (ACDI)	Promundo Humano
ATP Omega 3	Aguas de Puerto Cortés	Ritter Sport
Beca Borlaug	Asociación de Productores de Cacao de Honduras (Aprocacaho)	Universidad Nacional Agraria (UNA)
Corredor Biológico Talamanca- Caribe (CBTC)	Comisión de Acción Social Menonita (CASM)	Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos (UNAG)
Consejo Superior de Educación (CSE)	Chocolates Alba	
Asociación Cámara Nacional de Cacao Fino de Costa Rica (Canacacao)	Cooperativa Agrícola Cafetalera San Antonio Limitada (Coagricasal)	PANAMA
Fondo Común para Commodities (CFC-SIRC)	Ecomercados	Autoridad del Canal de Panamá (ACP)
Finca Ciclares	Fundación Hondureña de Investigación Agropecuaria (FHIA)	Allied Energy Systems Corporation (AES)
Centro de Cooperación Internacional en Recursos Agronómicos para el Desarrollo (CIRAD)	Fundación para el Desarrollo (FUNDER)	Alianza Público-Privada (APP)
Consejo Nacional de la Producción (CNP)	Asociación Suiza para la Cooperación Internacional (Helvetas)	Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM)
Colegio de Sepecue, Talamanca	PyMerural	Asociación de Promotores Campesinos de Bocas del Toro (APROTEN)
Corredor Biológico Mesoamericano (CBM)	Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras (SAG)	Asociación Silvo-Agropecuaria Panamá (ASAP)
Centro Cultural y de Cooperación para América Central de la República de Francia (CCCAC)	Sociedad de cooperación para el desarrollo internacional (SOCODEVI)	Consejo Nacional de la Empresa Privada (CONEP)
Finca La Amistad	Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico (Swiss Contact)	Cuerpo de Paz
Agencia Cooperación Técnica Alemana (GTZ)	Soluciones Empresariales para la Pobreza Rural (Technoserve)	Instituto de Investigación Agropecuaria (IDIAP)
Sociedad Internacional Humana (HSI)	Universidad de San Pedro Sula (USPS)	Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA)
Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS)	Universidad de Honduras (UH)	Proyecto Multifase de Desarrollo Sostenible de Bocas del Toro (PMDSBT)
Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes (MCJD)		Programa de Desarrollo Empresarial Indígena (PRODEI)
Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	NICARAGUA	Proyecto Binacional Sixaola
Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP)	Asociación Campesina Waslala (Acawas)	Universidad de Noruega
Plataforma Científica Mesoamericana de Socios (PCP)	Alcaldía de Waslala	Universidad de Panamá (UP)
Escuela de Posgrado del CATIE	Bioersity International	United States Agency for International Development (USAID)
Proyecto Promoviendo Mercados Sostenibles de la EARTH (Promes)	Cooperativa de Servicio Agroforestal y de Comercialización de Cacao (Cacaonica)	US Forest Service
Proyecto de Asistencia Técnica para la Agricultura y el Desarrollo Rural en Centroamérica (RUTA)	Centro de Estudios Internacionales / Centro de Exportadores e Inversiones (CEI)	
Theo Chocolate	Ecomercados	OTROS SOCIOS INTERNACIONALES
Universidad de Costa Rica (UCR)	Federación Nacional de Cooperativas Agropecuarias y Agroindustriales R. L (Fenacoop)	Universidad de Nariño, Colombia
Universidad Nacional (UNA)	Flo Centroamérica (FLO-CA)	Universidad de Desarrollo Tecnológico, Colombia
	Fundación para el desarrollo tecnológico, agropecuario y forestal de Nicaragua (Funica)	Université Montpellier, Francia
	Organización Intereclesiástica para la Cooperación al Desarrollo (ICCO-Holanda)	Universidad de Bangor, Inglaterra
	Instituto Agropecuario de Waslala (Inawas)	World Cocoa Foundation (WCF)
		Proyecto Mercados Centroamericanos para la Biodiversidad
		Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE)
		Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)
		Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
GUATEMALA		
Asociación CRECER		
Cooperativa Agrícola Integral Tuneca R.L.		
Fray Domingo de Vico		

Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala, Nicaragua¹

Eusebio Ayestas², Luis Orozco³, Carlos Astorga³, Rodolfo Munguía⁴, Carolina Vega⁴

RESUMEN

Se caracterizaron 100 árboles promisorios de cacao en 29 cacaotales de productores socios de la cooperativa Cacaonica en Waslala, Nicaragua. Para ello, se aplicaron 32 descriptores cuantitativos y cualitativos de árbol, mazorca y semilla con el fin de documentar el manejo agronómico dado a los cacaotales, disponer de información morfológica y productiva de cada árbol y preseleccionar los mejores árboles con potencial para una segunda evaluación y futura propagación vegetativa. La densidad media de los cacaotales fue de 625 plantas ha⁻¹ y se desyerban y podan tres veces por año. Las enfermedades fungosas (monilia y mazorca negra) se combaten mediante la remoción de mazorcas enfermas y la aplicación de cal agrícola disuelta en agua dos o tres meses antes de la cosecha principal. La fertilidad del suelo se mantiene o mejora aplicando compost a razón de 2,3 kg árbol⁻¹ año⁻¹ y/o incorporando abonos verdes y residuos de cosecha. El 79% de los árboles presentaron una altura media de 3,6 m y mostraron apariencia vigorosa. El peso medio por fruto fue de 683 g, con 39 semillas por fruto. La forma y color predominantes de los frutos fue cundeamor (42%) y amarillo (71%), respectivamente. La mayoría de las semillas (76%) presentaron un cotiledón color violeta. Los índices de semilla y mazorca, en promedio, fueron de 1,4 y 20, respectivamente. Se conformaron dos grupos de “árboles promisorios”, los cuales difirieron morfológicamente en cinco características del fruto y cuatro características de la semilla. Finalmente, se seleccionó una población de 28 árboles promisorios con características interesantes; se sugiere realizar una segunda evaluación, en vista de una futura propagación vegetativa para enriquecer la genética de los cacaotales de Waslala.

Palabras clave: árboles élitos, descriptores morfológicos, germoplasma, índices de rendimiento, investigación participativa, mejoramiento genético, selección local, producción orgánica.

ABSTRACT

Characterization of promising cacao trees in Waslala, Nicaragua. A hundred promising cacao trees from 29 farms members of Cacaonica Cooperative in Waslala, Nicaragua, were characterized. Quantitative and qualitative descriptors for tree, pod and seed were used to document the management given to cacao farms, to assess tree morphological and productive information, and to preselect the best trees with potential for a second evaluation and further vegetative propagation. The mean cacao trees population was 625 trees ha⁻¹; weeding and pruning are done three times a year. Fungus diseases (monilia and black pod) are controlled by sick pod removal and application of a lime solution two or three months before the main harvest. Soil fertility is maintained or improved with organic manure (2.3 kg tree⁻¹ year⁻¹) and/or incorporation of green manure or harvest residues. Most of the trees (79%) were vigorous, and around 3.6 m mean height. Pod mean weight was 683 g with 39 seeds per pod. The predominant pod shape was heart-like (42%), predominant color was yellow (71%), and seed color was violet (76%). The mean seed and pod index were 1.4 and 20, respectively. Two groups of promising trees were determined, which differed by five morphological pod characteristics and four seeds characteristics. Finally, 28 promising trees with interesting characteristics were selected. A second evaluation and further asexual propagation tests should be performed in order to improve the genetic base of cacao crops in Waslala.

Keywords: elite cocoa trees, morphological descriptors, germplasm, productivity index, breeding program, participative research, local selection, organic production.

INTRODUCCIÓN

Con una participación del 0,03% del comercio mundial, Nicaragua ocupa el lugar 42 entre los países productores de cacao. A nivel nacional se cultivan alrededor de 7500 ha (8000 productores) en pequeñas parcelas de 1 ha en promedio. Durante el 2009, Nicaragua exportó 1584,96 toneladas de cacao que aportaron U\$2.702.500,65 a la

economía nacional (Cetrex 2010). El 45% de la producción nacional se acopia y comercializa en el municipio de Waslala, donde unos 2700 productores (orgánicos y en transición) cultivan entre 1200-1500 ha, con un rendimiento medio de 328 kg ha⁻¹ y una producción estimada de 562 t año⁻¹ (CATIE-PCC 2008). La expansión del cacao a la región Atlántica de Nicaragua ocurrió durante

¹ Basado en Ayestas, E. 2009. Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L) en Waslala, RAAN, Nicaragua. Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua. 57 p.

² Ing. Agrónomo. E-mail. ayestasvillega@yahoo.es (Autor para correspondencia).

³ Coordinadores técnicos del proyecto cacao Centroamérica PCC-CATIE, Turrialba, Costa Rica. (luisoroz@catie.ac.cr; castorga@catie.ac.cr)

⁴ Docentes-investigadores de la Universidad Nacional Agraria UNA, Managua, Nicaragua. (rmunguia@una.edu.ni; carolina.vega@una.edu.ni)

la década de 1970, a raíz del abandono de los cultivares en el Pacífico, debido a la susceptibilidad del material (criollo) a la monilia y mazorca negra. El germoplasma de cacao usado fue el cacao común tipo amelonado bajo amazónico (Belén, Brasil), colecciones UF y la variedad Matina de Costa Rica. Los cacaotales de esta región se caracterizan por su gran variabilidad morfológica, producto de la introducción de clones, cruces naturales y el intercambio de semillas entre productores. El material de esta región presenta características semejantes a los cacaos forasteros y trinitarios; sin embargo, se percibe un dominio de este último (Thienhaus 2008). Se ha documentado que los cacaotales establecidos por semilla híbrida presentan alta variabilidad en producción, tolerancia a enfermedades y calidad: el 30% de los árboles producen el 70% de la cosecha total de la plantación. Las plantas provenientes de semilla, si no se podan regularmente, crecen excesivamente (5-7 m), lo que encarece las labores de cosecha y remoción de mazorcas enfermas (Phillips y Cerda 2010). El CATIE, por medio del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) propone cambiar este paradigma, para pasar de plantaciones de semilla sexual, a plantaciones injertadas (clones). Como base, se utilizan tres fuentes de material genético: 1) la nueva generación de clones del CATIE, 2) varios clones internacionales reconocidos y 3) los materiales superiores seleccionados en cada país con la participación de las familias productoras.

La caracterización permite determinar la variación que existe en una colección de germoplasma y diferenciar las accesiones de una especie, ya sea en términos de características morfológicas y fenológicas de alta heredabilidad o características cuya expresión es poca influenciada por el ambiente (Abadie y Berreta 2001). La selección de individuos promisorios permite ampliar la base genética para obtener nuevos clones e híbridos que enfrenten los problemas derivados de enfermedades y baja producción (Phillips 1986). La selección de árboles de cacao constituye un verdadero banco de genes para desarrollar un programa de mejoramiento genético basado en la recuperación de árboles a nivel local y la introducción de clones de estaciones internacionales (Mossu 1990).

Los objetivos del presente estudio fueron caracterizar morfológicamente 100 árboles promisorios de cacao, generar información preliminar de la morfología y productividad de cada árbol, e identificar una población local con potencial para una segunda evaluación y futura propagación vegetativa (clones) para enriquecer la genética actual de las plantaciones de cacao orgánico de Waslala.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El municipio de Waslala se sitúa en el extremo sureste de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), Nicaragua, a 13°20' norte y 85°22' oeste (Figura 1). Waslala tiene una extensión territorial de 1329,51 km² con una población de 50.000 habitantes (49% hombres y 51% mujeres; 83% en áreas rurales y 17% en el casco urbano). El clima dominante es tropical húmedo con una humedad relativa de 84%. La precipitación media anual es de 2700 mm, la temporada más lluviosa va de junio a octubre y la más seca de febrero a abril. La temperatura media anual varía entre 22oC y 25oC. La altitud promedio es de 420 m, con colinas que ascienden hasta los 1200 msnm; el punto más alto es el cerro de Zinica a 1247 m. La topografía es ondulada a quebrada con pendiente promedio de 32% (rango de 30-75%); suelos de fertilidad media en las partes más planas y pobre en las partes más altas; se han encontrado suelos ferralíticos con un alto contenido de arcilla (Philipp y Gamboa 2003). Los suelos dominantes son ultisoles y alfisoles, pobres en nutrientes, con un pH bajo producto de la erosión hídrica (Sandino et al. 1999).

En el municipio hay alrededor de 108.500 ha bajo uso agropecuario, en el que predominan las pasturas (35%), cultivos anuales como maíz y frijol (17-20%) y cultivos perennes con sombra (cacao 3%, café 2%) (Mesoterra 2010). Los bosques y tacotales ocupan el 11% y 5% de la superficie total del municipio, respectivamente (Arévalo 2010). El cacao es cultivado por unas 2500 familias y su comercialización genera cerca del 45% del costo total de la canasta básica rural (CATIE-PCC 2009). El pico de cosecha del cacao ocurre entre octubre y diciembre.

Selección de la muestra

El estudio se llevó a cabo entre enero y junio 2009. El proyecto Nicacao, liderado por Bioversity International, a partir del resultado de la línea base del CATIE-PCC, preseleccionó 250 fincas cacaoteras distribuidas en 15 zonas microclimáticas de Waslala. Inicialmente, se registraron 2500 árboles; para estudiar la calidad organoléptica y composición genética del cacao de Waslala se seleccionaron 250 árboles a partir de criterios brindados por los productores (Orozco y Deheuvels 2007). De esta última población, se seleccionaron 100 árboles a partir de su distribución geográfica y criterios de selección aplicados junto con los productores: productividad, tolerancia a enfermedades, vigorosidad y ubicación dentro de la parcela (CATIE-PCC 2008). Para la caracterización de los 100 árboles se aplicaron



Figura 1. Localización del municipio de Waslala, RAAN, Nicaragua

32 descriptores morfológicos propuestos por Engels (1981) (Cuadro 1). De cada árbol se seleccionó un set de tres frutos (grande, mediano y pequeño) y un set de cinco semillas del centro de la mazorca y se midió el ancho, largo, espesor y grosor de cada fruto y semilla. Para cada árbol, fruto y set de semillas se coleccionaron fotos digitales. Mediante una encuesta semiestructurada a 29 productores se indagó sobre el manejo agronómico aplicado a los árboles promisorios evaluados.

Con base en la información generada a partir de ensayos de microfermentación con muestras de cacao de los mismos árboles evaluados por el proyecto Nicacao (Trognitz et al. 2011), se determinaron los índices de productividad por medio de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Indsem} = \frac{\text{PS 100 semilla}}{100}$$

Indsem = índice de semilla

Ps100sem = peso seco de 100 semillas

100 = cantidad de semillas pesadas

$$\text{Indmaz} = 1000 / \text{Indsem} / \text{semfrut}$$

Indmaz = índice de mazorca

1000 = 1000 gramos conforman un kg

Indsem = índice de semilla

Semfrut = cantidad de semillas en cada fruto

Cuadro 1. Descriptores morfológicos evaluados en árboles superiores de cacao seleccionados en Waslala, Nicaragua

Árbol	Fruto	Semilla
Altura del árbol (m)	Peso del fruto (g)	Peso de la semilla (g)
Altura de la horqueta (m)	Largo del fruto (cm)	Ancho de la semilla (cm)
Diámetro del tronco (cm) ¹	Diámetro del fruto (cm)	Largo de la semilla (cm)
Vigor del árbol	Espesor del caballete (cm)	Espesor de la semilla (cm)
Apertura de la copa ²	Profundidad del surco (cm)	Color del pericarpio
Número de ramas	Número de semillas	Color del cotiledón ⁶
Nivel de competencia ³	Peso de semillas (g)	Índice de semilla
	Color del fruto ⁴	
	Forma del fruto ⁵	
	Forma del ápice	
	Constricción basal	
	Rugosidad del mesocarpio	
	Dureza del mesocarpio	
	Semillas integras	
	Semillas vanas	
	Índice de fruto	

¹ 30 cm sobre el suelo

² copa compacta, semi compacta, abierta

³ 100%, 75%, 50%, 25%

⁴ amarillo, rojo, verde

⁵ angoleta, amelonado, cundeamor, calabacillo

⁶ violeta, violeta pálido, blanco

Análisis de datos

Se clasificó la información por árbol y grupo de descriptores aplicados. Los datos se analizaron con el paquete estadístico InfoStat, mediante análisis descriptivos, análisis de conglomerados con agrupamiento jerárquico, distancias euclidianas y el procedimiento aglomerativo de Ward para los 32 descriptores, para agrupar los árboles por sus características morfológicas. El análisis de conglomerados se realizó con 89 árboles debido a que 11 árboles presentaban datos incompletos; para evitar sesgos, se procedió a trabajar solo con los árboles que disponían de la información completa. Una vez identificados los grupos, se realizó un análisis de varianza (andeva) entre grupos para determinar los valores medios de las variables que aportaron a la conformación de los grupos. Finalmente, se realizó un análisis de componentes principales para determinar cuáles características contribuyeron a explicar la variabilidad entre grupos. Los datos de las entrevistas a productores se analizaron mediante estadísticas descriptivas y tablas de frecuencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fincas y el manejo agronómico de los cacaotales

El tamaño promedio de las fincas es de 24 ha, sin embargo se registraron fincas de 1 ha y 70 ha. Los usos del suelo más comunes fueron: cacao, granos básicos, café y ganadería (100, 80, 60, 40% de las fincas, respectivamente). En promedio, cada productor cultiva 2 ha de cacao (0,7-8 ha). El 100% de los cacaotales están certificados por BioLatina como orgánicos. La densidad de siembra media de los cacaotales fue de 625 plantas ha^{-1} (4x4 m), pero se registraron densidades de 400 a 833 plantas ha^{-1} . Los productores podan el cacao tres veces al año (mayo, agosto y noviembre). La poda “fuerte o de mantenimiento” ocurre en mayo, una vez iniciada la época lluviosa. La desyerba se realiza tres veces al año con machete (90%) o desyerbadora de motor (10%).

El 65% de los productores controlan la monilia cada ocho días y el 35% restante lo hace quincenalmente. Las actividades más comunes para el control de la monilia practicada por el 40% de los productores entrevistados consisten en cortar y enterrar los frutos enfermos y dañados y aplicar cal agrícola (0,5 kg disuelta en 20 lt de agua) a los frutos, para prevenir la afectación temprana. La remoción manual de los frutos enfermos reduce hasta en un 40% la afectación (Krauss 2003). Asimismo, los productores aplican cal al tallo del árbol, a razón de 0,2 kg árbol⁻¹. El 30% de los productores mantienen o mejoran la “fertilidad” del suelo con biocompost preparado con cascara de frutos de cacao, estiércol de bovino, tierra, cal, restos

de musáceas y rastrojos de frijol (*Phaseolus vulgaris*), que se aplica a la base del tallo a razón de 2 kg árbol⁻¹ año⁻¹. También emplean un fertilizante foliar preparado con estiércol de bovino, leche o suero, hojas de madero negro (*Gliricidia sepium*) y melaza; la dosis recomendada para 1 ha de cacao es de 1,5 lt del fertilizante en 20 lt de agua.

Los árboles de cacao

Los cacaotales de Waslala son de edad avanzada y presentan carencias importantes de manejo. Los árboles de cacao son altos, la densidad de siembra es baja y la baja frecuencia e intensidad de podas deriva en una alta incidencia de enfermedades y baja productividad. La arquitectura de los árboles de cacao fue variable y respondió al poco manejo agronómico (baja frecuencia e intensidad de podas) y edad avanzada de las plantaciones. La altura media de los árboles fue de 3,6 m y varió de 2 a 7 m; se registró una altura media de la horqueta de 1,4 m con variaciones de 0,5-3,2 m. El número promedio de ramas principales que forman la horqueta fue de tres ramas (variación de 2-5 ramas). Tal variable está influenciada por el “tipo” de poda que practica el agricultor o bien por daños mecánicos causados por la caída de ramas o árboles de sombra. El diámetro basal medio de los árboles fue de 188 cm ($\pm 4,6$ cm). La mayoría de los árboles (79%) eran vigorosos. El 55% de los árboles crece y produce en condiciones de competencia completa; es decir, rodeado por cuatro árboles y un 41% de ellos presentó competencia parcial o incompleta (rodeado por 2-3 árboles), lo que representa una condición favorable para su crecimiento y producción.

Varios autores recomiendan manejar plantas de cacao de semilla a una altura no mayor de 3 m para facilitar el control de enfermedades y las labores de cosecha (Enríquez 1986, Meléndez 1991, FHIA 2000). Los cacaotales se podan y desyerban con una frecuencia regular pero con poca efectividad, dado que la afectación por enfermedades varía entre 40-60% (Sandino et al. 1999, Guharay et al. 2006). Si el cacao no se poda oportunamente se da un traslapo y cruce de ramas, aparecen chupones y los árboles crecen de forma desmedida; además, se acumula humedad y se dificulta el manejo, combate de enfermedades y cosecha (Phillips y Cerda 2010). A pesar de que los agricultores manifiestan que realizan prácticas de manejo a los árboles, esto no se refleja en una buena apariencia de la plantación ni una producción de cacao aceptable.

Los frutos y semillas de cacao

En la Figura 2 se detallan las variables cualitativas de árboles, frutos y semillas de los 100 árboles promisorios

evaluados en Waslala, RAAN. Se registró una gran variabilidad en el peso, forma, color y tamaño de las mazorcas evaluadas. La mayoría de los frutos fueron de color amarillo; cundeamor fue la forma de fruto predominante, de ápice agudo, constricción escasa y rugosidad de cascara intermedia. La pigmentación violeta de los cotiledones es típica de los genotipos trinitarios (Figura 2). El peso medio del fruto fue de 683,1 g (± 208 g). El diámetro y la longitud media de los frutos fue de 9,2 cm ($\pm 0,8$ cm) y de 17,7 cm (12,6-24,2 cm), respectivamente. El espesor medio del caballete fue de 1,8 cm (0,7-3 cm) y la profundidad del surco fue de 1,33 cm en promedio (rango de 0,63-2,3 cm).

En promedio, las mazorcas contenían 39 semillas (rango de 20 a 49 unidades). El índice promedio de semilla y mazorca fue de 1,4 y 20, respectivamente, superior a los requerimientos mínimos agronómicos e industriales. Los frutos evaluados mostraron características de color, forma y tamaño típico del grupo genético de los trinitarios, dominante en los cacaoales de Waslala, lo cual, concuerda con los reportado por Menocal (2005) y Thienhaus (2008).

Análisis de conglomerado para los árboles promisorios

El análisis de conglomerados sugirió clasificar la población de árboles evaluados en dos grupos morfológicamente diferentes a una distancia euclidiana de 48,94 (Figura 3). El primer grupo reúne a 52 árboles y se subdivide en 4 subgrupos (1a-1d), con frutos y semillas más grandes y forma del fruto angoleta a cundeamor. El segundo grupo aglutina a 37 árboles cuyos frutos son más pequeños, con cáscara delgada y forma amelonada a calabacillo. La distancia entre subgrupos es baja, lo que confirma que existe una alta relación entre genotipos.

Los dos grupos conformados difirieron estadísticamente en nueve características del fruto y semilla; los subgrupos del primer grupo no difieren significativamente

entre ellos. El análisis de varianza demostró que las variables de mazorca y semillas mostraron diferencias entre grupos y no entre subgrupos; por el contrario, las variables morfológicas del árbol no expresaron diferencias entre grupos ni subgrupos. Los descriptores con mayor variación entre los grupos fue el tamaño del fruto (peso, largo y diámetro del fruto, espesor del caballete, profundidad del surco); sin embargo, el número de semillas por fruto no fue estadísticamente diferente entre los grupos ($p < 0,05$) (Cuadro 2). Es importante recalcar que se registró una alta variabilidad de colores, formas y tamaño de los frutos producto de las hibridaciones naturales entre los clones introducidos y materiales locales de la zona y por el intercambio de material (semilla) entre productores, principalmente en la cercanía a las vías de comunicación terrestre; esto ha generado descendencias mixtas con características de forasteros a trinitarios (Trognitz et al. 2011). Graziani et al. 2002, asevera que las características físicas varían entre los tipos de cacao entre parcelas, así encontramos frutos de diversas formas, texturas y colores, tanto en estado inmaduro como maduro, producto de la fecundación cruzada.

El análisis indicó que siete de 20 componentes explicaban el 77% de la variabilidad total de los datos (Cuadro 3). López e Hidalgo (1994) sugieren seleccionar los componentes que expliquen la mayor variabilidad y las características cuyos valores propios sean ≥ 1 y que expliquen al menos un 70% de la varianza total. Las variables relacionadas con el peso del fruto y las semillas fueron las responsables de la diferenciación de los grupos. Las medidas generales de los frutos no influyeron en la conformación de los grupos.

El peso promedio del fruto (683,1 g) fue superior a los reportados por Arciniegas (2005), Martínez (2007) y Morera et al. (1991) (574,1 g, 296,18 g, 526,3 g, respec-

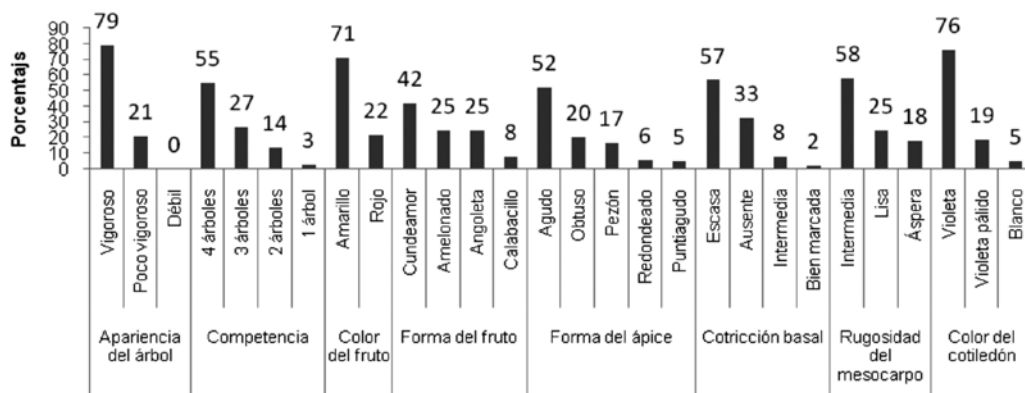


Figura 2. Valores porcentuales de las variables cualitativas de los árboles (apariciencia, competencia), frutos (color y forma, color del cotiledón y dureza del mesocarpo) y semilla (color del cotiledón) de los 100 árboles promisorios en Waslala, Nicaragua

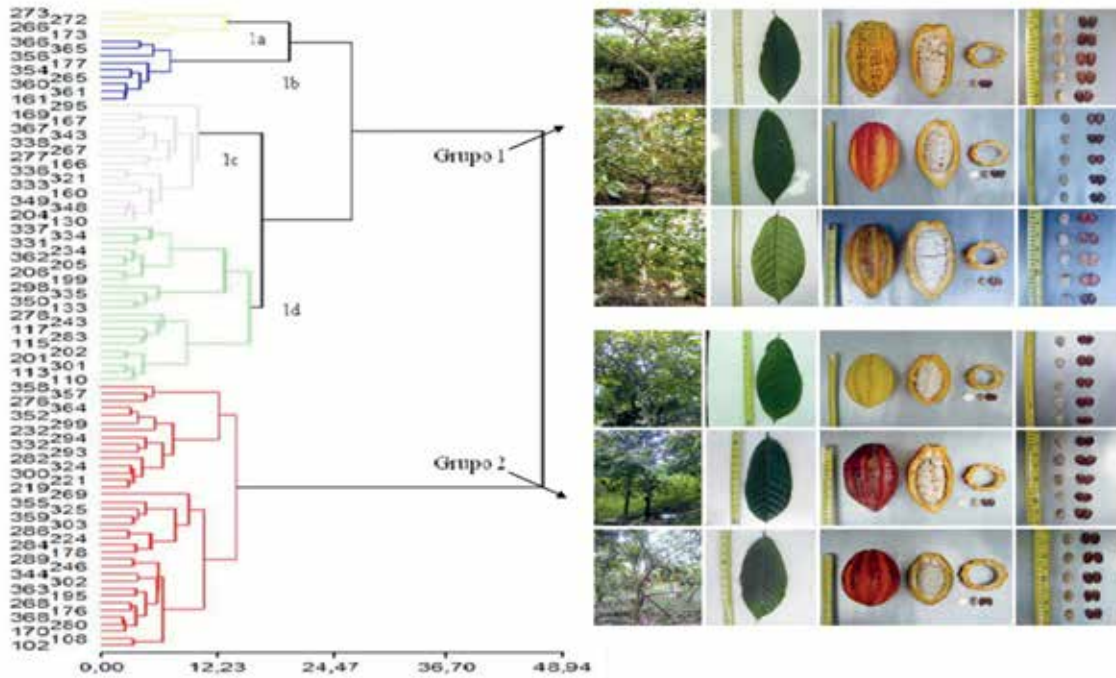


Figura 3. Dendrograma de conglomerados de 89 árboles promisorios de cacao en el municipio de Waslala, Nicaragua

tivamente) en estudios realizados en Costa Rica, pero menor que el registrado por Coronado y Palencia (2008) en Colombia (790 g). Las mazorcas de cacao de Waslala contenían en promedio 39 semillas, con un rango 20-49 unidades; valores similares a los encontrados por Guillén (1997), Guzmán (1997) y Arciniegas (2005) (43, 30, 35, respectivamente). El cacao muestra gran variabilidad en relación al tamaño y forma de las semillas dado que es un carácter bajo control genético (Bartley 1989).

Los árboles evaluados presentaron características morfológicas diferentes entre grupos; sin embargo la distancia euclidiana que los separó tuvo un valor de medio a bajo, lo que demuestra que los árboles provienen del cruzamiento de un pequeño fondo genético (pocas líneas originales/parentales) (Trognitz et al. 2011). Las características del fruto (peso, largo, diámetro, espesor del caballete, profundidad del surco) y semillas (peso seco, ancho, largo y espesor) fueron las responsables de la

Cuadro 2. Análisis de varianza para grupos de árboles promisorios de cacao en Waslala, RAAN, Nicaragua

Variables	Valores medios		P-valor
	Grupo 1	Grupo 2	
Peso del fruto (g)	782,41a	514,06b	0,0001*
Largo del fruto (cm)	18,90a	15,63b	0,0001*
Diámetro del fruto (cm)	9,43a	8,51b	0,0001*
Espesor del caballete (cm)	1,92a	1,60b	0,0001*
Profundidad del surco (cm)	1,41a	1,21b	0,0001*
Semillas por fruto	39a	38a	0,3286ns
Peso de 100 semillas al 6.7 % de humedad (g)	147,7a	127,2b	0,0008*
Ancho de la semilla (cm)	1,43a	1,34b	0,0093*
Largo de la semilla (cm)	2,75a	2,58b	0,0002*
Espesor de la semilla (cm)	0,92a	0,81b	0,0001*

Letras distintas en la misma fila indican diferencias estadística significativas ($p \leq 0,05$).

Cuadro 3. Características discriminantes en la clasificación de 89 árboles superiores de cacao, Waslala, RAAN, Nicaragua

Componentes principales	Valores propios	Proporción de la varianza total explicada	
		Absoluta (%)	Acumulada (%)
Espesor de caballete	5,74	0,26	0,26
Profundidad del surco	2,97	0,13	0,40
Diámetro de mazorca	2,22	0,10	0,50
Peso fresco de 100 semillas	2,03	0,09	0,59
Peso de mazorca	1,77	0,08	0,67
Peso seco de 100 semillas	1,19	0,05	0,72
Peso de semillas	1,09	0,05	0,77
Ancho de semilla	0,88	0,04	0,81
Espesor de semilla	0,71	0,03	0,85
Largo de semilla	0,69	0,03	0,88
Largo de mazorca	0,55	0,02	0,90

separación entre grupos. Arciniegas (2005) y Martínez (2007) reportan que las variables con mayor peso en la discriminación morfológica de cacao fueron el número de semillas, diámetro y largo del fruto y diámetro de semilla. Villegas y Astorga (2005) indican que las características de la flor y los frutos fueron variables discriminantes dentro de una población de cacao nacional boliviano.

Selección de los mejores árboles resultantes del estudio

A partir de la literatura consultada (Guillén 1997, Guzmán 1997 y Pérez 2009) y los estándares requeridos por la industria del chocolate, se seleccionaron los parámetros productivos más útiles para la selección de árboles superiores en fincas de productores. Con base en los criterios antes mencionados, se preseleccionaron los 28 árboles que presentaron las características más sobresalientes (Cuadro 4). De los 28 árboles seleccionados, el 78,5% (22) corresponden al grupo 1 de la clasificación de conglomerados. El grupo de árboles seleccionados constituye una población local de cacao con gran potencial a la cual debe

dársele continuidad (segunda evaluación), con el objetivo de obtener una muestra de árboles élite que permita enriquecer la genética de las plantaciones de cacao en Waslala mediante la técnica de propagación vegetativa.

Se sugiere realizar una evaluación de la producción e incidencia de enfermedades en estos árboles para conocer su comportamiento a nivel de finca, e iniciar la propagación de los mismos por injerto para establecerlos en un jardín clonal. Esto permitirá la evaluación posterior bajo las mismas condiciones de manejo, para luego seleccionar los árboles que presenten el mejor comportamiento en producción y tolerancia a las enfermedades, antes de ser utilizados por los productores.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

Los cacaotales de Waslala provienen de una pequeña mezcla de fondo genético cuya diversidad fenotípica es típica del grupo trinitario y responde a un dinámico intercambio de material (semillas) entre productores,

Cuadro 4. Árboles superiores de cacao seleccionados en Waslala, RAAN, Nicaragua

Productor	Comunidad	Número de árbol (grupo)	Altitud msnm	Semillas por fruto	Índice de semilla	Índice de mazorca
Rogelio Pérez	Puerto Viejo	365 (1)	237	42	2,1	11
Rogelio Pérez	Puerto Viejo	366 (1)	238	41	1,9	13
Rogelio Pérez	Puerto Viejo	161(1)	257	41	1,8	14
Ambrocio García	Kubaly Central	173 (1)	289	42	2,1	11
Ambrocio García	Kubaly Central	177 (1)	317	40	1,8	14
Guillermo Pérez	Puerto Viejo	169 (1)	329	47	1,6	13
Efraín Gómez	Sínica	286 (2)	668	42	1,5	13
Ana Castro	El Ciprés	265 (1)	570	39	2	13
Ana Castro	El Ciprés	266 (1)	577	42	1,6	15
Ana Castro	El Ciprés	364 (2)	560	36	1,5	19
Isabel Blandino	Dipina Central	361 (1)	244	41	1,8	13
Isabel Blandino	Dipina Central	362 (1)	242	40	1,6	15
Isabel Blandino	Dipina Central	205 (1)	236	47	1,3	16
Isabel Blandino	Dipina Central	360 (1)	245	44	1,5	16
Isabel Blandino	Dipina Central	204 (1)	229	39	1,5	17
Antonio Quezada	Kubaly	272 (1)	319	45	1,5	15
Natividad Picado	Ocote Dudu	334 (1)	744	44	1,5	15
Pánfilo Centeno	Kubaly	349 (1)	631	46	1,5	15
Pánfilo Centeno	Kubaly	331 (1)	692	40	1,6	16
Pánfilo Centeno	Kubaly	350 (1)	675	37	1,6	17
Jesús Martínez	Sínica	348 (1)	442	39	1,6	16
Fermín Ruíz	Caño Martínez	199 (1)	510	42	1,5	16
José Espinoza	Hormiga Dudu	219 (2)	415	35	1,7	17
Esteban Granado	Angustura Dudu	282 (2)	221	35	1,7	17
Gregorio Flores	El Papayo	117 (1)	513	39	1,5	17
Saturnino Rojas	Guayabo Kubaly	277 (1)	319	45	1,3	17
Juana Gómez	Barrial Colorado	300 (2)	402	37	1,6	18
Rogelio Aguilar	San José Dipina	344 (2)	361	38	1,5	18
Promedio				41	1,6	15

cercanos a las vías de comunicación terrestre. La caracterización morfológica de los árboles promisorios indica la existencia de “genotipos locales” con alto potencial para ser conservados, evaluados y multiplicados vegetativamente por los productores, con el fin de enriquecer la genética y mejorar la productividad de los cacaotales de Waslala. Se recomienda realizar una segunda evaluación a los 28 árboles seleccionados, la cual debe incluir evaluación de la tolerancia a enfermedades en condiciones de campo y productividad.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Michael Hermann, director del proyecto Nicacao, por su apoyo financiero. A los colegas Luis Orozco y Carlos Astorga por la gestión de la tesis y asesoría técnica. A los docentes de la Universidad Nacional Agraria, Dra. Carolina Vega y M.Sc. Rodolfo Munguía, por su apoyo logístico y orientación académica. A los promotores de Cacaonica-PCC y al Ing. Aldo Kuant, técnico del proyecto Nicacao por el apoyo brindado durante la etapa de campo. Al Ing. Miguel Malespín por sus valiosos comentarios. Manifiesto mi gratitud a los productores de Waslala por su hospitalidad y colaboración; al PCC por facilitar la base de datos de los árboles promisorios y al representante de Pro-Mundo Humano, Lic. Hans Grebe, por facilitarme sus oficinas para realizar las mediciones y ensayos de microfermentación. Finalmente, agradezco al personal de OTN-Nicaragua por la atención y el apoyo administrativo.

LITERATURA CITADA

- Abadie, T; Berreta, A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. En: Berreta, A; Rivas, M (eds). Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del cono sur. Uruguay, Procisur. p: 91-100.
- Arciniegas, AM. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao*) por el programa de mejoramiento genético del CATIE. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 125 p.
- Arévalo, B. 2010. The influence of habitat complexity and landscape context on the biodiversity conservation value of cacao agroforests in Waslala, Nicaragua. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 88 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2008. Guía para promotores y familias: selección de árboles superiores de cacao en las fincas de familias cacaoteras. Turrialba, Costa Rica, CATIE-PCC. 12 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2009. Determinación del potencial de mantener, aumentar o adoptar diferentes sistemas de cocoa (*Theobroma cacao*) con base en el rol relativo y absoluto que estos juegan en las estrategias de vida de los hogares en el municipio de Waslala, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Cacao Centroamérica. 41 p.
- Cetrex (Centro de Trámites de Exportación, NI). 2010. Estadísticas: Exportaciones autorizadas de los 20 principales productos periodo 2008-2009. www.cetrex.gob.n/estadisticas.
- Coronado, RS; Palencia, GE, 2008. Selección de materiales de cacao (*Theobroma cacao*) de alto rendimiento y criollos: su caracterización e importancia. Bogotá, Colombia, Corpoica. 7 p.
- Graziani, L; Angulo, J; Parra, P. 2002. Características físicas del fruto de cacao tipo criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. 52 p. Consultado 18-05-2011. http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100004&lng=es&nrm=iso.
- Guharay, F; Barahona, L; Chaput, P. 2006. Diseño de un programa nacional de combate de la moniliasis del cacao. Managua, Nicaragua, MIFIC/Comisión Presidencial de Competitividad. 163 p.
- Guzmán, E. 1997. Evaluación agronómica de 22 clones de cacao (*Theobroma cacao*) en la estación experimental El Recreo. Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, UNA. 52 p.
- Holdridge, L. 1979. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 159 p.
- Krauss, U. 2003. Manejo integrado de la moniliasis del cacao en Talamanca, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10(37-38): 7-8.
- López, JF; Hidalgo, MD. 1994. Análisis de componentes principales y análisis factorial. En Ato, M; López, JJ. (eds). Fundamentos de estadística con Systat. Addison Wesley Iberoamericana. p. 457-535.
- Martínez, WJ. 2007. Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 88 p.
- Meléndez, LM. 1991. Sombras temporales para cacao. Seminario regional Sombras y cultivos asociados con cacao. Memoria. Serie técnica, Informe técnico no. 206. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 99-100.
- Menocal, O. 2005. El cacao: riqueza potencial de la tierra nica a la espera de ser explotado comercialmente en los mercados internacionales. Managua, Nicaragua, INTA. Boletín Técnico no. 3: 7 p.
- Mesoterra. 2010. Línea de base Nicaragua; informe final. Documento de Proyecto. Managua, Nicaragua. 104 p.
- Morera, J; Mora, A; Paredes, A, 1991. Caracterización de una población de cacao “nacional” en el CATIE, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 41(4): 583-588.
- Mossu, G, 1990. Le cacaoyer: Le technicien d'agriculture tropical. Maisonneuve et Larose. 159 p.
- Orozco L; Deheuvels, O. 2007. El cacao en Centroamérica: resultados del diagnóstico de familias, fincas y cacaotales. Informe final de diagnóstico. Turrialba, Costa Rica, CATIE-PCC. 148 p.
- Pérez, JI. 2009. Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao*) del Programa de Mejoramiento del CATIE. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 149 p.
- Sandino, D; Grebe, H; Malespín, M, 1999. Desarrollo agroforestal con cacao Waslala, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 6(22): 2.
- Thienhaus, S. 2008. Composición genética de las plantaciones híbridas de cacao establecidas en Nicaragua en los últimos 50 años. In Actualidad y tendencias del germoplasma de cacao en Nicaragua. Memoria. p 11.
- Trognitz, B; Scheldeman, X; Hansel-Hohl, K; Kuant, A; Grebe, H. 2011. Genetic population structure of cacao plantings within a young production area in Nicaragua. PLoS ONE 6(1): e16056. doi:10.1371/journal.pone.0016056
- Villegas, R; Astorga, C. 2005. Caracterización morfológica del cacao nacional boliviano, Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas No 43-44: 81-85.

Avances de Investigación

Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá

Claudio Córdoba¹, Rolando Cerda^{2*}, Olivier Deheuvelds³, Eduardo Hidalgo², Fabrice Declerck²

RESUMEN

Se analizó la relación de insectos polinizadores Ceratopogonidae (*Atrichopogon*, *Dasyhelea*, *Forcipomyia*) con las características de doseles de sombra y cobertura de suelos de sistemas agroforestales (SAF) de cacao y la producción potencial de cacao por la acción de las flores polinizadas naturalmente por los polinizadores. Se encontraron polinizadores en el 60% de los SAF-cacao evaluados, con poblaciones entre 1800-19500 individuos ha⁻¹. Los insectos del género *Forcipomyia* fueron los más importantes por su mayor abundancia y relación positiva con la cantidad de flores polinizadas/fecundadas. Se encontraron relaciones estadísticamente significativas y positivas entre la abundancia de polinizadores con la densidad de árboles de cacao y cobertura de hojarasca y restos de frutas en descomposición en el suelo. Con la abundancia de maderables, musáceas, frutales y palmáceas, y con la presencia de piedras, gramíneas y suelo desnudo la relación fue negativa. La relación negativa con plantas del dosel parece estar más influenciada por la excesiva sombra que con la abundancia de plantas per se. En los SAF-cacao con presencia comprobada de polinizadores, el porcentaje de flores polinizadas/fecundadas fue el doble que en aquellos donde no se encontraron (4% y 2% respectivamente). Esto confirma la importancia de los polinizadores. Sin embargo, con un 2-4% de flores polinizadas/fecundada gracias a los polinizadores, aparentemente la producción potencial de cacao no sería suficientemente buena. Es necesario mejorar el manejo agroforestal de los SAF-cacao de Bocas del Toro para incrementar la floración y la poblaciones de insectos polinizadores.

Palabras clave: diversidad, flores, Ceratopogónidos, *Atrichopogon*, *Dasyhelea*, *Forcipomyia*.

ABSTRACT

Pollinators, pollination and cocoa production potential in agroforestry systems of Bocas del Toro, Panama

We analyzed the relationship of pollinating insects Ceratopogonidae (*Atrichopogon*, *Dasyhelea*, *Forcipomyia*) with shade canopy and land cover characteristics of cocoa agroforestry systems (AFS) for cocoa and cocoa production potential through the action of flowers pollinated naturally by pollinators. Pollinators were found in 60% of cocoa-AFS evaluated, with populations of 1800-19500 individuals ha⁻¹. Insects in the genus *Forcipomyia* were the most important because of their greater abundance and positive relationship with the number of flowers pollinated/fertilized. Statistically significant and positive relationships were found between the abundance of pollinators with the density of cacao trees and the leaf litter cover and remains of decomposing fruit on the ground. The relationship was negative with the abundance of timber, musaceous, fruit and palm trees, and with the presence of stones, grass and bare soil. The negative relationship with canopy plants appears to be more influenced by excessive shade than by the abundance of plants per se. In cocoa-AFS with demonstrated presence pollinators, the percentage of flowers pollinated/fertilized was twice that of systems where they were not found (4% and 2% respectively). This confirms the importance of pollinators. Nevertheless, with only 2-4% of the flowers pollinated/fertilized thanks to pollinators, apparently cocoa production potential will not be good enough. The agroforestry management of the cocoa-AFS of Bocas del Toro must be improved to increase flowering and populations of insect pollinators.

Keywords: diversity, flowers, *Ceratopogonidae*, *Atrichopogon*, *Dasyhelea*, *Forcipomyia*.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Bocas del Toro, el cultivo de cacao constituye una de las principales actividades agrícolas de pequeños agricultores indígenas. Se estima que en la provincia hay 4500 ha de cacao, las cuales en su mayor parte se encuentran en zonas indígenas de las etnias ngobe-

bugle y naso-teribe, cuyos pobladores manejan el cacao en sistemas agroforestales (SAF) con un promedio de 3,5 ha por agricultor y con un rendimiento promedio de cacao seco de 86 kg ha⁻¹ (Pineda 2007). Entre los principales factores que inciden en los bajos rendimientos están la falta de manejo agroforestal y el abandono de las plantaciones

¹ IDIAP, Almirante, Bocas del Toro, Panamá

² CATIE, Turrialba, Costa Rica

³ CIRAD-CATIE, Turrialba, Costa Rica

* Autor para correspondencia rcerda@catie.ac.cr

que causan exceso de sombra y reducen el potencial productivo; el ataque de enfermedades fungosas como la monilia (*Moniliophthora roreri*), y las variaciones en las poblaciones de insectos polinizadores (Young 1982).

En el cacao, la polinización es básicamente entomófila debido a que el polen es pegajoso y no se mueve fácilmente con el viento o la lluvia. Además, la arquitectura de las estructuras florales dificulta la llegada de polen al estigma de la flor por esas vías (Soria et al. 1976, Enríquez 1985). Dípteros de la familia Ceratopogonidae son los principales responsables de la polinización en cacao. Entre los géneros más importantes están *Forcipomyia* spp., *Dasyhelea* spp. y *Atrichopogon* spp., los cuales poseen las características morfológicas necesarias para realizar la polinización (Kaufmann 1975, Soria et al. 1980, Young 1983).

La abundancia de insectos polinizadores en SAF-cacao puede estar influenciada por varias causas; entre ellas, el ambiente biótico y físico (clima y microclima) y características de las plantaciones, como la cobertura y espaciamiento de los árboles de sombra (Kaufmann 1975, Bos et al. 2007, Omolaja et al. 2009). En esta investigación se evaluó la relación de las características de cobertura de suelos y dosel de los SAF-cacao con las poblaciones de polinizadores de los géneros *Forcipomyia*, *Dasyhelea* y *Atrichopogon*, y la relación de estos con la producción potencial de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en comunidades indígenas ngobe de la provincia de Bocas del Toro de Panamá (Figura 1). El clima es lluvioso durante casi todo el año, con un promedio de 3000 mm anuales, pero entre diciembre y febrero las precipitaciones son mayores. La temperatura media oscila entre 24-27°C. Se determinaron las poblaciones de polinizadores en 40 SAF-cacao (fincas) que forman parte de una red de parcelas de investigación permanente del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) del CATIE. Estos SAF-cacao fueron seleccionados según condiciones de sitio (altitud, pendiente, orientación) y composición del dosel (riqueza y densidad de especies, estructura horizontal y vertical), de tal forma que quedara bien representada la variabilidad de SAF-cacao presentes en la zona y no solo los más comunes. Estos SAF tienen 27 años de edad, en promedio, con árboles de cacao de semilla (híbridos) del tipo trinitario (600 árboles ha⁻¹); una riqueza promedio de 11 especies en el dosel (rango 5-23); una densidad de árboles y palmas (leñosas) en el dosel de más de 200

individuos ha⁻¹, donde la mayor proporción es ocupada por árboles maderables como laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*), frutales como las guabas (*Inga* spp.) y palmas como el pejibaye (*Bactris gasipaes*); también los bananos son abundantes (hasta 200 plantas ha⁻¹). En general, las fincas reciben poco manejo (podas y deshierbes), según disponibilidad de mano de obra familiar y sin la aplicación de ningún tipo de insumos químicos (manejo tradicional).

En cada SAF-cacao se estableció una parcela de 1000 m² (50 x 20 m) subdividida en 10 subparcelas (10 x 10 m) y se hicieron muestreos de marzo a mayo de 2010. Se muestreó la hojarasca en 5 subparcelas (Figura 2), donde se colectaron 400 g de hojarasca (húmeda) de cada punto de muestreo (se midió la dimensión del área donde se recolectó esa cantidad). Las muestras fueron colocadas en cajas de emergencia similares a las utilizadas por Mavisoy et al. (2012), quienes rediseñaron las cajas propuestas originalmente por Hernández (1964) (Figura 3). El período de incubación de los insectos en la hojarasca dentro de las cajas de emergencias fue de 30 días. A continuación se sacaron e identificaron los insectos adultos de la familia Ceratopogonidae, utilizando la clave desarrollada por Borkent (2008). Una vez que se terminó la incubación de los insectos, se secó la hojarasca a 65°C por 48 horas y luego obtuvo el peso seco y el porcentaje de humedad.

Estas cajas tienen, en la parte central de la tapa, un orificio de 12 cm de diámetro cubierta con una tela de agujero fino de color negro para permitir la aireación, entrada de luz y humedad. Adherido a la tela se encuentra un tubo plástico de 10 cm de largo por 2 cm de diámetro en el cual se pusieron 4 ml de solución sacarosa al 20%, como atrayente para la captura de insectos adultos.



Figura 1. Ubicación del área de estudio, provincia de Bocas del Toro, Panamá

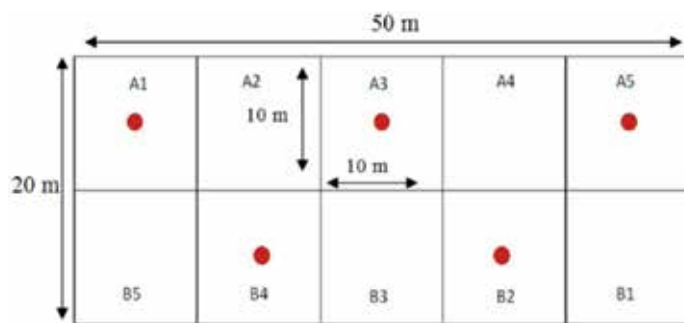


Figura 2. Representación de las parcelas dentro de los sistemas agroforestales de cacao y distribución de los puntos (rojos) de muestreo de hojarasca

En cada parcela se caracterizó la composición botánica del dosel; para ello se determinó la densidad de plantas de cacao, musáceas, palmáceas, maderables, frutales y otros. Además, se caracterizó la cobertura del suelo mediante el protocolo del PCC desarrollado por Deheuvels y Avelino (2008): al centro de cada subparcela se ubicó un marco de 1x1 m y, por observación, se determinó el porcentaje de gramíneas, herbáceas y rastreras, musgos y helechos, piedras, leñosas, tronco, hojarasca, suelo desnudo, otros (frutas). Ambas variables (composición botánica del dosel y cobertura del suelo) se correlacionaron con la abundancia de polinizadores.

Para la relación entre la producción potencial de cacao y la abundancia de polinizadores se determinó el porcentaje de flores polinizadas y fecundadas, y luego se estimó el número de frutos que se podrían obtener por hectárea en un año. Para esto se seleccionaron cinco árboles de cacao con flores en cada SAF-cacao, ubicados lo más cerca posible a los puntos de muestreo de la hojarasca, un árbol por celda (en varios casos se seleccionaron solo tres árboles porque no todos tenían flores). En cada árbol se ubicaron dos secciones de ramas con 10 flores (cerradas a punto de abrirse), cada una a una altura entre 1 y 2,5 metros. En el caso de que existieran más



Figura 3. Cajas de emergencia para la captura de insectos Ceratopogónidos

de 10 flores, se eliminaban las sobrantes. En una sección se encerraron las 10 flores con una tela de orificios muy finos (malla antiáfidos) que impedía la entrada de insectos pero no del aire; en la otra sección las flores quedaron expuestas a los insectos polinizadores. Las 10 flores enjauladas permitieron analizar la posibilidad de que flores auto-compatibles pudieran polinizarse sin la necesidad de insectos. Después de 48 horas se quitaron las flores del árbol y se llevaron a laboratorio, donde se les retiró los estaminodios y los pétalos. Al ovario con el estigma se les aplicó una gota de coloración Alexander y se colocaron al microscopio para contar la cantidad de granos de polen viables en el estigma. El polen abortado toma una coloración verde y el polen viable (fértil), púrpura (Alexander 1980). Se consideraron flores polinizadas y fecundadas las que contienen como mínimo 25 granos de polen viables en el estigma (Aranzazu et al. 2008). Se dividió el total de flores polinizadas/fecundadas entre el número total de flores evaluadas para obtener el porcentaje de flores polinizadas/fecundadas, por parcela donde se encontraron (o no) polinizadores. En Bocas del Toro, se obtienen rendimientos de cacao seco entre 80-250 kg cacao seco ha⁻¹, con un índice de 23 frutos para producir un kilo de cacao seco. Con estos datos se calculó la cantidad de frutos potenciales y su relación con el porcentaje de flores polinizadas.

Análisis estadístico. Se calcularon medidas resumen para describir la abundancia de polinizadores por metro cuadrado y por hojarasca húmeda en las parcelas donde se encontraron polinizadores. Se realizaron modelos de regresión simple con las variables del dosel de los SAF-cacao como regresoras y las abundancia de polinizadores (*Forcipomyia*, *Atrichopogon*, *Dasyhelea* y total de los tres géneros) como variables respuesta. Para la selección de variables con efecto significativo sobre la abundancia de polinizadores se tomó en cuenta un valor p menor a 0,10 ya sea con un coeficiente positivo o negativo.

RESULTADOS

Se encontraron polinizadores en 23 de los 40 SAF-cacao estudiados. El género *Forcipomyia* fue el de mayor frecuencia, seguido por *Dasyhelea* y *Atrichopogon*. En ninguno de los SAF se encontraron los tres géneros de polinizadores juntos. La abundancia de los tres géneros de polinizadores fue muy variable; es posible encontrar desde 0,17 polinizadores por metro cuadrado hasta un máximo de 19,51/m² con un promedio de 4,6/m². Similar situación ocurre con el total de polinizadores por kilogramo de hojarasca húmeda, lo que arroja coeficientes de variación muy altos. La abundancia media de polini-

zadores por unidad de superficie fue ligeramente mayor para el género *Forcipomyia*; sin embargo, los géneros *Dasyhelea* y *Atrichopogon* registraron una abundancia similar entre ellos pero mayor a la registrada para el género *Forcipomyia* por kilogramo de hojarasca húmeda (Cuadro 1).

La mayoría de las relaciones entre polinizadores y las características de los SAF-cacao fueron significativas para los totales de polinizadores, aunque también se encontraron relaciones significativas con el porcentaje de flores polinizadas/fecundadas. La relación de la abundancia total de polinizadores fue positiva con la densidad de cacao y negativa a medida que aumentaba la densidad de plantas del dosel de sombra (maderables, frutales, palmáceas y musáceas). En cuanto a la cobertura del suelo se encontró que a mayor cobertura de restos de mazorcas de cacao y otros frutos y de

hojarasca (y su porcentaje de humedad), mayor fue la abundancia total de polinizadores. Con los demás tipos de cobertura la relación fue negativa. Solo la abundancia de los géneros *Dasyhelea* y *Atrichopogon* presentó relación positiva con el porcentaje de humedad de la hojarasca. La abundancia total de insectos polinizadores mostró relación significativa y positiva con el porcentaje de flores polinizadas. A nivel de género, solo la abundancia de *Forcipomyia* mostró relación positiva, lo que demuestra que es el género más importante para conseguir mayor cantidad de flores polinizadas (Cuadro 2).

La diferencia entre la cantidad de granos de polen en flores encerradas en jaula y flores sin jaula fue clara: solo se encontraron flores polinizadas/fecundadas entre las que estuvieron expuestas a los insectos polinizadores. En las flores enjauladas, la presencia de granos de polen fue casi nula. En las parcelas con presencia de polinizadores,

Cuadro 1. Abundancia de insectos polinizadores (Ceratopogonidae) en sistemas agroforestales de cacao en Bocas del Toro, Panamá

Abundancia por género y unidad	N	Media	D.E.	CV	Min	Max	Mediana
# <i>Forcipomyia</i> m ⁻²	19	3,80	4,59	120,62	0,17	19,51	2,49
# <i>Dasyhelea</i> m ⁻²	5	3,58	3,01	84,27	0,91	8,72	2,78
# <i>Atrichopogon</i> m ⁻²	5	3,03	2,29	75,63	0,33	5,79	2,38
# Total m⁻²	23	4,58	4,61	100,71	0,18	19,51	4,04
# <i>Forcipomyia</i> kg ⁻¹ HH	19	2,87	2,18	76,17	0,50	8,00	2,00
# <i>Dasyhelea</i> kg ⁻¹ HH	5	3,40	1,52	44,61	2,00	5,50	2,50
# <i>Atrichopogon</i> kg ⁻¹ HH	5	3,40	4,01	117,83	1,00	10,50	1,50
# Total kg ⁻¹ HH	23	3,85	2,66	69,14	0,50	10,50	3,00

#: número de individuos; n: número de sistemas agroforestales de cacao donde se encontraron los polinizadores; HH: hojarasca húmeda; D.E: desviación estándar; Min: mínimo; Max: máximo.

Cuadro 2. Relaciones entre la abundancia de polinizadores (Ceratopogonidae) y las características de sistemas agroforestales de cacao de Bocas del Toro, Panamá

Variable dependiente	Característica del sistema agroforestal	Variable independiente	Relación	Valor p
Abundancia total de polinizadores	Dosel de sombra	Densidad de cacao ha ⁻¹	+	0,0456
		Densidad de maderables ha ⁻¹	-	0,0270
		Densidad de musáceas ha ⁻¹	-	0,0004
		Densidad de frutales ha ⁻¹	-	0,0012
Abundancia total de polinizadores	Cobertura del suelo	Gramíneas y otras herbáceas (%)	-	4,32 ^{e-08}
		Piedras (%)	-	0,0157
		Leñosas (%)	-	0,0341
		Suelo (%)	-	3,42 ^{e-06}
		Hojarasca (%)	+	7,13 ^{e-12}
		Otros (restos de frutos) (%)	+	0,0002
Abundancia total de polinizadores	Hojarasca		+	0,0355
Abundancia de <i>Dasyhelea</i>		% humedad hojarasca	+	0,02570
Abundancia de <i>Atrichopogon</i>			+	0,01136
Flores polinizadas y fecundadas (%)	----	Abundancia total de polinizadores	+	0,002670
		Abundancia de <i>Forcipomyia</i>	+	0,001277

el porcentaje de flores polinizadas fue el doble que en parcelas donde no se encontraron polinizadores, con un promedio general de 3% de flores polinizadas (Cuadro 3).

En Bocas del Toro los rendimientos más comunes están entre 80 y 250 kg cacao seco ha⁻¹ año⁻¹, lo cual significa que se llegaría a cosechar entre 1840 y 5750 frutos ha⁻¹ año⁻¹. Es decir, esa sería la cantidad de cacao que se obtendría con un 3% de flores polinizadas en ese tipo de sistemas agroforestales de cacao y con el manejo tradicional que reciben.

DISCUSIÓN

Abundancia de polinizadores

Las amplias diferencias en la abundancia de polinizadores entre parcelas están influenciadas por la disponibilidad de hábitat necesario para la reproducción de los polinizadores, como mantillos de hojarasca, cáscaras de cacao en descomposición y humedad en los cacaotales (Kaufmann 1975). En los SAF-cacao de Bocas del Toro es posible encontrar abundancias de polinizadores entre 1700 y 19.500 individuos por hectárea; en otros lugares, la variación puede ser todavía mayor. Por ejemplo, Winder (1977) reportó entre 3.000 hasta 300.000 polinizadores por hectárea en cacaotales de Brasil, en tanto que en Venezuela se reportaron entre 0,9 y 2,8 polinizadores por árbol (Narváez y Marín 1996) equivalentes a 550-1800 polinizadores por hectárea (con una densidad de 600 árboles cacao ha⁻¹).

Las diferencias de abundancias entre géneros de polinizadores encontrados en Bocas del Toro parecen pequeñas si se las analiza por metro cuadrado o por kilogramo de hojarasca, pero si calculamos estas poblaciones en áreas mayores las diferencias se hacen considerables. Por ejemplo, tomando como referencia una hectárea se encontrarían 3.000 y 8.000 individuos más de *Forcipomya* en comparación con *Dasyhelea* y *Atrichopogon*, respectivamente. Esa cantidad de polinizadores podría influir significativamente en la polinización de flores. Por otra parte, de acuerdo a los resultados de abundancia por unidad de área y por unidad de peso de hojarasca, se observó que los dípteros

de *Forcipomya* proliferan mejor en capas de hojarasca más gruesas pero no dependen tanto de la humedad de la misma. En cambio *Dasyhelea* y *Atrichopogon* serían más dependientes de la humedad. En cualquiera de los casos, *Forcipomya* se registró, en la mayor cantidad de parcelas, con más abundancia por unidad de área y con relación positiva con la cantidad de flores polinizadas/fecundadas, razones por las que se convierte en el género de dípteros polinizadores más importante.

Es importante aclarar que en los SAF-cacao donde no se encontraron polinizadores no significa que estos insectos no estén presentes. La metodología utilizada en este estudio pudo influir en la colecta de estos insectos que seguramente son menos abundantes que en los SAF-cacao donde sí se los encontró.

Influencia de plantas del dosel de sombra sobre los polinizadores

La mayor densidad de árboles de cacao hace que haya una mayor cantidad de flores que atraen a los insectos polinizadores (Kaufman 1975); además, hay más hojarasca que mejora el hábitat para los insectos. En cambio, con la densidad de otros árboles y plantas del dosel se dio una relación negativa. Se observó que a mayor cantidad de plantas en el dosel, más densa es la sombra, que impide la entrada de luz y disminuye la floración de cacao, lo que desalienta el crecimiento de insectos polinizadores y su actividad de polinización (Young 1982, 1983, 1986). Las mejores condiciones para la floración (hasta en un 100%) se dan con precipitaciones superiores a los 80 mm por mes y temperatura alrededor de 28°C (Omolaja et al. 2009). En Bocas del Toro, la precipitación no es limitante porque llueve casi todo el año, pero la temperatura podría estar jugando un papel importante, ya que en los SAF-cacao que tienen sombra muy densa, la temperatura en el microclima está por debajo de los 28°C.

En SAF-cacao de Costa Rica (muy similares en estructura y clima a Bocas del Toro) la hojarasca y otros restos de cacao, en combinación con hojarasca y restos de banano y bajo cobertura de *Persea americana*, *Cordia alliodora*, *Syzygium malaccense* y *Bactris gasipaes*, gene-

Cuadro 3. Porcentaje de flores polinizadas/fecundadas con presencia o ausencia de polinizadores en sistemas agroforestales de cacao de Bocas del Toro, Panamá

# SAF-cacao	# flores evaluadas	# flores polinizadas/ fecundadas	% flores polinizadas/ fecundadas
23 (con insectos polinizadores)	870	33	4
17 (sin insectos polinizadores)	610	12	2
Total (40 SAF-cacao)	1480	45	3

raron condiciones más favorables para los polinizadores que el sustrato de cacao solo o en combinación con las especies *Inga* sp. y *Nephelium lappaceum* (Mavisoy et al. 2012). En cacaotales de Ghana se encontró una relación positiva entre la abundancia de polinizadores y la formación de frutos con las densidades de banano y plátano (Frimpong et al. 2011). O sea que el problema no sería la composición botánica ni densidad de plantas del dosel (diversidad), sino el tipo de copas y la excesiva sombra proyectada. Todo esto evidencia que hace falta mejorar el diseño y manejo de interacciones agroforestales en los cacaotales de Bocas del Toro.

Influencia de la cobertura del suelo en los polinizadores

Las coberturas con hojarasca y otros restos (frutas en descomposición) presentaron una relación positiva con la abundancia de los tres géneros de polinizadores, lo que coincide con lo reportado por varios autores (Kaufmann 1975, Winder 1977, Besemer y Soria et al. 1978, Azhar y Wahi 1984). Según estos autores, la biomasa en descomposición (hojarasca y restos de frutas) ofrece un excelente sustrato como hábitat para la reproducción y protección de los insectos polinizadores, ya que las larvas de estos insectos se alimentan principalmente de bacterias y hongos que crecen allí. Evidentemente, los polinizadores no se desarrollarían bien en suelos con otros tipos de coberturas, y menos en suelo desnudo, porque no encontrarían el ambiente biótico adecuado y estarían expuestos a sus depredadores naturales (hormigas y otros). En cacaotales jóvenes, donde la cobertura del suelo es escasa de hojarasca y otros restos vegetales, se recomienda fomentar la población de polinizadores, distribuyendo trozos de pseudotallos de musáceas (cortados en rodajas), en donde los insectos adultos pueden ovipositar y las larvas crecer adecuadamente (Young 1986).

Relación entre polinizadores, flores polinizadas/fecundadas y producción potencial

A nivel de géneros, *Forcipomyia* fue el único que presentó relación positiva con el porcentaje de flores polinizadas. Esto muestra la importancia de este género y su eficiencia en la polinización de flores de cacao, lo cual coincide con lo reportado por otros investigadores (Soria et al. 1975, Soria 1980, Ibrahim 1987). El género *Forcipomyia*, además de ser el de mayor abundancia y frecuencia en los SAF-cacao, tiene una gran capacidad polinizadora debido al tamaño de su cuerpo (tórax 0,16 mm de ancho y 1,0 mm de largo) que le permite ingresar al interior de las estructuras florales y dejar la cantidad

de granos de polen necesario para polinizar y fecundar una flor de cacao (Kaufmann 1975).

La cantidad óptima de flores polinizadas es discutible por las diferentes condiciones de sitio y clima y tipos de cacao, aunque un 3% (2-4%) de flores polinizadas en los SAF-cacao de Bocas del Toro no es suficiente para tener buenos rendimientos. Experimentos en Indonesia demostraron que el porcentaje de flores de cacao polinizadas manualmente es más importante que la disponibilidad de recursos (sombra, fertilizantes, agua) para la formación de frutos. Un promedio de 10-40% de flores polinizadas pareciera ser adecuado para incrementar en más del 100% la producción, incluso a pesar del incremento de aborto de frutos con la intensidad de polinización (Groeneveld 2010). Sin embargo, la polinización no siempre es más importante que la disponibilidad de recursos. En otros SAF-cacao, también en Indonesia, se demostró que con la polinización manual se puede lograr que un 25% de las flores sean fecundadas y formen frutos, mientras que con la polinización natural apenas un 4% de las flores fueron fecundadas (resultados similares a los de este estudio). Solo un 7% (polinización manual) y un 2% (polinización natural) lograron desarrollarse en frutos sanos y maduros, debido a la influencia de mejores sitios y manejo para obtener mejores rendimientos. Se debe, entonces, buscar un equilibrio en la proporción de flores polinizadas/fecundadas porque luego la tasa de aborto de frutos puede ser tan alta que al final la cantidad de frutos cosechados es similar a la cantidad de frutos obtenidos con polinización natural. Aparentemente una mayor intensidad de polinización daría mejores resultados en sistemas de manejo intensivo (aplicación de insumos) que en sistemas de manejo tradicional (Bos et al. 2007).

En condiciones de 72-90% de cobertura de sombra (similares a Bocas del Toro) solo se cosecha un 30% de los frutos que inicialmente se formaron; los demás se pierden por aborto de frutos o por ataque de plagas y enfermedades. Estas pérdidas son similares a las reportadas para Brasil y Costa Rica, bajo coberturas de sombra parecidas (Bos et al. 2007). En Bocas del Toro, el rango de 1840-5750 frutos ha⁻¹ año⁻¹ (sanos y maduros) multiplicados por 3,33 (para calcular la producción potencial) significaría 6133-18567 frutos ha⁻¹ año⁻¹ potenciales gracias a los polinizadores, que rendirían 266-807 kg cacao seco ha⁻¹ año⁻¹. Esta tampoco sería una producción potencial muy buena, si se considera que igual habría pérdidas aunque se mejore el manejo. Esto sugiere que, además de mejorar el manejo tradicional, también habría que tratar

de mejorar las poblaciones de polinizadores para que se incremente la cantidad de flores polinizadas/fecundadas. El óptimo de la polinización no se logra mediante la polinización natural, aun en las condiciones más apropiadas; las mejoras en las poblaciones de polinizadores, aunque sean pequeñas, pueden resultar en incrementos mayores del rendimiento (Groeneveld 2010).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los SAF de cacao de Bocas del Toro el género más importante de polinizadores encontrado fue *Forcipomyia*. La hojarasca y restos de frutas en descomposición son el mejor hábitat para estos insectos. En los SAF cacao con presencia comprobada de polinizadores el porcentaje de flores polinizadas/fecundadas puede ser el doble que en aquellos donde no se encuentran. Las poblaciones de polinizadores y el rendimiento del cacao podrían incrementarse en Bocas del Toro si se distribuyen restos de pseudotallos de musáceas, se regula la autosombra del cacao y la sombra del dosel, y se renuevan paulatinamente los cacaotales viejos con variedades clonales (injertar) tolerantes a enfermedades, compatibles y productivas. Si se quiere probar la polinización manual en las plantaciones, se debe realizar estudios que analicen la capacidad de carga de los árboles y la rentabilidad de la actividad. Se sugiere que para futuras investigaciones, se aumente la cantidad de puntos de muestreo y se tomen dos o más muestras en el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Al IDIAP de Panamá y al Proyecto Cacao Centroamérica del programa MAP-CATIE por el apoyo financiero y logístico. A los guías locales y familias cacaoteras de Bocas del Toro por la colaboración en el trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

Alexander, MP. 1980. A versatile stain for pollen, fungi, yeast and bacteria. *Stain Technology* 55: 13-18.

Aranzazu, HF; Martínez, GN y Rincón, DG. 2008. Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao: modelos para el empleo de los materiales de cacao más usados en Colombia utilizando los mejores porcentajes de intercompatibilidad. Bucaramanga, Colombia, CORPOICA. 24 p.

Azhar, I; Wahi, M. 1984. Pollination of cocoa in Malaysia: identification of taxonomic composition and breeding sites, ecology and pollinating activities, and seasonal abundance. Kuala Lumpur, Malaysia, The Incorporated Society of Planters. p. 77-89.

Bos, M; Steffan-Dewenter, I; Tschardtke, T. 2007. Shade tree management affects fruit abortion, insect pests and pathogens of cacao. *Agriculture Ecosystems and Environment* 120: 201-205.

Besemer, H; Soria, S. 1978. Laboratory rearing of *Forcipomyia* spp. midges (Diptera, Ceratopogonidae) 1 Adult feeding, larval feeding and copulation trials; a revision of Saunders method of rearing. *Revista Theobroma (Brazil)* 8: 43-59.

Borkent, A. 2008. The Ceratopogonidae of Costa Rica. San José, Costa Rica, INBio.

Deheuvels, O; Avelino, J. 2008. Caracterización de diferentes dominios agroecológicos para enfermedades, productividad y biodiversidad. Turrialba Costa Rica, CATIE-PCC. 47 p.

Enríquez, G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba Costa Rica, CATIE. 240 p.

Frimpong, EA; Gemmill-Herren, B; Gordon, I; Kwapong, PK. 2011. Dynamics of insect pollinators as influenced by cocoa production systems in Ghana. *Journal of Pollination Ecology* 5: 74-80.

Groeneveld, JH; Tschardtke, T; Moser, G; Clough, Y. 2010. Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12:183-191.

Hernández, J. 1964. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao*) in Costa Rica. Thesis Ph.D. Wisconsin, US, University of Madison. 167 p.

Ibrahim, A. 1987. Effects of insect pollinators on fruit set of cocoa flowers. In International Cocoa Research Conference (1987, Santo Domingo, DO). Washington DC, US. p 303-306.

Kaufmann, T. 1975. Ecology and behavior of cocoa pollinating Ceratopogonidae in Ghana, W. Africa. *Environmental Entomology* 4(2): 347-351.

Mavisoy, KH; Cabezas, SR; Somarriba, E; Cerda, R; Pérez, G; Ballesteros, W. 2012. Evaluación de la abundancia de ceratopogónidos (díptera) polinizadores de cacao (*Theobroma cacao*) en la hojarasca de siete árboles de sombra en Talamanca, Costa Rica. Turrialba Costa Rica, CATIE. *En preparación*.

Narváez, Z; Marín, C. 1996. Abundance of ceratopogonids (Diptera) in a cacao plantation (*Theobroma cacao*), at Chuao, Edo. Aragua, Venezuela. *Agrotropía* 8: 15-22.

Pineda, M. 2007. Caracterización de la cadena productiva de cacao y diagnóstico de la cooperación entre actores. Panamá, CATIE-PCC. 51 p.

Soria, S de J. 1980. Insetos polinizadores: *Forcipomyia* métodos para aumentar a polinização e seus efeitos sobre a produção. In 7ª Conferencia Internacional de Pesquisas em Cacau (Bahia, Brasil). 505 p.

Soria, S de J; Tonosaki, S; Moreno, J. 1975. A polinização do cacaueiro pela *Forcipomyia* ao vivo. *Cacau Actualidades* 3(12): 14-18.

Soria, S de J; Wirth, W; Chapman, K. 1980. Insect pollination of cacao in Costa Rica. 1. Preliminary list of the ceratopogonid midges collected from flowers. *Revista Theobroma* 10(2): 61-68.

Soria, S de J; Wirth, WW; Flores, JD. 1976. Identidad de las mosquitas *Forcipomyia* spp. (Diptera, Ceratopogonidae) relacionadas con la polinización del cacaotero en Ecuador. *Revista Theobroma* 6(4):102.

Winder, J. 1977. Recent research on insect pollination of cocoa. *Cocoa Growers Bulletin* no. 26:11-19.

Young, AM. 1982. Effects of shade cover and availability of midge breeding sites on pollinating midge population and fruit set in two cocoa farms. *Journal of Applied Ecology* 19:47-63.

Young, AM. 1983. Seasonal differences in abundance and distribution of cocoa-pollinating midges in relation to flowering and fruit set between shaded and sunny habitats of the La Lola coca farm in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* 20: 801-828.

Young, AM. 1986. Habitat differences in cocoa tree flowering, fruit-set, and pollinator availability in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 2:163-186.

Avances de Investigación

Carbono en sistemas agroforestales de cacao de la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica

Rolando Cerda Bustillos¹, Tania Espin Chion², Miguel Cifuentes³

RESUMEN

Se determinó el carbono almacenado en sistemas agroforestales orgánicos de cacao (*Theobroma cacao*) manejados por familias indígenas de la etnia bribri en Talamanca, Costa Rica. Se midió el carbono en todos los compartimentos: suelo, hojarasca, raíces, necromasas y biomasa aérea, mediante metodologías aceptadas por el IPCC. También se calcularon las tasas de acumulación de carbono y su valor monetario. Se analizaron las correlaciones de variables de sitio (topografía y suelos) y composición del dosel (riqueza, abundancia, áreas basales y biomasas) con los contenidos de carbono y se hicieron análisis de conglomerados con las mismas variables para indagar qué grupos de SAF y con qué características almacenan más carbono. Los SAF-cacao de Talamanca registraron un promedio de carbono total de 122 ± 24 t C ha⁻¹, considerado como un nivel de intermedio a alto. El 43% del carbono se almacenó en la biomasa aérea y el 41% en suelo. La tasa de acumulación de carbono en biomasa aérea fue $3,0 \pm 1,9$ t C ha⁻¹ año⁻¹, con un valor monetario de 54 US\$ ha⁻¹ año⁻¹. La capacidad de almacenar carbono está especialmente correlacionada con el área basal de los árboles maderables y frutales, esto se evidenció con los análisis de correlación y los conglomerados formados, pues los grupos de SAF-cacao con mayores áreas basales fueron los que más carbono total y en biomasa aérea registraron. Estos datos pueden ser de utilidad para gobiernos locales o nacionales y organizaciones de productores en su afán de proponer estrategias de adaptación/mitigación del cambio climático, acceder a pagos por servicios ambientales y mejorar los precios de sus productos agroforestales.

Palabras clave: biomasa, suelo, tasas de carbono, diversidad, agroforestería.

ABSTRACT

Carbon in cocoa agroforestry systems of the Bribri Indigenous Reserve of Talamanca, Costa Rica

We determined the carbon stored in cocoa (*Theobroma cacao*) organic agroforestry systems managed by indigenous families of the Bribri ethnic group in Talamanca, Costa Rica. We measured carbon in all compartments: soil, leaf litter, roots, necromass and aboveground biomass, using methodologies accepted by the IPCC. We also calculated carbon accumulation rates and their monetary value. We analyzed the correlations of site variables (topography and soils) and canopy composition (richness, abundance, basal areas and biomass) with carbon contents and we made cluster analyses with the same variables to investigate which AFS groups with what characteristics store more carbon. The cocoa-AFS of Talamanca recorded a total carbon average of 122 ± 24 t C ha⁻¹, considered an intermediate to high level. Forty-three percent of the carbon was stored in the aboveground biomass and 41% in the soil. The rate of carbon accumulation in the aboveground biomass was 3.0 ± 1.9 t C ha⁻¹ yr⁻¹, with a monetary value of US\$54 ha⁻¹ yr⁻¹. Carbon storage capacity is especially correlated with the basal area of timber and fruit trees, as evidenced by the correlation and cluster analyses performed, since the cocoa-AFS groups with larger basal areas were the ones that recorded the most total carbon and aboveground biomass. These data may be useful for local or national governments and producer organizations in their efforts to propose strategies for climate change adaptation/mitigation, access to payments for environmental services, and gain better prices for their agroforestry products.

Keywords: biomass, soil, carbon rates, diversity, agroforestry.

INTRODUCCIÓN

El clima global está siendo alterado significativamente debido a un progresivo aumento de las concentraciones de gases efecto invernadero (GEI), tales como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), clorofluorocarbonos y vapor de agua, que contribuyen a

un incremento global de la temperatura. Las emisiones anuales de GEI crecieron alrededor de 80% entre 1970 y 2004, pues pasaron de 21 a 38 Gt (IPCC 2007). Sin embargo, el mayor incremento percibido se dio durante el período 1995-2004 (0,92 Gt de CO₂ por año), en tanto que en el periodo 1970-1994 el incremento fue de 0,43

¹ M.Sc. CATIE-Proyecto Cacao Centroamérica. Mail: rcerda@catie.ac.cr. (Autor para correspondencia)

² Ing. Agroforestal. Universidad de Nariño, Colombia. Mail: tani.chi.ong@hotmail.com.

³ Ph.D. CATIE-Departamento de Bosques y Cambio Climático. Mail: miguel@catie.ac.cr.

Gt de CO₂ por año. El cambio de uso de la tierra, la deforestación, el uso masivo de combustibles fósiles con fines industriales y de transporte son considerados como los principales factores que inducen dichas emisiones (Brown 1992, Dixon 1995) que afectan la salud humana, la seguridad alimentaria y los ecosistemas naturales (Euguren 2004, IPCC 2007, CEPAL 2009).

Debido a esta problemática mundial y sus posibles efectos sobre las generaciones actuales y futuras y sobre los recursos naturales, es que la mitigación del cambio climático se ha convertido en un reto primordial para la economía y la ciencia dedicada a la conservación del medio ambiente. Una forma de mitigar el cambio climático es la reducción de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera mediante el establecimiento de sistemas agroforestales (SAF) capaces de capturar el CO₂ de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa aérea y subterránea y en el suelo, donde se almacena por largos periodos de tiempo (Gayoso y Guerra 2005). Aunque la importancia de los SAF para mitigar el cambio climático es reconocida, las investigaciones realizadas con respecto a captura de carbono en agroforestería siguen siendo pocas, en comparación con otros usos de la tierra como bosques y plantaciones forestales (Andrade e Ibrahim 2003).

En la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica, existen diferentes usos de la tierra dedicados a la producción de plátano, banano, cacao y granos básicos. Entre ellos se destacan los SAF-cacao, dado que además de producir cacao generan otros bienes como madera, frutas, medicinas, fibra y proveen servicios ambientales como la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad (Somarriba y Harvey 2003). La presente investigación pretende contribuir con datos y análisis más específicos a la información ya existente sobre captura de carbono. Para ello, se determina el carbono en todos los compartimentos de los SAF-cacao y se analizan las correlaciones con diferentes condiciones de sitio y composición de los doseles de sombra, además de valorar este servicio ambiental para los intereses de gobiernos nacionales, locales y para organizaciones de pequeños productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló entre octubre del 2009 y marzo del 2010 en la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica. La reserva se ubica a 9°00' - 9°50' norte y 82°35' - 83°05' oeste. La precipitación anual promedio es de 3500 mm, con una temperatura media anual entre 24-27°C. La evaluación del carbono se hizo en 36

SAF-cacao (fincas) que forman parte de una red de parcelas de investigación permanente del Proyecto Cacao Centroamérica del CATIE. Estos SAF-cacao fueron seleccionados a partir de condiciones contrastantes de sitio (altitud, pendiente, orientación) y composición del dosel (riqueza y densidad de especies, estructura horizontal y vertical), de forma que estuviera representada la gran variabilidad de SAF-cacao presentes en la zona y no solo los más comunes. Estos SAF tienen 25 años de edad, en promedio, con árboles de cacao de semilla (híbridos) de alta variabilidad genética, principalmente del tipo trinitario. La riqueza promedio de especies en el dosel alcanza a doce especies (rango de 5-26); los árboles maderables más comunes son el laurel (*Cordia alliodora*) y cedro (*Cedrela odorata*); además, hay frutales como guabas (*Inga* spp.) y cítricos y palmas como el pejibaye (*Bactris gasipaes*); también las musáceas son abundantes, especialmente bananos. Las densidades de cada tipo de planta son variables y demuestran que son SAF bastante poblados (Cuadro 1).

El carbono fue medido en siete compartimentos de los SAF-cacao: suelo, hojarasca (hojas y ramas secas/descomposición de diámetro <2 cm), raíces finas (<2mm diámetro), raíces gruesas (de los árboles y otras plantas del dosel), necromasa delgada (ramas y restos de frutos secos/descomposición con diámetro 2-10 cm), necromasa gruesa (ramas o troncos secos/descomposición con diámetro >10 cm), biomasa aérea (árboles de cacao, maderables, frutales, palmas y otras leñosas del dosel). De esta forma se obtuvo un estimado completo del carbono total. En cada SAF-cacao se estableció una parcela de 1000 m² (50 x 20 m), subdividida en 10 subparcelas de 10 x 10 m donde se hicieron los muestreos y mediciones para cada compartimento, con metodologías recomendadas y/o aceptadas por el IPCC (2003) en diferentes puntos de la parcela (Figura 1).

Para el muestreo de hojarasca y necromasa delgada se usó un marco de 50 x 50 cm, se pesó en fresco (húmedo) y se obtuvieron muestras compuestas de 400 g y 250 g, respectivamente. Para la necromasa gruesa se midieron las piezas (ramas o troncos) atravesadas en los transectos de muestreo, se les midió el diámetro y se clasificó su densidad: sólido, intermedio, descompuesto (0,60; 0,42; 0,23 g/cm³ respectivamente) (IPCC 2003); finalmente, se obtuvo una muestra compuesta de 250 g. Para el muestreo de raíces finas se utilizaron cilindros de 5 cm de diámetro a 0-20 cm de profundidad; se usaron tamices de 2 mm y de 250 um para escoger las raíces finas y conformar una sola muestra. Todas las mues-

Cuadro 1. Tipos de plantas presentes en los sistemas agroforestales de cacao de Talamanca, Costa Rica

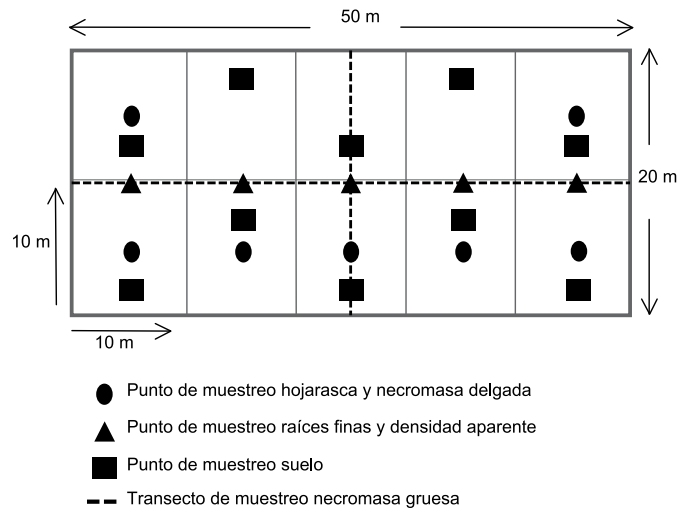
Variable	Árboles maderables	Árboles frutales	Otros árboles	Palmas	Musáceas	Árboles de cacao	Total
Densidad (ind. ha ⁻¹)	119±84	84±63	42±58	43±48	193±261	591±218	1071±242
Área basal (m ² ha ⁻¹)	8,2±5,6	1,9±1,7	0,9±2,2	0,9±1,2	3,4±4,6	10,2±4,3	25,5±7,4

tras fueron enviadas al laboratorio de suelos y tejidos del CATIE, donde se determinó el peso seco a 65°C por 72 horas (MacDicken 1997). Mediante el método de combustión de Walkley y Black (1938) en equipo auto-analizador se obtuvo el porcentaje (fracción) de carbono. El contenido de carbono de cada material se obtuvo multiplicando el peso seco por la fracción de carbono y extrapolando a hectárea.

El muestreo de suelos se hizo con un barreno a 0-20 cm de profundidad y se obtuvo una muestra compuesta de 500 g. Para la densidad aparente se muestrearon suelos con cilindros de 5 cm de diámetro a una profundidad de 0-20 cm. En el laboratorio del CATIE se determinó la fracción de carbono del suelo de las muestras compuestas también en equipo autoanalizador. Para determinar la densidad aparente, cada submuestra se secó a 100°C por 72 horas, se dividió el peso seco entre el volumen del cilindro y luego se obtuvo un promedio. El contenido de carbono del suelo se obtuvo multiplicando el volumen de suelo por hectárea a una profundidad de 20 cm por la densidad aparente promedio y por la fracción de carbono (MacDicken 1997).

Para el cálculo de biomasa aérea se midieron la altura total y el diámetro de tronco a la altura del pecho para todas las especies leñosas con altura superior a 2,5 m. Para el caso de cacao, se midió el diámetro del tronco a 30 cm sobre suelo. Con los datos obtenidos, dependiendo del tipo de árbol, se aplicaron ecuaciones alométricas para obtener el valor de biomasa. La biomasa de raíces gruesas se estimó con base en las biomásas aéreas. Finalmente, la estimación de carbono se realizó multiplicando las biomásas por una fracción de carbono igual a 0,5 (IPCC 2003). Para el caso de necromasa gruesa, los volúmenes obtenidos se multiplicaron por su densidad y luego por la fracción de carbono (Cuadro 2).

Las tasas promedio de acumulación anual de carbono se calcularon dividiendo los inventarios de carbono entre la edad del SAF-cacao. Con esos valores también se hizo una valoración monetaria: primero se multiplicaron las cantidades de carbono por un factor de 3,67 para transformarlas a cantidades de CO₂ y luego, con base en un


Figura 1. Diseño metodológico para el muestreo de material vegetal y suelos en sistemas agroforestales de cacao de Talamanca, Costa Rica

precio de 5 US\$ por t de CO₂, se calculó el valor monetario del almacenamiento y tasas de carbono.

Para el análisis estadístico de los datos se calcularon medidas resumen (media, desvío estándar, mediana, máximos y mínimos, coeficiente de variación, asimetría, kurtosis) para describir el contenido de carbono total y por compartimento. Se analizaron correlaciones (Spearman) de los contenidos de carbono por compartimento con variables de sitio (altitud y pendiente, textura, pH, C, N, P, y Ca de suelos) y del dosel de sombra (riqueza, abundancia, áreas basales y biomásas de cacao, frutales, maderables, palmas y otras plantas). También se hizo un análisis multivariado de conglomerados (Método Ward, distancia Gower) con los 36 SAF-cacao como criterio de clasificación y con las variables de sitio y del dosel de sombra. A las variables de carbono se les aplicó análisis de varianza univariado y prueba de medias LSD Fisher (95% de confianza) entre conglomerados. Esto permitió identificar qué conglomerados tenían más carbono y cuáles son sus características.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los SAF-cacao de Talamanca, Costa Rica registraron 122 ± 24 t C ha⁻¹ de carbono total. Los compartimentos

Cuadro 2. Ecuaciones para la estimación de biomasa aérea y de raíces gruesas y de necromasa gruesa en sistemas agroforestales de cacao de Talamanca, Costa Rica

Especie o tipo de planta	Ecuación o fórmula	Fuente
<i>Theobroma cacao</i>	$\text{Log } B = (-1,684 + 2,158 * \text{Log}(d_{30}) + 0,892 * \text{Log}(\text{alt}))$	CATIE, sin publicar
<i>Cordia alliodora</i>	$\text{Log } B = (-0,94 + 1,32 * \text{Log}(\text{dap}) + 1,14 * \text{Log}(\text{alt}))$	CATIE, sin publicar
<i>Bactris gasipaes</i>	$B = 0,74 * \text{alt}^2$	Szott et al. 1993
Árboles maderables	$B = (21,3 - 6,95 * (\text{dap}) + 0,74 * (\text{dap}^2))$	Brown e Iverson 1992
Árboles frutales	$\text{Log } B = (-1,11 + 2,64 * \text{Log}(\text{dap}))$	CATIE, sin publicar
Palmas	$B = 4,5 + 7,7 * \text{alt}$	Frangi y Lugo 1985
Raíces gruesas	$B = \exp[-1,0587 + 0,8836 * \ln(BA)]$	Cairns et al. 1997
Musáceas	1,5 kg de biomasa por cada metro de altura	Tanaka y Yamaguchi 1972
Necromasa gruesa	$V = n^2 + \frac{(D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2)}{8 * L}$	IPCC 2003
C en biomásas	$C = B * Fc ; Fc = 0,5$	IPCC 2003

B: biomasa (kg); Log: Logaritmo base 10; dap: diámetro (cm) del tronco a la altura del pecho (1,3m); d30: diámetro (cm) del tronco a 30 cm; alt: altura total (m); V: volumen; D: diámetro de pieza; L: longitud de transecto (m) C: carbono en biomasa; Fc: fracción de C (0,5)

con más carbono fueron la biomasa aérea y el suelo con un 43 y 41% del carbono total, respectivamente. Todas las asimetrías de carbono por compartimento fueron positivas y la mayoría moderadamente leptokúrticas, lo que quiere decir que las medias son buenos indicadores de las tendencias centrales de estos datos. Entre los compartimentos que presentaron mayor variación en los datos están biomasa aérea, raíces gruesas y necromasa gruesa; o sea que puede haber cacaotales que almacenan cerca de 200 t C ha⁻¹, en tanto que otros no llegan a las 75 t C ha⁻¹ (Cuadro 3). De acuerdo con una escala propuesta por Somarriba et al. (2008), un nivel medio de carbono total, que sería el más adecuado para no perjudicar la producción de cacao, está entre 80-120

t C ha⁻¹; por encima de ese valor ya son niveles altos. Según esa escala, aproximadamente la mitad de los cacaotales de Talamanca tienen nivel de carbono medio y la otra mitad nivel alto; similar comportamiento se presentó en el carbono de biomasa aérea, en ese caso un contenido medio de carbono en biomasa aérea sería 50 t C ha⁻¹ (Figura 2).

En comparación con otras regiones del mundo, en la región mesoamericana se cuenta con bastante información sobre carbono en biomasa aérea; los contenidos de carbono en SAF-cacao varían con la estructura y edad. El contenido de carbono en los SAF-cacao de Talamanca está dentro los rangos que se reportan a

Cuadro 3. Carbono total y por compartimentos (t C ha⁻¹) almacenado en sistemas agroforestales de cacao en Talamanca, Costa Rica

Carbono en	Media	D.E.	Mediana	Min	Max	C.V.	Asimetría	Kurtosis	% del total
Suelo	49,3	8,5	49,2	30,8	75,0	17,3	0,6	1,4	40,5
Biomasa aérea	52,7	21,7	51,2	23,5	134,2	41,1	1,6	4,4	43,3
Raíces gruesas	9,3	3,6	9,1	2,9	23,0	39,0	1,4	5,0	7,6
Necromasa gruesa	6,3	5,1	5,1	0,4	21,2	81,3	1,4	1,7	5,1
Raíces finas	1,9	0,9	1,7	0,4	4,8	46,6	1,2	2,4	1,5
Hojarasca	1,2	0,4	1,2	0,6	2,0	28,5	0,5	-0,4	1,0
Necromasa delgada	1,2	0,5	1,2	0,6	2,9	40,1	1,6	3,6	1,0
Total	121,9	23,9	116,1	76,1	202,9	19,6	1,2	2,8	100,0

C.V.: coeficiente de variación; D.E.: desviación estándar; Min: valor mínimo; Max: valor máximo

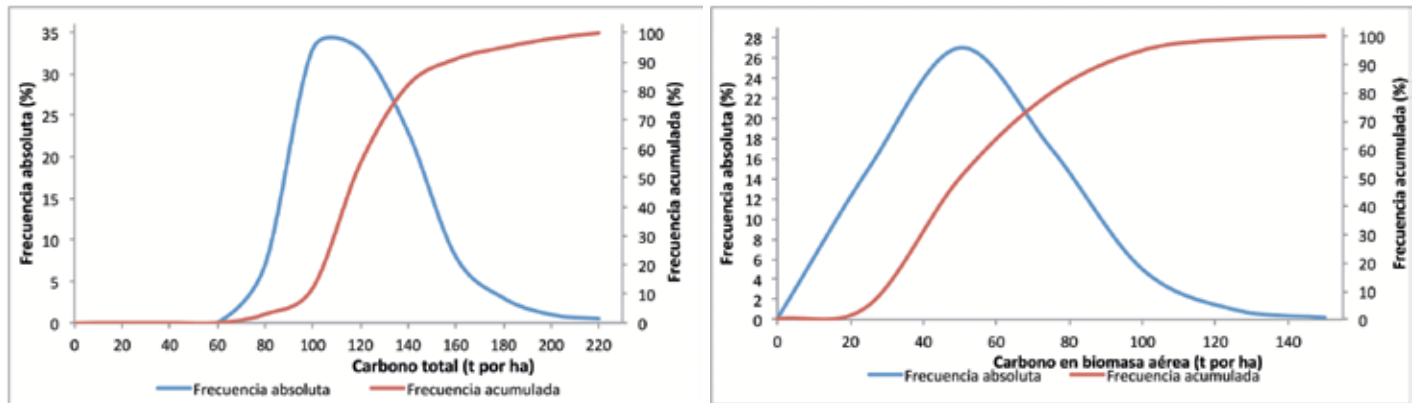


Figura 2. Frecuencias de sistemas agroforestales de cacao: A) carbono total ($t C ha^{-1}$); B) carbono en biomasa aérea ($t C ha^{-1}$) en Talamanca, Costa Rica Diagramación: Poner en el gráfico que se genere los datos de Asemetría y Kurtosis en cada gráfico.

nivel mundial, aunque muestra similitudes o diferencias, en comparación con sus pares de Centroamérica y de otras regiones. Ortiz et al. (2008) en SAF-cacao de Panamá reportaron valores de 43-62 $t C ha^{-1}$ en biomasa aérea. En los SAF-cacao de Nicaragua (Poveda 2012, en este mismo número de la RAFA) se encontró menos carbono debido a que se manejan menores densidades de árboles jóvenes. El caso opuesto está en Guatemala Costa Sur (Alvarado 2012, en este mismo número de la RAFA), pues son SAF-cacao con mayor cantidad de árboles frutales y maderables y más grandes (en altura y grosor), aunque con menor densidad de árboles de cacao. Se podría decir que las 52 $t C ha^{-1}$ de carbono en biomasa aérea de Talamanca están en un término medio. Por ejemplo, en SAF-cacao de 30 años en Brasil el carbono en biomasa aérea fue de 32 $t C ha^{-1}$ (Gama-Rodrigues et al. 2011) mientras que en Ghana, SAF-cacao de 50 años registraron hasta 131 $t C ha^{-1}$ también en biomasa aérea (Wade et al. 2010).

La biomasa aérea aporta similar proporción de carbono que el suelo, pero fue el único compartimento que mostró una fuerte correlación positiva ($p < 0,0001$; $r^2 = 0,87$) con el carbono total. Esto indica que en este tipo de SAF, la capacidad de almacenar carbono dependería más de los árboles presentes en el sistema que de los demás compartimentos. El carbono en el suelo, aunque no presentó correlación positiva con el carbono total, también se considera uno de los principales reservorios de carbono, por las cantidades que se encuentran y por ser perdurable en el tiempo (Nair et al. 2009). El carbono en el suelo generalmente se mide a diferentes profundidades pero, en realidad, no hay un estándar de medición común, lo que dificulta hacer comparaciones.

Se encontró un estudio en Camerún donde se midió el carbono a la misma profundidad que en este estudio y se registró una menor cantidad, 43 $t C ha^{-1}$ contra las 49 $t C ha^{-1}$ de este estudio (Gockowski y Sonwa 2011).

El carbono total y el carbono en biomasa aérea presentaron correlaciones significativas ($p < 0,05$) y positivas solo con las densidades y áreas basales totales de plantas leñosas del dosel, en especial con las de árboles maderables. De esas variables fueron más importantes las áreas basales pues sus coeficientes de correlación estuvieron entre 0,6 y 0,75, mientras que los coeficientes de las densidades fueron menores a 0,35. La riqueza de especies en el dosel no presentó correlación significativa con ninguno de los contenidos de carbono. Las correlaciones del carbono total y en biomasa aérea con la topografía (altura, pendiente) no fueron significativas, aunque en otros estudios se reportó que hay más carbono en los SAF-cacao ubicados en lomas que en valles. Segura (2005) reportaron que los cacaotales en lomas almacenaron en promedio un total de 132,8 $t C ha^{-1}$ y en valle 112,5 $t C ha^{-1}$. Según Arce et al. (2008) en la biomasa aérea de los SAF-cacao de loma se encontraron 41 $t C ha^{-1}$ y en valle 32 $t C ha^{-1}$. Sin embargo, es importante dejar en claro que para determinar las cantidades de carbono almacenado hay que trabajar con la biomasa aérea, la cual depende más del tipo de especies que de la topografía.

El carbono del suelo presentó correlaciones significativas positivas con la materia orgánica y contenidos de K y N con coeficientes mayores a 0,6, y con la altitud y pendiente pero con coeficientes menores a 0,50. Con la densidad aparente, porcentaje de limo y pH, el carbono del suelo presentó correlaciones significativas negativas,

con coeficientes superiores a -0,7. Según Romanyà et al. (2007), la textura del suelo tiene un efecto significativo sobre los cambios del carbono; las arcillas y partículas finas del suelo son las que protegen mejor a la materia orgánica. Por otro lado, Cerda (2007) registró mayor contenido de carbono en suelos con menor densidad aparente y con mayor porcentaje de agregados grandes (2-8 mm). Esto indica que la capacidad de almacenamiento de carbono del suelo está influenciada tanto por la textura como por la estructura del suelo.

La tasa de acumulación de carbono total fue de $6,9 \pm 4,3$ t C ha⁻¹ año⁻¹ y de $3,0 \pm 1,9$ t C ha⁻¹ año⁻¹ en la biomasa aérea. Dichas tasas deben considerarse como valores de referencia y no valores exactos, ya que en el caso del carbono total, no se sabe cuánto carbono había en el suelo al momento de establecer los cacaotales; en el caso del carbono en biomasa aérea pueden haber quedado algunos árboles remanentes del uso del suelo anterior al cacaotal (aunque esta tasa de biomasa aérea es más confiable que la total). La valoración monetaria se hizo a partir de esos valores de referencia: en cuanto a carbono total, los SAF-cacao de Talamanca tendrían un valor actual de 2236 US\$ ha⁻¹, y si se accediera a pagos por servicios ambientales, podrían recibir al menos 127 US\$ ha⁻¹ año⁻¹ por carbono total y 54 US\$ ha⁻¹ año⁻¹ por carbono en biomasa aérea (Cuadro 4). Este último dato es el de mayor interés porque la mayoría de mercados voluntarios solo pagan por el carbono arriba (biomasa de los árboles) y debajo del suelo (raíces de los árboles) y no en otros compartimentos. La acumulación del carbono en el suelo podría ser interesante y cuantificable para estrategias de mitigación o reconocimiento por secuestro de carbono principalmente en suelos degradados donde hay poca materia orgánica y se podrían establecer SAF, ya que se estima que en los primeros diez años de un SAF es cuando se acumula significativamente más carbono en el suelo (Beer et al. 1990).

Se formaron cuatro conglomerados (grupos) de SAF-cacao estadísticamente diferentes (Hotelling <0,05; Figura 3). El conglomerado 2 estuvo constituido por la mayor cantidad de SAF (n=16), seguido del conglomerado 1

(n=8), 3 (n=7) y 4 (n=5). La mayoría de las variables de sitio y composición del dosel fueron contrastantes entre los conglomerados. En general, se los puede describir así: el conglomerado 1 agrupó los SAF-cacao ubicado en terrenos planos de valle, con el mayor porcentaje de limo en el suelo, menor abundancia de árboles de cacao y mayor abundancia de musáceas; con alta densidad de árboles maderables muy jóvenes (área basal baja). El conglomerado 2 agrupó los SAF-cacao localizados a mayor altitud (280 m), en las lomas de las montañas, terrenos con relieve ondulado, pendientes del 20% y con altos porcentajes de arcilla en el suelo; cacaotales con la menor abundancia total de plantas y árboles de sombra. El conglomerado 3 agrupó a los SAF-cacao que están a altitudes, con pendientes y textura similares al conglomerado 2, pero se trata de cacaotales con la mayor densidad y área basal de árboles y otras leñosas del dosel y con menor abundancia de musáceas. El conglomerado 4 agrupó a parcelas en terrenos planos o con poca pendiente en fondos de valle, topografía similar al conglomerado 1, pero con la mayor abundancia de cacao y proporción equilibrada entre árboles frutales y maderables.

Los contenidos de carbono de la mayoría de compartimentos y el carbono total presentaron diferencias significativas entre conglomerados. El carbono total, en biomasa aérea y en raíces gruesas fue mayor en los conglomerados 4 y 3 gracias a la mayor abundancia y mayores áreas basales de especies leñosas, en especial maderables y frutales. Los contenidos de carbono en raíces finas, necromasa y hojarasca fueron estadísticamente iguales entre todos los conglomerados. El carbono en el suelo fue mayor en los conglomerados 2 y 3, lo cual puede atribuirse al mayor contenido de materia orgánica de esas parcelas, ubicadas a mayor altitud y cuyos suelos tienen un primer horizonte más grueso que los suelos jóvenes en partes bajas (Cuadro 5). Es importante destacar que dentro de estos conglomerados también se encontraron otros árboles (ornamentales u otras especies muy frondosas) que registraron grandes cantidades de carbono, sin embargo, no serían de tanta utilidad para los productores(as) ya que solo brindan sombra y no otros productos como los árboles maderables y frutales.

Cuadro 4. Valoración monetaria del inventario y de tasas de carbono total y en biomasa aérea de sistemas agroforestales de cacao de Talamanca, Costa Rica

	Carbono (t ha ⁻¹)	CO ₂ (t ha ⁻¹)	Valor CO ₂ (US\$ ha ⁻¹)	Tasa carbono (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	Tasa CO ₂ (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	Valor tasas (US\$ t ⁻¹ ha ⁻¹ año ⁻¹)
Carbono total	122	447	2236	6,92	25	127
Carbono en biomasa aérea	53	194	972	2,96	11	54

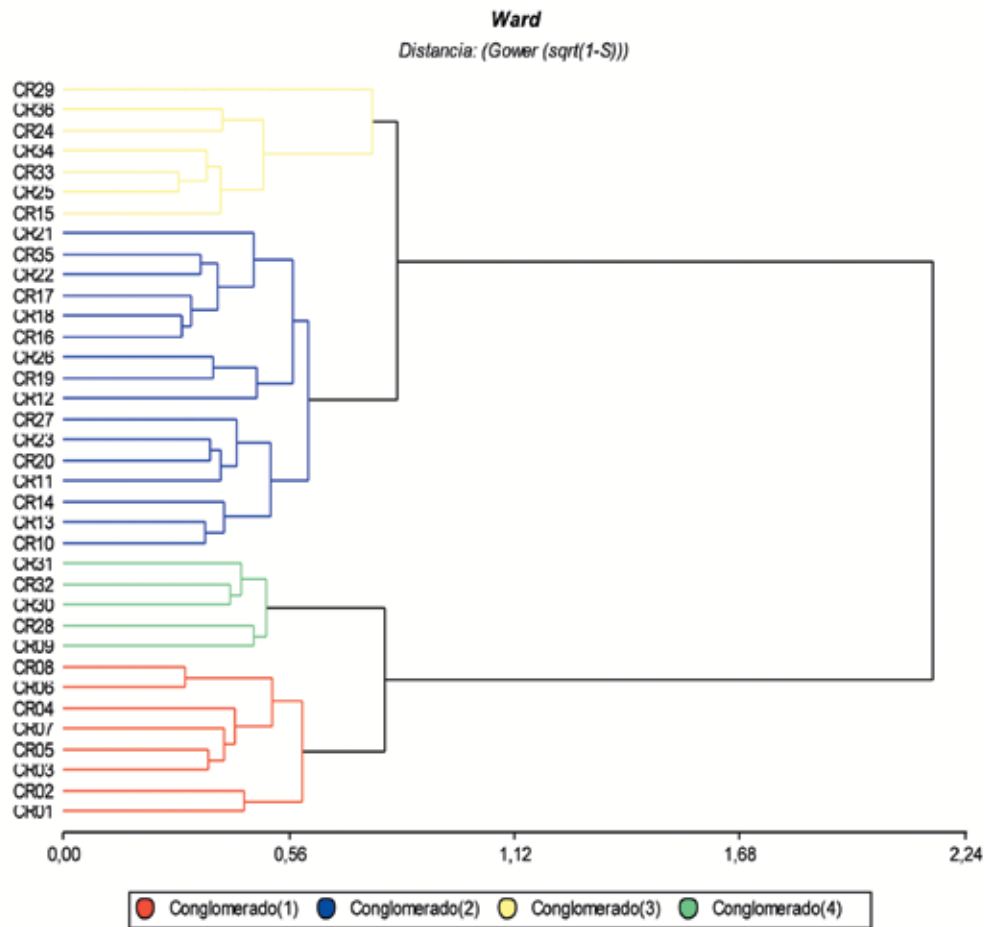


Figura 3. Dendrograma de 36 sistemas agroforestales de cacao construido a partir de variables de sitio y composición del dosel en Talamanca, Costa Rica

Las características de los SAF del conglomerado 3 evidencian que mientras más árboles maderables (en cantidad y grosor de fuste) mayor es el carbono secuestrado. De acuerdo con la proporción de SAF en dicho conglomerado se estima que en Talamanca hay solo un 20% de SAF-cacao de ese tipo (7/36). Los SAF del conglomerado 4 también son interesantes por almacenar buena cantidad de carbono en leñosas, aunque también se contabilizó una cantidad considerable de musáceas en el dosel (126 tallos ha^{-1}) que dan beneficios a la familia. Sin embargo, el carbono no es lo más importante del sistema ya que los ingresos serían modestos, como se vio en la valoración monetaria. Por ello, es necesario también estudiar la relación de los contenidos de carbono con los rendimientos de cacao y otros productos agroforestales y con otros servicios ambientales. Ya existen investigaciones de estos SAF-cacao que demuestran que todavía se podrían enriquecer con más especies sin perjudicar la productividad de cacao y su potencial para conservar biodiversidad (Deheuvels et al. 2011) -habría que hacer también un balance con el carbono-

El manejo de una mayor proporción de maderables en el SAF parecería ser la mejor opción pues son grandes sumideros de carbono y no dan excesiva sombra como otros árboles frutales.

Los datos documentados en este estudio podrían ser utilizados por familias cacaoteras y sus organizaciones y gobiernos locales para conseguir mejores certificaciones tipo tándem (aquellas que valoran no solo calidad de cacao, sino también los servicios ambientales y la equidad/justicia social), promocionar y conseguir mejores precios para sus productos agroforestales (cacao, madera, frutas, artesanías). Ya existen varios tipos de estándares de certificación en esta vía, los cuales se enfocan en mecanismos de desarrollo limpio o mercados voluntarios de carbono; las organizaciones cacaoteras podrían solicitar el tipo de certificación que más les convenga (Cuadro 6). Los procesos para certificar y vender carbono están descritos en Somarriba et al. (2008). En otras zonas cacaoteras del país también se podría aplicar las metodologías empleadas en este tipo

Cuadro 5. Anova y pruebas LSD Fisher para el carbono (t C ha⁻¹) de cuatro conglomerados de 36 sistemas agroforestales de cacao en Talamanca, Costa Rica

Carbono en	Conglomerado 1 (n=8)		Conglomerado 2 (n=16)		Conglomerado 3 (n=7)		Conglomerado 4 (n=4)		p-valor
	Media	± error	Media	± error	Media	± error	Media	± error	
Suelo	43,6	±8,8 a	54,2	±7,4 b	47,9	±8,1 ab	45,0	±4,0 a	0,0109
Biomasa aérea	45,3	±13,2 a	43,9	±14,6 a	78,2	±27,6 b	57,4	±16,8 ab	0,0012
Raíces gruesas	7,9	±2,7 a	7,7	±2,2 a	13,6	±4,5 b	10,3	±2,4 ab	0,0005
Necromasa gruesa	7,5	±4,4 a	4,2	±2,6 a	6,9	±7,3 a	9,9	±7,1 a	0,1154
Raíces finas	1,1	±0,4 a	2,1	±1,0 b	2,1	±0,7 b	1,9	±0,7 ab	0,0356
Hojarasca	1,1	±0,2 a	1,2	±0,4 a	1,3	±0,3 a	1,5	±0,5 a	0,3040
Necromasa delgada	1,1	±0,3 a	1,2	±0,5 a	1,4	±0,6 a	1,1	±0,4 a	0,7456
Total	107,6	±14,4 a	114,5	±17,2 a	151,3	±27,9 b	127,2	±13,8 a	0,0003

Valores de p <0,05 indican diferencias estadísticamente significativas detectadas con el análisis de varianza. Letras diferentes en filas indican diferencias estadísticamente significativas entre conglomerados.

Cuadro 6. Estándares para certificaciones tipo tándem

Estándar	Mecanismo		Elementos			Fuente online
	MVC	MDL	C	S	B	
The climate, community & biodiversity alliance (CCB)	X	X	X	X	X	http://www.climate-standards.org/index.html
Verified Carbon Standard (VCS)	X		X			http://v-c-s.org/
The gold standard	X	X	X	X	X	http://www.cdmgoldstandard.org/
Social Carbon Standard	X		X	X	X	http://www.socialcarbon.org/
Forest stewardship council (FSC)	X		X	X	X	http://www.fsc.org/77.html
American Carbon Registry Standard (ACRS)	X	X	X	X	X	http://www.americancarbonregistry.org/
Carbco Platinum Carbon Standard	X		X	X	X	http://www.cquestor.com/
Carbon Fix Standard (CFS)	X		X	X	X	http://www.carbonfix.info/
EPA Climate Leaders Offset Guidance	X		X			http://www.epa.gov/
Panda Standard	X		X	X	X	http://www.pandastandard.org/
Plan Vivo	X		X	X	X	http://www.planvivo.org/standard/
VER+ Standard	X	X	X			http://www.tuev-sued.de/
Chicago Climate Exchange (CCX)	X		X			https://www.theice.com/ccx.jhtml
Green-e Climate	X		X			http://www.green-e.org/
WRI/WBCSD GHG Protocol for Project Accounting	X	X	X			http://www.ghgprotocol.org/
Rainforest Alliance	X	X	X	X	X	http://www.rainforest-alliance.org/

MVC: mercados voluntarios de carbono; MDL: mecanismos de desarrollo limpio.

de estudios para cuantificar el carbono de sus plantaciones; como referencia podrían fijarse si sus SAF-cacao son similares a alguno de los grupos formados en este estudio para tener un estimado del carbono que almacenan. Instancias de gobierno nacional también podrían aprovechar estos datos para proyecciones de acumulación de carbono en SAF de cacao existentes en el país, como parte de sus estrategias de mitigación de cambio climático y balance de emisiones de CO₂.

CONCLUSIONES

Según los resultados de este estudio, la capacidad de almacenar carbono se correlaciona especialmente con el área basal de los árboles maderables y frutales; es decir que el grosor/tamaño de los árboles es más importante que la abundancia de individuos y riqueza de especies. Esto se evidenció con los análisis de correlación y con los conglomerados, pues los grupos de SAF-cacao con mayor área basal fueron los que más carbono total y en

biomasa aérea registraron, independientemente de las condiciones de topografía y suelo. Estos datos pueden ser de utilidad para gobiernos locales o nacionales y organizaciones de productores en su afán de proponer estrategias de adaptación/mitigación del cambio climático, acceder a pagos por servicios ambientales y promocionar mejor e incrementar los precios de sus productos agroforestales.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) del Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza (CATIE), financiado por el Programa Ambiental Mesoamericano de Noruega, por haber proporcionado los recursos financieros y logística necesarios. A los guías y familias indígenas de Talamanca por haber permitido trabajar en sus fincas y brindar los datos necesarios.

LITERATURA CITADA

- Andrade, H; Ibrahim, M. 2003. ¿Cómo monitorear carbono en sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en las Américas* 10: 109-116.
- Arce, N; Ortiz, E; Villalobos, M; Cordero, S. 2008. Existencias de carbono en charrales y sistemas agroforestales de cacao y banano de fincas indígenas bribri y cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 46:30-33.
- Beer, J; Bonnemann, A; Chavez, W; Fassbender, HW; Imbach, AC; Martel, I. 1990. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) or poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. V. Productivity indices, organic material models and sustainability over ten years. *Agroforestry Systems* 12: 229-249.
- Brown S; Iverson, LR. 1992. Biomass estimates for tropical forests. *World Resources Review* 4(3): 366-383.
- Brown, L. 1992. Processes and lands for sequestering carbon in the tropical forest landscapes. In Wisniewski, J; Lugo, A. E. (eds). *Natural sinks of CO₂, Water, Air and Soil Pollution* 64: 139-155.
- Cairns, MA; Brown, S; Helmer, EH; Baungardner, GA. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1-11.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2009. Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña. Santiago, Chile, CEPAL. 148 p.
- Cerda, R. 2007. Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el valle de Talamanca, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 60 p.
- Deheuvels, O; Avelino, J; Somarriba, E; Malezieux, E. 2011. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* DOI 10.1016/j.agee.2011.03.003.
- Dixon, RK; 1995. Agroforestry systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems* 31: 99-116.
- Euguren, L. 2004. El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. Santiago, Chile, CEPAL. 83 p.
- Frangi, JL; Lugo, AE. 1985. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs* 55:351-369.
- Gama-Rodrigues EF, Gama-Rodrigues AC, Nair PKR. 2011. Soil carbon sequestration in cacao agroforestry systems: a case study from Bahia, Brazil. In Kumar, BM; Nair, PKR. (Eds.). *Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges*. New York, USA, Springer-Science. *Advances in Agroforestry* no. 8. p. 85-99.
- Gayoso, J; Guerra, J. 2005. Contenido de carbono en la biomasa aérea de bosques nativos en Chile. *Bosque* 26(2). 33-38.
- Gockowski, J, Sonwa, D. 2011. Cocoa intensification scenarios and their predicted impact on CO₂ emissions, biodiversity conservation, and rural livelihoods in the Guinea rain forest of West Africa. *Environmental Management* 48:307-321.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2003. Orientación sobre las buenas prácticas para el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS). Ginebra, Suiza. 628 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Synthesis report: Climate change 2007. Ginebra, Suiza. 52 p.
- MacDicken, K. 1997. A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Arlington, VA, US, Winrock International. 87 p.
- Nair, PKR, Kumar, BM, Nair, VD. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172:10-23.
- Ortiz, A; Riascos, L; Somarriba, E. 2008. Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono de cacao en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*). *Agroforestería en las Américas* 46: 26-29.
- Romanya, J; Rovira, P; Vallejo, R. 2007. Análisis del carbono en los suelos agrícolas de España: aspectos relevantes en relación a la reconversión a la agricultura ecológica en el ámbito mediterráneo. *Revista Ecosistemas* 16(1): 50-57.
- Segura, M. 2005. Estimación del carbono almacenado y fijado en sistemas agroforestales indígenas con cacao en la zona de Talamanca, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 139 p. Informe final de consultoría para Proyecto Captura de Carbono y Desarrollo de Mercados Ambientales en Sistemas Agroforestales Indígenas con Cacao en Costa Rica.
- Somarriba, E; Andrade, H; Segura, M; Villalobos, M. 2008. ¿Cómo fijar carbono atmosférico, certificarlo y venderlo para complementar los ingresos de productores indígenas de Costa Rica? *Agroforestería en las Américas* 46:81-88.
- Somarriba, E; Harvey, C. 2003. ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas* 10(37-38): 12-17.
- Szott, LT; Arévalo-López, LA; Pérez, J. 1993. Allometric relationships in Pijuayo (*Bactris gasipaes* H.B.K.). In Mora-Urpí, J; Szott, LT; Murillo, M; Patiño, VM. (Eds.). *Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo* (4, Iquitos, PE, 1989). San José, Costa Rica, Editorial UCR. p. 91-114.
- Tanaka, A, Yamaguchi, C. 1972. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Chapingo, México, Colegio de postgraduados. 124 p.
- Wade, ASI; Asase, A; Hadley, P; Mason, J; Ofori-Frimpong, K; Preece, D; Spring, N; Norris, K., 2010. Management strategies for maximizing carbon storage and tree species diversity in cocoa-growing landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 138: 324-334.

Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua

Verónica Poveda¹, Luis Orozco², Cristóbal Medina³, Rolando Cerda⁴, Arlene López²

RESUMEN

Se estimó el carbono almacenado en 50 sistemas agroforestales con cacao (SAF-cacao) de Waslala, Nicaragua. Los SAF-cacao almacenaron 91,45 ($\pm 31,44$) t C ha⁻¹ con una tasa de fijación de carbono total de 5,4 t C ha⁻¹ año⁻¹ y 2 t C ha⁻¹ año⁻¹ en biomasa aérea. Los compartimentos del SAF-cacao que más carbono almacenaron en orden descendente fueron: suelo (52,61%), biomasa aérea (plantas de cacao y árboles de sombra) (35,86%), raíces gruesas (7,52%), raíces finas (4,15%), necromasa (0,32%) y hojarasca (0,32%). El 56% de los SAF-cacao registraron niveles de carbono medio y alto y el 44% niveles bajo y muy bajo. Mediante un análisis de conglomerados a partir de las características de sitio y estructura del dosel, se conformaron cuatro grupos con diferentes contenidos de carbono; el suelo fue el de mayor aporte (más del 50% del carbono total fijado). Las variables que más aportaron en la diferenciación de los grupos de SAF-cacao fueron las relacionadas con la diversidad arbórea del dosel de sombra (número de especies, densidad, área basal, biomasa). Se valoró financieramente el aporte que percibirían los productores por secuestro de carbono, el cual se estimó en US\$36 t C ha⁻¹ año⁻¹, valor correspondiente a la tasa anual de fijación de carbono aéreo. Los resultados podrían ser utilizados por organizaciones cacaoeras de Waslala para gestionar proyectos de pago por créditos de carbono.

Palabras clave: sombra, frutales, biomasa aérea, investigación participativa

ABSTRACT

Carbon storage in cocoa agroforestry systems in Waslala, Nicaragua

We estimated the carbon stored in 50 cocoa agroforestry systems (cocoa-AFS) of Waslala, Nicaragua. The cocoa-AFS stored 91.45 (± 31.44) t C ha⁻¹ with a total carbon fixation rate of 5.4 t C ha⁻¹ yr⁻¹ and 2 t C ha⁻¹ yr⁻¹ in aboveground biomass. The compartments of the cocoa-AFS that stored more carbon in descending order were: soil (52.61%), aboveground biomass (cocoa plants and shade trees) (35.86%), thick roots (7.52%), fine roots (4.15%), necromass (0.32%) and leaf litter (0.32%). Fifty-six percent of the cocoa-AFS recorded medium and high carbon levels and 44% had low and very low levels. Using a cluster analysis based on site characteristics and canopy structure, four groups were formed with different carbon contents; soil made the highest contribution (over 50% of total carbon fixed). The variables that contributed most to the differentiation of the cocoa-AFS groups were those related to the tree diversity of the shade canopy (number of species, density, basal area, and biomass). We financially evaluated the contribution that producers receive for carbon sequestration, which was estimated at US\$36 t C ha⁻¹ yr⁻¹, a value that corresponds to the annual rate of atmospheric carbon fixation. The results could be used by Waslala cocoa-producing organizations to manage projects for the payment of carbon credits.

Keywords: shade, fruit trees, aboveground biomass, participatory research

INTRODUCCIÓN

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) atmosférico es una preocupación mundial, y se considera como uno de los seis principales gases de efecto invernadero (GEI) el cual contribuye en mayor proporción al cambio climático. El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es uno de los instrumentos del Protocolo de Kyoto para reducir la emisión global de GEI (IPCC 2003). El MDL es un mecanismo importante, pues establece un puente financiero entre los países

desarrollados compradores y los países en desarrollo vendedores de sus servicios ambientales por reducciones de GEI (Cuéllar 1999). La acumulación de carbono en la biomasa de los árboles y otras especies leñosas en las fincas es una alternativa de MDL disponible a los productores rurales en los trópicos, donde las condiciones de temperatura, radiación solar y humedad favorecen altas tasas de crecimiento arbóreo y, por tanto, altas tasas de fijación de carbono atmosférico (Somarriba et al. 2008).

¹ Estudiante de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, FARENA-UNA, Managua, Nicaragua. Mail: vemeposa@gmail.com (Autora para correspondencia).

² Consultores- Agroforestales. M.Sc Agroforestería Tropical, Managua, Nicaragua (lorozagui@hotmail.com), (arlenlop@hotmail.com)

³ Profesor-Investigador FARENA-UNA, km 12 Carretera Norte, Managua, Nicaragua (cmedina@una.edu.ni)

⁴ M.Sc. Proyecto Cacao Centroamérica, CATIE, Costa Rica. rcerda@catie.ac.cr

Los bosques son el principal sumidero del CO₂ atmosférico; no obstante, los sistemas agroforestales (SAF), al ser agroecosistemas parecidos a los bosques, pueden también capturar y almacenar importantes cantidades de CO₂ atmosférico (Dixon 1995, Segura 1999). Los SAF -principalmente los que combinan cultivos perennes (café y cacao) con árboles de sombra- cumplen un papel relevante en la mitigación del calentamiento del planeta, ya que pueden almacenar entre 12 y 228 t C ha⁻¹, principalmente en la madera del componente leñoso (Winjum et al. 1992, Schroeder 1994, Dixon 1995). Se considera que los 400 millones de hectáreas bajo SAF que existen en la actualidad tienen potencial para secuestrar carbono por un millón de toneladas para el 2040 (Montagnini y Nair 2004). Los SAF-cacao son una alternativa de uso de la tierra al alcance de los pequeños productores de zonas tropicales, quienes podrían certificar ese carbono y venderlo para obtener ingresos complementarios (Somarriba et al. 2008), al mismo tiempo que incrementan el número y el crecimiento de los árboles maderables y frutales que son valiosos para la conservación biológica y/o cultural (Beer et al. 2003, Somarriba y Harvey 2003).

En Nicaragua, se ha venido estudiando el potencial de varios usos de suelo para almacenar carbono; entre ellos, los cafetales con sombra, bosques secundarios y pinares (Suarez 2003, Medina et al. 2008), pero no existe información sobre el potencial de los sistemas agroforestales con cacao como sumideros de carbono. El presente estudio tuvo como objetivo cuantificar el carbono almacenado en diferentes componentes de los SAF-cacao de Waslala, Nicaragua y calificar su potencial para proveer un servicio ambiental de interés global y, consecuentemente, mitigar el cambio climático. Los resultados y recomendaciones del estudio podrán ser usados por centros de estudio, organizaciones productivas y gobiernos municipales de Waslala para “negociar” una eventual venta de certificados de emisiones reducidas en los mercados voluntarios de carbono (Hamilton et al. 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ver descripción del área de estudio en Ayestas et al, en este mismo número de la RAFA.

Selección de las fincas y caracterización de los SAF-cacao

Entre marzo y junio del 2009 se muestrearon 50 fincas cacaoteras de productores socios de la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de

Cacao (Cacaonica) distribuidas en 17 comunidades. Las fincas fueron seleccionadas aleatoriamente de entre 250 fincas registradas en el estudio de línea base del Proyecto Cacao Centroamérica (Orozco y Deheuvels 2007).

Parcela de muestreo

En cada finca se seleccionó un cacaotal (1 ha de superficie y 5 años de edad como mínimo), donde se estableció una parcela rectangular de 1000 m² (20 m x 50 m), subdividida en cuatro cuadrantes (10 x 25 m). En cada cuadrante se muestreó el contenido de carbono en varios componentes del SAF-cacao: dosel de sombra, plantas de cacao, hojarasca, necromasa, raíces (gruesas y finas) y suelo (Figura 1).

Dosel de sombra y plantas de cacao

En cada parcela se midió el diámetro a 30 cm sobre el suelo de 36 plantas de cacao y se registró el dap (1,3 m) con cinta diamétrica de toda la vegetación leñosa de los cacaotales. Por medio de ecuaciones alométricas se estimó la biomasa aérea de las plantas de cacao y de todos los árboles de sombra (Cuadro 1). El carbono almacenado en las plantas de cacao y árboles de sombra se calculó asumiendo una fracción de carbono de 0,5 (IPCC 2003) de la biomasa total estimada.

Hojarasca y necromasa

En cada cuadrante se lanzó aleatoriamente un marco metálico de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m) para recolectar la hojarasca y necromasa (≤10 cm) sobre el suelo, la cual fue pesada en campo para determinar el peso húmedo.

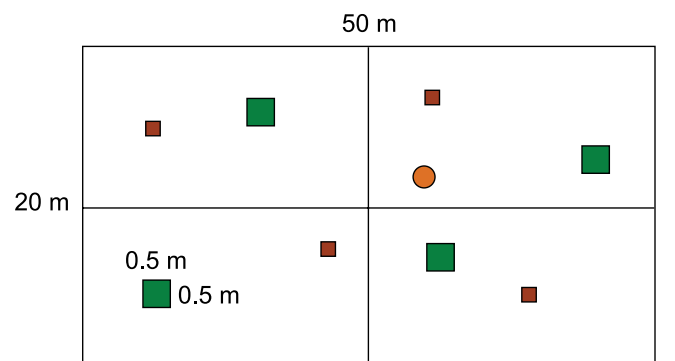


Figura 1. Parcela temporal de muestreo del carbono en varios componentes del SAF-cacao en Waslala, Nicaragua

Cuadro 1. Ecuaciones alométricas utilizadas para la estimación de biomasa arriba del suelo en los cacaotales de Waslala, Nicaragua

Especies	Ecuación	R ² ajustado	Fuente
<i>Theobroma cacao</i>	$Bt = 10^{(-1.63+2.63*\log(d\ 30))}$	0,98	Andrade et al. 2008
<i>Cordia alliodora</i>	$Bt = 10^{(-0.51+2.38*\log(dap))}$	0,94	Andrade et al. 2008
Árboles Frutales	$Bt = 10^{-1.11+2.64*\log(dap)}$	0,95	Andrade et al. 2008
<i>Bactris gasipaes</i>	$Bt = 0,74*ht^2$	0,95	Szott et al. 1993
Árboles sombra (dap ≤ 50 cm)	$Bt = 10^{((2,3408*(\log(dap))) - 0,9578)}$	0,97	Ortiz 1997
Árboles sombra (dap ≥ 50 cm)	$Bt = e^{(0,76+0,00015*dap^2)} * 1000$	0,71	Segura y Kanninen 2005
Raíces gruesas	$Y = \exp[-1,0587 + 0,8836 \times \ln(BA)]$	ND	IPCC 2003
Carbono almacenado	$CA = B*Fc$	ND	IPCC 2003

Donde: Bt=biomasa total arriba del suelo (kg árbol⁻¹); d30=diámetro del tronco a 30 cm sobre el suelo; dap=diámetro a 1,30 m del suelo (cm); ht altura total (m); log=logaritmo de base 10; ln=logaritmo natural de base e; CA=carbono almacenado (t/ha); B=biomasa (t/ha); Fc=fracción carbono (t/ha); ND=No disponible

Cada muestra de cada cuadrante se mezcló para obtener una muestra compuesta de 200 g, la que fue etiquetada y enviada al Laboratorio de Suelos y Agua de la Universidad Nacional Agraria (LABSA-UNA) para determinar el peso seco y el contenido de carbono. Finalmente, el contenido calculado de biomasa de la hojarasca y la necromasa se multiplicó por la fracción de carbono para obtener el carbono total (Rugnitz y Chacón 2008).

Suelo

Densidad aparente (DA): por medio de un cilindro de volumen conocido (100 cm³) y de manera aleatoria dentro de la parcela de 1000 m² se tomaron dos muestras de suelo a dos profundidades (0-10 y 10-20 cm), las cuales se almacenaron en bolsa plástica, se etiquetaron y se enviaron al LABSA-UNA para obtener el peso seco y la densidad aparente del suelo.

Porcentaje de carbono (%): en cada cuadrante y con un barreno (20 cm de longitud) se obtuvieron cuatro muestras de suelo que fueron pesadas en campo para obtener el peso húmedo. Se mezclaron todas las muestras y se obtuvo una muestra compuesta de 200 g que fue etiquetada y enviada al LABSA-UNA para obtener el peso seco y el porcentaje de carbono. El contenido de carbono en el suelo se calculó a partir de los valores de densidad aparente y porcentaje de carbono, con la siguiente fórmula:

$$CCS \text{ (tC/ha)} = FC \times DA \times VS_{20cm}$$

CCS= contenido de carbono en suelo (tC/ha)

FC= fracción de carbono (%)

DA= densidad aparente (g/cm³)

VS_{20cm}= volumen de suelo a 20 cm de profundidad

Raíces finas: al centro de la parcela de muestreo, se extrajo un monolito de tierra de (50x20x10 cm) que fue tamizado (2 mm) para sacar todas las raíces finas. La muestra se pesó en campo para obtener el peso húmedo y se envió al LABSA-UNA para obtener el peso seco y el porcentaje de carbono. La biomasa total de raíces finas se multiplicó por la fracción de carbono para obtener el carbono total.

Finalmente, el carbono almacenado en el SAF-cacao resultó de la sumatoria del carbono almacenado en cada uno de los componentes. Todos los valores fueron extrapolados a hectárea. Los resultados del carbono total almacenado en cada SAF-cacao se compararon con la tabla de clasificación de los niveles de almacenamiento de carbono propuesto por Andrade et al. (2008) para determinar el potencial actual de los cacaotales de Waslala como sumideros de carbono. Para conocer la tasa de carbono total fijado por los cacaotales de Waslala se promediaron los valores de carbono fijado según edad y capacidad de almacenamiento por parcela muestreada.

Valoración económica del secuestro de carbono

Una vez obtenido el carbono total almacenado en los SAF-cacao de Waslala, se valoró teóricamente el pago anual que el productor percibiría por el servicio ambiental de secuestro de carbono aéreo. La conversión de carbono en CO₂ equivalente se realizó multiplicando el total de carbono fijado por 44/12 (relación entre el peso molecular del CO₂ con respecto al carbono): 1 t de carbono acumulado equivale a 3,67 toneladas de CO₂. Para estimar el pago potencial al productor se utilizó el precio modal pagado en los mercados voluntarios de carbono durante los últimos cinco años (US\$5 t Cer). El pago potencial al productor se expresó tanto para la reserva actual como por el carbono incremental fijado por año.

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de conglomerados usando 27 variables cuantitativas relacionadas con la estructura (densidad árboles dosel, riqueza, abundancia, área basal, biomasa), características biofísicas del sitio (pendiente, altitud) y de los cacaotales (área, edad) para generar grupos de SAF-cacao con diferencias entre grupos y similitud dentro de los grupos. Una vez conformados los grupos se aplicó un anava al 95% de confianza para determinar cuáles fueron las variables que difirieron estadísticamente en la formación de grupos de SAF-cacao. Finalmente, se calcularon estadísticas descriptivas y/o medidas resumen (media, desviación estándar, mínimo y máximo) para estimar la distribución del carbono almacenado por componentes (suelo, biomasa aérea, raíces, necromasa, hojarasca) y en función de los grupos de SAF-cacao conformados.

RESULTADOS

Caracterización del SAF-cacao de Waslala

Los cacaotales de Waslala se ubican a una altitud media de 412 m (153-774 m). La superficie y densidad media de los cacaotales es de 1,5 ha finca⁻¹ y 625 plantas ha⁻¹, respectivamente, con una edad promedio de 20 años (5-38 años). El 53% de los productores manejan dos parcelas de cacao en sus fincas y los demás manejan hasta seis parcelas. El rendimiento de cacao seco fue de 328 kg ha⁻¹ año⁻¹ (± 90 kg). Se inventariaron un total de 660 árboles de sombra de 18 especies en 5 ha de cacaotales, donde se obtuvo una densidad media de 153 árboles ha⁻¹ (20-260 árboles ha⁻¹). La riqueza promedio fue de siete especies (± 3 especies) en 1000 m². Del total de árboles inventariados el 50% se ubicó en el estrato bajo (1-10 m), el 33% en el estrato medio (11-20 m) y el 17% en el estrato alto (más de 20 m). El 75% de los cacaotales presentan solo dos estratos de sombra y el resto tres. Las especies dominantes en el estrato bajo fueron los cítricos (*Citrus* spp), las musáceas (*Mussa* spp), mango

(*Manguifera indica*), aguacate (*Persea americana*) y guayaba (*Psidium guajava*); en el estrato medio destacaron las especies de sombra: guabas (*Inga* spp), madero negro (*Gliricidia sepium*), guarumo (*Cecropia peltata*) y roble (*Tabebuia rosea*). En el estrato alto sobresalen los maderables de regeneración natural: laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), nogal (*Juglans olan-chana*), guayabón (*Terminalia oblonga*) y la palma de pejibaye (*Bactris gasipaes*).

Carbono almacenado en los SAF-cacao

En promedio, los SAF-cacao almacenan $91,45 \pm 31,44$ t C ha⁻¹, aunque se registraron cacaotales con valores de carbono entre 27,35 t C ha⁻¹ y 158,30 t C ha⁻¹ (Cuadro 2). Los componentes del SAF-cacao que más carbono almacenaron en orden descendente fueron: suelo, biomasa aérea (plantas de cacao y árboles de sombra), raíces gruesas, raíces finas, necromasa y hojarasca. Las distribuciones de frecuencias de carbono total y en biomasa aérea fueron ligeramente asimétricas positivas y prácticamente mesokúrticas, lo que indica que las medias son buenos indicadores de las tendencias centrales de estos datos (Figura 2). Se puede inferir que los SAF-cacao de Waslala en promedio fijan carbono total a razón de 5,4 t C ha⁻¹ año⁻¹ y 2 t C ha⁻¹ año⁻¹ en biomasa aérea.

Grupos de SAF-cacao según variables biofísicas y estructurales

El análisis de conglomerados sugirió la conformación de cuatro grupos de SAF-cacao (Figura 3). Las variables que más aportaron a la diferenciación de los conglomerados fueron aquellas relacionadas con la diversidad arbórea del dosel de sombra (número de especies, densidad, área basal, biomasa). Las variables de sitio (altitud, pendiente) y de los cacaotales (edad, área, densidad de siembra) no fueron significativas en la conformación de los conglomerados (Cuadro 3). A continuación una descripción de los SAF-cacaos conformados:

Cuadro 2: Carbono almacenado (t C ha⁻¹) por componente en los SAF-cacao de Waslala, Nicaragua

Carbono en	Media	DE	Mediana	CV	Min	Max	Asimetría	Kurtosis	% del total
Suelo	47,5	15,8	44,6	33,4	3,9	90,0	0,4	1,2	51,9
Biomasa aérea	32,8	19,5	26,5	59,4	5,1	88,9	1,0	0,7	35,9
Raíces gruesas	6,9	3,6	5,8	52,6	1,4	16,9	0,9	0,4	7,5
Raíces finas	3,8	2,5	2,8	66,6	0,6	11,4	1,1	1,0	4,2
Necromasa	0,3	0,2	0,2	61,6	0,1	1,1	2,3	8,7	0,3
Hojarasca	0,3	0,2	0,2	61,6	0,1	1,1	2,3	8,7	0,3
Total	91,4	31,4	86,9	34,4	27,4	158,3	0,4	-0,7	100,0

C.V: coeficiente de variación; DE: desvío estándar; Min: valor mínimo; Max: valor máximo

- Conglomerado 1 (9 fincas): cacaotales de unos 20 años de edad, pendiente moderada, mayor densidad de plantas de cacao y mayor densidad arbórea y un dosel de sombra dominado por especies frutales.
- Conglomerado 2 (3 fincas): cacaotales más viejos (+21 años), menor densidad de plantas de cacao y menor pendiente, ubicados a mayor altitud y con un dosel de sombra dominado por la palma de pejibaye.
- Conglomerado 3 (25 fincas): cacaotales ubicados a una altitud media, con pendiente moderada, mayor superficie de cacao, densidad de siembra media y dosel de sombra menos diverso (pocas especies y baja densidad).
- Conglomerado 4 (13 fincas): cacaotales más jóvenes, ubicados a menor altitud, con mayor pendiente y un dosel de sombra con alta densidad de maderables en donde sobresale el laurel (*Cordia alliodora*).

Carbono almacenado por grupo de SAF-cacao

Los grupos de SAF-cacao conformados tuvieron diferentes contenidos de carbono (Cuadro 3). El primer grupo integró pocos cacaotales (18%), pero con alto contenido de carbono; el segundo grupo reunió a los tres cacaotales (6%) que más carbono fijaron; el tercer grupo (integrado por el 50% de las fincas) almacenó significativamente menos carbono que el resto de los grupos debido a que presentó un dosel de sombra menos diverso (pocas especies y baja densidad arbórea) y, por consiguiente, el carbono almacenado en la biomasa aérea fue un 45-50% menos que los restantes grupos. Finalmente, el cuarto grupo reunió al 26% de los cacaotales con alto nivel de carbono. El carbono almacenado en la biomasa aérea, raíces gruesas y raíces finas fue estadísticamente diferente entre los grupos. El carbono almacenado en los otros componentes de los SAF-cacao fue estadísticamente similar entre los grupos.

Clasificación del nivel de carbono almacenado en los SAF-cacao de Waslala

Con base en la escala de clasificación propuesta por Andrade et al. (2008), el 56% de los SAF-cacao de Waslala se ubican en niveles medio y alto de almacenamiento de carbono, y el 44% en niveles bajo y muy bajo. (Cuadro 4).

Valoración económica del servicio ambiental por almacenamiento de carbono

Si cada productor maneja en promedio 1 ha de cacao por finca, y los SAF-cacao de Waslala almacenan en promedio 91,45 tC ha⁻¹, equivalentes a 335,58 t CO₂, el stock actual de carbono estaría valorado US\$1678 ha⁻¹. El carbono total incremental en los SAF-cacao se estimó en 5,4 t C ha⁻¹ año⁻¹, equivalentes a 19,8 t CO₂ ha⁻¹ año⁻¹; por consiguiente, cada productor podría percibir US\$99 ha⁻¹ año⁻¹. Sin embargo, la mayoría de mercados de carbono pagan solo por el carbono aéreo fijado; en ese caso, la tasa de carbono aéreo fue 2 t C ha⁻¹ año⁻¹ que equivale a 7,34 t CO₂ ha⁻¹ y a US \$36 ha⁻¹ año⁻¹. Este sería el pago real que recibiría el productor por concepto de secuestro de carbono. En el Cuadro 5 se presenta la valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono aéreo por conglomerado.

DISCUSION

Las existencias de carbono total y en biomasa aérea en los SAF-cacao de Waslala medidas en este estudio están dentro de los rangos encontrados en otras partes del mundo. Por ejemplo, los cacaotales de Talamanca, Costa Rica almacenaron en 25 años entre 112-132 t C ha⁻¹ en la madera de los árboles de cacao y de sombra a un ritmo similar (4,48-5,28 t C ha⁻¹) al encontrado en los cacaotales de Waslala (Beer et al. 2003, Andrade et al. 2008). La biomasa aérea de los cacaotales (12-20 años

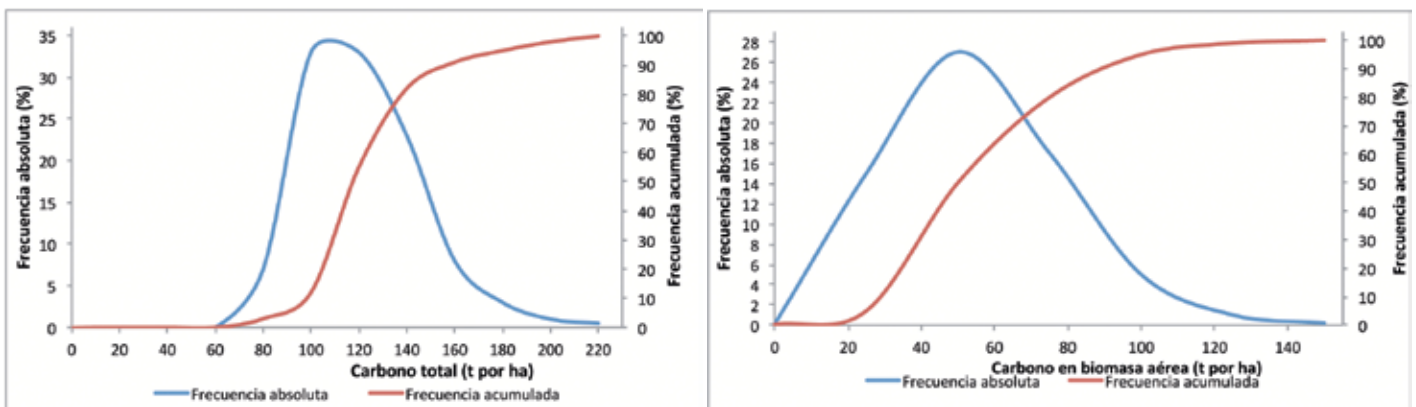


Figura 2. Frecuencias de sistemas agroforestales de cacao: A) carbono total (t ha⁻¹); B) carbono en biomasa aérea (t ha⁻¹) en Waslala, Nicaragua

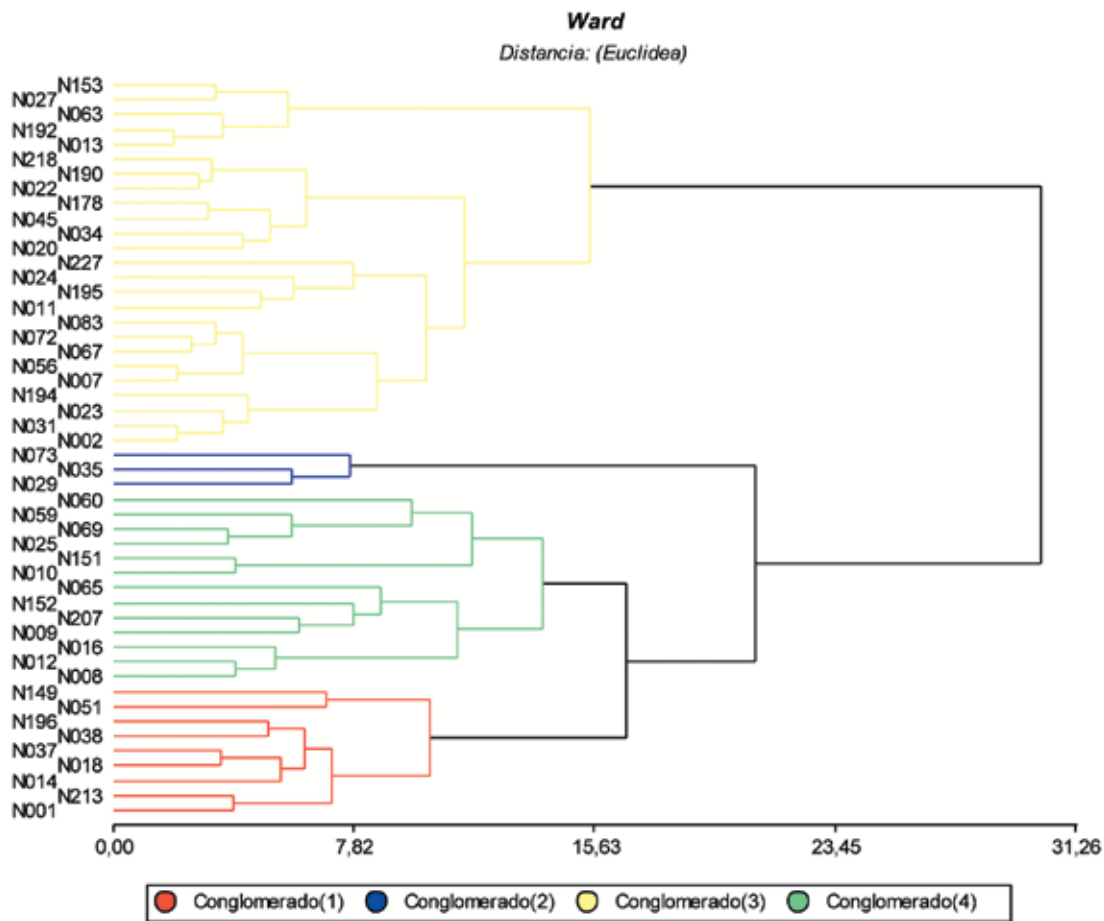


Figura 3. Dendrograma de SAF-cacao con base en las variables biofísicas y estructurales en Waslala, Nicaragua

de edad) en las provincias de San Martín y Mariscal Cáceres, Perú almacenan entre 29-45 t C ha⁻¹ a razón de 1,5-4,5 t C ha⁻¹ año⁻¹ (Concha et al. 2007). Cacaotales de seis años de edad en el Valle de Juliana, Bahía, Brasil, con sombra de caucho (*Hevea brasiliensis*) de 34 años de edad almacenan en la biomasa aérea 106,80 t C ha⁻¹ (Cotta et al. 2006.). En Caldas, Colombia se estimó que el laurel (200 árboles ha⁻¹) en cacaotales fija 3,3 t C ha⁻¹ año⁻¹ y alcanza un total de 49,4 t C ha de carbono a los 15 años de edad (Aristizábal y Guerra 2002). Albrecht y Kandji (2003) reportan cantidades similares de carbono almacenado en SAF de zonas bajas húmedas de Sudamérica (39-102 t C ha⁻¹). Cacaotales del tipo Cabruca en Bahía, Brasil fijan más carbono que los SAF-cacao de Waslala; la fijación de estos sistemas es similar a los bosques naturales y significativamente mayor que los cacaotales con sombra monoespecífica (Gama-Rodrigues et al. 2010).

Se ha comprobado que después del suelo, la vegetación arriba del suelo es el segundo mayor reservorio de carbono en SAF y plantaciones forestales de la región caribeña de Costa Rica (Montagnini y Finney 2011). La densidad arbórea media en el dosel de sombra de los SAF-cacao de Waslala fue de 153 árboles ha⁻¹ (78-224 árboles ha⁻¹), cuya biomasa arriba del suelo (plantas de cacao y dosel arbóreo) aportó el 36% del carbono total almacenado en el sistema. En este estudio no se incluye el carbono fijado por las musáceas debido al aporte poco significativo y naturaleza poco duradera de la biomasa (Arévalo et al. 2003).

El potencial actual de los SAF-cacao de Waslala para capturar y fijar carbono es limitado, dada la baja diversidad arbórea (riqueza y densidad) en el dosel de sombra de los cacaotales. Se identificaron cuatro tipologías de cacaotales, según la composición botánica y

Cuadro 3. Valores medios de las variables biofísicas y estructurales de los SAF-cacao de Waslala, Nicaragua





Variables biofísicas y estructurales	C1 (n=9)	C2 (n=3)	C3 (n=25)	C4 (n=13)	Valor P
Altitud (m)	456,89a ±55,04	509a ±95,33	402,24a ±33,02	375,92a ±45,79	0,4988
Pendiente (%)	16,22a ±3,75	12,33a ±6,49	15,92a ±2,25	18,38a ±3,12	0,8383
Edad (años)	19,67a ±2,72	21,33a ±4,71	19,72a ±1,63	14,23a ±2,26	0,2133
Área cacao (ha)	1,89a ±0,37	2,1a ±0,64	2,42a ±0,22	1,88a ±0,31	0,4561
Riqueza (# spp en 1000 m ²)	6,44ab ±0,73	6ab ±1,27	4,96a ±0,44	7,77b ±0,61	0,0056
Densidad cacao (plantas ha ⁻¹)	589,67a ±32,65	503,33a ±56,55	579,96a ±19,59	532,54a ±27,16	0,3002
Densidad frutales (árboles ha ⁻¹)	101,11b ±17,65	46,67ab ±30,58	41,2a ±10,59	70ab ±14,69	0,0368
Densidad maderables (árboles ha ⁻¹)	18,89a ±12,33	16,67a ±21,36	20,8a ±7,4	102,31b ±10,26	<0,0001
Densidad palmas (árboles ha ⁻¹)	2,22a ±3,48	96,67b ±6,03	4a ±2,09	0,0a ±2,9	<0,0001
Densidad otros (árboles ha ⁻¹)	20a ±8,01	6,67a ±13,87	12,8a ±4,8	51,54b ±6,66	0,0002
Densidad total (árboles ha ⁻¹)	731,89ab ±44,27	670ab ±76,67	658,76a ±26,56	756,38b ±36,83	0,1595
AB-cacao (m ² ha ⁻¹)	9,73ab ±1,73	9,66 ab ±3	12,18b ±1,04	8,55a ±1,44	0,2116
AB-frutales (m ² ha ⁻¹)	7,63b ±0,91	4,33ab ±1,57	1,49a ±0,54	2,56a ±0,75	<0,0001
AB-maderables (m ² ha ⁻¹)	0,92a ±0,7	0,76a ±1,21	1,12a ±0,42	5,5b ±0,58	<0,0001
AB-palmas (m ² ha ⁻¹)	0,05a ±0,07	2,22b ±0,12	0,08a ±0,04	0a ±0,06	<0,0001
AB-otros (m ² ha ⁻¹)	1,32ab ±0,5	1,2ab ±0,87	0,45a ±0,3	2,11b ±0,42	0,0221
AB-total (m ² ha ⁻¹)	19,65a ±2,02	18,17a ±3,5	15,33a ±1,21	18,71a ±1,68	0,2072
Bioma-cacao (t ha ⁻¹)	17,2a ±3,81	17,76a ±6,6	22,7a ±2,29	15,43a ±3,17	0,2705
Bioma-frutales (t ha ⁻¹)	75,41c ±7,43	42,53b ±12,88	8,98a ±4,46	8,26a ±6,19	<0,0001
Bioma-maderables (t ha ⁻¹)	4,16a ±6,97	3,37a ±12,08	4,98a ±4,18	39,19b ±5,8	0,0001
Bioma-palmas (t ha ⁻¹)	0,3a ±0,4	13,81b ±0,69	0,5a ±0,24	0,0a ±0,33	<0,0001
Bioma-otros (t ha ⁻¹)	11,57ab ±5,22	13,97ab ±9,04	2,69a ±3,13	16,4b ±4,34	0,0721
Bioma-aérea total (t ha ⁻¹)	108,64c ±9,4	91,43bc ±16,28	39,85a ±5,64	79,27b ±7,82	<0,0001
Bioma-raíces gruesas (t ha ⁻¹)	21,75c ±1,73	18,75bc ±3,0	8,94a ±1,04	16,3b ±1,44	<0,0001
Bioma-raíces finas (t ha ⁻¹)	13,29c ±1,16	11,07bc ±2,01	4,05a ±0,7	9,69b ±0,96	<0,0001
Bioma-hojarasca (t ha ⁻¹)	1,14a ±0,14	0,77a ±0,25	0,97a ±0,09	1,1a ±0,12	0,4982
Bioma-necromasa (t ha ⁻¹)	0,48a ±0,12	0,59a ±0,21	0,62a ±0,07	0,57a ±0,1	0,8244
Carbono suelo	48,05ab ±5,06	67,47b ±8,77	43,54a ±3,04	49,76ab ±4,21	0,0803
Carbono en biomasa aérea	54,32c ±4,7	45,72bc ±8,14	19,92a ±2,82	39,63b ±3,91	<0,0001
Carbono raíces gruesas	10,87c ±0,87	9,37bc ±1,5	4,47a ±0,52	8,15b ±0,72	<0,0001
Carbono raíces finas	6,65c ±0,58	5,53bc ±1,0	2,02a ±0,35	4,85b ±0,48	<0,0001
Carbono necromasa	0,24a ±0,06	0,29a ±0,11	0,31a ±0,04	0,28a ±0,05	0,8244
Carbono hojarasca	0,24a ±0,06	0,29a ±0,11	0,31a ±0,04	0,28a ±0,05	0,8244
Carbono total	120,37b ±7,64	128,68b ±13,22	70,57a ±4,58	102,96b ±6,35	<0,0001

AB: área basal; Bioma: Biomasa; ±: Desviación estándar. Letras iguales en la misma fila no son estadísticamente significativas.

distribución de individuos por especie. En la mayoría de las tipologías, el suelo fue el componente con mayor contenido de carbono (50-60% del total de carbono fijado) producto de la continua deposición de hojarasca, residuos de la poda del cacao y la regulación de sombra (Gama-Rodrigues et al. 2010). El SAF-cacao que fijó más carbono fueron los cacaotales más jóvenes (menos de 19 años), cuyo dosel de sombra retuvo gran densidad de frutales y palmas de pejibaye. El sistema que menos carbono almacenó fue el menos diverso

estructuralmente, donde la biomasa aérea aportó solo el 28,8% del total de carbono fijado. En este tipo de cacaotales es evidente la necesidad de mejorar la composición botánica y estructura del dosel de sombra mediante la plantación de especies que aumenten el potencial de secuestro de carbono. Se podrían seleccionar especies que acumulen carbono en raíces gruesas en las capas profundas del suelo (Nair et al. 2009), o que crezcan rápido pero que produzcan madera de alta densidad (Lindner 2010).

Cuadro 4. Nivel de carbono almacenado en los SAF-cacao de Waslala, Nicaragua

Nivel de carbono almacenado		Total fincas	Porcentaje
	Alto	120-159,9	8
	Medio	80-119,9	20
	Bajo	40-79,9	20
	Muy bajo	0-39,9	2
Total		50	100

Cuadro 5. Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono aéreo por conglomerado de SAF-cacao en Waslala, Nicaragua

VARIABLES/GRUPOS	C1 (n=9)	C2 (n=3)	C3 (n=25)	C4 (n=13)
Edad promedio (años)	19	21	19	14
Carbono aéreo (t ha ⁻¹)	54,32	45,72	19,92	39,63
CO ₂ Eq* (t ha ⁻¹)	199,35	167,90	73,10	145,44
CO ₂ Eq* (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	10,49	7,99	3,84	10,39
Pago por stock (US t CO ₂ ha ⁻¹)	996,75	839,5	365,5	727,2
Pago incremental (US t ha ⁻¹ año ⁻¹)	52,45	39,95	19,2	51,95

*Eq: Equivalente. 1 t C= 3.67 de CO₂ fijado.

Una vez estimado el carbono almacenado en un SAF, conceptualmente el proceso de valoración económica del servicio ambiental es relativamente fácil. En la práctica, sin embargo, la valoración se complica por el hecho de que todavía no existe un mercado abierto, líquido y estable para el secuestro de carbono (Ramírez y Gómez 2002). El beneficio monetario podría ser un incentivo económico y ecológico para que los productores de Waslala planten y manejen árboles útiles dentro de sus cacaotales (Somarriba y Harvey 2003, Somarriba et al. 2008, Montagnini y Finney 2011). Las autoridades municipales, centros de estudios, organizaciones productivas y proyectos agroforestales de desarrollo de Waslala pueden usar los resultados de esta investigación para “negociar” con los mercados voluntarios y proyectos que incentiven el pago a los productores de cacao por la provisión de un servicio ambiental de importancia global. En Cerda et al. (en este mismo número de la RAFA) se ofrece un cuadro con las direcciones de los estándares más usados para certificar carbono.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los SAF-Cacao de Waslala registraron carbono en biomasa aérea y total dentro de los rangos encontrados en otras áreas cacaoteras del mundo. El potencial para capturar carbono por los SAF-cacao es limitado debido a la baja diversidad arbórea encontrada. Más de la mitad de los SAF-Cacao de Waslala (56%) tuvieron un nivel de

almacenamiento de carbono entre medio-alto. El 52% del carbono total se fija en el suelo, el 36% en el dosel (las plantas de cacao y árboles de sombra), el restante 12% se almacena en la hojarasca, necromasa y raíces. Se conformaron cuatro grupos de SAF Cacao que se diferenciaron por sus características de diversidad del dosel y acumulación de biomasa y carbono. Se recomienda concientizar a los productores sobre la importancia de sus cacaotales en la provisión de servicios ambientales y su posible impacto en la economía familiar. Si se mejoran las condiciones de sombra en los SAF-cacao menos diversos con el establecimiento de árboles de porte alto y de rápido crecimiento, madera densa, se podría aumentar el potencial de secuestro de carbono y la generación de productos valiosos para las familias. Los resultados y recomendaciones del estudio podrán ser usados por centros de estudio, organizaciones productivas y gobiernos municipales de Waslala para “negociar” una eventual venta de certificados de emisiones reducidas en los mercados voluntarios de carbono.

LITERATURA CITADA

- Albrecht, A; Kandji, ST. 2003. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 99(1-3): 15-27.
- Andrade, H; Segura, M; Somarriba, E; Villalobos, M. 2008. Valoración biofísica y financiera de la fijación de carbono por uso del suelo en fincas cacaoteras indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 46: 45-50.

- Arévalo, L; Palm, C. 2003. Manual para la determinación de las reservas de carbono en diferentes usos de la tierra en Perú. Lima, Perú, Icrاف-Codesu-Inia-Inrena. 57 p.
- Aristizábal, J; Guerra, A. 2002. Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero *Cordia alliodora*-cacao *Theobroma cacao*-plátano *Musa paradisiaca*. Tesis de grado (Ingeniero Forestal). Bogotá, Colombia, Universidad Distrital de Bogotá. 108 p.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M, Harmand, JM; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38): 80-87.
- Concha, YJ; Alegre, JC; Pocomucha, V. 2007. 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* 6(1-2): 75-82.
- Cotta, MK; Gonçalves, LA; Valverde, SR; Nogueira de Paiva, H; Virgens Filho, AC; Lopes, M. 2006. Análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de certificados de emissões reduzidas. *Revista Árvore* 30(6): 969-979.
- Cuéllar, N. 1999. Los servicios ambientales del agro: el caso del café de sombra en El Salvador. *Prisma* 34: 1-16.
- Dixon, K. 1995. Sistemas agroforestales y gases de invernadero. *Agroforestería de las Américas* 2(7): 22-26.
- Gama-Rodrigues, F; Nair, PKR, Nair, DV; Baligar, CV; Gama-Rodrigues, A; Machado, R. 2010. Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. *Environmental Management* 45: 274-283.
- Hamilton, K; Sjardin, M; Peters-Stanley, M; Marcello, T. 2010. Building bridges: State of the voluntary carbon market. *Forest Trends. A Report by Ecosystems Marketplace and Bloomberg New Energy Finance*. 130 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change); WMO (World Meteorological Organization); UNEP (United Nations Environmental Program). 2003. *Climate change 2000: Synthesis Report*. Geneva, Switzerland. 184 p.
- Lindner, A. 2010. Biomass storage and stand structure in a conservation unit in the Atlantic Rainforest: The role of big trees. *Ecological Engineering* 36: 1769-1773.
- Medina C; Connolly, R; Corea, C. 2008. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas productivos promovidos por el Programa Social Ambiental Forestal en Nicaragua. *La Calera* 9: 42-47.
- Montagnini, F; Finney, C. 2011. Payments for environmental services in Latin America as a tool for restoration and rural development. *AMBIO* (2011)40: 285-297.
- Montagnini, F; Nair, PKR. 2004. Carbon sequestration: An underexploited environmental benefit of agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 61: 281-295.
- Nair, PKR, Kumar, BM, Nair, VD. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition Soil Science* 172: 10-23.
- Orozco, L; Deheuvels, O. 2007. El cacao en Centroamérica: resultados del diagnóstico de familias, fincas y cacaotales. Informe final de diagnóstico, Proyecto Cacao Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 148 p.
- Ortiz, E. 1997. Refinement and evaluation of two methods to estimate aboveground tree biomass in tropical forest. Doctoral Dissertation. New York, College of Environmental Sciences and Forestry. State University of New York (SUNY).
- Philipp D; Gamboa, W. 2003. Observaciones sobre el sistema mucuna-maíz en laderas de Waslala, región atlántica de Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana* 14: 215-221.
- Ramírez, OA; Gómez, M. 2002. Estimación y valoración económica del almacenamiento de carbono. *Revista Forestal Centroamericana* 2(27): 17-22.
- Rugnitz, MT; Chacón, ML. 2008. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Belem, Brasil, IA/ICRAF. 61 p.
- Schroeder, P. 1994. Carbon Storage benefits of agroforestry Systems. *Agroforestry Systems* 27: 89-97.
- Segura, M. 1999. Valoración del servicio almacenamiento de carbono en bosques privados en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Ventral de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 132 p.
- Segura, M; Kanninen, M. 2005. Allometric models for tree volume and total aboveground biomass in a tropical humid forest in Costa Rica. *Biotropica* 37(1): 2-8.
- Somarriba, E; Andrade, HJ; Segura, M; Villalobos, M. 2008. ¿Cómo fijar carbono atmosférico, certificarlo y venderlo para complementar los ingresos de productores indígenas de Costa Rica? *Agroforestería en las Américas*. 46: 81-88.
- Somarriba, E; Harvey, C. 2003. ¿Cómo integrar simultáneamente producción sostenible y conservación de la biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas* 10: 37-38.
- Suarez, D. 2003. Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de café en la Comarca Yásica Sur, Matagalpa, Nicaragua. Tesis. Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 117 p.
- Szott, LT; Arévalo-López, LA; Pérez, J. 1993. Allometric relationships in Pijuayo (*Bactris gasipaes*). In Mora-Urpí, J; Szott, LT; Murillo, M; Patiño, VM. (Eds.). *Congreso Internacional sobre Biología, Agronomía e Industrialización del Pijuayo* (4, Iquitos, PE, 1989). San José, Costa Rica, Editorial UCR. p. 91-114.
- Winjum, JK; Dixon, RK; Schroeder, PE. 1992. Estimating the global potential of forest and agroforest management practices to sequester carbon. *Water, Air and Soil Pollution* 64: 213-223.

Conocimiento local sobre los atributos deseables de los árboles y el manejo del dosel de sombra en los cacaotales de Waslala, Nicaragua

Claudia Silva¹, Luis Orozco², Mark Rayment³, Eduardo Somarriba⁴

RESUMEN

Se estudiaron los atributos deseables de los árboles y el manejo del dosel de sombra según la edad, ciclo anual y diferentes condiciones fisiográficas en sistemas agroforestales de cacao de 30 familias cacaoteras del municipio de Waslala, Nicaragua. La metodología consistió en entrevistas semiestructuradas, reuniones de grupo y sesiones de retroalimentación para identificar productos y servicios provenientes del dosel de sombra; además, se analizaron las fortalezas y debilidades del conocimiento local sobre el manejo y comportamiento del dosel en diferentes ciclos temporales y condiciones espaciales. La protección del sol (100%), mejoramiento de la fertilidad del suelo (90%) y la generación de subproductos como fruta, leña y madera (100%) fueron los beneficios y servicios más mencionados por los productores. Un árbol de sombra con copa abierta, que no pierda el follaje en la estación seca, con un ritmo de crecimiento rápido y una altura media (15-25 m), fueron los atributos deseables más valorados por los productores.

Los productores reconocieron una relación positiva entre la diversidad arbórea del dosel de sombra, mejores condiciones para el crecimiento y producción del cacao y mayor variedad de bienes y servicios para el consumo de la familia y la venta. El estudio demuestra que los productores de Waslala tienen un conocimiento detallado sobre las especies de sombra y sus características fenológicas, pero poco dominio sobre el diseño y manejo del dosel de sombra según la edad de la plantación y ciclo anual. Por otra parte, diferencias percibidas en cuanto al comportamiento de la sombra y el manejo del dosel en distintas condiciones de pendiente y exposición resultaron poco claras para los productores debido a la gran cantidad de factores (geográficos y climáticos) que influyen. Un 73% de los productores mostró preferencia por una sombra más densa en pendientes fuertes y terrenos menos fértiles, mientras que un 23% no hizo diferencias ante tal situación. El conocimiento local sobre la agronomía del cacao se califica como satisfactorio, pero el conocimiento agroforestal en general tiene limitaciones que podrían mejorarse con capacitaciones y asistencia técnica.

Palabras clave: agroforestería, atributos deseables, manejo de sombra, condiciones de sitio.

ABSTRACT

A study was carried out to assess farmers' knowledge of the positive and negative attributes of shade trees in cocoa agroforestry systems in the Waslala Province of Nicaragua. Particular consideration was given to the trees' spatial and temporal placement and the management of the shade canopy. As part of the methodology, semi-structured interviews and ranking exercises were conducted with 30 cocoa farmers of the region; focus group meetings with members of the Cacaonica cooperative were used, and three feedback sessions with farmers and extension workers of the community were conducted at the end of the project. A number of shade canopy products and services were recognized by farmers as beneficial for them; most importantly sunlight protection (mentioned by 100% of the interviewees), soil fertility improvement (90%) and firewood, fruits and timber products (100%). Evergreen, open canopies, high growth rate, and medium height (15-25m) were considered to be the most desirable attributes of the shelter trees by the farmers. Farmers showed a clear understanding of the relationship between having a diversity of shade trees and the provision of products and services, including amelioration of site conditions for cocoa growth and an increased diversity of products for domestic consumption and local retail. On the other hand, understanding of shade canopy management according to temporal cycles and geographical conditions, such as slope and aspect, proved to be more limited, and less unanimous, due to the complexity of the interactions between geographical and climatic factors. Indigenous local knowledge, combined with technical training received over the last two decades through a variety of projects and institutions, has resulted in a uniformly degree of knowledge among the farmers about desirable species patterns and phenological attributes of shade trees, but knowledge about shade canopy management through time and according to its spatial distribution is weak and needs to be considered for future trainings.

Keywords: local knowledge, shade canopy, agroforestry, desirable attributes, shade trees, shade management, site conditions.

¹ MSc Agroforestry, School of Environment, Natural Science and Geography Bangor University, UK. csilva5@hotmail.com (Autor para correspondencia)

² Consultor-investigador en Agroforestería con cacao, León, Nicaragua. luisoroz@catie.ac.cr, lorozagui@hotmail.com

³ School of Environment, Natural Science and Geography, Bangor University, UK. m.rayment@bangor.ac.uk

⁴ Profesor-investigador agroforestal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. esomarri@catie.ac.cr

INTRODUCCIÓN

El conocimiento que las poblaciones rurales han desarrollado de sus tierras y cultivos a través del contacto directo con la naturaleza es lo que se conoce como “conocimiento local” (Inglis 1993, Rajasekaran et al. 1991, Kolawole 2001). Tal conocimiento incluye un elevado grado de información sobre plantas, animales, fenómenos naturales e interacciones (Ulluwishewa et al. 2008, Eisold et al. 2006, Ross y Pickering 2002) que ha dado lugar al establecimiento de usos de la tierra tradicionales. Uno de ellos es el sistema agroforestal con cacao (SAF-cacao), ambientalmente amigable y practicado por pequeños productores, cuya necesidad de conservación y documentación es cada vez mayor (Kolawole 2001).

Los pequeños productores de cacao de todo el mundo combinan el cacao con árboles de sombra que pueden ser plantados, remanentes del bosque nativo, o seleccionados de la regeneración natural. Estos árboles proveen de productos como frutas, leña, madera y medicinas y servicios como el control de la erosión y mejoramiento de la calidad de agua (Rice y Greenberg 2000, Beer et al. 2003, Bentley et al. 2004, Somarriba et al. 2004). Estudios en cacaotales del Alto Beni, Bolivia, muestran que la madera y la fruta son los principales productos obtenidos del dosel de sombra, en tanto que el mejoramiento de la fertilidad del suelo es el “servicio” más valorado por los productores (Ortiz y Somarriba 2005). Diversos atributos han sido catalogados por la literatura como deseables para los árboles de sombra; entre ellos se destacan la arquitectura de la copa y raíces, compatibilidad con el cultivo, ritmo de crecimiento, facilidad de propagación, tamaño de las hojas y caducidad (Beer 1987, Muschler 2000, Yepes et al. 2002, Bellow y Nair 2003).

En este artículo se documenta el conocimiento local de 30 familias productoras de cacao de Waslala, Nicaragua, sobre los beneficios (productos y servicios) que genera el cacaotal, ventajas y desventajas de los árboles de sombra, preferencias, atributos y criterios sobre el manejo del dosel de sombra según el ciclo anual, edad del cacao y las características geográficas del sitio como pendiente y exposición. La identificación de las percepciones de los productores sobre estos aspectos representa una alternativa para mejorar y dirigir esfuerzos en investigación y capacitación sobre el manejo tecnificado del dosel de sombra (Somarriba 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló entre junio y agosto del 2010. Ver descripción del área de estudio en Aystas et al., en este mismo número de la RAFA.

Documentación del conocimiento local

Etapa 1. Entrevista a productores

De la lista de socios activos de la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de Cacao (Cacaonica R.L) se seleccionó, aleatoriamente, una muestra de 30 familias productoras de cacao; se trató de lograr la mayor distribución y representatividad de las diferentes condiciones orográficas donde se cultiva cacao en el municipio. Se aplicó una entrevista semi-estructurada a cada productor seleccionado para indagar sobre aspectos biofísicos de las fincas, aspectos socioeconómicos de las familias y sobre la experiencia con el cultivo. La lista de los temas abordados durante esta fase se muestra en el Cuadro 1. El 100% de las entrevistas fueron conducidas en las fincas donde los productores podían contrastar la pregunta con la condición orográfica del sitio (Figura 1). Al momento de las entrevistas, se mostraron ilustraciones en papelógrafos para facilitar la selección y/o preferencia por el tipo de dosel de sombra.

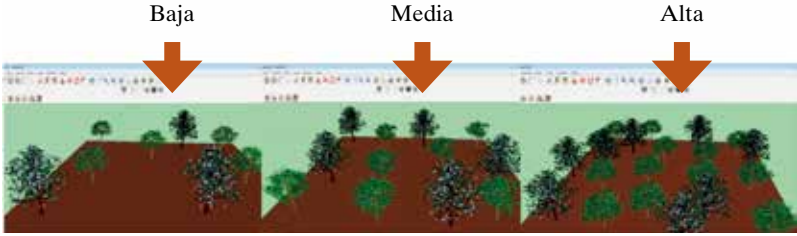
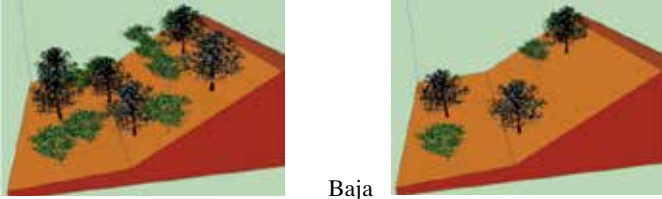
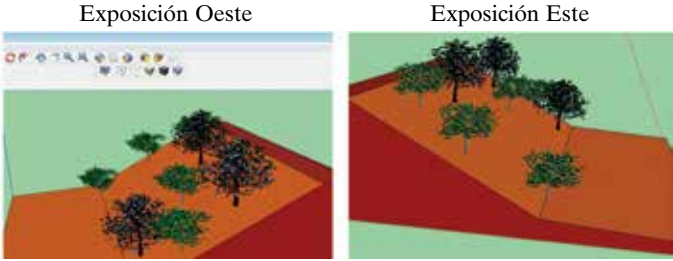

Etapa 2. Talleres de retroalimentación

Con el objetivo de validar los resultados de las entrevistas, clarificar temas que resultaron ser más complejos, minimizar errores por predisposiciones del entrevistador y mostrar lo obtenido a la comunidad, se efectuaron tres talleres de retroalimentación: dos talleres con productores de distintas comunidades (seis participantes por taller) y uno con el equipo técnico de campo de Cacaonica (diez participantes). Durante los talleres se efectuaron ejercicios de jerarquización para determinar las principales funciones y beneficios de las especies arbóreas utilizadas comúnmente como sombra en las fincas.

Etapa 3 Análisis de la información

La información biofísica de las fincas y los aspectos socioeconómicos de las familias fueron analizados mediante estadísticas descriptivas y tablas de frecuencia (InfoStat 2007). La información botánica de los árboles de sombra se obtuvo de los inventarios arbóreos previos de la zona (CATIE-PCC 2009) y revisión de literatura agroforestal. Los datos de las entrevistas sobre el conocimiento de los atributos deseables de los árboles y manejo agroforestal que brindan las familias al cacaotal se analizó con el programa Agroecological Knowledge Toolkit (AKT5) (Dixon et al. 2001), el cual permite compilar argumentos, opiniones y respuestas desagrega-

Cuadro 1. Tópicos discutidos durante las entrevistas a 30 familias cacaoteras de Waslala, Nicaragua

Tópicos	Características generales de cada tópico
Características de la finca	Superficie total, área del cacaotal, tiempo trabajando con cacao, distancia de siembra, exposición y localización geográfica del cacaotal
Preferencias sobre atributos de los árboles de sombra	Forma y tamaño de las copas, tamaño de las hojas, altura de los árboles, caducifolia, ritmo de crecimiento, longevidad, función, etc.
Diversidad de árboles de sombra	Preferencias por una alta o baja diversidad de especies arbóreas
Beneficios asociados al uso de árboles de sombra	Regulación de la intensidad de luz, floración y calidad de la mazorca, fertilidad del suelo, control de la erosión, calidad del agua, interceptación del agua de lluvia, cortinas rompevientos
Desventajas asociadas al uso de árboles de sombra	Pérdidas en la producción, competencia por agua, luz y nutrientes, hospederos de plagas y enfermedades, dificultad en las prácticas de manejo, daño mecánico a las plantas de cacao, efectos alelopáticos, etc.
Preferencias de cobertura de sombra según la edad del cacao: <ul style="list-style-type: none"> • < 5 años • 10-20 años • >30 años 	
Preferencias de cobertura de sombra según el grado de pendiente: <ul style="list-style-type: none"> • Suave • Fuerte 	
Preferencias de cobertura de sombra según la exposición de la pendiente: <ul style="list-style-type: none"> • Este • Oeste 	
Preferencias sobre la distribución de los árboles de sombra sobre el terreno:	
Prácticas de manejo del cacaotal	Tipos de prácticas, frecuencia y época de poda del cacao, frecuencia de raleos de árboles de sombra, desmalezado, manejo de autosombra de cacao, regulación de árboles de sombra, dosis y frecuencia de fertilización, etc.

das de los entrevistados y los transforma en enunciados unitarios lógicos. Se elaboraron diagramas jerárquicos para representar visualmente el conocimiento vertido durante las entrevistas a productores y equipo técnico y su consecuente gramática formal (Walker y Sinclair 1998). Durante los talleres de consulta y retroalimen-

tación con familias productoras y equipos técnicos se realizó un ejercicio de jerarquización de las ventajas y desventajas de los árboles de sombra asociados y se listaron las especies frutales, maderables y leguminosas preferidas como sombra en los cacaotales ubicados en diferentes condiciones de sitio.



Figura 1. Manejo del dosel de sombra por el productor y vista de una plantación de cacao típica de Waslala, Nicaragua

RESULTADOS

Características de las familias y las fincas

De los 30 productores entrevistados, 25 fueron hombres y 5 mujeres con una edad media de 40 años (23 a 65 años). Los productores cultivan cacao desde hace 18 años en promedio (± 5 años), lo que coincide con el inicio de las capacitaciones técnicas organizadas y lideradas por ProMundo Humano, primera ONG que fomentó el cultivo y manejo de cacao en la zona. El tamaño promedio de los cacaotales fue de 2 ha (0,7-5 ha) y la edad promedio fue de 20 años (5-25 años). La densidad media de siembra fue de 625 plantas ha^{-1} . El 50% de los cacaotales presentó una pendiente fuerte ($\geq 30\%$), las restantes plantaciones se ubicaron en terrenos con 15-20% de pendiente. Las especies arbóreas comúnmente usadas como sombra fueron frutales, como cítricos (*Citrus* spp.), aguacate (*Persea americana*) y mango (*Mangifera indica*); guineo y plátano (*Musa* spp.); árboles maderables y de servicio como guaba (*Inga* spp.), laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), poró (*Erithryna poeppigiana*) y caoba (*Swietenia macrophylla*). La productividad media de los cacaotales en Waslala es de 328 $\text{kg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, con precios de US\$ 3500 ton^{-1} para cacao seco orgánico y US\$3150 ton^{-1} para cacao seco tradicional o convencional (precios del 2010).

Beneficios asociados con los árboles de sombra

El 100% de los productores citó que los beneficios más importantes que generan los árboles de sombra para las familias son los productos como la leña, madera, frutas y plantas medicinales. Especies como la guaba, eucalipto y acacia (*Senna siamea*) (que se puede quemar verde) fueron las más valoradas para leña; como madera de calidad destacaron el laurel, cedro y guayabón (*Terminalia oblonga*); las especies frutales preferidas fueron el aguacate y el mango, el guineo, el zapote (*Pouteria sapota*) y los cítricos. Además, los productores

reconocieron las propiedades medicinales de algunas especies, tanto para humanos como para animales; entre ellas, el madero negro (*Gliricidia sepium*) para diarrea, dolor de estómago y como insecticida natural y el eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) para la fiebre, dolor de cabeza y mordedura de serpientes.

De los servicios que los productores atribuyen a los árboles de sombra destaca la protección al árbol de cacao contra los rayos del sol (100% de los entrevistados). En Waslala, las temperaturas durante el periodo seco pueden alcanzar 30°C y, de acuerdo con los productores, la exposición directa del cacao a los rayos solares daña las flores, frutos y hojas; reconocen, además, que las plantas jóvenes son más vulnerables a este efecto. El mejoramiento en la fertilidad del suelo por acumulación de materia orgánica (hojarasca, ramas y residuos vegetales de la poda y la cosecha) es un beneficio reconocido por el 90% de los productores. El control de la erosión fue señalado como beneficio por un 72% de los entrevistados, mientras que la protección a las plantas de cacao que brinda el dosel de sombra contra la lluvia y el viento fueron importantes para el 69% y 62% de los productores, respectivamente. Otros servicios provistos por el dosel de sombra fueron la mayor retención de humedad en el suelo durante el periodo seco (55%), mejor calidad del fruto (52%), control de malezas (48%). Los productores indicaron que a mayor diversidad arbórea en el dosel de sombra mayores son los bienes y servicios que generan (Figura 2). Otros servicios ambientales como el secuestro de carbono, aire limpio y valor estético, fueron citados solo por un 10 % de los entrevistados.

Desventajas asociadas con los árboles de sombra

La mayor desventaja del dosel de sombra se presenta durante la época lluviosa, cuando se acumula mayor humedad entre la vegetación arbórea que favorece la

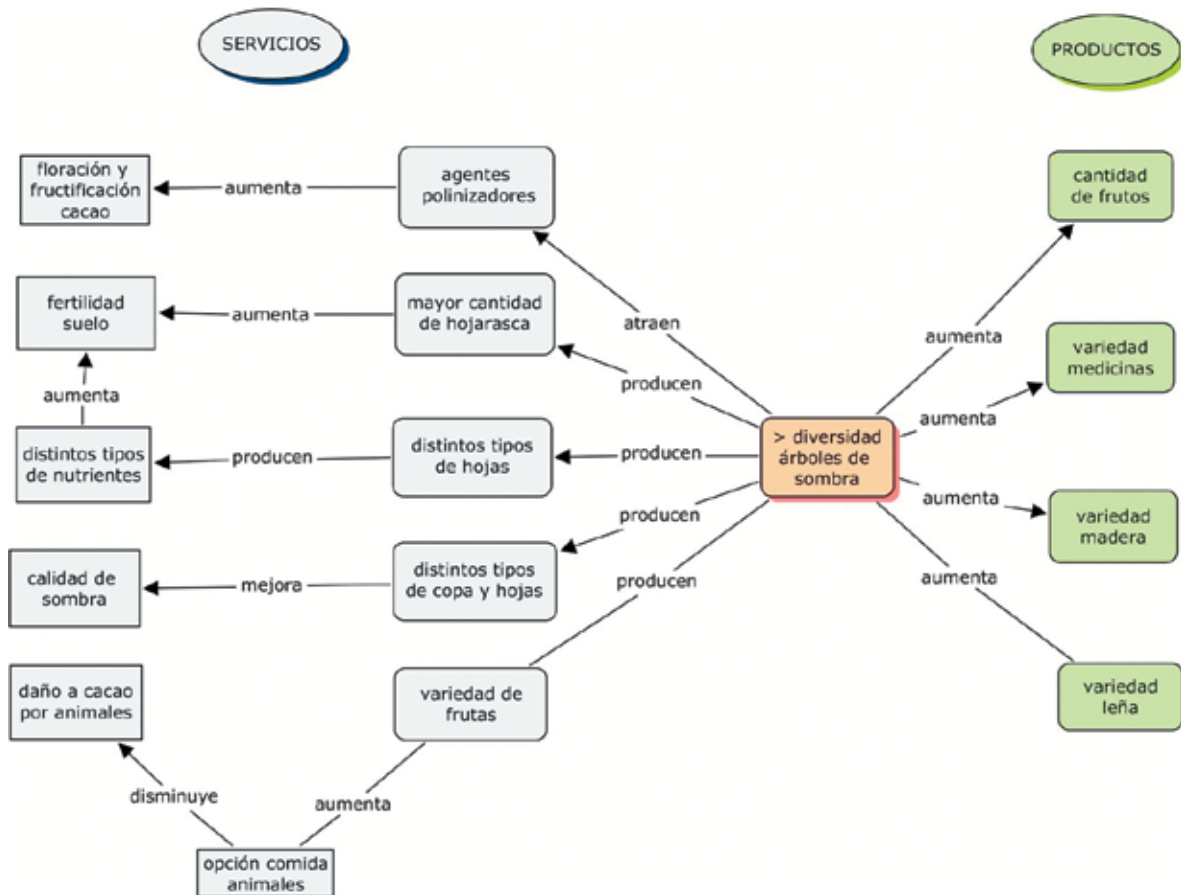


Figura 2. Variedad de productos y servicios que proveen los árboles de sombra de los cacaotales de Waslala según la percepción de las familias productoras.

proliferación de enfermedades fungosas como la moniliasis y la mazorca negra. Sin embargo, los productores reconocen que este efecto disminuye cuando se realizan podas sanitarias a los árboles de cacao y se maneja el dosel de sombra mediante podas y raleos. Los productores indicaron que la competencia por agua, luz y nutrientes es “mínima” si la distancia de siembra entre árboles del dosel es igual o mayor a 8 x 8 m (156 árboles ha⁻¹). El cedro y el laurel (por su abundancia en los cacaotales) fueron señalados como las especies que más compiten con el cacao por esos recursos; sin embargo, su madera de calidad y los ingresos generados con la venta son bien reconocidos por la familia. Los daños al cultivo por caída de árboles y ramas son frecuentes, especialmente al momento de cosechar árboles maderables.

Atributos deseables en los árboles de sombra

Un árbol con copa abierta, que no pierda el follaje en la estación seca, con un ritmo de crecimiento rápido y una altura media (15-25 m) fueron los atributos más frecuentemente mencionados por los productores para

Cuadro 2. Atributos deseables de los árboles de sombra en los cacaotales, en opinión de los productores de Waslala, Nicaragua

	Atributos deseables	Productores	Porcentaje (%)
Caducifolia	Siempre verde	28	93
	Deciduo	2	7
Ritmo de crecimiento	Rápido	27	90
	Lento	3	10
Altura total	Pequeño (<15 m)	0	0
	Mediano (15-25 m)	27	90
	Alto (> 25 m)	3	10
Tamaño de la hoja	Pequeña	7	23
	Grande	4	13
	Sin importancia	19	66
Forma de la copa	Abierta	29	97
	Cerrada	1	3

seleccionar árboles de sombra en sus cacaotales. Los árboles muy altos no son aceptables porque son más susceptibles al volcamiento por el viento y ‘forman’ gotas grandes y pesadas que dañan las flores; además, el manejo es complicado y pueden causar daños al cultivo por la caída de troncos o ramas. Algunos productores adujeron que los árboles altos (remanentes del bosque y algunos maderables) atraen los rayos durante las tormentas eléctricas. Los árboles pequeños, por su parte, tampoco son del gusto de los productores porque provocan excesiva sombra que aumenta la incidencia de enfermedades debido a la humedad y menor ventilación dentro de la plantación. El tamaño de las hojas no fue considerado como un criterio importante para la selección de un árbol de sombra, aunque sí hubo una preferencia colectiva por dejar una mayor diversidad de hojas sobre el suelo del cacaotal para mejorar la fertilidad y humedad del suelo. En pocos casos se mencionó que una buena capa de hojarasca favorece las poblaciones de polinizadores dentro de los cacaotales.

Manejo de la sombra

Según distribución, edad y fenología del cacao

Un 86% de los productores eligió una distribución de los árboles de sombra en línea como la preferida para su cacaotal, ya que con este arreglo se logra una sombra uniforme y un fácil manejo del dosel y del cacao. Solo un 14% de los entrevistados prefirió una distribución aleatoria y no hubo preferencias por la distribución en manchones. En cuanto a la edad, los productores reconocen una mayor susceptibilidad del cacao a la desecación y deshidratación en la etapa juvenil, por lo que plantan musáceas en alta densidad (6x6 m, 276 tallos ha⁻¹) durante los primeros 2-3 años de vida del cacao para proveer

de suficiente sombra e ingreso económico hasta que el cacao se de autosombra e inicien las primeras cosechas. A partir de los cinco años de edad, la necesidad de sombra del cacao se reduce (50%) y los productores manejan el dosel de sombra mediante anillamiento o raleos de los árboles (principalmente de *Inga* spp.) y podas anuales al cacao (principalmente al inicio de las lluvias).

Según exposición y pendiente

Un 53% de los productores no ven diferencias en cuanto al requerimiento de sombra de un cacaotal expuesto al lado este u oeste; en su opinión, simplemente a un sector le llega sol en la mañana y al otro en la tarde. El 47% restante prefirió tener más sombra en el sector oeste, pues el sol de la tarde calienta más que el de la mañana. Un 73% de los entrevistados prefiere tener más sombra en sitios con pendiente fuerte ($\geq 30\%$) que en sitios de menor inclinación; solo un 4% prefiere más sombra en sitios planos y el resto (23%) se muestra indiferente respecto al nivel de sombra para el cacao según la pendiente del terreno. Cabe destacar que los productores que prefieren más sombra en pendientes fuertes poseen fincas con este tipo de laderas, mientras que los productores que se mostraron indiferentes poseen fincas dominadas por terrenos planos o laderas de pendiente suave (Cuadro 3). Los productores indicaron que en terrenos con pendientes fuertes la llegada de luz solar al cacao es más directa e intensa, hay más problemas de fertilidad debido a la erosión, escorrentía y lavado de nutrientes. Hubo consenso entre los entrevistados en cuanto a que la sombra en pendiente fuerte “se va muy lejos” o “se escapa”, y por lo tanto, protege menos al cacao. También coinciden en que los árboles dan una sombra más lenta y densa en los sitios planos.

Cuadro 3. Percepción de los productores en cuanto a las características del sitio y el rol de los árboles según la topografía del terreno (Línea sólida indica el cambio en pendiente)

PENDIENTE NULA	PENDIENTE SUAVE	PENDIENTE FUERTE
<p style="text-align: center;">Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suelo más fértil • Suelo más húmedo • Mejor crecimiento de árboles de sombra • Viento más suave • Lega más sombra de la geografía colindante <p style="text-align: center;">Características de los árboles de sombra</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sombra es más corta • La sombra se mueve más lento sobre el terreno • La intensidad o densidad de la sombra es mayor • Se necesitan menos árboles de sombra • Preferencia por árboles altos 	<p style="text-align: center;">Combinación de ambas</p>	<p style="text-align: center;">Características generales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hay más erosión • Hay pérdida de materia orgánica • Suelos poco fértiles • Vientos fuertes • Mayor intensidad de luz <p style="text-align: center;">Características de los árboles de sombra</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sombra es más larga • La sombra se mueve más rápido • La intensidad de la sombra es menor • Se necesitan más árboles de sombra • Preferencia por árboles bajos

Especies de sombra y condiciones de sitio

Según los productores y equipo técnico de Cacaonica existen ciertas especies que “calzan” mejor en ciertos sitios de la finca que en otros. Por ejemplo, se prefieren los maderables para zonas planas o bordes de la finca, donde su alta competitividad afecta menos al cacao (Cuadro 4). En laderas de pendiente fuerte se prefieren los árboles de servicio, dado que aportan nutrientes al suelo y son más fáciles de manejar por medio de poda. Finalmente, los frutales fueron poco indicados como sombra para cacao y se prefiere plantarlos en el patio o frente a la casa, por la facilidad de cosecha y vigilancia.

DISCUSIÓN

Beneficios y desventajas de los árboles de sombra

Los mayores beneficios del dosel de sombra en cultivos perennes (café y cacao) se relacionan con la provisión de bienes y servicios (Beer et al. 1998, Wood 1990, Muschler 2000, Bentley et al. 2004, Asare 2005, Righi et al. 2008). Entre los servicios destaca la reducción del estrés biótico de la planta cuando se encuentra en condiciones climáticas extremas (Beer et al. 1998). El crecimiento del cacao y la productividad de la mazorca disminuyen con intensidades de radiación muy altas (Zuidema et al. 2005, Isaac et al. 2007). Los productores de Waslala reconocen como beneficios más importantes del dosel la obtención de productos como fruta, leña, madera y medicinas para consumo familiar y venta local; así como la protección al cultivo del sol y la mejora de las condiciones del suelo. Según los productores, se pueden “minimizar” las desventajas de los árboles de sombra si se realiza un buen manejo y una adecuada regulación de la sombra, tanto del cacao como del dosel. Según Somarriba (2005), el nivel adecuado de sombra depende de las características

y manejo del cultivo, como la capacidad de autosombra, frecuencia e intensidad de las podas y origen de la planta (semilla o injerto); así como de las características del sitio y de las especies arbóreas utilizadas. Los entrevistados dieron importancia al daño sufrido por el cacao debido a la caída de árboles y ramas; sin embargo, según Ryan et al. (2009), tales daños son casi irrelevantes a lo largo de la rotación.

El conocimiento agronómico y agroforestal de los productores de Waslala ha sido fuertemente influenciado por la experiencia cacaotera vivida durante la década de 1990, cuando ProMundo Humano (ONG alemana) promovió el establecimiento de parcelas agroforestales de 1 ha (cacao a 3x3 m (1111 plantas ha⁻¹), musáceas a 6x6 m como sombra temporal (276 cepas ha⁻¹) y maderables a 13x13 (60 árboles ha⁻¹)) entre 350 productores, como una opción productiva barata y sostenible para Waslala. Las principales prácticas de manejo impulsadas por el proyecto: remoción semanal de frutos afectados por la monilia, regulación de árboles de sombra (dos veces año), poda del cacao (dos veces por año) y control de malezas (tres o cuatro por año) permanecen hasta hoy (Sandino et al. 1999). Los proyectos cacaoteros de esa época generaron, transfirieron y fortalecieron el conocimiento agronómico del cultivo, pero prestaron poca atención al diseño, manejo y comportamiento de la sombra según las condiciones de sitio (orientación e inclinación de la pendiente del terreno). Lok y Sandino (1999) argumentan que los productores de cacao de Waslala seleccionan deliberadamente los sitios para establecer sus plantaciones y podan el cacao según la presencia de fuentes de agua en la parcela (mayor humedad en el suelo). Por ejemplo, si hay una quebrada

Cuadro 4. Principales características y especies representativas por grupos funcionales en el dosel de sombra de los cacaotales de Waslala, Nicaragua

Maderables	Frutales	De servicio
<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Son más altos • Son deciduos • Son de hoja pequeña • Dan menos sombra en verano • Dan más competencia por agua y nutrientes • Conviene que crezcan más rápido, por producto de valor <p>Especies principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cedro (<i>Cedrela odorata</i>) • Laurel (<i>Cordia alliodora</i>) • Guayabón (<i>Terminalia amazonica</i>) • Teca (<i>Tectona grandis</i>) 	<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los mantienen más bajos para facilitar cosecha • Pueden dar mucha sombra por que no conviene podarlos • preferencia en cercanías de casa <p>Especies principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cítricos (<i>Citrus</i> spp.) • Mango (<i>Mangifera indica</i>) • Aguacate (<i>Persea americana</i>) • Musáceas (<i>Musaceas</i> spp.) • Pejibaye (<i>Bactris gasipaes</i>) 	<p>Características</p> <ul style="list-style-type: none"> • Producen más y mejor hojarasca • Dan nutrientes (N) • Dan menos competencia • Dan buena sombra • En general son siempreverdes <p>Especies principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Guaba (<i>Inga</i> spp.) • Poró (<i>Erythrina poeppigiana</i>) • Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>) • Casia (<i>Cassia siamea</i>)

o riachuelo que atraviesa la parcela, los productores tienden a podar con mayor frecuencia e intensidad el cacao para eliminar el exceso de humedad y favorecer la entrada de luz. Por el contrario, si el riachuelo o quebrada recorre el perímetro o no existe ninguna fuente de agua en la parcela, el cacao se poda con menor frecuencia para proteger las plantas de la deshidratación y, al mismo tiempo, proteger al suelo de la erosión. Al igual que en Waslala, los productores del Alto Beni, Bolivia prefieren especies de árboles que provean madera y frutas con valor comercial y para el consumo del hogar y que mejoren las condiciones de fertilidad del suelo coincide (Ortiz y Somarriba 2005). Similares objetivos y beneficios han expresado productores en Brasil, oeste de África, Venezuela y Costa Rica (Duguma et al. 1999, Jaimez y Franco 1999, Norman 1999, Somarriba y Harvey 2003, Bentley et al. 2004, Asare 2005).

Atributos deseables en los árboles de sombra

Una copa abierta es una característica deseable mencionada por los productores de Waslala. La literatura consultada reconoce este atributo como importante a la hora de seleccionar árboles de sombra para café y cacao (Beer 1987, Bellow y Nair 2003, Muschler 2000, Ortiz y Somarriba 2005). Los usos, valor de los productos, la familiaridad con la especie y las características físicas de tamaño y densidad de la copa fueron considerados como los principales criterios para la selección de especies útiles para sombra. Además de estos criterios, los productores de otras zonas cacaoteras y cafetaleras han mencionado otros atributos deseables en los árboles utilizados en fincas, como la rapidez de crecimiento, compatibilidad con el cultivo y fácil propagación y adaptación a la zona (Matos et al. 2000, Linkimer et al. 2002, Muñoz y Beer 2001, Asare 2005). Por otra parte, la preferencia por árboles siempreverdes no concuerda con lo reportado en la zona cacaotera de Talamanca, Costa Rica, donde más del 90% de los productores, ante el exceso de lluvia que ocurre en ciertos meses de año, prefieren árboles deciduos (Vásquez 2001). La selección de árboles de sombra no depende solamente de este tipo de atributos, sino también de las condiciones ambientales locales y el manejo actual del cultivo, lo que a su vez está sujeto a cambios en el tiempo e influenciados por factores como la incidencia de plagas y el mercado (Yepes et al. 2002). En África del oeste, los productores consideran indeseable una especie arbórea cuando tiene copa densa, reseca el suelo, no tiene valor económico, no ayuda a mejorar las condiciones de fertilidad del suelo, atrae ardillas o sirve de hospedera de plagas que afectan el cacao (Asare 2005).

En Waslala, durante la década de 1990, el 75% de los cacaotales fueron establecidos bajo bosques o tacotales raleados; por tanto, la sombra actual es una mezcla no homogénea de árboles remanentes del bosque original, leguminosas de servicio como las guabas y madero negro, frutales de porte medio plantados (cítricos) y árboles maderables de regeneración natural. El restante 25% de los cacaotales se estableció en barbechos o potreros (Lok y Sandino 1999). Con base en los resultados de este estudio se puede afirmar que el valor comercial del árbol (madera) y los productos para la familia (frutas, leña, medicina) son las características más importantes para los productores cacaoteros de Waslala al momento de seleccionar cuáles árboles plantar como sombra de sus cacaotales. Estudios sobre el manejo tradicional de la sombra en cafetales y cacaotales han destacado criterios de selección de especies arbóreas como la compatibilidad con el cultivo, maderables de fuste recto y su contribución a la biodiversidad. Finalmente, el valor o uso comercial que se da a la especie tiende a ser más relevante al momento de elegir los árboles de sombra (Linkimer et al. 2002, Yepes et al. 2002, Ortiz y Somarriba 2005).

Manejo de la sombra según distribución, fenología del cacao y características del sitio

La preferencia de la mayoría de los productores por una distribución en línea de los árboles de sombra coincide con la literatura, la cual sugiere que un dosel de sombra distribuido uniformemente en el cacaotal resulta en un desarrollo más homogéneo de las plantas y frutos. Los arreglos de plantación en cuadro y rectangulares resultan más indicados para este fin (Somarriba 2005). Cultivos como el cacao necesitan una mayor radiación solar en los periodos de floración, por lo que el manejo de la sombra debe sincronizarse con el ciclo fenológico anual del cultivo (Alvim y Kozlowski 1977; Somarriba et al. 2004). Los productores de Waslala podan el cacao y regulan la sombra al inicio de las lluvias (abril-mayo) para que haya mayor luminosidad durante la etapa de floración y maduración del cacao. Pocos productores realizan una segunda poda (menos intensa), uno o dos meses antes de la cosecha con el objetivo de facilitar el control de enfermedades, bajar la altura de las plantas y no necesariamente para favorecer el llenado y maduración de los frutos (Somarriba 2005). El exceso de sombra favorece la afectación de enfermedades, puede retardar la maduración y afectar el tamaño y la calidad de los frutos (Zuidema et al. 2005).

El 35% de los productores de Waslala prefirieron una sombra más densa en suelos poco fértiles. Dicha práctica también es habitual en el Alto Beni, Bolivia (Ortiz y Somarriba 2005). Los cacaotales a pleno sol o con poca sombra tienen buena productividad pero demandan más agua y nutrientes. Por el contrario, en suelos poco fértiles o que no se fertilizan, la productividad es menor y, por tanto, resulta beneficioso manejar más sombra dentro del cacao para atenuar la demanda nutrimental del cultivo y reducir el futuro agotamiento del suelo (Somarriba et al. 2010). Sin embargo, este conocimiento técnico no permea la toma de decisiones por parte de los productores de Waslala acerca de cuáles, cuántos y en cuáles sitios plantar los árboles de sombra de sus cacaotales. Aspectos negativos como competencia con el cacao y el aumento de enfermedades debido a la mayor humedad, fueron reconocidos como las mayores desventajas atribuidas a los árboles de sombra, pero controlables si se realiza un manejo silvicultural y agronómico al dosel (raleos, podas, deshoja y deshije de musáceas, descentrado, descumbra, despunte). Los productores prefirieron un mayor nivel de sombra provisto por árboles bajos o medianos en suelos de baja fertilidad y con pendientes fuertes, mientras que en zonas planas, con mayor fertilidad pero alta acumulación de humedad, los productores preferían menos sombra y árboles más altos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El conocimiento actual de los productores y equipos técnicos de Waslala ha sido fuertemente influenciado por la experiencia cacaotera vivida durante la década de 1990. El conocimiento agronómico se califica como bueno o satisfactorio; sin embargo, el conocimiento

agroforestal es limitado. El comportamiento de la sombra en diferentes sitios, con diferente grado y orientación de la pendiente y las varias fuentes de sombra (nubosidad, barreras biofísicas y vegetación colindante) no son considerados por los productores a la hora de decidir cuáles, cuántos y en cuál arreglo agroforestal plantar los árboles de sombra. Las decisiones relacionadas con el diseño y manejo de la sombra en función de la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua no están claras en la literatura y son poco consideradas por los cacaoteros de Waslala.

Es evidente la necesidad de mayor capacitación y asistencia técnica a los productores, sus familias, equipos técnicos y estudiantes sobre cómo manejar los árboles y regular la sombra en cacaotales. Se recomienda ampliar el estudio a otras zonas cacaoteras del país con diferente historia cacaotera y condiciones fisiográficas; además, se debiera involucrar a equipos técnicos de otras organizaciones cacaoteras con el fin de sistematizar el conocimiento local e identificar contradicciones y compatibilidades.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todos los productores y productoras entrevistados, por su excelente disposición y acogida en sus fincas. A los directivos, socios y promotores de la cooperativa Cacaonica, por el apoyo logístico en el desarrollo de este trabajo. Un especial agradecimiento a Aldo Kuant y Roberto Mejía, por su ayuda en la recolección de datos de campo. Al proyecto CATIE-PCC y a su personal por su colaboración y por haber hecho posible esta publicación.

LITERATURA CITADA

- Asare, R. 2005. Cocoa agroforests in West Africa: A look at activities on preferred trees in the farming systems. Horsholm, Denmark, Danish Centre for Forest Landscape and Planning. Forest & Landscape Working Papers no. 6. 77 p.
- Beer, J. 1987. Advantages, disadvantages and desirable characteristics of shade trees for coffee, cocoa and tea. *Agroforestry Systems* 5: 3-13.
- Beer, J; Ibrahim, I; Somarriba, E; Barrantes, A; Leakey, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. In Cordero, J. Boshier, DH. (Eds.). *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Oxford, Reino Unido, OFI/CATIE. p. 197-242.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cocoa plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164.
- Bellow, J; Nair, PKR. 2003. Comparing common methods for assessing understory light availability in shaded-perennial agroforestry systems. *Agricultural and Forest Meteorology* 114: 197-211.
- Bentley, JW; Boa, E, Stonehouse, J. 2004. Neighbour trees: Shade, intercropping and cacao in Ecuador. *Human Ecology* 32(2): 241-270.
- CATIE-PCC. 2009. Competitividad y ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Cacao Centroamérica. Documento de proyecto. 166 p.
- CATIE-PCC. 2009. Determinación del potencial de mantener, aumentar o adoptar diferentes sistemas de cocoa (*Theobroma cacao*) con base en el rol relativo y absoluto que estos juegan en las estrategias de vida de los hogares en el municipio de Waslala, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Cacao Centroamérica. 41 p.

- Dixon, HJ; Doores, JW; Joshi, L; Sinclair, FL. 2001. Agroecological knowledge toolkit for Windows: methodological guidelines, computer software and manual for AKT5. School of Agricultural and Forest Sciences. University of Wales, Bangor. 181 p.
- Duguma, B; Gockowski, J; Bakala, J. 1999. Desafíos biofísicos y oportunidades para el cultivo sostenible de cacao (*Theobroma cacao* Linn.) en sistemas agroforestales de África Occidental y Central. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 12-15.
- Eisold, J; Tonsjost, S; Bollig, M; Lindstadter, A. 2006. Local and ecological knowledge on natural resource management: A case study from north western Namibia. Conference on International Agricultural Research for Development (Bonn, Germany, October 11-13, 2006); Abstracts. 6 p.
- Inglis, JT. 1993. Traditional ecological knowledge: concepts and cases. Ottawa, Canada, Canadian Museum of Nature.
- Isaac, ME; Timmer, VR; Quashie-Sam, SJ. 2007. Shade tree effects in an 8-year-old cocoa agroforestry system: Biomass and nutrient diagnosis of *Theobroma cacao* by vector analysis. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 78: 155-165.
- Jaimez, RE; Franco, W. 1999. Producción de hojarasca, aporte en nutrientes y descomposición en sistemas agroforestales de cacao y frutales. *Agrotrópica* 11(1): 1-8.
- Kolawole, OD. 2001. Local knowledge utilization and sustainable rural development in the 21st century. *Indigenous Knowledge and Development Monitor* 9(3): 13-15.
- Linkimer, M; Muschler, R; Benjamín, T; Harvey, C. 2002. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 37-43.
- Lok, R; Sandino, D. 1999. Traditional cocoa agroforestry systems in Waslala, Nicaragua: adoption of technology and adaption to local environment and priorities. *In: International Symposium on Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops* (CATIE, Turrialba, 22-27 Feb 1999); Extended Abstracts. p. 251-255.
- Matos, EN; Beer, J; Somarriba, E; Gómez, M; Current, D. 2000. Validación, adopción inicial y difusión de tecnología agroforestal en cacaotales con indígenas Ngöbe en Panamá. *Agroforestería en las Américas* 7(26): 7-9.
- Muñoz, F; Beer, J. 2001. Fine root dynamics of shaded cocoa plantations in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 51: 119-130.
- Muschler, R. 2000. Árboles en cafetales. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 5.
- Norman, J. 1999. Conservation in Brazil chocolate forest: the unlikely persistence of the traditional cocoa agroecosystems. *Environmental Management* 2(1): 31-47.
- Ortiz, M; Somarriba, E. 2005. Sombra y especies arbóreas en los cacaotales de Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* No. 43-44: 64-70.
- Rajasekaran, BD; Warren, DM; Babu, SC. 1991. Indigenous natural resource management systems for sustainable agricultural development: A global perspective, *Journal of International Development* 3(4): 387-401.
- Rice, RA; Greenberg, R. 2000. Cocoa cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29: 167-173.
- Righi, C; Lunz, A; Bernardes, M; Pereira, C; Dourado, D; Favarin, J. 2008. Radiation availability in agroforestry system of coffee and rubber trees. *In: Advances in agroforestry; toward agroforestry design: an ecological approach*. Springer. p. 249-327.
- Ross, A; Pickering, K. 2002. The politics of reintegrating Australian aboriginal and American Indian indigenous knowledge into resource management: the dynamics of resource appropriation and cultural revival. *Human Ecology* 30(2): 187-214.
- Ryan, D; Bright, G. Somarriba, E. 2009. Damage and yield change in cocoa crops due to harvesting of timber shade trees in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 77(2): 97-106.
- Sandino, D; Grebbe, H; Malespín, M. 1999. Desarrollo agroforestal con cacao en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 29-30.
- Somarriba, E. 2005. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería en las Américas* no. 41-42: 122-130.
- Somarriba, E; Cerda, R; Astorga, C; Quesada, F; Vásquez, N. 2010. Reproducción sexual del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Materiales de extensión no. 1. 48 p.
- Somarriba, E; Harvey, C. 2003. ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas*. 37:12-17.
- Somarriba, E; Harvey, CA; Samper, M; Anthony, F; González, J; Staver, C; Rice, RA. 2004. Biodiversity conservation in neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. *In: Schroth, G; Fonseca, G; Gascon, C; Vasconcelos, H; Izac, AM; Harvey, CA. (eds). Agroforestry and conservation of biodiversity in tropical landscapes*. Washington, DC, Island Press. p. 198-226.
- Ulluwisshewa, R; Roskruge, N; Harmsworth, G; Antaran, B. 2008. Indigenous knowledge for natural resource management: A comparative study of Maori in New Zealand and Dusum in Brunei Darussalam. *GeoJournal* 73: 271-284.
- Vásquez, M. 2001. Selection criteria for shade trees in cocoa plantations in Talamanca, Costa Rica. MSc thesis. Bangor, UK, University of Wales. 60 p.
- Walker, DH; Sinclair, FL. 1998. Acquiring qualitative knowledge about complex agroecosystems. Part 2: Formal representation. *Agricultural Systems* 56(3): 365-386.
- Wood, PJ. 1990. Principles of species selection for agroforestry. *In: MacDicken, KG; Vergara, NT. (Eds.). Agroforestry: Classification and Management*. New York, John Wiley. p. 290-309.
- Yepes, C; Muschler, R; Benjamín, T; Musálem, M. 2002. Selección de especies para sombra en cafetales diversificados de Chiapas, México. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 55-61.
- Zuidema, PA; Leffelaar, PA; Gerritsma, W; Mommer, L; Anten, NPR. 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): Model presentation, validation, application. *Agricultural Systems* 84: 95-225.

Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua¹

Aura Matey², Lester Zeledón², Luis Orozco³, Francisco Chavarría⁴, Arlene López³

RESUMEN

Se estudió la composición botánica y estructural de la vegetación leñosa presentes en 36 SAF-cacao y cuatro parches de bosque ubicados en el atlántico nicaragüense. Se estableció una parcela de 1000 m² (20x50 m) donde se identificaron, contaron y midieron todos los árboles con dap ≥ 10 cm y se aplicó una entrevista semiestructurada a 36 productores para indagar sobre el manejo agronómico del cacao y sobre el uso y manejo de los árboles de sombra. La densidad de siembra del cacao fue de 660 árboles ha⁻¹; en los SAF-cacao se registraron un total de 521 individuos (145 árboles ha⁻¹) de 35 familias, 57 géneros y 70 especies en 3,6 ha. Las musáceas fueron las especies más abundantes (182 tallos ha⁻¹) seguidas de *Cordia alliodora* (22 árboles ha⁻¹), *Bactris gasipaes* (20 individuos ha⁻¹) y *Ryania speciosa* (17 plantas ha⁻¹). En los parches de bosque se contabilizaron 869 árboles (2173 árboles ha⁻¹) de 47 familias, 80 géneros y 90 especies. Las especies más abundantes y comunes en las parcelas de bosques fueron *Ryania speciosa* (173 plantas ha⁻¹), *Piper aduncum* (143 árboles ha⁻¹) y *Parkinsonia aculeata* (83 árboles ha⁻¹). La diversidad de especies leñosas asociadas al cacao es menor a la diversidad arbórea registrada en los parches de bosque, aunque se encuentra dentro de los rangos medidos en otras zonas cacaoteras de Centroamérica. La estructura horizontal de la vegetación arbórea en los SAF-cacao fue notoriamente diferente a la de los parches de bosque. Los SAF-cacao registraron hasta un 25% de las especies arbóreas inventariadas en los parches de bosque. Se sugiere promover la diversificación productiva de los cacaotales y de otros espacios de la finca con frutales y maderables valiosos y se recomienda brindar asistencia técnica a los productores sobre selección de especies para sombra, manejo de la regeneración natural y sobre el diseño y manejo de la sombra en los cacaotales.

Palabras clave: diversidad, sombra, madera, fruta

ABSTRACT

Floristic composition and structure of cacao orchards and forest patches in Waslala, Nicaragua

We studied the botanical and structural composition of the woody vegetation present in 36 cocoa-AFS and four forest patches located on the Nicaraguan Atlantic slope. We set up a 1000 square meter plot (20x50 m) where we identified, counted and measured all trees with dbh ≥ 10 cm and we used a semi-structured interview process with 36 producers to investigate cacao agronomic management and the use and management of shade trees. Cacao plant density was 660 trees ha⁻¹; the cocoa-AFS had a total of 521 individuals (145 trees ha⁻¹) in 35 families, 57 genera and 70 species on 3.6 ha. Musaceae were the most abundant species (182 stems ha⁻¹) followed by *Cordia alliodora* (22 trees ha⁻¹), *Bactris gasipaes* (20 individuals ha⁻¹) and *Ryania speciosa* (17 plants ha⁻¹). In the forest patches we counted 869 trees (2173 trees ha⁻¹) in 47 families, 80 genera and 90 species. The most abundant and common species in the forest plots were *Ryania speciosa* (173 plants ha⁻¹), *Piper aduncum* (143 trees ha⁻¹) and *Parkinsonia aculeata* (83 trees ha⁻¹). The diversity of woody species associated with cacao lower than the tree diversity recorded in forest patches, although it is within the ranges measured in other Central American cocoa orchards. The horizontal structure of the tree vegetation in cocoa-AFS was markedly different from that of forest patches. Up to 25% of the tree species inventoried in forest patches were recorded for the cocoa-AFS. We suggest promoting the diversification of the cacao orchards and other areas of the farm with fruit trees and valuable timber trees and we recommend providing technical assistance to producers about the selection of species for shade, management of natural regeneration and the design and management of shade in cacao orchards.

Keywords: diversity, shade, timber, fruit

INTRODUCCIÓN

El cacao se cultiva en áreas tropicales de África, Asia, Centro y Sudamérica (Sonwa et al. 2007, Asare 2005). Cerca del 70% del cacao en el mundo se cultiva en asocio con árboles de sombra y/o con cultivos anuales y perennes (Herzog 1994, Duguma et al. 2001). A nivel

mundial, la diversidad (riqueza y abundancia) de plantas que brindan sombra al cacao depende de la región (Beer et al. 1998, Bentley et al. 2004, Asare 2005). El diseño y manejo de los árboles de sombra determina en gran medida el valor que para la conservación tiene el cacaotal, su diversidad funcional y su potencial de pro-

¹ Basado en Matey, A.; Zeledón, L. 2010. Caracterización de la vegetación arbórea asociada al cacao (*Theobroma cacao*) y en fragmentos boscosos del municipio de Waslala, RAAN, Nicaragua.

² Ingenieros Agrónomos. aurameyling333@yahoo.com; herivertovich@yahoo.es (autores para correspondencia).

³ Consultores agroforestales. luisoroz@catie.ac.cr, lopeza@catie.ac.cr

⁴ Docente investigador UNAN-FAREM, Matagalpa, Nicaragua (fchavarría@unan.edu.ni)

visión de bienes y servicios ecosistémicos (Smithsonian 1998, Beer et al. 2003, Somarriba et al. 2008). Los cacaotales mantienen una amplia diversidad de aves, murciélagos, mamíferos e invertebrados (especialmente hormigas), similar a la registrada en los bosques naturales y superior a las de otros hábitat agrícolas de uso más intensivos (Rice y Greenberg 2000 Reitsma et al. 2001).

En Centroamérica, el cacao se cultiva entre los 100-800 m de altitud, en pequeñas parcelas (1,2 ha por finca) y con bajos rendimientos (200-350 kg ha⁻¹ año⁻¹). En la mayoría de los países, el cacao proviene de semilla sexual híbrida y se planta típicamente a 4x4 m (625 plantas ha⁻¹). Los cacaotales de semilla tienen una edad entre 20-25 años y el cacao injertado básicamente fue plantado durante la última década. La mayoría de los productores poseen 2-3 parcelas de cacao en sus fincas, las cuales reciben poco manejo; las plantas tienen entre 4-6 m altura y el dosel de sombra es subóptimo y mal manejado. La densidad arbórea varía de 85-166 árboles ha⁻¹; la mayoría de los árboles de sombra son seleccionados de la regeneración natural y son usados para madera (*Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*), fruta (*Mussa* spp., *Citrus* spp., *Persea americana*, *Mangifera indica*, *Cocos nucifera* y la palma *Bactris gasipaes*) y árboles de servicio (*Gliricidia sepium*, *Inga* spp., *Leucaena leucocephala*). Los árboles de sombra ocurren en tres estratos verticales (bajo ≤ 10 m, medio 10-20 m y alto ≥ 20 m) en proporción 50:30:20 de la densidad total (Somarriba et al. 2008).

La producción de cacao en Nicaragua se encuentra en manos de pequeños productores (menos de 12 ha de terreno agrícola) que asocian el cacao con árboles frutales, maderables y de servicio (Somarriba et al. 2008, Buschert 2008). El municipio de Waslala concentra el 45% de la producción total de cacao del país. Se estima que existen unas 2500 ha cultivadas con cacao, con una producción aproximada de 562 t año⁻¹ y un rendimiento medio de 328 kg ha⁻¹ (Somarriba et al. 2008). El 75% de los cacaotales de Waslala fueron establecidos bajo bosque raleado o tacotales socolados (Lok y Sandino 1999, Sandino et al. 1999). El objetivo del presente estudio fue determinar la composición botánica, estructura vertical y horizontal de la vegetación leñosa asociada al cacao, con el fin de identificar tipologías de doseles de sombra y contrastarlas con la vegetación arbórea de parches de bosque remanentes

MATERIALES Y METODOS

Ver descripción del área de estudio en Ayestas et al., en este mismo número de la RAFA.

Selección de parcelas y mediciones

La red de parcelas de este estudio estuvo conformada por 36 SAF-cacao y cuatro parches de bosque. Las fincas seleccionadas se ubicaron a diferentes altitudes: 18 SAF-cacao se localizaron arriba de 350 msnm y otros 18 SAF por debajo de 280 msnm. Los SAF-cacao muestreados se localizaron con GPS, se trazó el contorno del cacaotal y se georreferenció el punto central del cuadro de muestreo. Se identificaron todos los usos de suelo colindantes a cada SAF-cacao y se registró la altitud y la orientación de la pendiente por medio de brújula y clinómetro. Adicionalmente, se ubicó cada SAF-cacao con respecto al relieve del sitio (parte plana, pie de loma, media loma o cumbre) y se preguntó al productor la edad (años) y superficie (ha), variedades cultivadas y métodos de propagación utilizados (semilla, injerto, ramillas). Al centro del SAF-cacao se estableció una parcela de medición de 1000 m² (50 x 20 m). La estructura vertical del cacaotal se definió con base en cuatro estratos en el dosel de sombra: alto (25-35 m), medio (9-24 m), bajo (1-8 m) y piso (0-1 m) (Somarriba 2005).

En cada SAF-cacao se midieron los siguientes componentes:

- **Cacao** (cultivo del estrato bajo cultivo del estrato bajo): se contaron las plantas de cacao con altura $\geq 2,5$ m; se estimó la altura de la planta al ojo y se midió la circunferencia del árbol a 30 cm sobre el suelo.
- **Musáceas** (plantas del estrato bajo): se contaron las cepas de banano con altura $\geq 2,5$ m, la altura de la planta se estimó al ojo y se midió la circunferencia de cada pseudo tallo a 30 cm sobre el suelo.
- **Plantas leñosas**: se identificaron hasta nivel de especie todas las leñosas con altura $\geq 2,5$ m. A cada individuo se le midió el diámetro a la altura del pecho (dap) y se determinó el área basal. Todas las plantas leñosas cuya altura fue mayor a los 25 m pertenecen al estrato superior. Se evaluó la forma de copa de las leñosas perennes a partir de cinco clases (elipse a, elipse b, esférica, pirámide a y pirámide b). Para determinar el área de copa se tomaron tres mediciones del ancho de la copa proyectada sobre el suelo, todos los ejes de medición pasaron por el tronco principal del árbol medido. Para las mediciones de altura se utilizó un clinómetro. Para evaluar el estrato superior en el muestreo de fragmentos boscosos se utilizó el mismo procedimiento usado para las plantas leñosas (Grandjean 2008).

Análisis de datos

Se calcularon medidas resumen (media, desviación estándar, mínimo y máximo) para comparar la riqueza

y densidad de especies arbóreas entre SAF-cacao y parches de bosque. Adicionalmente se construyeron gráficos de distribución diamétricas de todos los individuos inventariados tanto en SAF-cacao como en parches de bosque. Se seleccionaron 15 variables cuantitativas relacionadas con aspectos biofísicos (altitud, pendiente, edad del cacao) y estructurales de los SAF-cacao (riqueza y densidad de especies, área basal de musáceas, árboles y cacao), número de estratos verticales del dosel (alto, medio y bajo) para realizar un análisis de conglomerados. La finalidad de este análisis fue conformar grupos de SAF-cacao similares dentro de cada grupo pero disímiles entre ellos. Mediante un análisis discriminante canónico se descartaron las variables correlacionadas; por ejemplo, el área basal con el dap. Por medio de un análisis de componentes principales se identificaron las variables biofísicas y estructurales que tuvieron más peso en la conformación de los grupos. Posteriormente, se hizo un análisis multivariado (anova al 95% de confianza) y se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan para describir la estructura y composición de las tipologías de SAF-cacao conformadas. La caracterización vertical y horizontal de los diferentes grupos de SAF-cacao conformados y de los fragmentos boscosos incluidos en el inventario se realizó con base en la propuesta de Somarriba (2005). Con el fin de identificar el manejo agroforestal y los beneficios y productos que se obtienen del dosel de sombra, se aplicó una entrevista semiestructurada a 36 productores de cacao (32 hombres y 4 mujeres) y se analizaron mediante estadísticas descriptivas y tablas de frecuencia.

RESULTADOS

Composición florística de los SAF-cacao y parches de bosque

Los SAF-cacao de Waslala se ubicaron a una altitud media de 550 m (± 150). La densidad media de siembra fue de 625 plantas ha^{-1} (± 225) y la altura promedio de las plantas de cacao fue de 4 m (± 2). La edad media de los cacaotales fue de 23,5 años (± 12) y registraron una productividad baja (328 kg ha^{-1} (± 120)). La densidad y altura media de las musáceas fue de 182 tallos ha^{-1} (± 120) y de 3 m, respectivamente. En las 3,6 ha de SAF-cacao inventariadas se registraron un total de 521 individuos (árboles, palmas y otras plantas leñosas en el dosel de sombra), con lo cual se obtiene una densidad promedio de 145 individuos ha^{-1} . Toda la vegetación encontrada corresponde a 35 familias, 57 géneros y 70 especies. Las especies más abundantes fueron *Cordia alliodora* (22 árboles ha^{-1}), *Bactris gasipaes* (20,7 palmas ha^{-1}), *Ryania speciosa* (17 plantas ha^{-1}), *Brosimum terrabanum* (14

árboles ha^{-1}), *Piper aduncum* (14 plantas ha^{-1}) y *Zuelania guidonia* (14 árboles ha^{-1}). Las familias botánicas más representadas, en términos de géneros, especies e individuos, fueron Mimosaceae (5, 13, 182), Moraceae (5, 9, 138), Flacourtiaceae (4, 5, 131) y Fabaceae (8, 10, 54).

En la 0,4 ha de parches de bosque se contabilizaron 869 individuos (árboles, palmas y otras plantas leñosas), para una densidad de 2173 individuos ha^{-1} , correspondientes a 47 familias, 80 géneros y 90 especies. Las especies arbóreas más abundantes y comunes en las parcelas de bosques fueron: *Ryania speciosa* (69 individuos, 173 plantas ha^{-1}), *Piper aduncum* (57 individuos, 143 plantas ha^{-1}), *Parkinsonia aculeata* (33 individuos, 83 árboles ha^{-1}).

Estructura horizontal de los SAF-cacao y parches de bosque

El dap promedio de la vegetación arbórea en los SAF-cacao fue de 22,34 cm (± 19) y de 11 cm (± 9) en los parches de bosque. El total de cacao registrado (2375 plantas) ocupó un área basal total de 43,74 m^2 (12,15 m^2ha^{-1}), las musáceas (654 tallos en total) ocuparon 26,48 m^2 (7,35 m^2ha^{-1}) y los árboles de sombra (521 individuos) ocuparon un total de 35,16 m^2 (9,77 m^2ha^{-1}). En los parches de bosque, la vegetación arbórea (2173 individuos) sumó un área basal total de 14,72 m^2 (36 m^2ha^{-1}). En los SAF-cacao, el número de individuos por clase diamétrica aumenta a medida que se incrementa el dap; el 42% de los individuos inventariados se agruparon en la categoría ≥ 20 cm. En los parches de bosque ocurre todo lo contrario: el número de individuos disminuye conforme el dap aumenta (Figura 1). El 50% de la población arbórea registrada en los parches de bosque se concentró en la primera clase diamétrica, lo que indica una buena regeneración natural.

Estructura vertical de los SAF-cacao y parches de bosque

En los SAF-cacao, la población arbórea y de otras especies leñosas se distribuyó en tres estratos de sombra. Un estrato bajo (1-8 m), donde ocurrió el 28% del total de individuos registrados, que incluyen plantas de cacao, musáceas, especies frutales, leguminosas y maderables. El estrato medio (9-24 m) albergó al 67% del total de árboles inventariados, dominado por maderables, frutales, leguminosas y medicinales; en el estrato alto (25-35 m) se concentró el 5% de los individuos y estuvo dominado por los maderables y leguminosas. La especie *Terminalia oblonga* (19 individuos) obtuvo la mayor altura total, altura comercial y diámetro de copa (55 m, 30 m y 25 m, respectivamente).

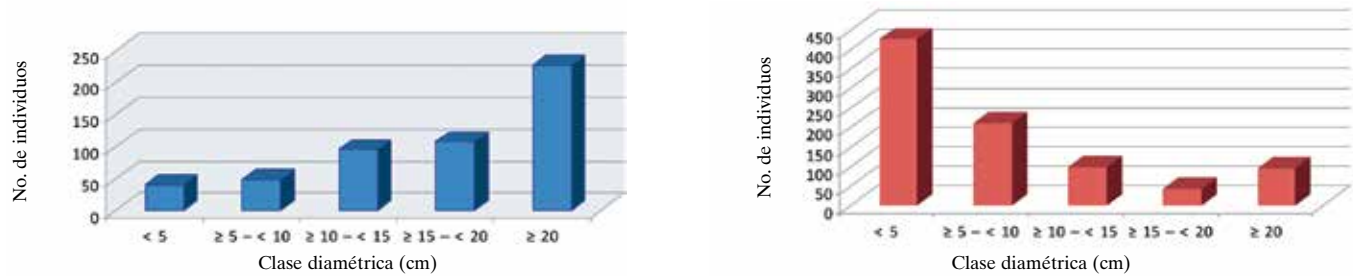


Figura 1. (A) Distribución diamétrica de los árboles de sombra en los SAF-cacao y (B) en parches de bosque en Waslala

Los parches de bosque se caracterizaron por retener una mayor riqueza y densidad arbórea y una alta heterogeneidad vertical (2-3 estratos verticales), con árboles remanentes del bosque original y maderables que alcanzaron alturas máximas de 35 m (*T. oblonga*, *Zanthoxylum fagara*, *Dalbergia tucurensis*, *Calophyllum brasiliense*, *Persea coerulea*, *Platymiscium pleiostachyum*, *Brosimum terrabanum*) y alturas mínimas de 7 m (*Bursera simarouba*, *Simarouba glauca*, *C. bicolor*, *C. odorata*, *Pachira quinata*). El sotobosque estuvo dominado por la regeneración natural de especies arbóreas y arbustivas pioneras de vida corta y de poco valor ecológico y económico (*Cecropia peltata*, *Ricinus comunis*, *Gliricidia sepium*, *Bursera simarouba*, entre otras).

Características deseables, manejo agroforestal y bienes de los árboles de sombra

Entre las características deseables de un buen árbol de sombra, los productores mencionaron una copa extensa, usos diversos (madera, frutos, medicina, leña, conservación de suelo y agua, fijación de nitrógeno), una altura que facilite el manejo y permanencia del follaje en el verano. En Waslala, el 100% de los productores encuestados regulan la sombra de los cacaotales por medio de diferentes prácticas, con diferente intensidad y frecuencia. Entre las prácticas más comunes se citaron el desrame (34%), raleo (18%) y descope (12%). El desrame consiste en eliminar las ramas de los árboles de sombra y de cacao con dirección al suelo (“caídas”) o entrecruzadas; el descope consiste en eliminar hasta 1/3 de la copa del árbol con el fin de evitar que el árbol se eleve a mayor altura (se “estire”); mediante el raleo se regula la densidad y distribución horizontal de los árboles de sombra sobre el terreno. El anillamiento (5%) consiste en hacer un corte con machete alrededor del tronco del árbol a fin de cortar el flujo de sabia, de tal manera que el árbol muera gradualmente. La poda fuerte del cacao se practica al inicio de la época de lluvias (mayo). Los beneficios que los productores obtienen de los árboles de sombra son leña

(80%), de especies como *G. sepium*, *Inga* spp., *Samanea saman*, *Senna siamea* y *Eucalyptus camaldulensis*; alimentación humana (50%), de especies como *Psidium guajava*, *Annona muricata*, *Bactris gasipaes*, *Citrus* spp., *Arthocarpus altitis* y *Spondias mombin*; alimento para animales silvestres (49%), de especies como *Pouteria sapota*, *Licania platypus*, *B. gasipaes*, *Juglans olanchana*; madera (45%), de especies como *Terminalia oblonga*, *C. alliodora*, *Tabebuia rosea*, *J. olanchana*, *C. odorata*, *C. bicolor*, *Ceiba pentandra*, *Gmelina arborea*; material para construcción (38%), de especies como *C. alliodora*, *C. odorata*, *Dalbergia retusa*, *Muntingla calabura*, *T. oblonga*) y productos medicinales de especies como *Spatioidea campanulata*, *P. americana*, *E. camaldulensis*; *B. simarouba*, *M. indica*, *L. leucocephala*. Una misma especie puede tener múltiples usos y se aprovecha según las necesidades y costumbres de la familia y la finca.

Tipologías de SAF-cacao en Waslala

Mediante el análisis de conglomerados diseñado a partir de 15 variables biofísicas y estructurales de los cacaotales (Cuadro 1) fue posible generar tres grupos o tipologías de SAF-cacao: cacao-musáceas (CM), cacao simple (CS) y cacao diversificado (CD), y se compararon con los parches de bosque (PB). Las variables biofísicas y estructurales que más aportaron a la diferenciación de los grupos fueron: altitud, pendiente, densidad de siembra de cacao y edad del cacaotal, densidad, altura y área basal de musáceas, densidad arbórea y número de estratos del dosel.

Cacao-musáceas: tipología de cacaotal poco frecuente, integrada por cinco fincas (14% de las parcelas inventariadas). Se trata de cacaotales viejos, plantados en terrenos con pendiente fuerte y a mayor altitud que el resto de los grupos. Las plantas de cacao son más altas y la densidad y altura de los tallos de musáceas fue cuatro veces mayor que en las otras tipologías (Cuadro 1). El dosel de sombra es dominado por musáceas en el estrato bajo, leguminosas de servicio (*Inga* spp. y *Gliricidia sepium*) y unos pocos árboles de montaña.

Cuadro 1. Medias y análisis de la varianza de las Variables biofísicas y estructurales de los SAF-cacao y parches de bosque de Waslala, Nicaragua

Variables/Tipologías	CM (n=5)	CS (n=12)	CD (n=19)	PB (n=4)	Valor de P
Altitud (m)	605,8±75 a	315,92±45 b	389,05±30 c	424,80±25 d	0,0007
Pendiente (%)	37,6±5,0 a	17,17±7,3 b	19,26±9,2 c	53,15±3,5 d	0,0006
Edad cacaotal (años)	24,4±3,5 a	20,25±2,5 b	21,37±4,5 c	30,55d±7,3 d	0,0058
Densidad cacao (plantas ha ⁻¹)	684±56 a	687,5±67 b	635,79±83 c	0	0,0194
Densidad musáceas (tallos ha ⁻¹)	616±150 a	166,67±50 b	76,84±35 c	0	<0,0001
Densidad dosel (árboles ha ⁻¹)	76±25 a	77,5±17 b	205,26±36 c	2172,5±272 d	<0,0001
AB cacao (m ² ha ⁻¹)	1,29±0,3 a	1,31±0,15 b	1,13±0,1 c	0	0,0055
AB musáceas (m ² ha ⁻¹)	2,64±0,6 a	0,67±0,3 b	0,28±0,2 b	0	0,0315
AB dosel (m ² ha ⁻¹)	1,16±0,2 a	0,6±0,2 b	1,17±0,1 b	3,6d±1,6 d	<0,0001
#especies dosel (en 1000 m ²)	4,2±2,2 a	4,33±1,3 b	8,0±3,1 c	41d±9,2 d	<0,0001
Altura cacao (m)	3,99±1,5 a	3,83±1,7 a	4,09±1,3 b	0	0,0735
Altura musáceas (m)	4,9±1,2 a	2,87±0,8 b	1,95±1,1 c	0	0,0458
Número estratos	2,6±0,65 a	1,75±0,5 b	2,37±1,3 c	3 d	<0,0001
Sombra dosel (%)	37,41±17,2 a	47,71±12,4 b	47,47±15,3 c	85,4d±7,4 d	0,0255
Sombra cacao (%)	81,94±19,4 a	69,9±19,6 b	81,25±5,25 c	0	<0,0001

CM: cacao-musáceas; CS: cacao simple; CD: cacao diversificado; PB: parches de bosque.

Letras diferentes entre valores de las tipologías indican diferencias estadísticamente significativas (Duncan- Lsd al 95% de confianza).

Cacao simple: tipología de cacaotal mediamente común integrada por 12 SAF-cacao (33% de las parcelas inventariadas) establecidos a mayor densidad de cacao en sitios de altitud media y poca pendiente. La densidad de musáceas fue menor y la densidad arbórea y la diversidad de especies de sombra fue similar a la tipología CM. El dosel de sombra está dominado por leguminosas de servicio (*Inga* spp., *Erythrina poppeigiana*, *Leucaena leucocephala*) y maderables de regeneración natural (*Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*) (Cuadro 1).

Cacao diversificado: esta es la tipología de cacaotal más común en la zona de Waslala, y abarca el 52% de las parcelas estudiadas (19 SAF-cacao). Se trata de cacaotales establecidos en sitios con altitud y pendiente moderada. La densidad de cacao fue similar al resto de tipologías. Las características que más lo distinguen son menor densidad de musáceas y de árboles pero mayor riqueza de especies, más estratos verticales y mayor porcentaje de sombra. El dosel de sombra de esta tipología contiene musáceas y

frutales de porte bajo (cítricos, guayaba y jobo) y medio (aguacate, coco y mango), árboles para leña (*Samanea saman* *Inga* spp., *Senna siamea*) y maderables de regeneración natural y plantados (*C. odorata*, *C. alliodora*, *Terminalia oblonga*, *Pachira quinata*) (Cuadro 1).

Parches de bosque: esta tipología de vegetación es poco frecuente en Waslala; se evaluaron cuatro parches con edades similares a los SAF-cacao, ubicados en sitios de mayor altitud y fuerte pendiente, poco favorables para cultivar cacao. La riqueza y abundancia de especies arbóreas es notablemente mayor que en los cacaotales: hasta 8-10 veces más especies arbóreas. Los árboles remanentes del bosque original dominan la diversidad arbórea de los parches de bosque. La vegetación arbórea presentó tres estratos verticales con una altura mínima de 5 m (*Cordia bicolor*) y máxima de 35 m (*T. oblonga*). El dosel de sombra contiene un área basal tres veces mayor que los SAF-cacao y un alto porcentaje de sombra. Los SAF-cacao, en su conjunto, registraron



hasta 70 especies arbóreas en 3,6 ha, mientras que los PB contabilizaron hasta 90 especies en 0,4 ha. Ambos tipos de hábitat compartieron un total de 36 especies, lo que significa que los SAF-cacao retienen un 40% del total de la riqueza arbórea inventariada en los PB. Por otro lado, cada tipología de SAF-cacao alberga solo entre el 15-25% de las especies contenidas en los PB.

DISCUSIÓN

Con 70 especies y 145 árboles ha^{-1} , la diversidad arbórea (densidad, riqueza) del dosel de sombra de los cacaotales de Waslala está dentro de los rangos medidos en otras zonas cacaoteras del mundo, aunque superior a la diversidad reportada en cacaotales de estado de Ondo, Nigeria (Oke y Odebiyi 2007), sureste de Camerún (Sonwa et al. 2007), Sulawesi Central, Indonesia (Kessler et al. 2005) y Alto Beni, Bolivia (Orozco y Somarriba 2005, López y Somarriba 2005). Por el contrario, doseles de sombra más diversos se reportan en las regiones cacaoteras de Bahía, Brasil (Sambuichi 2006), Pará, Brasil (Dos Santos et al. 2004) y Panamá y Guatemala (Pastrana et al. 2000, Matos et al. 2000, Somarriba et al. 2008). La estructura vertical del dosel de sombra de los SAF-cacao de Waslala es similar a la de los cacaotales de Talamanca, Costa Rica (Suatunce et al. 2003, Deheuvels et al. 2011) y los de Chiapas, México (Salgado-Mora et al. 2007). Si adecuamos las tipologías encontradas en Waslala a la clasificación de doseles de sombra propuesta por Rice y Greenberg (2000), tenemos que el 52% de los SAF-cacao de Waslala tienen un tipo de sombra mixta, el 33% tienen sombra del tipo productiva o simple y el 15% restante, sombra especializada.

Los productores de Waslala manejan sus cacaotales viejos y establecen sus cacaotales nuevos mediante los paquetes agronómicos y agroforestales que ProMundo Humano (ONG alemana) propuso en la década de 1990 (Sandino et al. 1999). Esa metodología consistía en el establecimiento de 1 ha de cacao de semilla (3×3 m, 1111 plantas ha^{-1}) con sombra temporal de musáceas (6×6 m, 276 cepas ha^{-1}) y maderables o leguminosas de servicio como sombra permanente (13×13 m, 60 árboles ha^{-1}).

La densidad de árboles y la sombra de los cacaotales de Waslala es alta; el manejo agroforestal del dosel se limita a unas pocas prácticas silvícolas cuya frecuencia obedece a la presencia y/o severidad de las enfermedades del fruto del cacao y no a las necesidades de luz-sombra de la planta (Somarriba 2005, Somarriba 2006, Somarriba et al. 2009). Los productores de cacao del Alto Beni, Bolivia prefieren mantener poca sombra en sus cacaotales para

reducir la incidencia de plagas y enfermedades; preferiblemente, usan especies maderables, frutales, medicinales y mejoradoras de suelo (Ortiz y Somarriba 2005).

La población arbórea inventariada en los parches de bosque de Waslala tuvo una distribución de frecuencia de árboles por clase diamétrica en forma de J invertida, típica de poblaciones que se reproducen exitosamente en una localidad o región. Por el contrario, la población arbórea en los SAF-cacao de Waslala parece responder al patrón de reclutamiento y el manejo del dosel de sombra por parte de los agricultores. Según Somarriba et al. (2008), cada año caen al suelo miles de semillas; unas germinan y otras no; asimismo, unas plántulas sobreviven porque cayeron en buenos sitios, en tanto que la gran mayoría muere tempranamente porque cayeron en malos sitios. Muchas plántulas y brinzales mueren por el exceso de sombra en el piso, otras son cortadas y eliminadas durante las 1-3 chapeas por año que el agricultor aplica al cacaotal para controlar las malezas y facilitar la cosecha y recolección de los frutos del cacao. Los cacaotales son buenos sitios para la regeneración natural de especies pioneras y secundarias, pero no son buenos para que prosperen especies clímax de bosque (Rolim y Chiarello 2004).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cacaotales de Waslala se pueden agrupar en tres tipologías de sombra. La sombra diversificada agrupa la mitad de los SAF estudiados. La diversidad arbórea en parches de bosques fue superior a la encontrada en los cacaotales. Las variables de altitud, pendiente, densidad de siembra y edad del cacaotal, altura y área basal de musáceas, densidad arbórea y número de estratos del dosel de sombra son las que ayudaron a la diferenciación de las tipologías encontradas en Waslala. Se recomienda capacitar a los productores en el diseño y manejo de la sombra en función de las condiciones orográficas de sus parcelas para homogenizar las condiciones de sombra. Se sugiere capacitar a productores y promotores locales en la selección de especies para sombra, manejo de la regeneración natural y en técnicas silvícolas para favorecer el crecimiento de los árboles asociados. Finalmente, se propone la diversificación productiva de la sombra en los cacaotales y otros espacios de las fincas mediante la incorporación de árboles frutales y maderables valiosos.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y al Proyecto Cacao Centroamérica (CATIE-PCC) por la oportunidad y el apoyo financiero para realizar esta investigación. A los promotores y pro-

motoras de la cooperativa Cacaonica por facilitarnos información y guiarnos en el campo. A los productores y productoras de Waslala por su hospitalidad, y por permitir establecer las parcelas en sus cacaotales. Al colectivo de agronomía: Ph.D. Jairo Rojas, M.Sc. Evelyn Calvo y el M.Sc. Julio Laguna por facilitarnos los medios logísticos para la ejecución del estudio. Al personal administrativo de la OTN CATIE-Nicaragua por su apoyo logístico.

LITERATURA CITADA

- Asare, R. 2005. Cocoa agroforests in West Africa: A look at activities on preferred trees in the farming systems. Horsholm, Denmark, Danish Centre for Forest Landscape and Planning. Forest & Landscape Working Papers no. 6. 77 p.
- Beer, J; Ibrahim, I; Somarriba, E; Barrance, A; Leakey, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. In Cordero, J. Boshier, DH. (Eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford, Reino Unido, OFI/CATIE. p. 197-242.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cocoa plantations. *Agroforestry Systems* 38: 139-164.
- Bentley, JW; Boa, E, Stonehouse, J. 2004. Neighbour trees: Shade, intercropping and cacao in Ecuador. *Human Ecology* 32(2): 241-270.
- Buschert, J. 2008. Agrocadenas competitivas: promoción de comercio orgánico y justo. Nicaragua: Agro cadena de cacao sostenible y comercio justo., San José, Costa Rica, EcoGoals. 10 p.
- CATIE-PCC. 2009. Competitividad y ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, Proyecto Cacao Centroamérica. Documento de proyecto. 166 p.
- Deheuvels, O; Avelino, J; Somarriba, E; Malezieux, E. 2011. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* DOI 10.1016/j.agee.2011.03.003.
- Duguma, B; Gockowski, J; Bakala, J. 2001. Smallholder cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivation in agroforestry systems of West and Central Africa: Challenges and opportunities. *Agroforestry Systems* 51: 177-188.
- Grandjean, A. 2008. Caracterización de los sistemas agroforestales con cacao de la Reserva Indígena Bribri, Talamanca, Costa Rica. Informe Práctica Profesional. Turrialba, Costa Rica, CATIE-PCC.
- Herzog, F. 1994. Multipurpose shade trees in coffee and cocoa plantations in Cote d'Ivoire. *Agroforestry Systems* 27: 259-267.
- Kessler, M; Kebler, PJ; Gastein, RS; Bach, K; Schnull, M; Pitopang, R. 2005. Tree diversity in primary forest and different land use systems in Central Sulawesi, Indonesia. *Biodiversity and Conservation* 14: 547-560.
- Linkimer, M; Muschler, R; Benjamín, T; Harvey, C. 2002. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 37-43.
- Lok, R; Sandino, D. 1999. Traditional cocoa agroforestry systems in Waslala, Nicaragua: adoption of technology and adaptation to local environment and priorities. In: International Symposium on Multi-strata Agroforestry Systems with Perennial Crops (CATIE, Turrialba, 22-27 Feb 1999); Extended Abstracts. p. 251-255.
- López, A; Somarriba, E. 2005. Árboles frutales en fincas de cacao orgánico en Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* 43-44: 38-43.
- Matos, EN; Beer, J; Somarriba, E; Gómez, M; Current, D. 2000. Validación, adopción inicial y difusión de tecnología agroforestal en cacaotales con indígenas Ngöbe en Panamá. *Agroforestería en las Américas* 7(26): 7-9.
- Oke, DO; Odebiyi, KA. 2007. Traditional cocoa-based agroforestry and forest species conservation in Ondo State, Nigeria. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 305-311.
- Orozco, L; Somarriba, E. 2005. Árboles maderables en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* 43-44: 46-53.
- Ortiz, M; Somarriba, E. 2005. Sombra y especies arbóreas en los cacaotales de Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* No. 43-44: 64-70.
- Pastrana, A; Lok, R; Ibrahim, M; Viquez, E. 2000. El componente arbóreo en sistemas agroforestales tradicionales indígenas Ngöbe, La Gloria, Changuinola, Panamá. *Agroforestería en las Américas* 6(23): 69-71.
- Reitsma, R; Parrish, JF; McLarney, W. 2001 The role of cacao plantations in maintaining forest avian diversity in Southeastern Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53: 185-193.
- Rice, RA; Greenberg, R. 2000. Cocoa cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29: 167-173.
- Rolim, SG; Chiarello, AG. 2004. Slow death of Atlantic forest trees in cocoa agroforestry in southeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 13: 2679-2694.
- Salgado-Mora, M; Ibarra-Núñez, G; Macías-Sásamo, J; López-Báez, O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas. *Interciencia* 32(11): 763-768.
- Sambuichi, RHR. 2006. Estrutura e dinâmica do componente arbóreo em área de cabruca na região cacaueira do sul da Bahia, Brasil. *Acta botânica brasileira* 20 (4): 943-954.
- Sandino, D; Grebbe, H; Malespín, M. 1999. Desarrollo agroforestal con cacao en Waslala, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 6(22): 29-30.
- Santos, SM, dos; Izildinha de Souza, M; Malheiros Tourinho, M. 2004. Análise florística e estrutural de sistemas agroflorestais das várzeas do rio Juba, Cametá, Pará. *Acta Amazonica* 34(2): 251-263. Smithsonian Institute. 1998. Proceedings of the International Conference on Sustainable Cocoa Growing. Panamá City, Panama. www.si.edu.smbc/cacao.htm
- Somarriba, E. 2005. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería en las Américas* no. 41-42: 122-130.
- Somarriba, E; Andrade, H; Segura, M; Villalobos, M. 2008 ¿Cómo fijar carbono atmosférico, certificarlo y venderlo para complementar los ingresos de productores indígenas de Costa Rica? *Agroforestería en las Américas* 46:81-88.
- Somarriba, E; Quesada, F. 2009. Planificación agroforestal de fincas: manual para familias productoras. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 89. 48 p.
- Somarriba, E; Quesada, F; Villalobos, M. 2006. La captura de carbono: un servicio ambiental en fincas cacaoteras indígenas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 64. 29 p.
- Sonwa, DJ; Nkongmeneck, BA; Weise, SF; Tchata, M; Adesina, AA; Janssens, MJJ. 2007. Diversity of plants in cocoa agroforests in the humid forest zone of Southern Cameroon. *Biodiversity and Conservation* 16(8): 2385-2400.
- Suatunce, P; Somarriba, E; Harvey, C; Finegan, B. 2003. Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* (10): 37-38

Existencias de especies maderables y frutales en fincas de Waslala, Nicaragua

Erick Almendarez¹, Luis Orozco², Arlene López²

RESUMEN

En este estudio se evaluaron las existencias de especies maderables y frutales en el municipio de Waslala, Nicaragua, a partir de una muestra de 40 fincas. La información se obtuvo de inventario en campo, talleres con productores y entrevistas a varios actores clave para indagar sobre el manejo, aprovechamiento y canales de comercialización de frutas, leña y madera. Las 40 fincas cubrían un área total de 691 ha: 80% (544,45 ha) bajo usos agrícolas, incluyendo cacao y 20% (146,65 ha) por usos no agrícolas como tacotales y bosque secundario. Se contabilizaron 125 árboles maderables en un área agrícola de 4 ha. La riqueza y densidad de maderables fue de 6 especies y 31 árboles ha⁻¹, respectivamente. Las especies más abundantes fueron: *Cordia alliodora* (18 árboles ha⁻¹), *Cordia bicolor* (3 árboles ha⁻¹) y *Terminalia oblonga* (3 árboles ha⁻¹). La demanda mensual de madera de los talleres y carpinterías varió entre 7,5-11 m³. Las especies preferidas fueron *C. alliodora*, *Laetia procera*, *Platymiscium pleiostachyum*, *Persea coerulea*. Para leña, las especies más demandadas fueron *Hirtella trianda*, *Inga* sp. y *Psidium guajava*. El precio por la raja de leña depende de la especie y del tamaño de la pieza (entre US\$0,10-0,23 raja⁻¹).

Además, se registraron 3645 árboles frutales pertenecientes a 14 familias en nueve usos de suelo, aunque los principales fueron los cacaotales, potreros y huertos caseros. La riqueza y densidad de frutales fue de 25 especies y 5 árboles ha⁻¹, respectivamente. Las especies más abundantes fueron *Bactris gasipaes* (80 árboles ha⁻¹), *Citrus sinensis* (66 árboles ha⁻¹), *Mangifera indica* (41 árboles ha⁻¹), *Persea americana* (36 árboles ha⁻¹) y *Citrus reticulata* (20 árboles ha⁻¹). Las oportunidades comerciales para las frutas en el municipio son limitadas. Las frutas más vendidas en el mercado municipal fueron los cítricos, abundantes en las fincas. El precio medio pagado al productor osciló entre US\$0,5-1,19 por centenar, dependiendo del tamaño de la fruta.

La normativa forestal del país permite aprovechar anualmente hasta 10 m³ de madera proveniente de los SAF, sin embargo, los productores no siempre cortan y asientan este volumen de los campos agrícolas de sus fincas. Las autoridades ambientales locales no disponen de un sistema de registro, control y seguimiento del aprovechamiento y comercio de madera y leña consistente y efectivo. Se recomienda buscar nuevos mercados para las frutas, fortalecer los conocimientos silvícolas y dasométricos de productores, equipos técnicos, alcalditos y estudiantes y actualizar y modernizar el sistema de registro y control de la regencia forestal municipal en función del aprovechamiento sostenible de la madera.

Palabras clave: dosel de sombra, cacaotales, silvicultura, dasometría.

ABSTRACT

Existence of timber and fruit species on farms of Waslala, Nicaragua

This study aimed to assess the existence of timber and fruit trees in the municipality of Waslala, Nicaragua, from a sample of 40 farms. The information was obtained from a field inventory, workshops with producers and interviews of various stakeholders to investigate the management, use and trade channels for fruit, firewood and timber. The 40 farms cover a total area of 691 ha: 80% (544.45 ha) under agricultural use, including cacao and 20% (146.65 ha) in non-agricultural use such as scrub and secondary forest. We counted 125 timber trees in an agricultural area of 4 ha. The richness and density of timber trees was 6 species and 31 trees ha⁻¹, respectively. The most abundant species were: *Cordia alliodora* (18 trees ha⁻¹), *Cordia bicolor* (3 trees ha⁻¹) and *Terminalia oblonga* (3 trees ha⁻¹). The monthly demand for wood from workshops and carpentry shops ranged from 7.5 to 11 m³. The preferred species were *C. alliodora*, *Laetia procera*, *Platymiscium pleiostachyum*, *Persea coerulea*. For firewood, the most popular species were *Hirtella trianda*, *Inga* sp. and *Psidium guajava*. The price per cord of firewood depends on the species and the size of the piece (between US\$0.10-0.23 cord⁻¹).

In addition, we recorded 3645 fruit trees belonging to 14 families in nine land uses, but the main ones were cacao orchards, pastures and home gardens. The richness and density of fruit trees were 25 species and 5 trees ha⁻¹, respectively. The most abundant species were *Bactris gasipaes* (80 trees ha⁻¹), *Citrus sinensis* (66 trees ha⁻¹), *Mangifera indica* (41 trees ha⁻¹), *Persea americana* (36 trees ha⁻¹) and *Citrus reticulata* (20 trees ha⁻¹). Commercial opportunities for fruits in the municipality are limited. The fruits sold most in the municipal market were citrus, which is abundant on the farms. The average price paid to producers ranged from US\$0.50 to 1.19 per hundred, depending on the size of the fruit.

The country's forestry regulations allow an annual take of up to 10 m³ of timber from AFS, however, producers do not always cut and mill this volume from the agricultural fields on their farms. Local environmental authorities do not have a consistent and effective system for the registration, control and monitoring of the use and trade of timber and firewood. We recommend seeking new markets for fruits, strengthening the silviculture and forestry metric knowledge of producers, technical teams, authorities and students, and updating and modernizing the registration and control system of the municipal forest regency for sustainable timber use.

Keywords: shade canopy, cacao orchards, silviculture, forest production metrics

1 Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria. Autor para correspondencia (erickmaradiaga@hotmail.com)

2 Consultores Agroforestales-Managua-Nicaragua (lorozagui@hotmail.com, arlenlop@hotmail.com)

INTRODUCCIÓN

El cacao ha participado en el mercado mundial de materias primas por más de 100 años, período durante el cual su precio ha sufrido grandes oscilaciones cíclicas de frecuencia y duración variables que han causado grandes pérdidas económicas a familias y gobiernos (Ruf y Schroth 2004). En las épocas de crisis, tanto del cacao como del café, se recomienda la diversificación productiva para tener ingresos alternativos cuando caen los precios (Godoy y Bennett 1989). La diversificación de los cacaotales por medio del manejo de árboles frutales y maderables, por ejemplo, aumenta la estabilidad del ingreso de la finca y baja el riesgo financiero (Ramírez et al. 2001, Somarriba y Beer 2011) y mejora la oferta de servicios ambientales locales y globales (Rice y Greenberg 2000, Beer et al. 2003, Somarriba et al. 2008).

Los árboles ofrecen productos maderables y no maderables comercializables que generan ingresos a los hogares rurales y periurbanos (Leakey y Tchoundjeu 2001). Unos 1,5 billones de personas dependen de los productos de los árboles para satisfacer muchas de sus necesidades (Sánchez y Leakey 1997). Los agricultores aprecian los árboles frutales por su valor (Beer et al. 2003) y porque generan ingresos y mejoran la dieta de sus hogares (Jaenicke et al. 2000, Gebauer et al. 2002, Sánchez et al. 2002). Los árboles frutales están presentes en todo tipo de fincas (Negreros-Castillo et al. 1999) y son uno de los componentes de los sistemas agroforestales más conspicuos (López y Orozco 2003, Esquivel et al. 2003, Peeters et al. 2003, Asare 2005, López y Somarriba 2005).

En Centroamérica, el cacao se produce en sistemas agroforestales (SAF) con árboles útiles (madera, leña, sombra, fibra, miel, ornato), cultivos alimenticios (bananos, frutales, raíces y tubérculos) y palmas que generan bienes y servicios valiosos para las estrategias de vida del hogar, generan ingresos económicos por la venta local y proveen servicios ambientales (Whelan et al. 2007, Somarriba 2007, Deheuvels et al. 2011, Buschert 2008, Somarriba et al. 2009). La capacidad de producción maderable en cacaotales ha sido estudiada profusamente en varios países de Centro y Sur América (Somarriba y Beer 1987, Calvo y Meléndez 1999, Melo 1999, Méndez 1999, Ramírez et al. 2001, Somarriba et al. 2001, Suárez y Somarriba 2002). Con este estudio se buscó inventariar la población de árboles frutales y maderables en los campos agrícolas de 40 fincas cacaoteras de familias socias de la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de Cacao (Cacaonica). Asimismo, se indagó sobre el manejo agronómico que reciben

los árboles, se recopiló el conocimiento silvícola de los productores y equipos técnicos y se caracterizaron los canales locales de comercialización de la fruta, madera y la leña. Finalmente, se documentó la regencia forestal local y el proceso legal que siguen los productores de cacao y otros usuarios para el aprovechamiento y comercialización de la madera y leña en el municipio de Waslala, Nicaragua

MATERIALES Y MÉTODOS

Ver descripción del área de estudio en Aystas et al., en este mismo número de la RAFA.

Selección de las fincas

Las 40 fincas visitadas se seleccionaron del estudio de línea base del Proyecto Cacao Centroamérica; para ello se aplicaron cuatro criterios básicos: 1) área y edad mínima de cacao (1 ha y 5 años, respectivamente); 2) altitud (cacaotales bajos (≤ 350 m) y altos (≥ 351 m)); 3) disposición del productor a colaborar con el estudio y 4) accesibilidad a las fincas.

Inventario de maderables y frutales

Se realizó un recorrido por la finca para identificar los cultivos agrícolas manejados. Durante el recorrido se contaron los árboles frutales y maderables en los usos agrícolas distintos al cacao (potreros, cafetales, huerto casero, cultivos anuales). En los cacaotales se estableció una parcela de 1000 m² (20x50 m) donde se contaron, identificaron y midieron todos los árboles maderables con dap >5 cm. A cada árbol se le midió el dap con cinta diamétrica y la altura total y comercial con clinómetro, número de ejes, forma del fuste (R: recto, P: poco sinuoso, Rb: recto bifurcado, Pb: poco sinuoso bifurcado, Mb: muy sinuoso bifurcado), sanidad del árbol (S: sano, Ma: matapalo, Ch: chancro, Pd: pudrición del duramen, Cr: copa rota), edad del árbol según el productor y origen (plantado o regeneración natural). En cada parcela se evaluó la textura, pedregosidad (%), drenaje y pendiente (%), distancia de siembra (m) y altura (m) de las plantas de cacao. Los árboles maderables con dap <5 cm fueron registrados como regeneración natural no establecida.

Mediante entrevista a los productores se indagaron las razones por las cuales mantienen árboles frutales y maderables en las áreas agrícolas, el manejo que les dan, identificación de problemas y posibles incentivos para aumentar la población de árboles frutales y maderables. También se habló de la asistencia y capacitación recibidas, así como la disposición a plantar más árboles en la finca y el tipo de apoyo que les gustaría recibir.

Finalmente, se exploraron aspectos de aprovechamiento y comercialización de frutales y maderables durante los últimos cinco años, y sobre el conocimiento dasométrico y silvícola de los productores.

Entrevista con actores locales claves

Se entrevistó a seis propietarios de talleres de carpintería y dos puestos de venta de madera autorizados, con el objetivo de determinar la frecuencia y el volumen de compra-venta de madera, los precios y arreglos comerciales más comunes con los proveedores, el tipo y demanda por los muebles que elaboran, preferencia por ciertas especies, conocimiento y aplicación de las leyes forestales y requisitos que deben cumplir para comercializar madera en el municipio. Adicionalmente, se entrevistó al coordinador territorial de la Secretaría Técnica de la Reserva de la Biosfera Bosawas (Setab-Marena) y al responsable de la Unidad Ambiental de la Alcaldía Municipal para documentar los trámites y requisitos para el aprovechamiento forestal en las fincas, la lista de especies en veda, precios de venta autorizados, usos del suelo permitidos para la corta de madera y leña, diámetro mínimo de corta y los principales destinos de la madera y la leña aprovechada. Finalmente, se entrevistó a diez comerciantes de frutas (7 hombres y 3 mujeres) del mercado municipal de Waslala para indagar sobre el volumen, precio, arreglos comerciales, época de acopio y venta de frutas provenientes de las fincas cacaoteras. Se aplicó una encuesta a los principales consumidores de leña en el casco urbano del municipio (organizaciones cacaoteras, panaderías y tortillerías, comedores y res-

taurantes) para documentar la demanda, preferencia y precios por especies para leña.

Análisis de datos

La información de las entrevistas a productores, comerciantes de frutas, talleres y puestos de venta de madera y a las autoridades forestales municipales se analizó mediante estadísticas descriptivas y tablas de frecuencia. La información general de parcelas de muestreo se utilizó para caracterizar biofísicamente las fincas inventariadas. Los conteos de los árboles maderables y frutales se utilizaron para calcular la riqueza y abundancia de las especies y contrastar entre usos de la tierra en las fincas. Se calculó el área basal, volumen total, volumen comercial de todos los árboles maderables inventariados dentro de los cacaotales (Cuadro 1). Los factores de forma usados para calcular el volumen total y comercial para todas las especies fueron 0,45 y 0,7, respectivamente. Para todos los cálculos económicos se aplicó una tasa de cambio de C\$20 por dólar americano (tasa de cambio promedio durante los meses de trabajo de campo). El factor de conversión de madera utilizado fue $1 \text{ m}^3 = 1847 \text{ pulgadas-vara}$ (Gómez 2008).

RESULTADOS

Maderables en campos agrícolas de Waslala

Se registraron un total de 691 ha en las 40 fincas inventariadas, de las cuales el 80% (544,45 ha) estaban ocupadas por usos agrícolas, incluyendo cacao, y el 20% restante (146,65 ha), por usos no agrícolas como tacotales y bosque secundario (Cuadro 2). El tamaño

Cuadro 1. Variables y ecuaciones aplicadas para los cálculos dasométricos en Waslala, Nicaragua

Variable	Fórmula	Descripción
Área basal	$AB = n/4 \cdot d_{ap}^2$	AB: área basal (m^2); $\pi = 3.1416$; d_{ap} = diámetro a 1,3 m sobre el suelo (cm)
Volumen total	$VT = AB \cdot Ht \cdot Ff$	VT: volumen total (m^3); AB: área basal (m^2); Ht: Altura total (m); Ff: factor de forma
Volumen comercial	$VC = AB \cdot Hc \cdot Ff$	VC: volumen comercial (m^3); AB: área basal (m^2); Hc: altura comercial (m), Ff: factor de forma

Cuadro 2. Principales usos de suelo en las fincas de Waslala, Nicaragua

Uso de suelo	Área total (ha)	Área promedio (ha)	Frecuencia de fincas por uso (%)	Mínima	Máxima
Potreros	330,76	13 \pm 15,56	85	0,25	82
Bosque	96,25	4,80 \pm 8,17	70	0,25	40
Cultivos anuales (maíz, frijol, arroz)	93,57	4,32 \pm 2,70	75	0,5	12
Cacao	89,4	3,23 \pm 1,67	100	1	7
Tacotal	50,35	6,40 \pm 5,09	28	1	18
Café	17,32	1,86 \pm 2,03	33	0,25	8
Musáceas	7,32	1,10 \pm 0,3	38	7	7
Raíces y tubérculos	6,07	0,77 \pm 0,83	28	0,25	3
	691 ha				

promedio de las fincas fue de 17,27 ha. Cada finquero destina en promedio 13,6 ha para uso agrícola, principalmente el cultivo de granos básicos, café, cacao, raíces y tubérculos y en buena proporción potreros para ganadería de doble propósito.

Densidad y riqueza de maderables

El 100% de los productores retienen y manejan árboles maderables en los campos agrícolas de sus fincas, principalmente en los cacaotales, cultivos anuales y cafetales. En los potreros se encuentran maderables en densidades medias o bajas (Cuadro 3). En una área agrícola muestreada de 4 ha se contabilizaron 125 árboles maderables (dap >5 cm) de 21 familias. Las familias con mayor riqueza y abundancia de maderables fueron: Boraginaceae (3 especies y 90 individuos) Mimosaceae (3 especies y 4 individuos) y Bombacaceae (2 especies y 5 individuos). La riqueza y densidad promedio de maderables fue de 6 especies y 27 árboles ha⁻¹, respectivamente. Las especies más abundantes fueron *Cordia alliodora* (17,5 árboles ha⁻¹), *Darbergia tucurensis* (3,25 árboles ha⁻¹), *Cordia bicolor* (2,08 árboles ha⁻¹) y *Terminalia oblonga* (2,75 árboles ha⁻¹).

El 10% de los productores no tienen árboles maderables en sus cacaotales. Entre quienes sí los tienen, los árboles no reciben ningún tratamiento silvicultural que favorezca su crecimiento. No obstante, la mayoría de los árboles (87%) mostraron buen estado sanitario (sin lianas, nudos, pudriciones o presencia de comején) y fuste recto (sin curvaturas en el fuste que redujeran la longitud de la troza comercial). Las especies con mejor forma de fuste fueron *C. alliodora*, *C. bicolor*, *T. oblonga* y *P. quinata*. El 75% de los árboles dentro de los cacaotales provienen de la regeneración natural y el restante 25% fueron plantados. El 55% de los árboles

inventariados estaban por debajo del diámetro mínimo de corta permisible (≥ 40 cm). En el Cuadro 4 se detallan las variables dasométricas de las especies maderables encontradas en los cacaotales de Waslala.

La densidad y riqueza de maderables en los cacaotales de Waslala fue similar (31 árboles ha⁻¹ y 6 especies, respectivamente) a la registrada en otras regiones cacaoteras de Mesoamérica. Por ejemplo, las densidades de maderables en los cacaotales de Centroamérica varían entre 2-43 árboles ha⁻¹ y las especies comúnmente encontradas son *C. alliodora*, *C. odorata* y *S. macrophylla* (Orozco y Deheuvels 2007). En Alto Beni, Bolivia, Orozco (2005) reportó una riqueza y densidad de maderables en el dosel de sombra de cacaotales de 5 especies y 3,5 árboles ha⁻¹, respectivamente. Salgado-Mora et al. (2007) reportaron seis especies maderables frecuentes (*C. alliodora*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Tabebuia pentaphylla*, *Aspidosperma megalocarpum*, *Callophylum brasiliense*, *Cedrela mexicana*) en los cacaotales del Soconusco, México, pero con densidades menores (1,5 a 8,8 árboles ha⁻¹) a las encontradas en Waslala.

Aprovechamiento de maderables

El 77% de los productores afirmó haber aprovechado al menos un árbol maderable de los campos agrícolas de su finca en los últimos cinco años (2005-2010). Durante este periodo, un total de 83 árboles fueron aprovechados, de los cuales el 73% provenían de usos del suelo distintos al cacao (potreros, tacotales, bosques secundarios y cafetales). Esto significa una tasa anual de corta de 16 árboles, con un rendimiento medio de madera aserrada de 0,83 m³/árbol. El 73% de las especies aprovechadas fueron: *C. alliodora* (43 individuos) *Laetia procera* (10 individuos) y *C. odorata* (6 individuos); el restante 27% fueron de *Gmelina arborea*, *Muntingia*

Cuadro 3. Densidad de especies maderables registradas (árboles ha⁻¹) en los cuatro principales usos de suelo en fincas de Waslala, Nicaragua

Especie	Número	Potrero (330,7 ha)	Cacao (89,46 ha)	Cultivos anuales (93,57 ha)	Café (17,32 ha)
<i>Cordia alliodora</i>	3935	5,48±3,50	12,46±3,6	7,53±3,35	14,43±4,45
<i>Dalbergia tucurensis</i>	2538	2,23±1,32	6,14±1,25	12,30±2,30	5,77±2,70
<i>Senna siamea</i>	1527	3,08±1,05	3,35±1,45	0,13±1,13	6,17±3,17
<i>Tabebuia rosea</i>	1560	3,80±2,20	1,78±1,15	1,50±0,5	-
<i>Cedrela odorata</i>	470	0,5±0,5	1,09±0,75	1,30±2,3	3,34±1,14
<i>Terminalia oblonga</i>	285	0,30±1,0	1,06±1,65	0,64±0,35	1,44±1,0
<i>Pachira quinata</i>	100	-	0,90±1,0	-	1,15±0,80
Otras 23 especies	137	0,15±0,75	0,52±1,75	0,25±0,75	0,57±0,90
Total	10452				

calabura, *Zanthoxylum fagara* y *T. oblonga*. Los árboles son procesados con motosierra en la misma finca para productos como tablas y alfajillas de longitudes variables que se utilizan en construcción artesanal (viviendas, corrales, cercas) y comercio local. Por otro lado, en cacaotales se contabilizaron 22 árboles aprovechados -todos derribados por el viento o caídos por muerte natural (árboles viejos)-, por lo que la tasa de corta es bastante baja (4,4 árboles/año con similar rendimiento volumétrico que los arboles aprovechados fuera de cacaotales). El 50% de los productores saben cuál es el diámetro mínimo de corta permisible (40 cm), pero la gran mayoría (88%) reconocen que no saben cubicar madera en pie y no dominan los precios de referencia de la madera a nivel municipal.

Percepción de los productores sobre la inclusión de maderables en los cacaotales

A pesar del buen desempeño productivo del cacao y de los atractivos ingresos económicos generados con la cosecha de maderables en ensayos experimentales realizados en la región centroamericana (Sánchez y Dubon 2008, Somarriba y Beer 2011), los productores se muestran reacios a plantar, manejar y aprovechar maderables en sus cacaotales. Los principales problemas expresados por los productores de Waslala fueron los daños potenciales a las plantas de cacao por la caída de ramas, volcamiento por el viento y el daño mecánico durante el aprovechamiento forestal. Similar situación se reportó en los cacaotales de Alto Beni, Bolivia donde los productores prefieren plantar los maderables en los linderos y divisiones internas de su finca para evitar el daño al cacao y facilitar el aprovechamiento futuro (Orozco y Somarriba 2005, Vega y Somarriba 2005). No

obstante, se ha comprobado técnica y económicamente que el daño a las plantas de café y cacao durante la cosecha forestal es mínimo y que los ingresos generados por la venta de madera superan en 2-3 veces el lucro cesante del cultivo principal (Ryan et al. 2003, Ryan et al. 2009).

Comercialización de madera en Waslala

Los dueños del recurso forestal, talleres de carpinterías y puestos de ventas tienen que cumplir los requisitos establecidos por las autoridades competentes (UAM, Setab-Marena) para obtener el permiso de aprovechamiento y comercialización de madera y leña en el municipio. Básicamente, la UAM otorga el permiso de aprovechamiento, registra y autoriza el funcionamiento de los diferentes consumidores o comercializadores de madera y cobra el tributo correspondiente. La Setab-Marena autoriza y resguarda la legalidad del proceso de extracción, procesamiento, traslado y comercialización del recurso.

Se contabilizaron cinco talleres de carpintería y un taller de ebanistería en el casco urbano del municipio. La mayoría son talleres medianos, con maquinaria básica y emplean en promedio 2-4 trabajadores permanentes. Los talleres tienen en promedio 14 años de trabajar con madera; la mitad de ellos compran la madera directamente a los productores en la puerta de la finca, los restantes se abastecen exclusivamente de los puestos de venta autorizados. Los talleres de carpintería consumen mensualmente entre 14.000 y 21.000 pulgadas vara (7,5-11,5 m³). Con base en estos valores se estima que el sector de carpintería de Waslala consume anualmente entre 180.000 y 200.000 pulgadas varas (98-108 m³). En general, todos los talleres (carpintería y ebanistería) producen el mismo tipo de muebles (puertas, comedores, ventanas, roperos, camas) para la venta en el mercado local. Según los carpinteros, la mayor parte de los muebles se elaboran con maderas blancas (*C. alliodora*, *T. rosea*, *D. tucurensis*, *T. oblonga*, *C. brasiliense*, *T. oblonga*, *C. bicolor*, *T. grandis* y *C. pentandra*) que tienen buenas características de trabajabilidad (textura, facilidad de cepillado, acabado), durabilidad y disponibilidad de materia prima.

Los propietarios de los puestos de ventas comercializan mensualmente un promedio de 20.000 pulgadas varas (10,8 m³) de madera, para un total anual de 240.000 pulgadas vara (130 m³). Durante los meses secos (febrero-abril) se registran los mayores valores de compra-venta (16 m³mes⁻¹); en cambio, durante los meses lluviosos el comercio de madera se reduce a menos de la mitad (4 m³ mes⁻¹). El precio ofrecido por los car-

Cuadro 4. Variables dasométricas de maderables en los cacaotales de Waslala, Nicaragua

Variables dasométricas	Valores
Área inventariada (ha)	4
Familias botánicas	21
Total de especies registradas	29
Riqueza (especies en 1000 m ²)	6±2
Total de individuos	125
Densidad (árboles ha ⁻¹)	31,25±12
Área basal total (m ²)	11,91
Área basal (m ² ha ⁻¹)	3,0±1,2
Volumen total (m ³)	89,42
Volumen total (m ³ ha ⁻¹)	22,35±2,35
Volumen comercial total (m ³)	89,18
Volumen comercial (m ³ ha ⁻¹)	22,29±2,30
Volumen comercial (m ³ árbol ⁻¹)	0,71±0,35

pinteros y puestos de venta al productor es negociado y depende de la especie. A pesar de que existen listas oficiales de precios (Magfor 2008, Inafor 2009), tales herramientas no se emplean en la zona. Los puestos de venta compran la madera al productor un 50% por debajo del valor real. En promedio, pagan al productor US\$146/m³ y lo venden al público en US\$ 220/m³, con lo que generan una utilidad bruta de U\$74/m³ vendido. El precio de la madera en Waslala es similar a lo reportado por Gómez (2008) para el municipio de Muy Muy, Matagalpa para madera blanca de *Platymiscium dimorphandrum*, *C. alliodora*, *T. rosea* y madera roja de *C. odorata*, *B. quinata* y *S. macrophylla*: US\$185 y US\$258/m³. El incremento en el precio de la madera roja es consecuencia de las restricciones impuestas por la Ley de Veda Forestal de Nicaragua desde el año 2006, que provoca escasez de materia prima en los depósitos de ventas de madera (Gómez 2008).

El aprovechamiento de madera en los cacaotales de Waslala es bajo (0,25 árboles/ha/año), dado que los productores se muestran cautelosos a la hora de cortar maderables dentro de los cacaotales. La mayoría de los árboles aprovechados fueron por volcamiento y no como actividad planificada. La corta y extracción de madera en usos agrícolas distintos al cacao es mayor. En los cacaotales y bananales de Talamanca, Costa Rica se aprovecha 1 árbol/ha cada dos años, tasa de corta calificada como sostenible (Suárez y Somarriba 2002).

Comercialización de leña en Waslala

La leña es el combustible más utilizado por la mayor parte de la población rural del país y no hay señales de cambios sustanciales en el patrón de uso a corto plazo. La carencia de fuentes de petróleo, la tradición del uso de leña y el bajo poder de compra de gran parte de los consumidores indican que se continuará dependiendo de la leña para cubrir las necesidades energéticas (Mayorga 1994).

Existen dos canales para la comercialización de leña en Waslala. En el primer canal, el extractor (por lo general, el productor o dueño de finca) vende la leña a los puestos de ventas y otros negocios del municipio (organizaciones cacaoteras, comedores, restaurantes, panaderías y tortillerías). El volumen de leña demandado y la frecuencia de compra dependen del tamaño y tipo de negocio. En el segundo canal, el extractor vende la leña dentro o fuera de la finca al intermediario, quien la vende a los puestos de venta en el municipio y allí se vende al consumidor final. Entre las especies más usadas y preferidas para leña (por su alto poder calórico, poco olor y humo) entre los comedores, tortillerías, panaderías y restaurantes están *Hirtella trianda*, *Inga sp.* y *Psidium guajava*. El 57% de los consumidores desconocen de dónde proviene la leña que compran, mientras que el 43% restante afirmó que dichas especies provienen de los potreros, tacotales, cacaotales y cafetales (producto de la poda y regulación de sombra). El precio de comercialización de la leña estuvo directamente relacionado con la especie y las dimensiones de la pieza (Cuadro 5). El 50% de las organizaciones cacaoteras compran la leña a sus asociados y el restante 50% a los intermediarios, siempre y cuando ambos oferentes presenten los permisos de extracción y comercialización correspondientes. La frecuencia y demanda de leña de los centros de acopio de cacao responde al volumen de cacao que benefician, con un consumo pico entre los meses de septiembre-noviembre y una demanda baja entre marzo-mayo.

Normativa para el aprovechamiento de madera

El aprovechamiento forestal en Waslala se rige bajo tres leyes dictadas por el Instituto Nacional Forestal (Inafor): 1) la lista oficial de precios y de especies maderables aprovechables y en veda, 2) el permiso anual de corta de hasta 10 m³ por productor para uso doméstico y 3) el diámetro mínimo de corta permisible por especie

Cuadro 5. Consumo de leña por diferentes usuarios en el municipio de Waslala, Nicaragua

	Asociaciones cacaoteras (n=1)	Cooperativas cacaoteras (n=2)	Panaderías (n=2)	Comedores (n=2)	Tortillería (n=3)
Especies más demandadas	<i>Tamarindus indica</i> , <i>Senna siamea</i> , <i>Terminalia oblonga</i> , <i>Inga sp.</i>	<i>Tamarindus indica</i> , <i>Hirtella trianda</i> , <i>Casimiroa edulis</i>	<i>Terminalia oblonga</i> , <i>Hirtella trianda</i> , <i>Tetragastris panamensis</i>	<i>Inga sp.</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Hirtella trianda</i>	<i>Hirtella trianda</i> , <i>Lippia myriocephala</i> , <i>Morinda panamensis</i>
Meses de mayor consumo	agosto - diciembre	mayo - diciembre	octubre - abril	octubre - febrero	noviembre - mayo
Precio pagado (US\$) por raja	0,10-0,15	0,10-0,20	0,10-0,20	0,05-0,25	0,05-0,07
Volumen anual comprado (rajas)*	4000-8000	2000-4000	9600-14400	1920-9600	3840-5000

* Cada raja de leña tiene una dimensión promedio de 20" x 2" x 2".

fijado en 15,7 pulgadas (40 cm). Sin embargo, según las autoridades forestales de Waslala, las tres leyes no se cumplen dado que los productores aprovechan árboles de diferentes especies y diámetros en función de las necesidades del hogar y que el precio de compra-venta de la madera se negocia entre los productores y puesto de venta o talleres de carpintería.

La Setab-Marena lleva un sistema de registro básico (en hojas Excel) de otorgamiento de permisos para el aprovechamiento maderable en las fincas. Este registro contiene datos del solicitante (nombre del productor, nombre y ubicación de finca), especie y fecha de aprovechamiento, entre otros. Según los registros de la Unidad Ambiental (UAM), durante los primeros nueve meses del 2010 se otorgaron 254 permisos domiciliarios para el aprovechamiento de madera en campos agrícolas. Únicamente, el 7% de los permisos solicitados (27 permisos) fueron denegados por las siguientes razones: 1) cercanía de los árboles a fuentes de agua, 2) incumplimiento del diámetro mínimo de corta y 3) caducidad del periodo de vigencia del permiso (un mes máximo). El aprovechamiento y comercio de madera y leña solo es permitido dentro del municipio. Si el productor o puesto de venta decide sacar el producto de Waslala, debe gestionar y pagar un permiso de traslado cuyo costo es de C\$50 (US\$2,32) por árbol, independientemente del volumen de madera obtenido. Según las autoridades forestales municipales, las especies maderables más aprovechadas son las de madera blanca. El aprovechamiento y comercio de madera roja ocurre de forma ilegal en el municipio, dado que estas especies están protegidas por una veda forestal indefinida.

No existe una base de datos que registre el aprovechamiento real de árboles maderables en las fincas cacaoteras. Las estadísticas de la UAM son discontinuas (se pierden los archivos o registros con el cambio de personal a cargo), y la Setab-Marena no cuenta con una base de datos digital que permita rastrear o controlar la extracción y sostenibilidad del aprovechamiento forestal en las fincas. Por ejemplo, según datos facilitados por la UAM, durante los primeros seis meses del 2009 se otorgaron permisos para el aprovechamiento de 102 árboles maderables. El 49% (50 individuos) de los árboles aprovechados no alcanzaban el diámetro mínimo de corta y el rendimiento medio fue de 3,61 m³ arbol⁻¹. Sin embargo, durante ese mismo periodo, la UAM registró 153 motosierristas autorizados para prestar el servicio de corta y extracción de árboles maderables de las fincas.

Para el otorgamiento de los permisos de aprovechamiento, las autoridades se rigen por las siguientes consideraciones de carácter ambiental-silvicultural:

- Cada productor tiene derecho de aprovechar hasta 10 m³ anuales para uso doméstico o reparaciones menores en la finca.
- El árbol a aprovechar no debe ser un árbol semillero.
- En la parcela donde se va extraer el árbol deben existir suficientes especies maderables para reposición (3-5 árboles padrotes).
- El árbol a aprovechar no debe estar cerca (menos de 25 m) de fuentes de agua (ríos, quebradas, ojos de agua).
- La especie a aprovechar no debe pertenecer a la lista de especie protegidas por la veda forestal.

Control y vigilancia del aprovechamiento de maderables y leña

La Setab-Marena y la UAM trabajan en coordinación con los auxiliares del alcalde (15 alcalditos que atienden 70 comunidades) para controlar y vigilar el aprovechamiento de los árboles maderables en las fincas. Los alcalditos han sido previamente capacitados en temas como legislación ambiental, identificación de especies y gestión de riesgo, pero carecen de conocimientos técnicos en dasometría, silvicultura y tala dirigida; en consecuencia, la capacidad técnica y de cobertura del equipo de alcalditos es limitada. Su labor consiste en hacer 3-4 recorridos anuales por las fincas solicitantes de permisos de aprovechamiento. Durante el recorrido por las comunidades (12-15 días de duración), los alcalditos supervisan que el árbol a aprovechar cumple con los requerimientos dasométricos y ambientales. Luego de dar su visto bueno, se otorga el permiso de corta bajo la supervisión, firma y sello de las autoridades forestales municipales. Posteriormente, los alcalditos realizan un recorrido aleatorio por las fincas donde se cortaron los árboles para constatar que no se violentó lo estipulado en el permiso (corta de más árboles de los autorizados) y que no se causó daño ambiental en el sitio. Si se comprueba el incumplimiento de la ley forestal, se responsabiliza y multa al propietario de la finca con US\$200 y se le orienta para que plante 100-200 árboles de la especie aprovechada.

Los trámites para el aprovechamiento y comercialización de madera en Nicaragua son complicados y con altos costos económicos y de tiempo. Este proceso largo e interinstitucional favorece la extracción ilegal de madera de las áreas agrícolas y de los remanentes de bosque en la zona (Mesoterra 2010). Los productores pequeños y medianos no pueden cumplir con todos los requisitos que

exigen las leyes, reglamentos y normativas forestales; esto hace que los árboles maderables sean subvalorados y los productores prefieran conservar solo unos pocos para su propia utilización (Barahona 1999, Detlefsen et al. 2008).

Diversidad y comercialización de frutales en Waslala

Los productores reportaron 3645 individuos de 14 familias y 25 especies. La mayoría de los frutales se encuentran en los siguientes usos de suelo: cacao (50%), potreros (20%), patio de la casa (20%) y café (10%) (Cuadro 6). La riqueza y abundancia fue de 7 especies y 6,8 árboles ha⁻¹ agrícola. Los frutales más abundantes en las fincas son: *Bactris gasipaes* (3-6,7 árboles ha⁻¹), *Citrus sinensis* (4-28 árboles ha⁻¹), *Mangifera indica* (1-4 árboles ha⁻¹), *Persea americana* (1-6 árboles ha⁻¹), *Citrus reticulata* (224 individuos, 0,42 árboles ha⁻¹) y *Citrus lemon* (1-3,5 árboles ha⁻¹). Otras especies menos abundantes fueron: coco (*Cocos nucifera*), anona (*Annona muricata*), mamón (*Melicocca bijugatus*) y fruta de pan (*Arthocarpus altitis*). Las familias botánicas mejor representadas fueron: Rutaceae (802 individuos/8 especies) y Palmaceae (939 individuos, 2 especies).

La riqueza y abundancia de frutales en las fincas cacaoteras de Waslala es similar a la reportada por López y Somarriba (2005) en los campos agrícolas de las fincas cacaoteras del Alto Beni, Bolivia (13 individuos y 6 especies ha⁻¹). Por el contrario, Burgos y Armero (2004) registraron densidades de frutales menores en los cacaotales de Talamanca, Costa Rica (4,1 individuos ha⁻¹). Al igual que en Talamanca y Alto Beni, la mayoría de especies frutales estuvieron asociadas a los cacaotales, cafetales y huertos caseros.

Las dos actividades básicas de manejo que los productores dan a los árboles frutales son la poda, como parte de la regulación de sombra de los cacaotales y cafetales (58%) y la desyerba manual (42%); ambas prácticas se

realizan 1-2 veces por año. El control de enfermedades y la fertilización (orgánica o química) es poco practicada en las fincas. El 94% de los árboles inventariados estaban en etapa productiva (≥ 10 años de edad). En promedio, se registraron 14 árboles productivos por hectárea agrícola y por finca (Cuadro 7). Solo el 35% de la cosecha de cítricos se comercializa en el mercado municipal o con intermediarios; una pequeña parte se consume o se regala y la mayor parte se pierde en el campo.

Las oportunidades para la comercialización de frutales en Waslala son limitadas dado que el mercado local consume una pequeña proporción de la producción, los precios son bajos y no se paga un plus por la variedad o calidad de la fruta. Algunas especies frutales asociadas al cacao en la región Brunca de Costa Rica –como el aguacate, naranja y rambután– son importantes en la generación de ingreso e incluso, en ciertas fincas su aporte puede ser mayor que el del cacao en producción normal (Jiménez 1982). En el Alto Beni, los cítricos y las papayas son las frutas más comercializadas y aportan al flujo de caja de los hogares entre el 10-20% de los ingresos anuales. Un productor del Alto Beni puede obtener un ingreso bruto entre US\$150-250 año⁻¹ por la venta de cítricos (Abruzzese 2005). En Honduras, la FHIA (2010) proyecta ingresos a mediano plazo por la venta de frutos de *Nephelium lappaceum* (rambután) y *C. nucifera* con un valor aproximado de US\$4000 ha⁻¹ año⁻¹. Por el contrario, en Waslala, el cultivo y comercio de cítricos dispersos en los campos agrícolas de las fincas solo podrían generar ingresos del orden de US\$160 ha⁻¹ año⁻¹ dada las pocas oportunidades de mercado.

Comercialización de frutas en el mercado municipal

En promedio, los diez propietarios de puestos de venta en el mercado municipal tenían siete años (1–15 años) de comercializar frutas. La mitad de los comerciantes pagan a sus proveedores de contado y contra entrega del producto

Cuadro 6. Densidad de frutales (árboles ha⁻¹) en los cuatro principales usos de suelo en fincas cacaoteras de Waslala, Nicaragua

Especie	Número	Potrero (330,7 ha)	Cacao (89,46 ha)	Cultivos anuales (93,57 ha)	Café (17,32 ha)
<i>Bactris gasipaes</i>	875	0,6±0,13	6,71±2,70	-	3,34±1,46
<i>Citrus sinensis</i>	725	0,15±1,12	1,5±1,4	0,16±1,12	28,86±5,75
<i>Mangifera indica</i>	457	1,02±0,75	0,11±0,42	0,42±0,25	4,33±1,5
<i>Persea americana</i>	408	0,55±0,85	1,38±0,32	5,78±1,02	6,06±1,33
<i>Citrus reticulata</i>	230	0,1±0,65	1,46±1,16	-	3,58±1,05
<i>Citrus limetta</i>	150	0,25±0,45	0,25±0,18	0,21±0,11	1,33±0,55
<i>Citrus aurantifolia</i>	116	0,35±0,55	0,83±0,32	0,10±0,14	21,42±1,46
Otras 18 especies	684	0,26±0,25	1,05±1,78	0,32±0,16	-
Total	3645				

Cuadro 7. Especies frutales más comercializadas en Waslala, Nicaragua

Especies	Árboles productivos/ha agrícola	Época de cosecha	Rendimiento medio anual (unidades árbol ⁻¹)	Producción anual total estimada (unidades)
<i>C. sinensis</i> (naranja dulce)	8,09	julio-enero	500	4045
<i>C. reticulata</i> (mandarina)	2,50	abril- mayo/octubre-enero	800	2000
<i>C. aurantium</i> (naranja agria)	1,67	octubre-diciembre	500	840
<i>C. lemon</i> (limón agrio)	1,75	diciembre-febrero	900	1575
Total			600	8500

en el puesto de venta; la otra mitad lo hacen al crédito. El 60% de los comerciantes afirmó pagar un precio diferenciado por “calidad” de la fruta, asociada al tamaño y no a la variedad. Las frutas más comercializadas son los cítricos, abundantes en las fincas cacaoteras. El precio medio pagado al productor osciló entre C\$0,5-1 (US\$0,02-0,04) por unidad y C\$25-30 (US\$1,19-1,5) por un centenar de unidades. El pico de abastecimiento y comercialización de frutas ocurre entre los meses de octubre-febrero y se realiza semanalmente. Otras frutas comercializadas en menor volumen y frecuencia en el mercado municipal fueron *P. americana* (aguacate), *C. nucifera* (coco), *A. altitii* (fruta de pan), *M. indica* (mango) y *B. gasipaes* (pejibaye). La demanda doméstica por frutas en el casco urbano es baja pues, en general, los pobladores aprovechan los árboles frutales presentes en los patios de sus casas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La población de árboles frutales y maderables en los campos agrícolas registrada en las fincas cacaoteras de Waslala

estuvo dentro de los rangos de inventario de otras zonas cacaoteras de Mesoamérica. A pesar que los productores dan poco manejo silvicultural los árboles maderables en las fincas presentan buena forma y sanidad. Los frutales reciben poco manejo agronómico para favorecer su crecimiento y producción y las oportunidades comerciales dentro del municipio son limitadas. El aprovechamiento maderable ocurre en los campos agrícolas. La madera de *C. alliodora* es la más consumida en el municipio. Se requiere diseñar e implementar un sistema de registro, control y seguimiento del aprovechamiento forestal confiable y actualizado, en manos de las autoridades ambientales para asegurar el manejo y aprovechamiento sostenible de especies maderables en finca. Además, se necesita fortalecer los conocimientos técnicos en silvicultura y dasimetría, tanto de los productores, como de los técnicos y alcalditos y mejorar la coordinación entre las autoridades ambientales con el fin de no comprometer el aprovechamiento sostenible del recurso maderable en Waslala. Buscar nuevos canales de comercialización para las frutas.

LITERATURA CITADA

- Abruzzese, R. 2005. Estrategias de vida como punto de partida para las iniciativas empresariales en Alto Beni, Bolivia. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 122 p.
- Asare, R. 2005. Cocoa agroforests in West Africa: A look at activities on preferred trees in the farming systems. Horsholm, Denmark, Danish Centre for Forest Landscape and Planning. Forest & Landscape Working Papers no. 6. 77 p.
- Barahona, T. 1999. Algunas anotaciones sobre el mercado de la madera en Nicaragua. Managua, Nicaragua, Universidad Centroamericana/Instituto de Investigación Nitlapan. 19 p.
- Beer, J; Ibrahim, I; Somarriba, E; Barrantes, A; Leakey, R. 2003. Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. In Cordero, J. Boshier, DH. (Eds.). Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford, Reino Unido, OFI/CATIE. p. 197-242.
- Burgos, A; Armero, H. 2004. Especies frutales para el enriquecimiento de fincas y aprovechamiento comercial en sistemas agroforestales de indígenas Bribri y Cabécar de Talamanca, Costa Rica. Tesis Ing. Agroforestal. Nariño, Colombia, Universidad de Nariño. 47 p.
- Buschert, J. 2008. Agrocadenas competitivas: promoción de comercio orgánico y justo. Nicaragua: Agro cadena de cacao sostenible y comercio justo., San José, Costa Rica, EcoGoals. 10 p.
- Calvo, G; Meléndez, L. 1999. Pseudoestacas de laurel para el enriquecimiento de cacaotales. Agroforestería en las Américas 6(22): 25-27.
- Deheuvels, O; Avelino, J; Somarriba, E; Malezieux, E. 2011. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. Agriculture, Ecosystems and Environment DOI 10.1016/j.agee.2011.03.003.
- Detlefsen, G; Pomareda, C; Muhammad, I; Pezo, D. 2008. La legislación forestal debe ser revisada para fomentar y aprovechar el recurso maderable en fincas ganaderas de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Policy Brief no. 1. 4 p.
- Esquivel, H; Ibrahim, M; Harvey, CA; Villanueva, C; Benjamín, T; Fergus, LS. 2003. Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 10(39-40): 24-29.
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2010. Programa de cacao y agroforestería: Informe técnico 2010. La Lima, Cortés, Honduras. 95 p.

- Gebauer, J; Kamal, ES; Georg, E. 2002. The potential of underutilized fruit trees in Central Sudan. Conference on International Agricultural Research for Development. Witzhausen, Germany. 6 p.
- Godoy, R; Bennett, C. 1989. Diversification among coffee smallholders in the highlands of South Sumatra, Indonesia. *Human Ecology* 16: 397-420.
- Gómez, M. 2008. Estudio de mercado de productos forestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico no. 370. 108 p.
- Inafor (Instituto Nacional Forestal). 2009. Resultados del inventario nacional forestal, Managua, Nicaragua. 232 p.
- InfoStat. 2007. InfoStat, versión 2007, Manual del usuario. Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba, Grupo InfoStat, FCA.
- Jaenicke, H; Simons, AJ; Maghembe, JA; Weber, JC. 2000. Domesticating indigenous fruit trees for agroforestry. *Acta Horticulturae* 523: 45-52.
- Jiménez, L. 1982. Potencial de la producción frutal asociada a la producción de cacao en la región Brunca de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Leakey, RRB; Tchoundjeu, Z. 2001. Diversification of tree crops: domestication of companion crops for poverty reduction and environmental services. *Experimental Agriculture* 37(3): 279-296.
- López, A; Orozco, AL. 2003. Tipología y manejo de fincas cafetaleras en San Ramón y Matagalpa. Tesis Ing. Forestal. Managua, Nicaragua, UNA. 86 p.
- López, A; Somarriba, E. 2005. Árboles frutales en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* 43-44: 38-45.
- Magfor (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2008. Compendio jurídico forestal de Nicaragua: 1998 – 2008. 2 ed. Managua, Nicaragua. 640 p.
- Mayorga, M. 1994. Comercialización de leña en la subcuenca D de la Cuenca Sur del lago de Managua, Nicaragua. *Silvoenergía* no. 59. 10 p.
- Melo, ACG. 1999. Enriquecimiento de cacaotales con caoba. *Agroforestería en las Américas* 22: 20-31.
- Méndez, FAT. 1999. Evaluación financiera de sistemas agroforestales con cacao en Brasil. *Agroforestería en las Américas* 22: 31-32.
- Mesoterra. 2010. Línea de base Nicaragua; informe final. Documento de Proyecto. Managua, Nicaragua. 104 p.
- Negreiros-Castillo, P; Fabrice, AJ; De Clerk, F. 1999. Establecimiento de sistemas agroforestales multiestrato. *Red, Gestión de Recursos Naturales* 14: 18-21.
- Orozco, L; Deheuvels, O. 2007. El cacao en Centroamérica: resultados del diagnóstico de familias, fincas y cacaotales. (Línea base del Proyecto competitividad y ambiente en los paisajes cacaoteros de Centroamérica). Managua, Nicaragua. 162 p.
- Orozco, L; Somarriba, E. 2005. Árboles maderables en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* 43-44: 46-53.
- Ortiz, M; Somarriba, E. 2005. Sombra y especies arbóreas en los cacaotales de Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* No. 43-44: 64-70.
- Peeters, LYK; Soto-Pinto, L; Perales, H; Montoya, G; Ishiki, M. 2003. Coffee production, timber and firewood in traditional and Inga shaded plantations in Southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95: 481-493.
- Ramírez, OA; Somarriba, E; Ludewigs, T; Ferreira, P. 2001. Financial returns, stability and risk of cacao-plantain-timber agroforestry systems in Central America. *Agroforestry Systems* 51: 141-154.
- Rice, RA; Greenberg, R. 2000. Cocoa cultivation and the conservation of biological diversity. *Ambio* 29: 167-173.
- Ruf, F; Schroth, G. 2004. Chocolate forest and monocultures: a historical review of cocoa growing and its conflicting role in tropical deforestation and forest conservation. In Schroth, GA; Fonseca, G; Harvey, C; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. (Eds.). *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Washington DC, USA, Island Press. p. 107-134.
- Ryan, D; Bright, G. Somarriba, E. 2009. Damage and yield change in cocoa crops due to harvesting of timber shade trees in Talamanca, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 77(2): 97-106.
- Ryan, D; Bright, G; Somarriba, E. 2003. Daño al cacao (*Theobroma cacao*) por el aprovechamiento de *Cordia alliodora* en cacaotales indígenas de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38): 42-45.
- Salgado-Mora, M; Ibarra-Núñez, G; Macías-Sásamo, J; López-Báez, O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas. *Interciencia* 32(11): 763-768.
- Sánchez, J; Dubón, A. 2008. Estudio de especies forestales latifoliadas bajo la modalidad agroforestal multiestratos con cacao. *En: Informe Técnico 2007 Programa de Cacao y Agroforestería*. La Lima, Cortés, Honduras. p: 8-28.
- Sánchez, J; Dubón, A; Krigsvold, D. 2002. Uso de rambután (*Nephelium lappaceum*) con cedro (*Cedrela odorata*) y laurel negro (*Cordia megalantha*) como sombra permanente en el cultivo del cacao. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 46: 57-60.
- Sánchez, PA; Leakey, RRB. 1997. Land use transformation in Africa: three determinants for balancing food security with natural resource utilization. *European Journal of Agronomy* 7: 15-23.
- Somarriba, E. 2007. Cocoa and shade trees: production, diversification and environmental services. *GRO-Cocoa Bulletin* 11: 1-4.
- Somarriba, E; Beer, J. 1987. Dimensions, volumes, and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Forest Ecology & Management* 18: 113-126.
- Somarriba, E; Beer, J. 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. *Agroforestry Systems* 81: 109-121.
- Somarriba, E; Quesada, F. 2009. Planificación agroforestal de fincas: manual para familias productoras. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 89. 48 p.
- Somarriba, E; Valdivieso, R; Vásquez, W; Galloway, G. 2001. Survival, growth, timber productivity and site index of *Cordia alliodora* in forestry and agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 51:111-118.
- Somarriba, E, Villalobos, M; Orozco, L. 2008. Cocoa in Central America. *GRO-Cocoa Bulletin* 14: 5-9.
- Suárez, A; Somarriba, E. 2002. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 50-54.
- Vega, M; Somarriba, E. 2005. Planificación agroforestal de fincas cacaoteras orgánicas del Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas* 43-44: 20-25.
- Whelan, M; Dahlquist, R; Winowiecki, L; Polidoro, B; Candela, S; Harvey, C; Wulforst, J; McDaniel, P; Bosque-Pérez, N. 2007. Incorporating livelihoods approach for biodiversity conservation: A case study in cocoa agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity and Conservation* 16: 2311-2333.

Avances de Investigación

Posicionamiento y gobernanza de Cacaonica en la cadena de valor del cacao orgánico de Nicaragua¹

Javier Montoya², Ruth Junkin³, Verónica Gottret⁴, Dietmar Stoian⁴**RESUMEN**

Se estudiaron los factores que inciden en la cadena de valor del cacao orgánico de Nicaragua, con el objetivo de contar con elementos que contribuyan a la definición de líneas estratégicas que mejoren el desempeño empresarial de la cooperativa Cacaonica. Desde sus inicios, la cooperativa contó con el asesoramiento de la ONG ProMundo Humano, lo que le permitió establecerse como la principal acopiadora de cacao a nivel nacional. Sin embargo, el cambio en la estrategia de acopio de la chocolatera alemana Ritter Sport –su cliente principal– ha hecho que nuevas organizaciones de productores se interesen por ofrecer su producción, lo que ha significado una fuerte competencia para Cacaonica y ha incidido negativamente en su posicionamiento y gobernanza. Esta nueva estrategia de acopio, sin embargo, puede ser una oportunidad para que la cooperativa mejore su legitimidad y competitividad en el sector cacaoero. Se considera que la cooperativa debe focalizar sus esfuerzos en la consolidación de sus procesos organizacionales, el desarrollo de sus capacidades gerenciales y garantizar la calidad del cacao que ofrece para así poder acceder y consolidar otros canales de mercado.

Palabras clave: Factores incidentes, fortalecimiento empresarial, métodos cualitativos, organizaciones de productores.

ABSTRACT**Positioning and governance of Cacaonica in the organic cocoa value chain at Nicaragua**

The factors which influencing organic cocoa value chain of Nicaragua were studied, in order to be able to have elements that contribute to establish strategic guidelines to improve entrepreneurial performance of Cacaonica. Since its inception, the cooperative has advised of ProMundo Humano that allowed it establish as the main gatherer of cocoa nationwide. However, change in the gathering strategy of German chocolate factory Ritter Sport which is fostering inclusion of new producer organizations in this chain with the cooperative currently must to compete against, have been influenced negatively on its positioning and governance, even it can be an opportunity for the cooperative improve its legitimacy and competitiveness. In this new frame, it is considered that cooperative should focus its efforts on strengthening their organizational processes, development of its management skills, and in to ensure the quality of cocoa that provides aim to access and consolidate another market channels.

Keywords: Incident factors, entrepreneurial strengthening, qualitative methods, producer organizations.

INTRODUCCIÓN

La integración económica global brinda oportunidades para mejorar los niveles de vida de gran parte de la población mundial -y, en especial, de los productores rurales de países en desarrollo- ya que tal circunstancia permite la inserción en mercados internacionales con condiciones más favorables para sus productos (Gereffi et al. 2001, Kaplinsky y Morris 2002). En este contexto, numerosas organizaciones gubernamentales y agencias de desarrollo vienen adoptando el enfoque de cadena de valor en iniciativas de desarrollo empresarial rural, con la finalidad de incrementar la competitividad de los productos ofertados y mejorar la calidad de vida de los productores involucrados (Donovan et al. 2004, Smith 2004).

Actualmente, el mercado mundial del cacao es uno de los más atractivos para organizaciones de productores rurales, debido a las oportunidades que ofrece (Petchers 2004, Donovan 2006). A nivel centroamericano, uno de los casos más interesantes lo constituye la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de Cacao, R.L. (Cacaonica), pionera en el acopio y exportación de cacao en Nicaragua, la cual alcanzó una posición privilegiada dentro de la cadena del cacao nicaragüense (CATIE 2007, Escobedo 2010). Durante el periodo 2004-2008, Cacaonica llegó a agrupar 565 productores y exportar a mercados foráneos hasta 743,64 TM de cacao en grano (incluyendo 446,78 TM a Ritter

¹ Basado en Montoya, JG. 2009. Posicionamiento y gobernanza de organizaciones de pequeños productores en cadenas de valor globales: el caso de la cooperativa nicaragüense Cacaonica. Tesis M Sc CATIE. Turrialba, Costa Rica.

² M Sc en Socioeconomía Ambiental. Autor para correspondencia: jmontoya.iq@gmail.com.

³ Catholic Relief Services (CRS). Correo electrónico: rjunkin@crs.org.sv.

⁴ Investigadores CATIE-CECOECO. Correo electrónico: mgottret@catie.ac.cr, stoian@catie.ac.cr

Sport en Alemania). Sin embargo, en el último quinquenio, dicha posición se ha visto afectada por diversos factores que comprometen su desarrollo empresarial futuro (Oxfam 2008). El presente artículo documenta los factores endógenos y exógenos que han incidido sobre la cadena de valor del cacao orgánico en Waslala, Nicaragua y, en particular, en el posicionamiento y la gobernanza de Cacaonica; a partir de dicha evaluación, se definen líneas estratégicas que contribuyan a la consolidación empresarial de la cooperativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó durante los meses de febrero a julio del 2009 en el municipio de Waslala, oficialmente declarado en 1989. Este municipio se ubica en el extremo sureste de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) y, a pesar de pertenecer a la RAAN, es atendido política y administrativamente por el departamento de Matagalpa. Tiene una extensión territorial de 1329 km² y según cifras oficiales existen 43.676 habitantes, de los cuales el 83% viven en áreas rurales y 17% en el casco urbano; la población femenina asciende al 51% de la población total. La tasa de analfabetismo alcanza el 42,3% de la población municipal y la tasa de mortalidad infantil es del 2,3% (Inide 2001). La cabecera municipal cuenta con servicios de energía eléctrica, agua potable, telecomunicaciones y recolección de basura.

Las principales actividades económicas son la ganadería de doble propósito y la agricultura, con un área aproximada de 59.632 ha. Entre los principales cultivos están los granos básicos (frijoles y maíz) y perennes (café y cacao). Es importante señalar que la siembra del cacao y café se realizan con bajo impacto ambiental, pues el uso de agroquímicos es poco intensivo (Gaitán 2005).

Respecto al cultivo del cacao, el municipio cuenta con un área aproximada de cultivo de 2747,5 ha, equivalente al 52% del total de áreas cacaoteras a nivel nacional (Escobedo, 2010), y produce alrededor del 45 al 52% de la producción nacional. Ritter Sport, una empresa alemana, es la principal compradora del cacao de exportación¹ (Inide 2001, Buschert 2008). La cooperativa Cacaonica se creó formalmente el 15 de julio del 2000, y es el principal acopiador de cacao orgánico en el municipio de Waslala; actualmente cuenta con 452 socios aportantes (a la fecha de realización de este estudio, el 40% no completaban el aporte mínimo de membresía).

Recopilación de información

Se recopiló información primaria acerca de aspectos inherentes a la cadena de cacao orgánico en la que participa Cacaonica (actores directos, proveedores de servicios empresariales, volúmenes acopiados y vendidos, condiciones de compra y venta de cacao, costos a lo largo de los eslabones de la cadena, participación por género, gobernanza de la cadena, aspectos organizativos y de gestión). La información se recopiló por medio de tres talleres participativos con un grupo focal de dieciocho personas que incluían productores afiliados a Cacaonica, empleados, directivos y proveedores de servicios de desarrollo empresarial.

Entre las técnicas utilizadas en estos talleres destacan el *mapeo de la cadena de valor* (GTZ 2006); el *análisis de gobernanza* de los actores participantes (Gottret 2008) y la identificación de *factores claves exógenos y endógenos* que han incidido durante su historia organizacional. El proceso culminó con un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) de la organización, que permitió identificar participativamente estrategias ofensivas, adaptativas, defensivas y de supervivencia (Dyson 2004) para mejorar el desempeño empresarial.

Respecto al análisis de la gobernanza de los actores, Gottret (2008) sugiere la evaluación de tres variables: 1) poder, entendido como la capacidad del actor para determinar el precio y otras condiciones comerciales en las relaciones entre actores de una misma cadena, puede ser valorado como alto o bajo; 2) interés, entendido como el empeño particular de cada actor por obtener beneficios monetarios producto de su participación directa en la cadena, puede ser valorado como afín, neutral o en conflicto; 3) legitimidad, entendida como el reconocimiento de los otros actores a su participación activa en la cadena, puede ser valorada como alta, media o baja.

De forma complementaria, se aplicaron setenta cuestionarios a productores cacaoteros afiliados a las organizaciones de productores del municipio para recabar información acerca de la calidad de los servicios que ofrecen. También se aplicaron entrevistas semiestructuradas a informantes claves; entre ellos, socios y directivos anteriores tanto de Cacaonica como de la Asociación de Campesinos de Waslala (Acawas) y la cooperativa Nueva Waslala, así como a sus respectivos proveedores de servicios de desarrollo empresarial.

Se compiló información secundaria como reportes y estadísticas sobre la cadena de valor de cacao en

¹ En el año 2008 se exportaron aproximadamente 250 TM a Alemania.

Nicaragua, marco jurídico, y aspectos organizacionales de Cacaonica (estatutos, manual de procedimiento, finanzas, convenios, alianzas). La información se colectó de organismos gubernamentales como el Ministerio Agropecuario y Forestal (Magfor) y el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (Inide); de proyectos y organizaciones no gubernamentales vinculados estrechamente al sector cacaoero nacional como el Proyecto Cacao Centroamérica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE-PCC), el Servicio *Alemán* de *Cooperación* Técnica y Social en Nicaragua (DED), la Asociación para la Diversificación y el Desarrollo Agrícola Comunal (ADDAC), Oxfam y Lutheran World Relief (LWR), entre otros.

Las fuentes a las que se recurrió (en talleres participativos, aplicación de cuestionarios, entrevistas semiestructuradas y fuentes secundarias) permitieron la triangulación constante de la información recopilada durante la investigación. Como última actividad se organizó un taller de devolución de información al grupo focal conformado previamente. En ese taller se presentaron resultados preliminares de la investigación, con lo cual se logró un interesante intercambio de ideas que sirvió para retroalimentar los resultados logrados hasta ese momento. La Figura 1 muestra el proceso metodológico utilizado en el presente estudio.

RESULTADOS

Cadena de valor del cacao orgánico en la que participa Cacaonica

A continuación, se describen los eslabones de la cadena del cacao orgánico que tienen lugar en Nicaragua y de los que Cacaonica participa, así como los actores directos en cada uno de esos eslabones (Figura 2):

Producción: este eslabón incluye las actividades desde el establecimiento de la plantación, manejo y cosecha hasta la selección de granos. Los actores involucrados son los productores y sus familias. Generalmente, los productores suelen estar afiliados a alguna organización, lo que facilita la obtención de la certificación orgánica y, por consiguiente, la posibilidad de acceder a precios más altos para su cacao.

Manejo postcosecha: este eslabón incluye la fermentación, el secado y el transporte hasta el centro de acopio central. Los actores son: (a) los mismos productores (en el caso de los afiliados a Cacaonica y Acawas); (b) la cooperativa Nueva Waslala, que compra el cacao fresco y realiza el tratamiento postcosecha en centros de acopio comunales. Usualmente, el cacao se transporta en medios públicos (camiones y buses que hacen la ruta desde las comunidades del municipio hasta Waslala) y en algunos casos, medios de transporte privado.

Acopio: las organizaciones de productores que cuentan con centros de acopio centrales ubicados en Waslala son las encargadas de este eslabón. Las funciones comprenden el secado y la clasificación del grano, el pesado, el embalado en sacos, el rotulado respectivo y el transporte hasta las bodegas de las exportadoras.

Exportación: implica las funciones de almacenaje, trámites documentarios respectivos y el transporte a puerto. Los principales actores en este eslabón son 1) Ritter Sport a través de su alianza público-privada de la que forman parte el DED y ADDAC, y 2) Acawas.

Destinos finales: el cacao nicaragüense de exportación tiene dos destinos finales 1) Ritter Sport en Alemania (cacao acopiado por Cacaonica y la cooperativa Nueva Waslala) y 2) Zotter en Austria (cacao acopiado por Acawas).

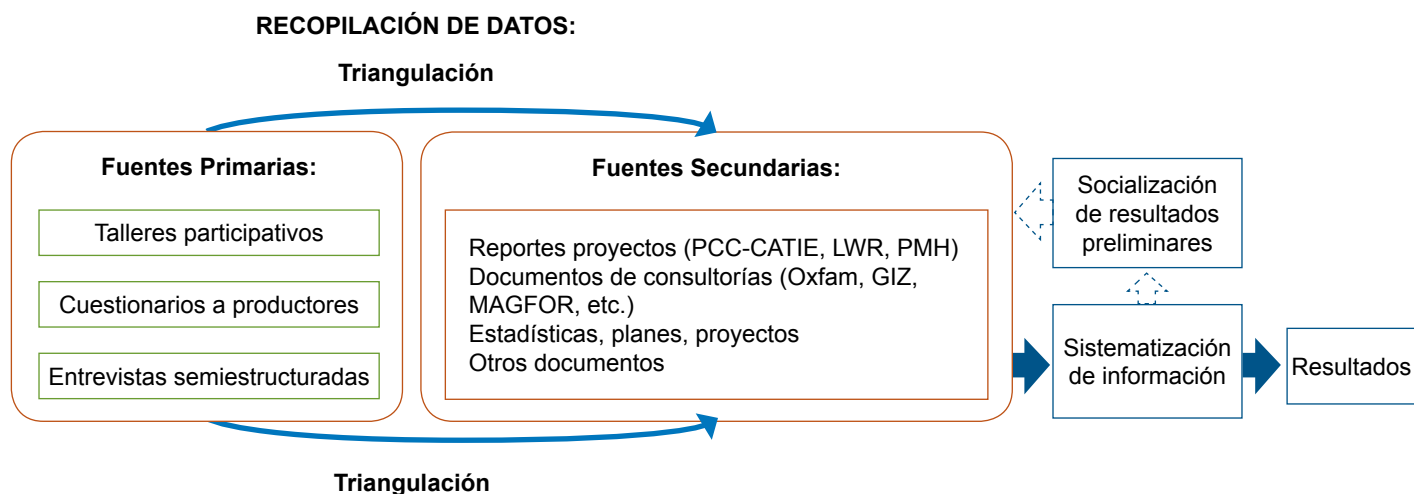


Figura 1. Proceso metodológico de la investigación



Figura 2. Cadena de valor del cacao fermentado proveniente de Waslala, Nicaragua

Es importante señalar que el cacao orgánico acopiado por Acawas, eventualmente también utiliza el canal de exportación que ofrece Ritter Sport. Cacaonica también participa en la cadena productiva del cacao tradicional, debido a la necesidad de contar con otros canales de comercialización para el cacao que no cumple con los criterios de calidad exigidos por Ritter Sport¹. A partir de la cadena de cacao orgánico detallada, se desarrolló una aproximación de los costos asumidos por los actores directos (Cuadro 1).

Gobernanza de los actores

Los resultados muestran a Ritter Sport como el actor dominante pues su poder y legitimidad son considerados altos y su interés, afín al del resto de actores directos de la cadena; Cacaonica es un actor fuerte pues su poder es alto y su interés afín al del resto de actores de la cadena, aunque su legitimidad es considerada como media/baja; los productores son actores vulnerables pues su interés es afín al del resto de actores de la cadena, su legitimidad es considerada alta, más su poder es bajo; el CATIE-PCC y LWR² son actores influyentes pues su poder y legitimidad en la cadena son considerados altos aunque su interés es considerado neutral; finalmente, PMH (ProMundo Humano) es un actor respetado pues su legitimidad en la cadena es considerada alta pero

actualmente su poder es considerado bajo y su interés neutral. La Figura 3 muestra cómo se interrelacionan los actores de la cadena identificados por el grupo focal. La columna referida a intereses afines muestra la vinculación de los actores directos de la cadena jerarquizados según su gobernanza, el sentido de las flechas verticales de color negro en esta columna expresa el nivel de poder creciente de cada actor en dicha cadena a medida que se encuentra más cercano al consumidor final, aspecto característico en cadenas de valor de *commodities* (Gereffi 1999). En la columna interés neutral se ubican los proveedores de servicios de desarrollo empresarial (PCC-CATIE, LWR y PMH) y las flechas azules muestran la provisión de esos servicios a Cacaonica y los productores. Se puede apreciar la provisión coyuntural de algunos de estos servicios por parte de los intermediarios locales (representada por la flecha punteada de color azul), a pesar de que sus intereses se consideran en conflicto con el actor dominante en la cadena (aspecto representado por la flecha roja de doble sentido).

Línea de tiempo organizacional

A partir de la identificación de los factores endógenos y exógenos incidentes en el desempeño empresarial de la cooperativa, se construyó una línea de tiempo organizacional que considera también la intervención de algunos

¹ Las condiciones de calidad del cacao comprado por Ritter Sport incluyen un grado de fermentación de 80%, el cual es percibido como muy alto por los productores de la zona, y que se encuentre certificado orgánico o en proceso de certificación.

² Patrocinadora de la cooperativa en el marco del proyecto ACORDAR.

Cuadro 1. Costos e ingresos netos por actor directo en la cadena

Eslabón	Producción		Post cosecha		Acopio		Exportación	
Actor directo	Productores orgánicos de Cacaonica		Productores orgánicos de Cacaonica		Cacaonica		Programa de Ritter Sport	
Funciones / Tipos de costos (US\$)	Costos variables	119,34	Costos variables	39,4	Costos variables	5,5	Costos variables	24,30
	• Chapeas	12,96	• Fermentado	2,6	• Impuestos	0,24	• Almacenamiento y trámites	
	• Regulación sombras	6,48	• Selección semillas	1,49	• Empaquetado y etiquetado	3,03	• Transporte a puerto	
	• Podas		• Secado		• Leña	0,09		
	• Deschuponado	11,88	• Transporte a acopio	17,82	• Transporte	1,67		3,6
	• Elaboración y aplicación de abono	6,48		17,49	• Viáticos por venta	0,47		
	• Control de enfermedades	3,78						20,7
	• Recolección de mazorcas y recolección de almendras	58,32						
		19,44						
		Costos fijos	9,02	Costos fijos	4,39	Costos fijos	23,76	Costos fijos
	• Certificación	3,60	• Depreciación (herramientas y materiales)	4,39	• Costos administrativos	22,12	• Costos administrativos	9,00
	• Depreciación (herramientas y materiales)	5,42			• Depreciación (herramientas y materiales)	1,64		
	Costos totales	128,36	Costos totales	43,79	Costos totales	29,27	Costos totales	33,3
	Precios de venta		Precios de venta	198,00	Precios de venta	231,00	Precios de venta	
	Ingresos netos		Ingresos netos	25,85	Ingresos netos	3,73	Ingresos netos	

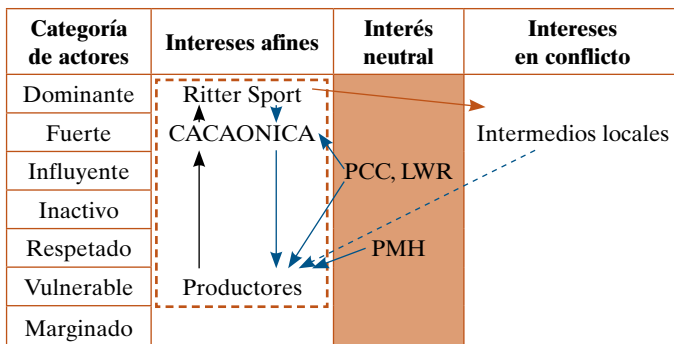


Figura 3. Gobernanza y relaciones entre los actores de la cadena en la que participa Cacaonica

proyectos de desarrollo en torno a la cadena de cacao en el municipio (Figura 4). Entre los principales factores exógenos que han venido afectando el desempeño de la cooperativa están la iniciativa de Ritter Sport por apoyar la producción de cacao en Nicaragua desde 1990; la intensificación de la moniliasis en Centroamérica, oportunidad que desde la perspectiva de algunos entrevistados fue la oportunidad que permitió a la cooperativa establecerse como la principal acopiadora del cacao a nivel nacional dada su mejor preparación para hacer frente a esta enfermedad debido a las capacitaciones y asistencia técnica recibidas. Asimismo el cambio en la estrategia de acopio de Ritter Sport basada en el

establecimiento de precios sustancialmente más altos por cacao certificado orgánico en comparación al precio pagado en el mercado nacional, ha incentivando la creación de nuevas organizaciones de productores con las cuales actualmente Cacaonica debe de competir.

En cuanto a los principales factores endógenos que han influenciado su accionar están el inicio de ventas en mercados extranjeros, que le permitió a la cooperativa obtener un alto prestigio tanto a nivel de sus socios como del resto de actores del rubro cacaotero: Sin embargo, es bueno anotar que, en opinión de los entrevistados, las capacidades gerenciales y los procesos organizativos de la cooperativa (registro de nuevos socios, elección de representantes, contratación de empleados) pueden ser mejorados y consolidados para incrementar la legitimidad de la organización y su poder en la cadena.

Las líneas estratégicas identificadas a partir del análisis FODA con la participación del grupo focal en el marco de la presente investigación se detallan en el Cuadro 2.

DISCUSIÓN

El caso de la cooperativa Cacaonica es un ejemplo de una iniciativa empresarial que durante su fase inicial respondió principalmente a factores exógenos, como la existencia de oportunidades de mercado y la provisión

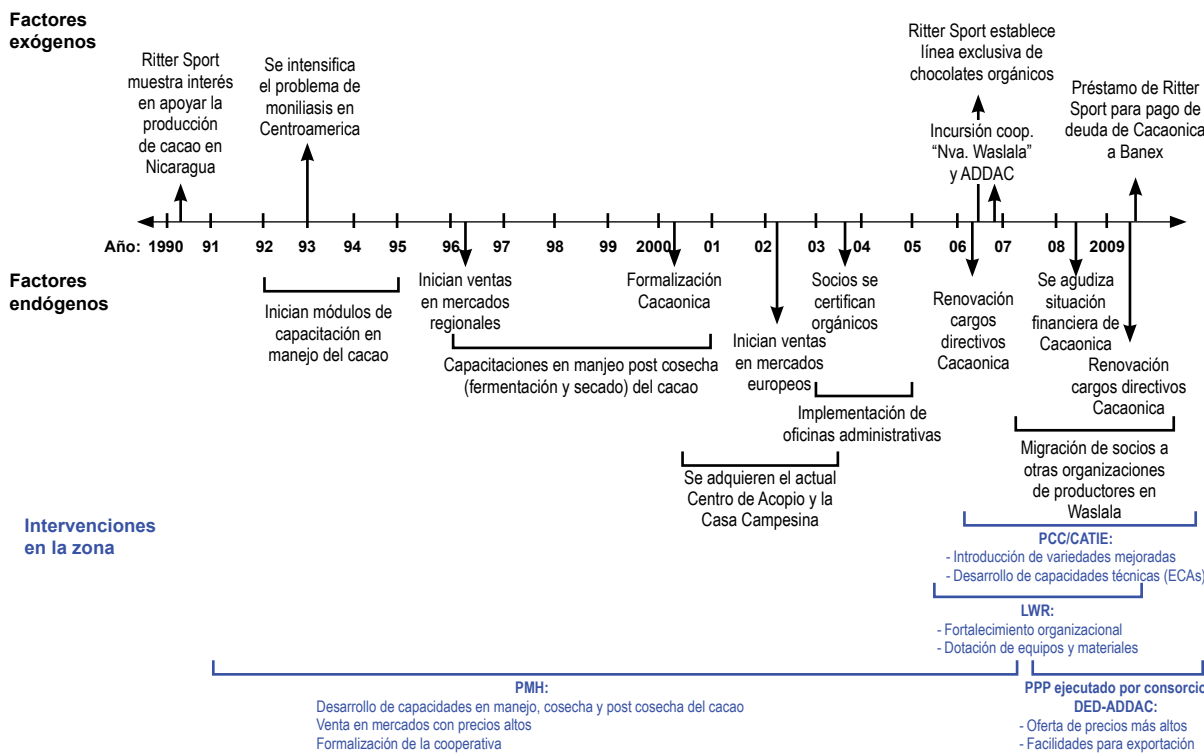


Figura 4. Línea de tiempo, intervenciones en la zona y factores incidentes en el desempeño y gobernanza de Cacaonica

de servicios empresariales en el territorio (Horton et al. 2003, Donovan et al. 2008). El papel realizado por la ONG ProMundo Humano dejó mejor preparados a los productores de Cacaonica, en comparación con otros productores de otras zonas cacaoteras del país, lo que les permitió articularse con otros compradores de cacao y a la vez consolidar la imagen y posición de Cacaonica en el sector cacaotero nacional. Sin embargo, para el bien de la organización actualmente es necesario enfocarse en los factores endógenos, tales como la construcción de una visión empresarial consensuada y el desarrollo de capacidades para ejecutarla.

El cambio en la estrategia de acopio de parte de Ritter Sport en Nicaragua incluyó el establecimiento de pará-

metros de calidad cada vez más exigentes; este ha sido el factor que más incidencia ha tenido en la cadena de valor del cacao orgánico en Nicaragua y que ha afectado negativamente el posicionamiento de Cacaonica. En buena medida, la posición que Cacaonica había alcanzado fue gracias al apoyo de PMH a través de proyectos financiados por fondos públicos y privados (incluyendo fondos provenientes de la misma empresa chocolatera alemana Ritter Sport) para fomentar la actividad cacaotera en la zona. Sin embargo, desde el 2006, la chocolatera alemana decidió ejecutar directamente su estrategia en Nicaragua con el fin de lograr aumentos sustanciales en los volúmenes de acopio en el país; para ello, empezó por ofrecer mejores precios por el cacao y, a la vez, subió los estándares de calidad.

Cuadro 2. Estrategias surgidas a partir del análisis FODA de Cacaonica

Estrategias ofensivas	Estrategias adaptativas
<ul style="list-style-type: none"> • Ofrecer servicios pertinentes y adecuados a las necesidades de los socios de la organización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la administración de la cooperativa, establecer mejores sistemas de control interno y seguimiento de los planes estratégicos de la organización. • Mejorar la asistencia técnica y acompañamiento a nuestros socios.
Estrategias defensivas	Estrategias de supervivencia
<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación del capital social de la cooperativa y cuentas por cobrar a los socios. • Establecer una política de transparencia administrativa y mejorar la comunicación con los socios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar las relaciones interpersonales al interior de la organización. • Identificar a los productores con problemas de baja producción y pobre calidad de su cacao para brindarles servicios más intensivos. • Incrementar el conocimiento de funcionarios claves y directivos sobre gerenciamiento, administración y marco legal cooperativo en Nicaragua.

Al convertirse en una actividad muy rentable, otras organizaciones de productores empezaron a incursionar en la actividad cacaotera con el apoyo de agencias de desarrollo. Como resultado, Cacaonica empezó a sufrir con la competencia que nunca antes tuvo. A nivel interno, esta situación puso en evidencia la vulnerabilidad de la organización, debido a sus capacidades gerenciales poco desarrolladas y la débil consolidación de sus procesos organizativos, que influyen en su gobernanza y posicionamiento dentro de la cadena.

CONCLUSIONES

La estrategia actual de la empresa Ritter Sport ha provocado un fuerte remesón en las estructuras de Cacaonica pero, a la vez, significa una oportunidad de oro para mejorar la eficiencia y competitividad dentro de la cadena de valor y fomentar el escalonamiento de la organización de productores. La organización aún enfrenta debilidades internas en la capacidad gerencial y organizacional agudizadas por la nueva estrategia de comercialización. Cabe resaltar que desde la fecha de realización del presente estudio, la cooperativa y sus proveedores de servicios de desarrollo vienen enfocándose en reforzar tales aspectos.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación no hubiera sido posible sin el apoyo del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC) ejecutado por el CATIE. Asimismo, se agradece a la cooperativa Cacaonica por las facilidades brindadas; en especial a Alba Álvarez, Nelson (Q.E.P.D.), Jorge Aguilar, Anielka, Álvaro Ríos, don Guillermo, don Salvador, don Rogelio, Deylin, Fausto, don Rodolfo, Ana, Judith, Evelyn y Álvaro Pérez. De manera particular agradecemos a todas las maravillosas personas que hicieron de nuestra estancia en Nicaragua, y particularmente en Waslala, una experiencia tan placentera.

LITERATURA CITADA

Buschert, JP. 2008. Agrocadenas competitivas: promoción de comercio orgánico y justo. Nicaragua: Agro cadena de cacao sostenible y comercio justo., San José, Costa Rica, EcoGoals. 10 p.

Cacaonica (Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de Cacao, R.L.). 2009. Base de datos de acopio y ventas: años 2007-2009. Consultado el 23-05-2009. Waslala, Nicaragua.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2007. Competitividad y ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE-PCC. Documento del Proyecto.181 p.

Donovan, J. 2006. Diversification in international cacao markets: Opportunities and challenges for smallholder cacao enterprises in Central America. Informe de consultoría preparado

para RUTA. Consultado el 30-10-2008. http://cecoeco.catie.ac.cr/descargas/Specialty_cacao_market_assessment.pdf.

Donovan, J; Stoian, D; Junkin, R. 2004. Cadena de valor como estrategia para el desarrollo de eco-pymes en América Tropical. VI Semana Científica del CATIE. Consultado el 28-10-2008. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0292E/PDF/3.PDF>.

Donovan, J; Stoian, D; Poole, N. 2008. Global review of rural community enterprises: The long and winding road for creating viable business, and potential shortcuts. The Ford Foundation. Consultado el 02-11-2008. <http://ibcperu.nuxit.net/doc/isis/10142.pdf>.

Dyson, R. 2004. Strategic development and SWOT analysis at the University of Warwick. European Journal of Operation Research (152)3: 631-640.

Escobedo, A. 2010. Cadena productiva de cacao de Nicaragua. Documento de Proyecto. Proyecto Cacao Centroamérica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 27 p.

Gaitán, T. 2005. Cadena del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) con potencial exportador. Informe de consultoría. Consultado el 30-10-2008. <http://appcacao.org/descargar/Cadena%20del%20cacao%20%20Nicaragua.pdf>.

Gereffi, G. 1999. A commodity chains framework for analyzing global industries. Durham, US, Duke University. Consultado el 30-10-2008. <http://www.azc.uam.mx/socialesyhumanidades/06/ departamentos/relaciones/Pdf.%20De%20curso%20de%20MESO/Gereffi%201999.pdf>.

Gereffi, G; Humphrey, J; Kaplinsky, R; Sturgeon, T. 2001. Introduction: Globalization, value chain and development. IDS Bulletin 32.3. Consultado el 02-11-2008. http://www.ids.ac.uk/UserFiles/File/publications/classics/gereffi_et_al_32_3.pdf.

Gottret, MV. 2008. Indicadores de línea base para el componente de café. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Proyecto Innovaciones. 64 p.

GTZ. 2006. Metodología para el fomento de la cadena de valor; ValueLinks Módulo 02: Análisis de una cadena de valor. Consultado el 04-11-2008. http://www.cadenasdevaloryppp.org/?page=Manual_Value_Links.

Horton, D; Alexaki, A; Benett-Lartey, S; Noële, K; Campilan, D; Carden, F; de Souza, J; Thanh, L; Khadar, I; Maestrey, A; Kayes, I; Perez, J; Somarriba, M; Vernoooy, R; Watts, J. 2003. Evaluating capacity development. experiences from research and development organizations around the world. Consultado el 15-11-2009. http://www.idrc.ca/en/ev-31556-201-1-DO_TOPIC.html#begining.

INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo). 2001. III Censo Agropecuario (Base de datos en línea). Consultado el 13-11-2008. <http://www.inide.gob.ni/cgibin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=AGRODAT1&MAIN=WebServerMain.inl>.

Kaplinsky, R; Morris, M. 2002. A handbook for value chain research. IDRC. Consultado el 28-10-2008. <http://www.inti.gov.ar/cadenasdevalor/manualparainvestigacion.pdf>.

Oxfam. 2008. Análisis de cadena y mercado para lácteos y cacao, Triángulo Minero-RAAN. Managua, Nicaragua, OXFAM GB. 192 p.

Petchers, S. 2004. The market for differentiated cocoa: A market opportunity assessment for small cocoa grower organizations. Documento en revisión. 68 p.

Smith, JF. 2004. Las cadenas de valor de Nicaragua en quequisque y lácteos; tres estudios de caso. Managua, Nicaragua, UNIFEM. 226 p.

Formas y efectos de la gobernanza forestal en los territorios indígenas bribri y cabécar de Alta Talamanca, Costa Rica

Sandra E. Candela¹; Dietmar Stoian², Eduardo Somarriba², Marilyn Villalobos³

RESUMEN

Los territorios indígenas bribri y cabécar de la Alta Talamanca en el sureste de Costa Rica, constituyen una región estratégica desde el punto de vista del uso y de la conservación de los recursos forestales y de la diversidad cultural. Los medios de vida de la población local se basan, en gran medida, en el capital natural que sostienen sus actividades agroforestales y en el capital social reflejado en múltiples formas de organización local y relaciones con el mundo externo. Con el fin de identificar las barreras que limitan el mejoramiento de los medios de vida y proponer elementos para removerlas, se estudió el papel de la gobernanza forestal y los arreglos institucionales correspondientes entre indígenas y agentes externos en Alta Talamanca. Se realizaron entrevistas semiestructuradas (n=34) a informantes claves, tales como representantes de las organizaciones indígenas locales y de las instituciones de cooperación externa, en combinación con observación participante y análisis de información secundaria. Se identificaron cinco arreglos institucionales: 1) Consejo Directivo Indígena, plataforma donde convergen varias organizaciones locales, las cuales toman decisiones relacionadas con los recursos forestales e intervenciones externas; 2) Comité Local Forestal de Talamanca como foro para la coordinación entre organizaciones locales y gubernamentales que velan principalmente por el control de la tala y comercialización ilegal de madera; 3) pagos por servicios ambientales financiados por Fonafifo para la conservación de bosques y manejados por las Asociaciones de Desarrollo Integral de Alta Talamanca; 4) Comité Coordinador del Proyecto Captura de Carbono que acordó procedimientos y métodos de ejecución de este proyecto y 5) la Red Indígena de Turismo, la cual impulsa la formación de emprendedores indígenas como operadores de etnoturismo. Si bien varios de estos arreglos buscan controlar prácticas adversas e incentivar prácticas adecuadas para la gestión de los recursos forestales en Alta Talamanca, aun persiste el problema de la tala y comercialización ilegal de madera. Se concluye que se requiere mayor coordinación entre las organizaciones locales y los actores externos en los diferentes niveles de toma de decisión para que la gobernanza forestal en la Alta Talamanca sea más efectiva.

Palabras clave: Medios de vida, indígenas, gobernanza forestal, pagos por servicios ambientales, capital social

ABSTRACT

Forms and effects of forest governance in the Bribri and Cabécar indigenous territories of Alta Talamanca, Costa Rica

The Bribri and Cabécar indigenous territories of Alta Talamanca in southeastern Costa Rica constitute a strategic region from the point of view of the use and conservation of forest resources and cultural diversity. The livelihoods of local people are largely based on the natural capital their agroforestry activities sustain and on the local social capital reflected in their many forms of local organization and relations with the outside world. In order to identify the barriers to improving their livelihoods and proposing actions for their removal, we studied the role of forest governance and appropriate institutional arrangements between indigenous people and external agents in Alta Talamanca. Semi-structured interviews were conducted (n = 34) with key informants, including representatives of local indigenous organizations and foreign cooperation agencies, combined with participant observation and analysis of secondhand information. We identified five institutional arrangements: 1) Indigenous Steering Council, a platform that convenes several local organizations for making decisions related to forest resources and external interventions; 2) Talamanca Local Forest Committee as a forum for coordination between local and governmental organizations that mainly monitor logging and the illegal timber trade; 3) payments for environmental services funded by FONAFIFO for forest conservation, managed by the Integral Development Associations of Alta Talamanca; 4) Carbon Capture Project Coordinating Committee that makes agreements regarding procedures and methods of implementation for this project; and 5) Indigenous Tourism Network, which promotes the training of indigenous entrepreneurs as ethno-tourism operators. While several of these arrangements seek to control harmful practices and encourage good practices for the management of forest resources in Alta Talamanca, there is still the problem of illegal timber logging and trafficking. We conclude that greater coordination is required between local organizations and external actors at different decision-making levels to make forest governance in Alta Talamanca more effective.

Keywords: livelihoods, indigenous peoples, forest governance, payments for environmental services, social capital

¹ M Sc en Agroforestería Tropical. E-mail: scandela@catie.ac.cr (autor para correspondencia).

² Investigadores CATIE. E-mails: stoian@catie.ac.cr, esomarri@catie.ac.cr,

³ Coordinadora Proyecto Cacao Centroamérica. Mail: marilyn@catie.ac.cr

INTRODUCCIÓN

Los territorios indígenas bribri y cabécar tienen relevancia en el contexto nacional e internacional para la conservación de los recursos naturales por cubrir diferentes biomas y por su localización estratégica limítrofe entre el sureste de Costa Rica y el noreste de Panamá. Sus territorios abarcan la Reserva Biológica Hitoy Cerere y el Parque Internacional La Amistad (PILA) sector Caribe; también forman parte de la zona de amortiguamiento del PILA, del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), de la Reserva de la Biosfera La Amistad (RBA) y del Corredor Biológico Talamanca Caribe (CBTC).

En la Alta Talamanca, Costa Rica, los recursos forestales cumplen un papel importante en la conservación de la biodiversidad local (Orcherton 2005), en la complejidad estructural de los sistemas agroforestales (Deheuvels et al. 2011) y en el mantenimiento del capital natural como base de los medios de vida de las familias indígenas (Whelan 2005). Aunque para las autoridades indígenas el manejo sostenible de sus recursos ha sido una prioridad (Suárez 2001), aun persisten varios problemas que afectan los recursos forestales; entre ellos, la sobreexplotación de los recursos naturales (Dahlquist et al. 2007), el cambio de uso del suelo (Whelan 2005), la apropiación de terrenos por parte de personas no indígenas (Guevara y Vargas 2000) y el incremento de la población en el Valle de Talamanca (BID 2003, Suárez 2001). Todos estos factores inciden en la disponibilidad y calidad de los recursos forestales.

En Costa Rica, la política de descentralización, la legislación nacional y los compromisos con convenios internacionales han propiciado un marco institucional dentro del cual las organizaciones indígenas y externas han establecido relaciones multifacéticas que inciden en la gestión de los recursos naturales (Borges 2004). Por ejemplo, los bribris y cabécares han conformado organizaciones civiles (generalmente asociaciones de desarrollo integral, ADI) con el propósito de defender sus derechos y tomar decisiones con respecto a sus territorios y, en especial, a sus recursos naturales. Además, hay organizaciones externas (organismos internacionales y organizaciones gubernamentales y no gubernamentales) que ofrecen alternativas de desarrollo con el fin de mejorar la productividad de sus productos básicos (cacao, banano y plátano) y la oferta de servicios ambientales (mediante ecoturismo y pagos por servicios ambientales), con el fin de conservar los recursos naturales y abastecer las demandas por productos agroforestales en el mercado nacional e internacional.

Entre los recursos naturales se destacan los recursos forestales en los bosques y los sistemas agroforestales por su alta importancia en los medios de vida de las poblaciones indígenas. Así, se han establecido una serie de arreglos institucionales definidos por las organizaciones indígenas y externas que, en su conjunto, constituyen la gobernanza forestal en Alta Talamanca. Por ejemplo, entre las ADI y organizaciones externas hay arreglos que buscan mediar entre los intereses locales y externos con respecto a los recursos forestales en los territorios indígenas (Candela 2007). Estos arreglos pueden contribuir al mejoramiento de los sistemas agroforestales donde hay árboles maderables (Altieri 2004) y a la gobernanza forestal. Sin embargo, se desconocen los efectos (positivos y negativos) de estos arreglos sobre el uso y la conservación de los recursos forestales en Alta Talamanca.

Mediante esta investigación se buscó identificar los principales arreglos institucionales entre las organizaciones indígenas y externas y sus efectos sobre la gestión de los recursos forestales en Alta Talamanca y la forma de maximizar estos efectos mediante mejoras en la gobernanza forestal.

MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

Para entender el papel de los arreglos institucionales relacionados con la gobernanza forestal en Alta Talamanca es necesario comprender la diversidad de las estrategias de vida de los indígenas bribris y cabécares, manifestada en diferentes dotaciones y usos de los activos de medios de vida (capitales natural, humano, social, físico y financiero). Uno de los capitales más importantes en los territorios ha sido el capital social (Whelan 2005, Candela 2007); por ello, se identificaron las organizaciones indígenas locales y sus lazos con organizaciones externas, tanto gubernamentales como no gubernamentales, que inciden en el uso y conservación de los recursos forestales. Los arreglos institucionales entre las diferentes organizaciones inhiben o facilitan el ejercicio de las capacidades y de las decisiones de individuos y familias (Ellis 2000) y definen el acceso a bienes comunes, los derechos de uso, el desarrollo de mercados y el manejo de conflictos (North 1991, Varughese y Ostrom 2001, Jütting 2003, Prins 2005).

Para identificar los arreglos institucionales relacionados con la gobernanza forestal y sus efectos, se realizaron entrevistas semiestructuradas a informantes claves (representantes de 21 organizaciones: nueve indígenas y doce externas), seleccionados según su liderazgo en

las organizaciones y sus responsabilidades en cuanto a la gobernanza forestal; se seleccionaron hombres y mujeres indígenas y no indígenas. Se buscó conocer el tipo de relacionamiento entre las organizaciones indígenas y externas y, específicamente, las oportunidades y amenazas en dicha relación en cuanto al uso y la conservación de los recursos forestales. Además se aplicó el método de observación participante durante talleres, asambleas y otros eventos con la finalidad de indagar sobre las relaciones entre los actores. Esto permitió la elaboración de preguntas acerca de formas de alianzas, mecanismos y procesos de operación en cuanto a los arreglos institucionales. Dada la posible subjetividad en las respuestas de los informantes, se trianguló la información con la observación participante y el análisis de información secundaria.

RESULTADOS

Disposiciones legales sobre los recursos naturales y forestales en Costa Rica

La jurisprudencia de Costa Rica en materia de desarrollo comunitario, indígenas y recursos naturales, junto con el compromiso del país con convenios internacionales, ha establecido o ratificado varias disposiciones, las cuales han incidido en la gobernanza forestal en Alta Talamanca. Entre ellas están la Ley de Desarrollo de la Comunidad (1967), la cual otorga funciones legales a las ADI; la Ley Indígena de 1977 y el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que reconoce los derechos de los pueblos indígenas en cuanto a organización y autonomía frente al resto de la sociedad. Además, existen varios arreglos para el uso y la conservación de los recursos forestales; entre ellos, la Ley Forestal (1995) que incluye la participación de la sociedad civil en la gestión de los recursos naturales y la prohibición del cambio de uso de suelo en bosques, y el Reglamento de aprovechamiento de madera en territorios indígenas (Decreto Ejecutivo No. 27800 del 16 de marzo de 1999), el cual establece la gestión conjunta entre las ADI y AC⁴ para el aprovechamiento de árboles caídos o en pie en terrenos sin cobertura boscosa, con fines domésticos. Según el decreto, solamente se pueden eliminar y/o aprovechar 3 árboles ha⁻¹ año⁻¹ por inmueble. Por otro lado, la Procuraduría General de la República prohíbe extraer y comercializar madera fuera de los territorios indígenas, y solo permite la comercialización de productos procesados.

Otros arreglos institucionales relacionados con los recursos forestales en Alta Talamanca

A continuación se resumen los cinco arreglos principales según el siguiente esquema: surgimiento, actores involucrados (indígenas y no indígenas de organizaciones locales, nacionales e internacionales), propósitos y actividades realizadas para lograrlos, así como elementos que fueron funcionales y las dificultades encontradas en su implementación.

Consejo Directivo Indígena

Entre 1994 y 2001, el proyecto Desarrollo Sostenible de las Reservas Indígenas de Talamanca y Protección de los Parques Nacionales de Talamanca (Sector Atlántico) y Cahuita (proyecto Namasö⁵) logró que el Consejo Directivo Indígena de Alta Talamanca alcanzara visibilidad. Durante el periodo del estudio, este Consejo se encargaba de la administración de los bienes donados por el proyecto y los ingresos provenientes de la ebanistería, también donada por Namasöl. Un aspecto importante que definió la visión del Consejo fue el convenio establecido entre la Fundación *Iriria Tsöchök* (responsable del manejo de recursos financieros) y las organizaciones indígenas coejecutoras del Proyecto Namasöl: Aditibri (Asociación de Desarrollo Integral de los Territorios Indígenas Bribris) y Aditica (Asociación de Desarrollo Integral de los Territorios Indígenas Cabécares). Mediante ese convenio se definió el funcionamiento del Consejo para el uso racional de los recursos forestales. El Consejo articuló a las organizaciones indígenas existentes en ese momento, en torno al ejercicio de liderazgo y control de los territorios indígenas. Dentro del Consejo se tomaron decisiones relacionadas con el aprovechamiento y manejo de la madera, control de las propuestas de desarrollo de agentes externos con lo cual se garantizaba la defensa de los derechos indígenas.

En cuanto al control del aprovechamiento de la madera, desde el año 2003, la Unidad Ambiental de Aditibri se ha encargado de avalar e inspeccionar los trámites para la corta de árboles (máximo 25 permisos de corta mensual). Los guardarrecursos (dos personas) se trasladan a las fincas para verificar que se cumpla con las normas establecidas por la ley y las definidas por el Consejo y su junta; entre ellas:

- Ser indígena
- Vivir dentro de los territorios indígenas de Alta Talamanca

⁴ Las AC (las áreas de conservación) son los componentes territoriales del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), el cual forma parte del Ministerio de Energía, Medio Ambiente y Telecomunicaciones (MINAET).

⁵ Nombre Bribri correspondiente a uno de los cerros míticos de la Alta Talamanca que representa el poderío de los clanes, base de la organización social primigenia (Jara y García 2003).

- Los árboles destinados a la corta deben ser de especies sin amenaza de desaparición, ubicados en lugares alejados de las fuentes de agua o en sistemas agroforestales dentro de los límites de la finca del solicitante.

Consejo de Vecinos

Estos consejos funcionan a nivel de cada comunidad; su función ha sido la de autorizar pequeñas cortas. La coordinación entre los Consejos de Vecinos y las ADI ha permitido la de toma de decisiones que ha funcionado en la práctica. El Consejo opera como una organización que permite el aprovechamiento de los recursos naturales y organiza actividades sociales dentro de las comunidades, establece sanciones y resuelve problemas de cierta magnitud. Cuando no los puede resolver, los pasa a Aditibri y esta, a su vez, a los tribunales de justicia, si no logra resolver el conflicto.

Comité Local Forestal de Talamanca

EL CLFT se creó y reglamentó por medio de la Ley Orgánica del Ambiente No. 7554 (Decreto Ejecutivo del Minae No. 26976 del 2003). Mediante este comité, el Minae buscó la integración de las organizaciones locales y gubernamentales de diferentes sectores en su estructura de decisiones y promoción de los derechos y obligaciones ambientales. El CLFT ha sido el único comité activo en el país (Ferroukhi et al. 2001) pese a que fue creado por Ley. En el CLFT participan los representantes de organizaciones gubernamentales, asociaciones de desarrollo integral, otras organizaciones⁶, empresas y personas interesadas y afectadas por problemas ambientales del cantón de Talamanca. Este espacio de decisión ha permitido a los indígenas conocer la problemática ambiental del cantón y capacitarse en jurisprudencia ambiental y forestal y, además, cumplir un papel importante en la vigilancia y control de los recursos locales.

El papel del CLFT en el control de los recursos forestales en el cantón de Talamanca ha sido relevante, pues se ha ocupado de los conflictos de intereses originados entre la demanda por madera y la protección de la fauna silvestre y de especies forestales de interés particular. El CLFT busca mediar entre los objetivos de los productores y la jurisprudencia costarricense relacionada con la conservación y el manejo de los recursos naturales. Entre las tareas que el Comité desempeña están: recibir y tramitar denuncias relacionadas con el incumplimiento

de la Ley; avalar y proponer alternativas de solución en materia forestal; solicitar rendición de cuentas sobre permisos forestales para hacer posible la asignación de los pagos por servicios ambientales (PSA).

A pesar de las múltiples actividades del Comité para controlar el cumplimiento de las leyes ambientales, su labor se ha visto limitada por factores como la dificultad para aplicar sanciones a partir de la legislación vigente; el funcionamiento centralizado de los tribunales correspondientes en la capital; la falta de recursos económicos para realizar investigaciones que orienten a las instancias de decisión en materia ambiental.

Pagos por servicios ambientales

El Programa Ecomercados del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo) ha operado con recursos donados por la Fundación para la Protección del Ambiente y un préstamo del Banco Mundial, mediante convenio firmado con el Gobierno de Costa Rica. Como parte del interés del Banco Mundial por el mejoramiento de los medios de vida de los indígenas, Fonafifo otorgó los incentivos económicos a las ADI de Alta Talamanca a través del PSA para la conservación de Talamanca (Figura 1).

Cada año, entre el Fonafifo y las ADI se celebran nuevos contratos para la protección de diferentes áreas de bosque. Las ADI pueden recibir varios pagos por diferentes contratos, pero el monto asignado a cada contrato depende de criterios presupuestarios del Fonafifo. Por sus servicios, las ADI de Alta Talamanca han pagado regularmente al regente del CBTC el 10% del monto anual, aunque según el reglamento del Fonafifo debiera pagarse el 18%.

Las ADI de Alta Talamanca definieron las áreas a someterse al programa PSA, según criterios establecidos por los miembros del Consejo Directivo Indígena. Antes de someter un territorio a la consideración de Fonafifo, los propietarios de las áreas deben haber manifestado su aceptación de ingreso al Programa. Aunque las dos organizaciones indígenas hacen parte del mismo arreglo, los beneficios y la distribución de los fondos han dependido de las decisiones tomadas por cada organización, según la magnitud de su sistema operativo (Aditibri) y las necesidades de inversión identificadas en las comunidades y familias más pobres (Aditica).

⁶ Entre la que se destaca el CBTC (Corredor Biológico Talamanca Caribe) a través del cual se tramitan la mayoría de las actividades del Comité.

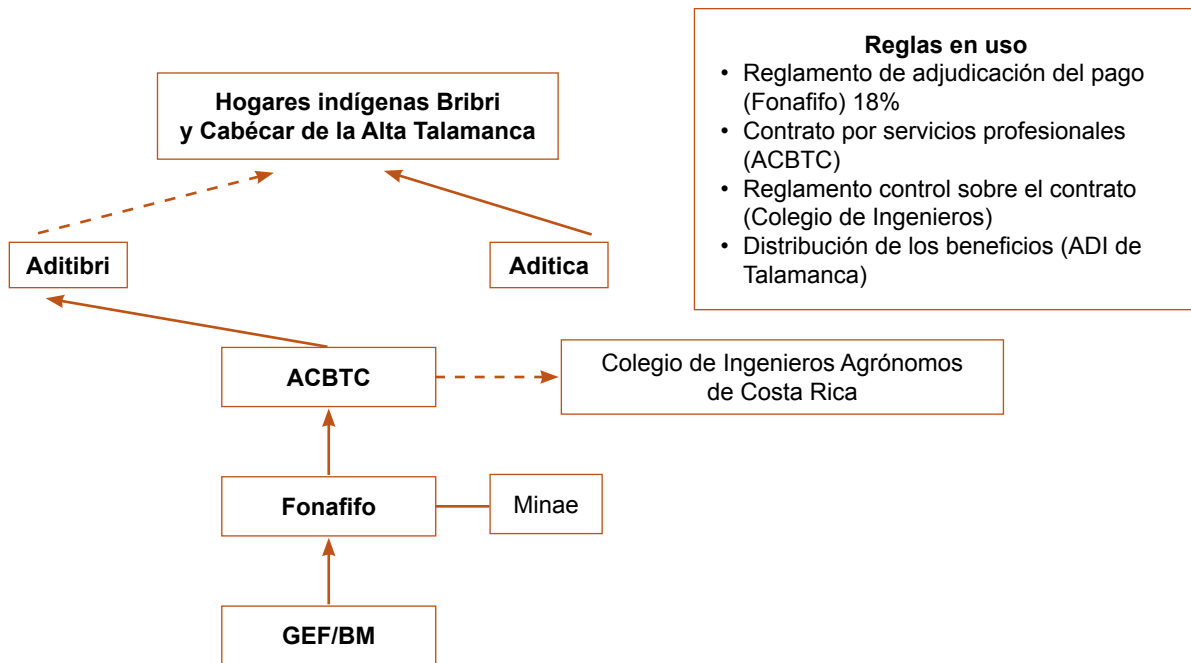


Figura 1. Interacciones entre organizaciones indígenas y externas para el PSA de bosques en los territorios indígenas de Alta Talamanca.

ACBTC: Asociación Corredor Biológico Talamanca Caribe; Aditibri: Asociación de Desarrollo Integral de los Territorios Indígenas Bribris; Aditica: Asociación de Desarrollo Integral de los Territorios Indígenas Cabécares; Fonafifo: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal; GEF: *Global Environment Facility*; BM: Banco Mundial; Minae: Ministerio del Medio Ambiente, Energía y Telecomunicaciones.

Pese al avance logrado con esta experiencia, aun no se ha concretizado un mecanismo diferenciado para los pueblos indígenas en materia de servicios ambientales. Durante los años 2004 y 2005, estas organizaciones no participaron del incentivo debido a que los territorios indígenas bribris y cabécares aparecían legalmente bajo un solo título de propiedad. Fue necesario hacer estudios técnicos para la delimitación de las áreas y tramitar títulos de propiedad para cada grupo indígena. En el año 2005, en la junta directiva de Aditibri se dio una división interna por el tema del PSA y, entonces, ese año no se logró concretar un contrato con Fonafifo.

Comité Coordinador del Proyecto Captura de Carbono

El Banco Internacional para la Reconstrucción y el Desarrollo, como administrador de donaciones del Gobierno de Japón y a través del Banco Mundial otorgó, mediante convenio con el gobierno de Costa Rica, una donación para la realización e implementación del Proyecto Captura de Carbono y Desarrollo de Mercados Ambientales en Cacaotales y Otros Sistemas Agroforestales Indígenas en Talamanca (2004-2006). Este proyecto fue ejecutado por el CATIE y otros

socios, e involucró a diversos actores en los ámbitos local, nacional e internacional. La meta del proyecto era diseñar una estrategia para el establecimiento del mercado regional de carbono capturado en sistemas agroforestales de cacao multiestratos.

La alianza entre el CATIE y Minae permitió el diseño, elaboración e implementación del Proyecto en forma conjunta con las organizaciones indígenas locales (Aditibri, Aditica, Acomuita) y una organización regional (Acicafo), mediante convenios subsidiarios. La consolidación de este proyecto incluyó una carta de entendimiento entre Minae y CATIE y dos convenios (CATIE con ADI-Aditibri y ADI-Aditica y CATIE con Acomuita). Se nombró un Comité Coordinador del Proyecto (CCP), integrado por estas organizaciones, el cual tenía como propósitos el mejoramiento de la coordinación de las acciones entre todos los actores, la gestión para asegurar el logro de los resultados esperados y la participación de sus miembros en la planeación y administración del Proyecto. Durante las reuniones se compartieron y discutieron los presupuestos asignados, de manera que hubiera transparencia en la administración.

El papel de los proyectos en Alta Talamanca ha sido importante en la dinamización de los roles y las reglas de juego. A través de la conformación de arreglos interinstitucionales se han aplicado herramientas participativas y modelos de cogestión mediante diferentes estrategias.

Red Indígena de Turismo

En el sector Atlántico del PILA, The Nature Conservancy (TNC) identificó prácticas agrícolas y forestales incompatibles con la conservación de la biodiversidad y la preservación de sitios arqueológicos, como amenazas para la conservación según la Planeación Ecorregional Centroamericana. Por ello, desde el año 2004, TNC apoyó la conformación de la Red Indígena de Turismo, la cual se compone de organizaciones que han operado de manera informal, movilizándolo a los turistas que desean interactuar con la cultura indígena. La Red ha reunido a los grupos de las comunidades bribri -en especial de la comunidad de Yorkín- para coordinar, gestionar, asesorar, desarrollar y controlar la actividad turística en el territorio; a la vez, mantiene una relación cercana con Aditibri como autoridad territorial.

TNC y AFE (Asociación Finca Educativa) firmaron una carta de entendimiento con el fin de diseñar una estrategia de intervención que abarcara la promoción, fortalecimiento institucional, capacitación y elaboración de planes de negocios para mejorar los servicios que ofrecen y la capacidad de recepción de turistas. La legalización de los grupos comunitarios como operadores de turismo ha sido una condición importante para los donantes y para el reconocimiento de la Red en el ámbito internacional.

Desde la perspectiva de la conservación, este enfoque se ha centrado en la creación de alternativas productivas basadas en recursos naturales y paisajes que sustentan los medios de vida locales. Se identificaron los retos que enfrentan las organizaciones indígenas; entre ellas, la introducción de nuevas formas de organización ajenas a su cultura, la débil organización a nivel de las comunidades que incide en la poca participación en la toma de decisiones y la descoordinación entre diferentes instituciones responsables de la implementación de las políticas ambientales.

DISCUSIÓN

En Costa Rica, la normativa ambiental y de desarrollo comunitario ha fomentado el control de los recursos naturales por parte de actores locales (Ferroukhi et

al. 2001). En Alta Talamanca, los arreglos institucionales relacionados con la gobernanza forestal juegan un papel importante en la aplicación de esta normativa, así como en el reconocimiento de los derechos indígenas y la distribución de los costos y beneficios de los incentivos y proyectos (Poteete y Ostrom 2004). Sin embargo, algunos de estos arreglos se han manifestado en formas no tradicionales de control sobre los recursos naturales (Borges 1997), ante todo cuando se trata de problemas que sobrepasan los límites del territorio indígena.

A nivel nacional, a pesar de que se disponen de incentivos para las plantaciones forestales, existe desabastecimiento de madera debido a normativas que han incidido en la reducción de plantaciones forestales, han desestimulado la industria forestal, han reducido el manejo de bosques naturales con fines maderables, y han limitado la respuesta de control de las AC sobre la corta ilegal (OET 2008). Como consecuencia, los territorios indígenas de Alta Talamanca y las áreas protegidas, como el PILA, están sufriendo una fuerte demanda local por madera, lo que pone en peligro el capital natural y los medios de vida de las familias indígenas. La madera que se comercializa en forma clandestina ha sido uno de los problemas principales para los líderes indígenas, ya que afecta los intereses de las organizaciones indígenas y varios de los capitales de la comunidad: en cuanto al capital social, la legitimidad del control sobre sus recursos naturales; en cuanto al capital físico y financiero, el crecimiento de la ebanistería en Süretka, y en cuanto al capital natural y financiero, el empobrecimiento de los recursos forestales de los usuarios directos.

El Consejo Indígena ha constituido un arreglo institucional, aunque no permanente, que ha contribuido en crear convergencias entre las organizaciones indígenas locales en aspectos forestales, ambientales, políticos y de sostenibilidad financiera. Además, ha cumplido un papel importante como administrador de la ebanistería, a través de la cual y en articulación con la Unidad Ambiental de Aditibri, contribuye al control de la comercialización ilegal de madera dentro de los territorios bribri y cabécar de Alta Talamanca, en coordinación con el CLFT. Este último ha constituido un elemento permanente en la gobernanza forestal de carácter formativo y coercitivo, que no ha generado incentivos económicos a sus involucrados, pero sí conocimiento y fiscalización de los problemas ambientales, principalmente en cuanto a la tala y comercialización ilegal de madera, la legislación relacionada con temas forestales y el manejo de sanciones preestablecidas en los procedimientos legales.

El PSA para la conservación de bosques ha contribuido al capital financiero y social de las organizaciones indígenas (ADI) y ha permitido cubrir los costos de la regencia forestal bajo el mismo esquema. Sin embargo, no ha tenido incidencia directa en el uso y control de los recursos forestales en los territorios debido a que muy pocas veces se realizan inspecciones y, las pocas que ha habido, consistieron en observar el mantenimiento de los carriles que delimitan las áreas sometidas a PSA. Los proyectos que operaron a corto plazo (2 a 4 años con posibilidades de extensión) tuvieron amplia cobertura en cuanto a capacitación y asistencia técnica. Entre otros propósitos, buscaron el mejoramiento de los productos y servicios provistos por los sistemas agroforestales y bosques más cercanos a los poblados indígenas y, de esta manera, incidieron en los capitales natural, físico, humano, social y financiero. Sin embargo, los PSA y los proyectos no tuvieron incidencia directa en las decisiones relacionadas con el aprovechamiento y la comercialización de los recursos forestales.

Por su parte, las familias indígenas de Alta Talamanca se encuentran en la disyuntiva de decidir entre participar en el mercado ilícito de madera o captar los incentivos por la conservación de sus bosques y sistemas agroforestales, lo cual implica ajustarse a las normas establecidas por los entes gubernamentales, hacer más productivos sus sistemas e insertarse en las cadenas de valor.

CONCLUSIONES

Las organizaciones externas, entre ellas ONG, entes gubernamentales y organismos internacionales, han fomentado un sistema de incentivos y control de los recursos naturales en Alta Talamanca mediante el involucramiento directo de las organizaciones indígenas locales (ADI) en los territorios indígenas de los bribris y cabécares. Sin embargo, los esquemas de jurisprudencia, incentivos y control no han sido suficientes ni adecuadamente articulados para frenar la tala y comercialización ilegal de la madera y mejorar los medios de vida de la población local.

El Consejo Directivo Indígena y el Comité Local Forestal de Talamanca se han destacado por su papel en el control de la tala y comercialización ilegal de madera a nivel local y cantonal, respectivamente. Por su parte, los proyectos Captura de Carbono y Turismo Indígena han promovido la conservación y el uso de los recursos forestales a través de capacitación, asistencia técnica e investigación. Lo que hace falta para un control más efectivo de la tala y comercialización ilegal de madera

en los territorios indígenas son mecanismos adecuados para la toma de decisiones articulada entre las organizaciones indígenas y externas a nivel local (familias indígenas), territorial y nacional (gobierno y sector forestal).

En la actualidad existe una demanda insatisfecha por recursos forestales en Alta Talamanca, pero aun así las familias indígenas involucradas no perciben beneficios económicos interesantes. Como primer paso, es importante revisar cuáles formas de aprovechamiento y comercialización de madera deben ser consideradas ilegales. Por ejemplo, existen barreras legales para el aprovechamiento y procesamiento de los recursos forestales provenientes de los sistemas agroforestales en Alta Talamanca; no obstante, este impedimento no se fundamenta en datos científicos sobre posibles amenazas a la conservación, ni considera los efectos adversos sobre el bienestar de las familias locales. La extracción y comercialización que debe ser considerada como ilegal debe incluir la madera aprovechada en bosques naturales cuya extracción no considera los controles socioculturales y la realizada por personas o empresas ajenas a los territorios indígenas.

RECOMENDACIONES

Promover mayor participación en la toma de decisiones por parte de las familias y los líderes indígenas y fortalecer los mecanismos y reglas de juego informales, propias de la forma de uso y manejo de los recursos naturales de estos grupos. Esto permitiría un mayor grado de apropiación y la construcción de capital social dentro de las comunidades locales, entre ellas y con los agentes externos.

Para robustecer la gobernanza forestal en los territorios indígenas se requiere mejorar la coordinación interinstitucional entre organizaciones indígenas y externas, el manejo y la resolución de conflictos, y el reconocimiento de los derechos indígenas en los diferentes niveles de gobernanza (local, nacional, regional). Si las decisiones en todos los niveles se basan en la apreciación realista de los principales problemas, será más fácil identificar cuáles soluciones podrían darse a través de mecanismos transitorios (p.e. proyectos) y cuáles requieren el uso y fortalecimiento de mecanismos locales que suelen ser más duraderos e integrales.

Es preciso un sistema efectivo de sanciones para contrarrestar la tala y comercialización ilegal, como otra cara de la moneda de los incentivos forestales para las buenas

prácticas. Finalmente, será importante investigar el uso cultural de los bosques por las familias indígenas como estrategia de conservación. Suponemos que allí hay un potencial inexplorado que permitiría construir relaciones ganar-ganar entre el aprovechamiento y la conservación de los recursos forestales en Alta Talamanca.

Se requieren estudios sobre los sistemas de manejo de los recursos forestales por parte de los grupos indígenas para definir cuáles formas deben ser consideradas ilegales o ilegítimas por sus efectos adversos en términos ambientales y socioculturales, así como aquellas prácticas benignas para las cuales se deben eliminar las barreras legales. También es necesario determinar los volúmenes y valores de las especies maderables de alto

valor comercial y menos conocidas que están siendo aprovechadas y comercializadas en los territorios indígenas de manera legal e ilegal para establecer la oferta de recursos forestales.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto Captura de Carbono por su colaboración en el trabajo de campo. Al programa IGERT (Integrative Graduate Education and Research Traineeship) de la National Science Foundation of the United States, por el financiamiento del estudio. Al grupo de investigadores de doctorado de la Universidad de Idaho (USA) por sus contribuciones. A todos los indígenas de la Alta Talamanca que nos permitieron indagar sobre el manejo de los recursos naturales.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Altieri, M. 2004. Biodiversity conservation and sustainable production in small, indigenous organic cocoa farms in the Talamanca-Caribbean Corridor, Costa Rica. Evaluation of the project. Berkeley, US, World Bank. 26 p.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2003. Estrategia regional de desarrollo sostenible de la cuenca binacional del río Sixaola. Información, análisis y diagnósticos: aspectos socioeconómicos. San José, Costa Rica. 2 v, 292 p.
- Borges, C. 1997. Cultura y conservación en la Talamanca indígena. San José, Costa Rica, UNED. 310 p.
- Borges, C. 2004. Revisión sobre los aspectos socioculturales del proyecto cacao orgánico y conservación de biodiversidad-Talamanca. San José, Costa Rica, Banco Mundial. Informe de proyecto. 46 p.
- Candela, S. 2007. Convergencias y divergencias entre organizaciones indígenas y externas respecto al uso y conservación de los recursos naturales en los territorios indígenas de la Alta Talamanca, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 139 p.
- Dahlquist, R; Whelan, M; Winowiecki, L; Polidoro, B; Candela, S; Harvey, C; Wulfhorst J; Mcdaniel, P; Bosques-Perez, N. 2007. Incorporating livelihoods in biodiversity conservation: a case study of cacao agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Biodiversity Conservation* 16: 2311-2333.
- Deheuvels, O; Avelino, J; Somarriba, E; Malezieux, E. 2011. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* DOI 10.1016/j.agee.2011.03.003.
- Ellis, F. 2000. Rural livelihoods and diversity in developing countries. New York, US, Oxford University Press. 273 p.
- Ferroukhi, L; Aguilar, A; WoChing, E. 2001. Gestión local de los recursos naturales: papel del Minae y de las municipalidades. San José, Costa Rica, Cedarena/Minae/FAO-Forests, Trees and People. 68 p.
- Guevara, M; Vargas, J. 2000. Perfil de los pueblos indígenas de Costa Rica. San José, Costa Rica, RUTA/BM. 150 p.
- Jara, C; García, A. 2003. Diccionario de mitología Bribri. San José, Costa Rica, UCR. 271 p.
- Jütting, J. 2003. Institutions and development: A critical review. Moulinaux, France, OECD. 41 p. Consultado el 17-03-2006. www.oecd.org/findDocument/0,2350,en_2649_33935_1_119835_1_1_1,00.html.
- North, D. 1991. Institutions. *The Journal of economic perspectives* 5(1): 97-112.
- OET (Organización de Estudios Tropicales). 2008. El abastecimiento sostenible de madera en Costa Rica. San José, Costa Rica, OET, CRUSA, CATIE. 120 p.
- Orcherton, DF. 2005. Conocimiento ecológico indígena de los bribris y cabécares: los roles socio-culturales en la conservación de los sistemas agroforestales tradicionales en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Pinar del Río, Cuba, Universidad de Pinar del Río. 195 p.
- Poteete, A; Ostrom, E. 2004. Heterogeneity, group size and collective action: The role of institutions in forest management. *Development and Change* 35(3): 435-361.
- Prins, C. 2005. Procesos de innovación rural en América Central: reflexiones y aprendizajes. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 41 p.
- Suárez, A. 2001. Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural de cacao-tales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 74 p.
- Varughese, G; Ostrom, E. 2001. The contested role of heterogeneity in collective action: Some evidence from community forestry in Nepal. *World Development* 29(5): 747-765.
- Whelan, M. 2005. Reading the Talamanca landscape: land use and livelihoods in the Bribri and Cabécar Indigenous Territories. Tesis Mg. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 139 p.

El cacao y la salud humana: propiedades antioxidantes del cacao nicaragüense y productos alimenticios comercializados

Sara Negaresh¹ e Iván Marín¹

RESUMEN

Se analizaron la cantidad y actividad de antioxidantes en granos de cacao procedentes de tres regiones cacaoteras del país y de productos comerciales nacionales e importados. Se empleó el método de Folin-Ciocalteu para la cuantificación de polifenoles y el método DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) para la determinación de la actividad antioxidante. Se logró demostrar *in vitro* que el cacao presenta una mayor concentración de polifenoles libres y solubles (130-185 µg/ml) en comparación con los polifenoles totales (30-39 µg/ml). Su actividad antioxidante es levemente más alta que la de granos de cacao cosechados en otras regiones del mundo. No se observó una relación lineal entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante. Se logró determinar una diferencia, hasta en 50 unidades, entre el contenido de polifenoles en granos de cacao fresco vs. polifenoles en granos de cacao almacenado. Esta investigación constituye un estudio piloto en el ámbito centroamericano.

Palabras clave: Polifenoles, flavonoides, radicales libres, estrés oxidativo

ABSTRACT

This study developed analysis of antioxidants in three geographical regions and commercial products made from cocoa beans. It was developed in the period from February to October 2010. We used the Folin-Ciocalteu method for quantification of polyphenols and the DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), method for determination of antioxidant activity. It was possible to demonstrate *in vitro* that cocoa grown in the study area has a higher concentration of free and soluble polyphenols (130-185 mg / ml) compared to the total polyphenols (30-39 mg / ml). Its antioxidant activity is slightly higher compared to cocoa beans harvested in Asia and Africa. There was no linear relationship between the polyphenol content and antioxidant activity. It was possible to determine a difference, up to 50 units of the polyphenol content between the fresh or stored cocoa beans. It is a pilot study in the Central American area. No es necesario actualizar el resumen en inglés. La versión que aquí se presenta incorpora la observación.

Keywords: polyphenols, flavonoids, free radicals, oxidative stress

INTRODUCCIÓN

El consumo de productos derivados del cacao ha generado debate entre consumidores, investigadores, organismos reguladores y compañías compradoras de cacao en relación con su impacto en la salud humana (Franco et al. 2004, Usmani et al. 2005). Investigaciones han demostrado que el consumo de alimentos con contenidos altos de polifenoles se relaciona con la inhibición y prevención de procesos patológicos que llevan al desarrollo de enfermedades como los desórdenes autoinmunes o cáncer. Sin embargo, otros estudios consideran que los polifenoles son moléculas capaces de inducir el proceso de muerte celular programada y, en consecuencia, la proliferación de enfermedades (Ramos 2007).

Los polifenoles de interés en el cacao son los del grupo de flavonoides, como las catequinas (37%), antocianinas (4%) y procianidinas (58%) (Wollgast 2000). Farmacológicamente, los flavonoides, se destacan por su baja toxicidad y elevada acción antioxidante, y su capacidad de inhibir la peroxidación lipídica al reducir radicales libres y quelar metales (Tráncito 2002). Por estas propiedades, el cacao está vinculado con la prevención del estrés oxidativo, desequilibrio biológico y alteración de la función celular originada por enfermedades degenerativas como la aterosclerosis, cardiopatías, enfermedades neurológicas y cáncer (Siels et al. 2005).

La población nicaragüense, a lo largo de su historia, ha utilizado los granos de cacao como materia prima para la elaboración de alimentos y bebidas típicas. A pesar del impacto histórico y socioeconómico del consumo de cacao, a nivel nacional no se cuenta con información sobre las propiedades bioquímicas del grano de cacao nicaragüense. El presente estudio determinó analíticamente el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante de los granos de cacao cosechado en tres regiones del país y en ciertos productos comerciales elaborados a partir de granos de cacao. La información generada es de utilidad para explorar nuevas oportunidades en nichos de mercado especializados en el cacao fino o de aroma, lo cual permitiría a los productores cacaoteros competir en el mercado por diferenciación de precios y no por volumen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo

Las muestras de cacao fueron obtenidas de diversas fincas ubicadas en tres regiones del país (Cuadro 1). Se tomaron muestras de cacao de 24 árboles en total, todos del tipo trinitario. De cada finca visitada se muestreó un árbol, excepto en Granada, en donde se tomaron cuatro muestras en la misma finca. La selección de los árboles en las plantaciones se hizo a partir del historial de productividad, madurez y estado fitosanitario. Se seleccionaron los árboles con alta productividad (más de 35 granos por mazorca) y con un buen historial de tolerancia a enfermedades. Cada árbol fue etiquetado y referenciado satelitalmente con un GPS (Garmin). De cada árbol se levantó una ficha agroecológica y se colectó la mazorca que a simple vista era la más grande y sana. Para el análisis de laboratorio se emplearon granos de cacao seco sin fermentar.

Cuadro 1. Muestras de cacao procedentes de tres zonas de Nicaragua para el análisis de antioxidantes (octubre 2010)

Zona	Cantidad de muestras	Municipio	# Fincas
Río San Juan	9	Los Guatusos	3
		El Castillo	6
		Nueva Guinea	5
Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS)	11	Muelle de los Bueyes	3
		Rama	3
		Nandaime	1
Total	24	6	21

Además, se muestrearon nueve productos comerciales elaborados a base de cacao, provenientes de diferentes países, comercializados localmente y con registro sanitario extendido por el Ministerio de Salud de Nicaragua. Según la Ley 182 y la Norma Técnica sobre el etiquetado de alimentos del Ministerio de Fomento a la Industria, es posible usar productos registrados para fines de investigación que indiquen los riesgos o beneficios a la salud humana por el uso o disfrute del producto. Se evaluaron cinco muestras de cacao en polvo de las marcas: Johnnys, Cocoa Dulce, Nesquik, Choco Choco, Cocoa Maya y cuatro muestras de chocolates de las marcas: Hersheys, Cacao Criollo de Venezuela, Chocovic y El Castillo del Cacao.

Preparación de la muestra

Tanto los granos de cacao como los productos comerciales analizados en este estudio fueron sometidos al mismo proceso químico analítico en el Laboratorio de BIOciencia de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN), sede de Managua. Los análisis se realizaron en octubre del 2010.

Secado

Todas las muestras de los granos de cacao y sin fermentar fueron secadas a 65°C por 16 horas en un horno eléctrico (Precision, LabMechanics). Se utilizaron dos tipos de granos: los granos recién extraídos de una mazorca fresca (granos frescos) y granos secos que tenían ocho meses de estar almacenados, sin fermentar (granos almacenados) (Cuadro 2). Cada grano fue macerado en un mortero hasta obtener partículas finas; luego se pesaron 10 mg de muestra para los procedimientos de extracción tanto de cacao pulverizado como de los productos comerciales elaborados a base de cacao (Osman et al. 2004).

Extracción de polifenoles

El cacao contiene polifenoles totales unido a otras estructuras como azúcares, y polifenoles libres y solubles cuyos enlaces no se encuentran ocupados por otras estructuras. Este hecho obligó a tratar las muestras con dos métodos de extracción. Para los polifenoles totales, a cada muestra se le añadió 1,3 ml de 1,2 M de ácido clorhídrico (HCl), posteriormente las muestras fueron incubadas a baño María a 42°C por 30 minutos; se centrifugaron a 1400 rpm. De cada muestra se extrajo 500 µl de sobrenadante al cual se le añadió 800 µl de 50% metanol. Para la extracción de polifenoles libres y solubles, se le añadió a cada muestra 1,3 ml de 50% metanol, luego se incubó en el horno a 65° C por 30 minutos; las

muestras se centrifugaron a 1400 rpm. (Osman et al. 2004). El sobrenadante fue utilizado en la medición.

Cuantificación de polifenoles

La cuantificación de polifenoles se hizo con el método de Folin-Ciocalteu (F-C), usando el ácido gálico (Sigma) como estándar (Yu-Tang et al. 2007). Los extractos fueron diluidos dos veces para los polifenoles totales y cinco veces para los polifenoles libres y solubles. A 20 µl de extracto se añadió 40 µl del reactivo de F-C junto con 940 µl de 0,4 M Na₂CO₃. Las muestras fueron incubadas en baño María a 42°C por 9 minutos. La absorbancia de las muestras se midió en un BIOespectrofotómetro Shimatzu a 765 nm y los resultados se expresaron en equivalentes de ácido gálico (µg/ml AG).

Determinación de la actividad antioxidante

La actividad antioxidante de los granos de cacao fue determinada con el método de DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). Los extractos se diluyeron dos veces para los polifenoles totales y cinco veces para los polifenoles libres y solubles. Se tomó 50 µl de extracto y se añadió 450 µl de 50 mM de Tris-HCl junto con 900 µl del reactivo DPPH (Sigma). Luego, las muestras se dejaron reposar a temperatura ambiente por 30 minutos. La absorbancia se midió con un BIOespectrofotómetro Shimatzu a 517 nm. Los resultados se expresaron como porcentaje de decoloración del radical DPPH (actividad antioxidante) utilizando la fórmula de Othman et al. (2007):

$$\% \text{Decoloración DPPH} = 1 \frac{Am - Abm}{DPPH} \times 100$$

Am= absorbancia de la mezcla de reacción (DPPH + extracto)

Abm= absorbancia del blanco de la muestra (extracto + agua)

DPPH= absorbancia de DPPH

RESULTADOS

Contenido de polifenoles totales

El 63% de las muestras mostraron tendencia a acumular valores de polifenoles totales por encima de la media (37 µg/ml). El mejor y peor resultado (muestras 1 y 23) se obtuvieron en una misma región (Nueva Guinea) con diferencia de hasta seis veces entre el valor más alto y el de menor concentración de polifenoles totales. Las muestras de la región de Granada arrojaron rangos con valores intermedios con tendencia a bajos, a pesar de que el análisis de la determinación de polifenoles totales se desarrolló en granos frescos y secos.

Cuadro 2. Cuantificación y actividad antioxidante de polifenoles totales

Zona	Tipo de muestra	CPT (µg/ml)	AA (%)	CPLS (µg/ml)	AA (%)
Nueva Guinea Paraisito	Granos almacenados	60	78,11	142,5	80,68
Rama Ciudadela	Granos almacenados	57	63,81	162,5	80,77
Río San Juan Los Guatusos	Granos almacenados	56	85,12	114	83,26
Rama Julio Buitrago	Granos almacenados	51	68,49	132,5	80,1
Muelle de los Bueyes Pintada I	Granos almacenados	51	55,27	117,5	66,75
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	49	82,68	150	85,55
Muelle de los Bueyes Las Maravillas	Granos almacenados	49	54,73	122,5	70,89
Granada Mombacho	Granos fresco	49	48,95	230	79,81
Rama Muelle Real	Granos almacenados	48	49,39	137,5	70,1
Río San Juan Los Guatusos	Granos almacenados	43	73,53	100	71,67
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	42	58,74	132,5	72,22
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	40	78,96	125	85,69
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	39	82,26	170	85,55
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	38	83,97	135	84,83
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	37	71,1	110,1	80,25
Río San Juan El Castillo	Grano almacenado	33	69,09	120	74,53
Río San Juan Los Guatusos	Granos almacenados	30	78,25	160	85,4
Granada	Grano fresco	29	43,72	207,5	70,38
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	28	38,32	70	29,90
Río San Juan El Castillo	Granos almacenados	26	67,38	97,5	69,38
Granada Mombacho	Grano fresco	24	42,16	170	88,10
Granada Mombacho	Grano fresco	19	31,53	132,5	61,84
Nueva Guinea La Esperanza	Granos almacenados	11	61,65	72,5	58,22
Muelle de los Bueyes	Granos almacenados	1	33,51	1	14,42

CPT = concentración de polifenoles totales

CPLS = concentración de polifenoles libres y solubles

AA= actividad antioxidante

En cuanto a la actividad antioxidante proveniente de los polifenoles totales y los polifenoles libres y solubles, los valores más altos se obtuvieron con las muestras de Río San Juan, con una actividad antioxidante mayor al 80% (Cuadros 2 y 3).

Contenido de polifenoles libres y solubles

El contenido máximo de polifenoles libres y solubles para un grano de cacao fresco correspondió a la muestra STE-AT-01 de Granada (230 µg/ml) y a la muestra mTc CA 25 de Río San Juan (170 µg/ml), para un grano almacenado (Cuadro 2). Al comparar ambos valores, para las dos áreas geográficas, se encontraron diferencias de 60 unidades. Sin embargo, al contrastar los valores de la actividad antioxidante para ambas muestras, el orden fue inverso: una de las muestras de Río San Juan mostró un 85,55% de actividad contra un 79,81% de la muestra de Granada. La muestra de Muelle de los Bueyes, donde se obtuvieron los valores más bajos tanto para el contenido de polifenoles totales como de polifenoles libres, provino de un árbol de la especie *Theobroma bicolor*.

En el Cuadro 3 se presentan los promedios de los análisis de valores antioxidantes por región. El valor promedio registrado para los polifenoles libres y solubles para todas las regiones fue mayor a los polifenoles totales en hasta cuatro veces su valor. Al comparar estos valores con los obtenidos de los productos comerciales elaborados a base de cacao, se evidenció una concentración de polifenoles libres y solubles de menos de la mitad en los productos comerciales (Cuadros 3 y 4). Al comparar el valor promedio del contenido de polifenoles libres y solubles (141µg/ml) de todas las regiones geográficas con las muestras comerciales (24 µg/ml) la diferencia es de casi 6 veces su valor. Sin embargo, esta

proporción de diferencia no se mantiene cuando comparamos la actividad antioxidante cuya diferencia es de apenas 8 unidades (Cuadro 3).

Al contrastar los valores promedio para las muestras de granos frescos (Granada, 185µg/ml) con las muestras de granos almacenados de las otras dos regiones (120 µg/ml), la diferencia es de 65 unidades. Pero dicha distancia se reduce cuando comparamos la actividad antioxidante (75%) de las muestras de Granada con las otras dos regiones (72,5%). Los valores de polifenoles libres y solubles registrados en los productos comerciales variaron entre 9 y 50 µg/ml con una diferencia de cinco veces entre el valor máximo (Cocoa Maya) y mínimo (barra de chocolate Chocovic). En cuanto a la actividad antioxidante, la diferencia es de apenas dos veces. Al comparar los productos comerciales en polvo solamente, la diferencia entre el mayor y el menor valor en la concentración de polifenoles libres y solubles osciló entre 2 y 3 veces y la actividad antioxidante también fue más o menos similar. Sin embargo, hay una marcada diferencia en ambos valores para las concentraciones obtenidas en las barras de chocolate (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

Desde el punto de vista fitoquímico, los polifenoles libres y solubles son los más importantes ya que son más reactivos frente a los radicales libres debido a que sus grupos de hidroxilos no se encuentran enlazados con otras moléculas. Esto les confiere una alta capacidad de donar electrones o capturar los electrones desapareados, susceptibles de provocar daños celulares. Por otro lado, los polifenoles totales son representados por moléculas cuyos grupos químicos reactivos se encuentra asociados a proteínas, polisacáridos o proteínas, lo cual dificulta su posibilidad de captura de electrones agresivos. Esto hace que los polifenoles totales sean menos atractivos para la actividad antioxidante, en comparación con sus pares los polifenoles libres y solubles.

De las 24 muestra analizadas, las de Nueva Guinea presentaron los valores de polifenoles totales más altos (60 µg/ml) y más bajos (11 µg/ml) (Cuadro 2). Ambas muestras provienen de la misma zona geográfica pero de diferentes fincas. El mismo fenómeno se observó al comparar el contenido de polifenoles totales en muestras de cacao fresco recolectadas en Granada (49 µg/ml máximo y 19 µg/ml mínimo). Esto demuestra que la influencia del ambiente no es tan decisiva en la manifestación de la concentración de polifenoles totales. Muy probablemente, esta variabilidad se asocia con a

Cuadro 3. Valor medio de concentración de polifenoles según procedencia de las muestras

Zona	Número de muestras	CPT (valor medio µg/ml)	CPLS (valor medio µg/ml)	AA (%)
Granada	4	30	185	75
Río San Juan	9	39	130	81
RAAS	11	39	109	64
Promedio		36	141	74,4
Productos comerciales	10	13	24	66

CPT = concentración de polifenoles totales
 CPLS = concentración de polifenoles libres y solubles
 AA= actividad antioxidante

Cuadro 4. Cuantificación y actividad antioxidante de polifenoles libres y solubles de productos comerciales derivados del cacao

Producto	País de elaboración	Estado físico	CPLS (µg/ml)	Actividad antioxidante (%)
Cocoa Maya	Nicaragua	Polvo	50	76,65
Cacao Criollo	Venezuela	Barra de chocolate	38,5	86,38
El Castillo del Cacao	Nicaragua	Barra de chocolate	32,5	78,61
Choco Choco	México	Polvo	24,5	78,58
Johnnys	Costa Rica	Polvo	18,5	70,63
Cocoa Dulce	Costa Rica	Polvo	16,5	65,33
NesquikNestle	Brasil	Polvo	15,5	57,44
Hersheys	USA	Barra de chocolate	10,5	43,8
Chocovic, Jade	Venezuela	Barra de chocolate	9	38,86

otro tipo de parámetros de constitución genética y de manejo pre y postcosecha.

Las muestras de Río San Juan obtuvieron, en la actividad antioxidante, un porcentaje igual o mayor al 80% para los polifenoles totales y libres. Durante la toma de muestras, los árboles presentaban una alta incidencia de monilia; es muy probable que la presencia de dicho patógeno estimule en la planta, como mecanismo de defensa, un conglomerado de moléculas con alto potencial antioxidante con la intención de contrarrestar el daño ocasionado por el patógeno (Gutiérrez 2002).

Por otra parte, el contenido de polifenoles libres y solubles en granos frescos (Granada) y almacenados (Río San Juan y RAAS) fue menor en los primeros. Esto nos permite suponer que el tiempo de almacenaje no hace que se pierdan polifenoles libres y solubles. La tendencia natural es que el contenido de antioxidantes libres y solubles disminuya gradualmente desde que la mazorca es cortada hasta que el grano es secado y almacenado. No obstante, es recomendable no almacenar por mucho tiempo el grano de cacao, ya que la capacidad antioxidante sí disminuye ante la incidencia de la luz y la exposición al oxígeno (aire) o humedad.

La muestra mTc MB 36 (Cuadro 2) constituye un caso digno de mención. Esta muestra corresponde a un grano de *Theobroma bicolor*, una especie de cacao con semillas color crema y alto contenido de grasa. Hay una marcada diferencia entre el contenido de antocianinos -que también son antioxidantes- entre este tipo de grano y otros de pigmentación oscura, café o violeta. Esto está determinado por la constitución genética del tipo de cacao. El bajo contenido de polifenoles totales y solubles (1 µg/ml) y su baja actividad antioxidante se corroboró en el presente estudio.

Las plantas de cacao tienen una tendencia natural, determinada por sus rutas metabólicas, de producir mayor cantidad de polifenoles libres y solubles que polifenoles totales (Cuadro 3) -la diferencia puede ser hasta 4 veces mayor-. Autores como Hannun y Erdnam (2000) y Porter et al. (1991) confirman que el cacao y el chocolate tienen concentraciones variables de flavonoides. Aunque dichos polifenoles no son exclusivamente antioxidantes, dentro de ellos hay alrededor de 500 compuestos asociados a aroma y sabor, propiedades requeridas en el cacao fino (Frauendorfer y Schieberle 2006, Luna 2002).

Al comparar el valor promedio por regiones (Cuadro 3) del contenido de polifenoles libres y solubles con las muestras comerciales se obtuvo una diferencia redondeada de 6 veces. Este hecho confirma la aseveración de Wollgast (2000), en cuanto a que los procesos de postcosecha, secado, fermentación, almacenamiento y transporte del grano de cacao, al igual que los procesos industriales (tostado, tratamiento alcalino) de producción de chocolate disminuyen el contenido de polifenoles libres y solubles. Sin embargo, dicha diferencia no se mantiene cuando comparamos la actividad antioxidante debido a que, durante el proceso de elaboración de los productos comerciales, se agregan otros compuestos como azúcares que aportan grupos OH extras que se comportan como agentes antioxidantes.

El estudio permitió confirmar que no hay una correspondencia lineal entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante (Cuadro 3). Esto quiere decir que no es de esperar que a mayor contenido de polifenoles haya una mayor actividad antioxidante. Tal es el caso de Granada, que mantiene una concentración de polifenoles de 185 µg/ml pero manifiesta una actividad antioxidante de 75%, muy por debajo de la reportada

para Río San Juan (81%). El grupo de moléculas que constituyen los polifenoles es muy variado y su respuesta antioxidante depende del tipo de molécula. No todos los polifenoles reaccionan con el mismo ímpetu para generar una contundente actividad antioxidante. En el caso en que coincidan un valor alto de polifenoles con una alta actividad antioxidante (Cuadro 2, muestra STE-AT-04), esto se debe a que el grupo de moléculas que conforman el valor del polifenol tiene propiedades de ceder electrones con facilidad para generar una respuesta antioxidante.

En los productos comerciales, el valor de la actividad antioxidante no se corresponde linealmente con la concentración de polifenoles libres y solubles (Cuadro 4) debido a que en el proceso de elaboración del chocolate se añaden preservantes o azúcares que contribuyen al incremento de la actividad antioxidante. Estas moléculas exógenas poseen grupos OH que incrementan el potencial antioxidante de manera artificial. Es por eso que en la muestra 2 (cacao criollo, Venezuela) del Cuadro 4, observamos que a pesar de tener un bajo contenido de polifenoles libres y solubles su actividad antioxidante es alta. Desde el punto de vista de la salud es recomendable consumir chocolate con el mayor grado de pureza y menor contenido de azúcar. Hoy en día se comercializa este tipo de chocolate lo que ofrece nuevas oportunidades de negocios a los productores, dirigidas a un mercado gourmet o fino con énfasis en propiedades nutricionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Franco, OH; Bonneus, L; de Laet, C; Peeters, A; Steyerberg, EW; Mackenbach, JP. 2004. The polymeal: a more natural, safer, and probably tastier (than the polypill) strategy to reduce cardiovascular disease by more than 75%. *BMJ* 329:1447-1450.
- Frauendorfer, F; Schieberle, P. 2006. Identification of the key aroma compounds in cocoa powder based on molecular sensory correlations. *J. Agric. Food Chem.* 54: 5521-5529.
- Gutiérrez Maydata, BA. 2002. Chocolate, polifenoles y protección a la salud. *Acta Farm. Bonaerense* 21(2): 149-52.
- Hannum, SM; Erdman, JW. 2000. Emerging health benefits from cocoa and chocolate. *J. Med. Food* 3:73-5.
- Luna, F; Crouzillat, D; Cirou, L; Bucheli, P. 2002. Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3527-3532.
- Osman, H; Nasarudin, R; Lee, SL. 2004. Extracts of cocoa (*Theobroma cacao* L.) leaves and their antioxidation potencial. *Food Chemistry* 86: 41-46.
- Othman, A; Ismail, A; Ghani, NA; Adenan, I. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content in cocoa beans. *Food Chemistry* 100:1523-1530.
- Porter, LJ; Ma, Z; Chan, B. 1991. Cacao procyanidins: major flavonoids and identification of some minor metabolites. *Phytochemistry* 30:1657-63.
- Ramos, S. 2007. Effects of dietary flavonoids on apoptotic pathways related to cancer chemoprevention. *Journal of Nutritional Biochemistry* 18: 427-442.
- Siels, H; Schewe, T; Heiss, C; Kelm, M. 2005. Cocoa polyphenols and inflammatory mediators. *The American Journal of Clinical Nutrition* 81: 304S-312S.
- Tránsito, M. 2002. Fitoterapia: Flavonoides. *OFFARM* 21(4): 108-114.
- Usmani, OS; Belvisi, MG; Patel, HJ; Crispino, N; Birrell, MA; Korbonits, M. 2005. Theobromine inhibits sensory nerve activation and cough. *FASEB J.* 19:231-233.
- Wollgast, JA. 2000. Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International* 33: 423-447.
- Yu-Tang, T; Jyh-Horng, W; Yueh-Hsiung, K; Shang-Tzen, C. 2007. Antioxidant activities of natural phenolic compounds from *Acacia confusa* bark. *Bioresource Technology* 98: 1120-23.

En comparación con otros países productores y exportadores de cacao, la actividad antioxidante del cacao de Nicaragua es positiva. Según Othman et al. (2007), en Malasia, Ghana y Costa de Marfil se encontraron valores de 67, 74 y 71%, respectivamente, en tanto que para este estudio, el valor medio fue de 74,4%. Sin embargo, en algunas regiones de Nicaragua (Cuadro 2) se encontraron árboles que superan ampliamente ese. Dichos genotipos podrían constituirse en el material vegetativo a reproducir en un programa de mejoramiento genético.

RECOMENDACIONES

Los resultados presentados en este estudio son parte de un primer ensayo experimental sobre las propiedades bioquímicas del cacao nacional. La información generada podría brindar las pautas a futuras investigaciones que permitan vincular el contenido de polifenoles totales y libres presentes en el cacao con las diferentes regiones cacaoteras del país y así construir el perfil del mapa bioquímico del cacao nicaragüense. Recomendamos realizar muestreos representativos en las distintas zonas de producción para la caracterización del contenido de polifenoles y asociarlas a marcadores moleculares de ADN para desarrollar un programa de mejoramiento genético.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación contó con el apoyo financiero de *ICCO & Kerk in Actie*.

Artículos invitados

Evolución, aplicación y futuro de la agroforestería en Nicaragua

Luis Orozco Aguilar¹, Arlene López Sampson¹

RESUMEN

Se calcula que en Nicaragua existen unas 2 millones de hectáreas bajo sistemas agroforestales. Se ha documentado la diversidad arbórea de los sistemas agroforestales especialmente en cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles dispersos en potreros, café y cacao con sombra. La agroforestería ha estado por más de 30 años en la agenda de instituciones de gobierno, centros de investigación, academia, organizaciones no gubernamentales y proyectos. Sin embargo, se requieren mayores esfuerzos para promover la agroforestería como una opción para el manejo sostenible de la tierra y que sea parte de la estrategia de seguridad alimentaria y nutricional y del cambio climático en el país.

Palabras clave: prácticas agroforestales, educación, organizaciones

LÍNEA DE TIEMPO

La agroforestería se ha aplicado en varias modalidades técnicas, en varios usos de la tierra y en cuatro grandes momentos del desarrollo agropecuario de Nicaragua (Gunkel 1994). El primer momento ocurrió durante la década de 1980 e inicio de 1990, cuando se promovieron sistemas agroforestales con cultivos anuales en el trópico seco del país. Durante ese período se coejecutaron, entre la cooperación y las autoridades ambientales del país, unos 12 programas/proyectos agroforestales (Chavarría 2001). El énfasis agroforestal de tales proyectos fue el establecimiento de plantaciones energéticas (12.500 ha), cercas vivas (659 km) y cortinas rompevientos (2000 km). Por ejemplo, en la década de 1980, el IRENA² estableció 1120 km de cortinas rompevientos en 4500 ha de suelos agrícolas de alto valor, al este de León, Nicaragua. Esta acción se realizó para contrarrestar el efecto (afectación de vías respiratorias, disminución de visibilidad, pérdida de tierra fértil) que las prácticas agrícolas mecanizadas y los fuertes vientos producían en las áreas urbanas y periurbanas de León (IRENA 1993, Jerez 1976).

También durante el mismo período, el CATIE, en coordinación con instituciones gubernamentales como el Marena, el Inafor y el INTA, fomentaron el establecimiento de árboles de uso múltiple (plantaciones energéticas), cercas vivas (en usos de suelo como granos básicos, pastizales y caña) y el cultivo en callejones (maíz y frijol) como alternativas de producción para los pequeños agricultores periurbanos en tres departamentos del país (León, Managua y Masaya) (Current y Scherr 1995). Entre 1990-1995 varios organismos de investigación (CATIE, IICA, CIAT, INTA) y de desarrollo agrícola (FAO y GTZ) caracterizaron el conocimiento local, manejo tradicional y mejoramiento de los huertos caseros urbanos y periurbanos de la Meseta de los Pueblos y promovieron la diversificación productiva, el control integrado de plagas y la incursión en los mercados locales y nacionales (Méndez et al. 1996). En este mismo periodo el Programa Socioambiental y de Desarrollo Forestal (Posaf-Marena) promovió masivamente el cultivo en callejones y los barbechos mejorados como alternativa para la agricultura en laderas. El sistema taungya fue promovido ampliamente en la Meseta de los Pueblos, pero su aceptación y éxito fueron limitados (Current y Scherr 1995).

¹ Consultores agroforestales, León, Nicaragua (luisoroz@catie.ac.cr, lopeza@catie.ac.cr)

² Instituciones mencionadas en el texto: IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Marena (Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente), Inafor (Instituto Nacional Forestal), INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), GTZ (Cooperación Técnica Alemana), UNA (Universidad Nacional Agraria), Unicafé (Unión Nicaragüense de Cafetaleros).

Un segundo momento de expansión y cambio en la agroforestería nicaragüense ocurrió desde mediados de la década de 1990 hasta el año 2000, en una época cuando la caficultura experimentaba una fuerte crisis de bajos precios. La agenda agroforestal se enfocó en los cafetales del norte de Nicaragua (Matagalpa y Jinotega). Entre 1990-2003, el CATIE, en coordinación con la UNA, el INTA y la Unicafé, establecieron una red de ensayos agroforestales de café con sombra de maderables (*Tabebuia rosea*, *Cordia alliodora*, *Simarouba glauca*) y leguminosos (*Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Inga* spp) en zonas secas (Campos Azules, Masatepe, Masaya) y húmedas (Tuma-La Dalia, Matagalpa). Estos ensayos buscaban promover la diversificación productiva de la sombra de cafetales; como parte del proceso, se ofreció capacitación y asistencia técnica a las organizaciones productivas sobre el control biológico e integrado de la broca y roya del cafeto, se hizo investigación aplicada sobre manejo de la sombra y malezas y se fomentó la experimentación en finca (Haggar et al. 2001).

El tercer momento de auge agroforestal en Nicaragua se dio desde finales de la década de 1990 hasta el 2005, cuando la problemática agropecuaria y forestal de Nicaragua se centra en dos grandes frentes: 1) el fuerte avance de la frontera agrícola liderado por la agricultura migratoria que amenazaba los reductos de bosque de la zona atlántica del país y 2) la alimentación y sanidad del ganado durante la estación seca en la región pacífica (Managua, Rivas, Boaco y Chontales). En ese momento se necesitaban alternativas silvopastoriles. Entre 1998 y 2002 se ejecutaron cerca de 25 proyectos en la zona norcentral (Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales) y sur del país (Nueva Guinea, El Rama), orientados al establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles (árboles dispersos en potreros, cercas vivas, bancos forrajeros y energéticos, protección de bosques de galería). Estos proyectos apuntaban hacia una ganadería sostenible que minimizara los efectos ambientales de la ganadería extensiva y sostuviera el hato ganadero durante la época seca (Otárola 1995, Betancourt et al. 2003).

El cuarto momento de repunte de la agroforestería en Nicaragua arranca en 2005 y se mantiene hasta la fecha, gracias a la fuerte promoción del cacao con sombra como una alternativa productiva para pequeños agricultores que viven en zonas remotas, de frontera agrícola, con difícil acceso y cerca de áreas protegidas de interés nacional. El cacao se propone también como un rubro productivo que ayuda a la restauración de las tierras degradadas por la ganadería extensiva y zonas afectadas

por el huracán Félix en 2007. Durante este periodo, varios proyectos y alianzas público-privadas han invertido cerca de U\$5 millones en el fomento de nuevas áreas, organización productiva, acopio, beneficiado y comercialización del grano, extensión rural en varias modalidades (productores/ras líderes, promotores/ras, equipos técnicos). Se han desarrollado manuales de enseñanza (temas productivos, de organización, beneficiado, fertilización, plagas y enfermedades) y se ha elaborado una agenda de investigación bastante diversa (desde agronomía del cacao hasta el potencial de los SAF-cacao como proveedores de servicios ambientales). A nivel nacional se cultivan unas 7500 ha de cacao en manos de unos 8000 familias productoras, en pequeñas áreas (1 ha en promedio) y con bajos rendimientos ($350 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Somarriba et al. 2009). Durante el 2010, Nicaragua exportó 1900 Tm de cacao (0,03% en la producción mundial) que aportaron a la economía nacional U\$3 millones (Cetrex 2010). Nicaragua dispone del potencial genético de cacao y de tierras para cultivar unas 250.000 ha y producir unas 5000 Tm de cacao para el 2015 (Mesa Nacional de Cacao 2011).

En el tema de políticas públicas, el estado de Nicaragua, mediante la promulgación de la política nacional de desarrollo sostenible del sector forestal de Nicaragua (03 de junio de 2008), reconoce e incluye el concepto y promoción de sistemas agroforestales. Dicha política establece que se debe vincular la actividad agropecuaria y forestal con el fomento de sistemas agroforestales en los principales rubros de exportación: café, cacao, ganadería bovina y frutícola, para garantizar el mejoramiento ambiental, combate a la pobreza y la seguridad y soberanía alimentaria de la población nicaragüense. Entre los lineamientos de la política para el fomento y promoción forestal y agroforestal se establece que las fincas con vocación agropecuaria deben mantener al menos el 20% de sus tierras bajo cobertura forestal o sistemas agroforestales.

DIVERSIDAD ARBÓREA EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE NICARAGUA

Se ha documentado la diversidad de leñosas perennes en varios sistemas agroforestales del país, pero con notorio énfasis en árboles dispersos en potreros, cercas vivas y cafetales con sombra (Cuadro 1). A continuación un resumen de los principales resultados.

Árboles dispersos en potreros: existe una mediana riqueza y abundancia de árboles en las fincas ganaderas del pacífico y centro de Nicaragua. Se ha documentado la utilización de unas 15 especies leñosas forrajeras, de las

Cuadro 1. Riqueza y densidad de especies arbóreas en varios sistemas agroforestales de Nicaragua

Tipo de SAF	Sitio	Densidad (árboles ha ⁻¹)	Total de especies	Especies representativas	Fuente
Árboles dispersos en potreros	Matiguas, Matagalpa	184	180	<i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Bursera simaruba</i> , <i>Tabebuia rósea</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Albizia saman</i>	Sánchez et al. 2005
	Muy Muy, Matagalpa	38,5	85	<i>Cordia alliodora</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Pachira quinata</i> , <i>Samanea saman</i>	Esquivel 2005
	Belén, Rivas	16,2	72	<i>Cordia alliodora</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Byrsonima crassifolia</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Cordia dentata</i> , <i>Samanea saman</i>	Sánchez et al. 2006
	Boaco, Chontales	42	108	<i>Bursera simaruba</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Byrsonima crassifolia</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Cordia dentata</i> , <i>Platymiscium pleiostachyum</i> , <i>Acrocomia vinifera</i> , <i>Samanea saman</i>	Zamora et al. 2001
	Mirafior, Estelí	30-82	52	<i>Acacia pennatula</i> , <i>Piscidia grandifolia</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Samanea saman</i> , <i>Albizia saman</i> , <i>Tabebuia rosea</i>	Casassola et al. 2001
Café con sombra	Meseta de los Pueblos y El Crucero-Pacífico	144-427	56	<i>Gliricidia sepium</i> , <i>Citrus spp.</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Enterolobium cyclocarpum</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Inga densiflora</i> , <i>Ficus isophlebia</i> , <i>Amphipterygium adstringens</i>	Bonilla y Somarriba 1999
	San Ramón y Matagalpa	120-316	62	<i>Citrus spp.</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Juglans olanchana</i> , <i>Croton panamensis</i> , <i>Licania lipoteuca</i> , <i>Psidium guajava</i> , <i>Persea americana</i> , <i>Inga spp.</i> , <i>Bactris gasipaes</i> , <i>Heliocarpus apendiculatus</i> , <i>Terminalia oblonga</i>	López et al. 2003
	El Sombrero, Jinotega	155	50-70	<i>Erythrina fusca</i> , <i>Erythrina poeppigiana</i> , <i>Croton shiediumun</i> , <i>Inga vera</i> , <i>Juglans olancha</i> , <i>Solanum sp.</i>	Medina et al. 2008
	Mirafior-Moropotente, Estelí	160-487	63	<i>Inga oerstediana</i> , <i>Sapium glandulosum</i> , <i>Persea caerulea</i> , <i>Cinnamomum costaricanum</i> , <i>Inga punctata</i> , <i>Nectandra martinicensis</i> , <i>Croton draco</i> , <i>Ficus ovalis</i> , <i>Solanum glandulosum</i> , <i>Eugenia guatemalensis</i> , <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Ficus ovalis</i> , <i>Luehea speciosa</i>	Zúñiga et al. 2004
Cacao con sombra	Yasica Sur, Matagalpa	286-425	21-52	<i>Inga edulis</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Inga punctata</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Juglans olanchana</i> , <i>Citrus sinensis</i> , <i>Persea americana</i> , <i>Vernonia patens</i> , <i>Mangifera indica</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Cedrela odorata</i>	Méndez y Bacon 2005
	Waslala	153 (20-260)	45-125	<i>Citrus spp.</i> , <i>Inga spp.</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Bactris gasipaes</i> , <i>Terminalia oblonga</i> , <i>Mangifera indica</i> , <i>Persea americana</i> , <i>Cocos nucifera</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Psidium guajava</i>	Orozco y Deheuvels 2008
	Cercas vivas	Belén, Rivas	148,6*	7 (17)**	<i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Cordia dentata</i> , <i>Acacia collinsii</i> , <i>Myrospermum frutescens</i> , <i>Simarouba glauca</i>
Matiguas, Matagalpa		203,6	7 (20)	<i>Bursera simaruba</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> , <i>Pachira quinata</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Erythrina berteriana</i>	
Cortinas rompevientos	León	540*	15***	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> , <i>Tecoma stans</i> , <i>Moringa oleifera</i> , <i>Simarouba amara</i> , <i>Melia azedarach</i> , <i>Anacardium occidentale</i>	Rubi et al 2003

* Densidad arbórea promedio con dap ≥ 10 cm (árboles/km de cercas vivas y/o cortina).

** Número promedio de especies por cerca viva (número de especies arbóreas por finca).

*** Total de especies incluidas en el diseño de las cortinas.

cuales las más usadas son *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Erythrina spp.*, *Samanea saman*, *Crescentia alata*, *C. cujete*, *Albizia saman*, *Leucaena leucocephala* y *Enterolobium cyclocarpum* (Zamora et al. 2001). La riqueza arbórea en potreros varía entre 52-190 especies

en total (7,5 especies ha⁻¹ potrero⁻¹) y una densidad media entre 16-184 árboles ha⁻¹. En general, los productores suministran (principalmente a vacas en producción y terneros) el follaje en los comederos una vez al día, a razón de 4 a 5 kg animal⁻¹ día⁻¹, con un rango que va de 3

a 9 kg. Los árboles dispersos en potreros son importantes como fuente de follaje y frutos para el ganado y de bienes (madera y leña) y servicios al productor (sombra para el ganado, hábitat para aves y murciélagos).

Cortinas rompevientos: las especies dominantes en las cortinas rompeviento son *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala*, *Tecoma stans*, *Moringa oleifera*, *Simarouba amara*, *Melia azedarach* y *Anacardium occidentale*. En 20 años (1980-2000), las cortinas rompevientos han sido reducidas de 1120 km a cerca de 630 km. En promedio, existen 54 árboles/100 m de cortina (± 33 árboles), en comparación con las 320 plantas que existían al inicio. El número de filas y el ancho también disminuyó de 5 a 4 filas y de 10 a 9 m, respectivamente. La reducción en la densidad de plantas fue un proceso progresivo: del 100% en 1980, se redujo a 59% en 1985, a 42% en 1990, luego 25% en 1995 y finalmente, 17% en el 2000. La degradación de las cortinas rompevientos fue el resultado de una combinación de aprovechamiento de madera, extracción de leña, incendios y expansión del uso agrícola del suelo. Al 2000, se estimó que existían 100 m³ Scc/km lineal de cortina, que representaban un ingreso potencial de US\$309.556 km⁻¹. Debido a la degradación actual de las cortinas, se debe considerar un plan de rehabilitación con el fin de recuperar su funcionalidad (Rubi et al. 2003).

Cercas vivas: las cercas vivas son comunes en las fincas ganaderas de Nicaragua, donde delimitan los campos agrícolas, las pasturas y los límites de las fincas, y forman elaboradas redes de cobertura arbórea a lo largo del paisaje rural (Harvey et al. 2003). El proyecto Fragment del CATIE estudió la presencia, cobertura, composición botánica y estructura de cercas vivas en dos zonas ganaderas contrastantes del país (Belén, Rivas y Matiguás, Matagalpa). En resumen, la abundancia y diversidad arbórea de las cercas vivas varió de una finca a otra, tanto entre paisajes como dentro de ellos. Había típicamente más de 22 cercas vivas por finca, aunque muchas menos en Rivas. Las especies comúnmente manejadas en cercas vivas son *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dentata* y *Bursera simaruba*. La longitud total de las cercas vivas por finca también fue variable, con una media general de 3 km finca⁻¹. La longitud promedio de las cercas vivas dentro de la finca fue de 0,14 km ha⁻¹ y de 0,22 km ha⁻¹ en pasturas (Harvey et al. 2003).

Cafetales con sombra: la diversidad arbórea de los cafetales de Nicaragua ha sido profusamente estudiada. Los doseles de sombra son estructuralmente diversos

y pueden albergar entre 50-70 especies a densidades variables (Bonilla y Somarriba 1999, López et al. 2003, Zúñiga et al. 2004). El diseño y manejo del cafetal refleja la realidad socioeconómica del productor y la finca, así como las condiciones agroecológicas del sitio y las oportunidades y limitaciones del sistema cafetalero (Somarriba 2002). Las especies que dominan los doseles de sombras son frutales (*Citrus* spp, *Mangifera indica*, *Persea americana*), maderables (*Juglans olanchana*, *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*), árboles de uso múltiple (*Inga* sp, *Gliricidia sepium*, *Ficus* spp). Existe una relación inversa entre el tamaño de la finca y la riqueza, densidad y porcentaje de sombra en los cafetales: los doseles de sombras más diversos se encuentran en fincas de pequeños y medianos productores con baja intensidad de manejo y bajo nivel socioeconómico.

Cacao con sombra: El dosel de sombra de los cacaotales de Waslala, principal municipio productivo del país, puede albergar hasta 180 especies arbóreas (7 especies en 1000 m²), con una densidad media de 153 árboles ha⁻¹ (20-260 árboles ha⁻¹). Los árboles de sombra se distribuyen en la siguiente proporción: el 50% se ubica en el estrato bajo (1-10 m), el 33% en el estrato medio (11-20 m) y el restante 17% en el estrato alto (más de 20 m). La mayoría de los cacaotales (75%) tienen solo dos estratos de sombra y el restante 25% tuvo entre dos-tres estratos (Somarriba et al. 2008). Las especies dominantes en el estrato bajo son los frutales: cítricos (*Citrus* spp), las musáceas (*Mussa* spp), mango (*Mangifera indica*), aguacate (*Persea americana*) y guayaba (*Psidium guajava*); en el estrato medio destacan las especies de sombra: guabas (*Inga* spp), madero negro (*Gliricidia sepium*), guarumo (*Cecropia peltata*) y roble (*Tabebuia rosea*); en el estrato alto sobresalen los maderables de regeneración natural: laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), nogal (*Juglans olanchana*), guayabón (*Terminalia oblonga*) y la palma de pejibaye (*Bactris gasipaes*).

Cobertura agroforestal del país

El inventario nacional forestal realizado por Inafor, Marena y Magfor bajo el auspicio y supervisión de la FAO (Magfor, Inafor, FAO 2010) estima que Nicaragua cuenta con una superficie de 7.572.489 ha con cobertura de árboles el 58,24% del territorio nacional. Además, alrededor de 2 millones de hectáreas están ocupadas con sistemas agroforestales, de las cuales el 75% (1.583.992 ha) están bajo ganadería extensiva con árboles, seguido de cultivos anuales con árboles y café con sombra (Cuadro 2). La densidad arbórea en todos los SAF varía

de 44 árboles ha⁻¹ en cultivos anuales hasta 131 árboles ha⁻¹ en cafetales con sombra. El inventario nacional estima que, en el país, hay casi 15 millones de metros cúbicos de madera comercial bajo SAF, que representan más de 21 millones de toneladas de carbono atmosférico fijado. Estas cifras muestran el potencial que estos sistemas de uso de la tierra representan para la generación de ingresos a los dueños del recurso y el beneficio ambiental de impacto global y local que proporcionan.

Del total de madera con potencial comercial estimado, el 62% corresponde a las áreas de ganadería exten-

siva arbolada, cuya componente arbóreo proviene de la regeneración natural con poco o ningún manejo silvicultural (Villacis et al. 2003). Cabe señalar que las plantaciones en línea (cortinas rompeviento, cercas vivas, linderos y setos) no formaron parte del estudio por lo que el potencial agroforestal para plantar, manejar y aprovechar leñosas perennes es mayor al reportado en el inventario nacional. Finalmente, las autoridades forestal, política y ambiental del país (Inafor, Marena, Magfor) reconocen que para aumentar la cobertura forestal nacional se debe dar prioridad al manejo de 1,9 millones ha de tacotales y aplicar técnicas silvícolas

Cuadro 2. Cobertura y productividad de varios sistemas agroforestales en Nicaragua

Tipo de SAF	Superficie (ha)	Proporción del gran total (%)	Volumen (m ³)	Volumen comercial (m ³)	Área basal (m ² ha ⁻¹)	Densidad (árboles ha ⁻¹)	Materia seca total (TM)	Carbono total (TM)
Café con sombra	152.543	7,27	16.494.443	3.396.039	9,64	131,15	7.837.544	3.684.138
Cacao con sombra	12.781	0,61	294.597	60.325	3,22	81,16	232.498	109.243
Frutales perennes	13.501	0,64	829.434	16.925	4,97	53,39	234.133	110.069
Sistemas silvopastoriles	90.380	4,31	2.179.446	262.704	3,75	78,78	1.748.384	821.886
Cultivos anuales con árboles	190.341	9,07	4.582.497	1.440.284	2,66	44,8	2.729.569	1.301.514
Huertos caseros/ Patios	55.588	2,65	2.897.871	502.980	7,22	118,6	2.402.929	1.162.366
Ganadería extensiva con árboles	1.583.992	75,46	41.166.540	9.283.317	3,00	63,71	29.892.973	14.087.317
Gran total	2.099.126	100,00	68.444.828	14.962.575	-	-	45.078.031	21.276.534

Fuente: Magfor, Inafor, FAO (2010).

Principales tecnologías agroforestales aplicables en diferentes zonas agroclimáticas de Nicaragua

Región (zona climática)	Departamentos	Énfasis ambiental	Tecnología agroforestal
Pacífico (bosque seco tropical y de sabana)	Chinandega, León	Manejo y restauración del bosque seco tropical y sabana arbolada	Cortinas rompeviento, cercas vivas, árboles dispersos en cultivos anuales y potreros
	Managua, Masaya, Granada	Desarrollo agropecuario sostenible	Cerca vivas, linderos maderables y frutales, árboles dispersos en potreros y cultivos anuales, taungya, huertos caseros
	Carazo, Rivas	Desarrollo agropecuario sostenible	Café con sombra, plantaciones lineales, árboles dispersos en potreros y cultivos anuales, cercas vivas, huertos caseros, taungya, barbechos mejorados
Norte-Central (bosque seco tropical de sabana, bosque seco tropical de altura, clima monzónico tropical)	Estelí, Madriz, Nueva Segovia	Desarrollo forestal sostenible	Café con sombra, árboles dispersos en potreros, cercas vivas, manejo de pinares
	Matagalpa, Jinotega	Desarrollo agropecuario y forestal sostenible	Café y cacao con sombra, linderos maderables, manejo de regeneración natural, cercas vivas, cultivo en callejones
	Boaco, Chontales	Desarrollo agropecuario sostenible	Café con sombra, cercas vivas, árboles dispersos en potreros y bancos forrajeros
Atlántico (clima monzónico tropical y clima de selva tropical)	RAAN	Desarrollo forestal y agroforestal sostenible y restauración de zonas de amortiguamiento	Cacao con sombra, taungya, plantaciones lineales, árboles dispersos en potreros, cercas vivas, enriquecimiento de tacotales, restauración de bosque de galería, barbechos mejorados, manejo de la regeneración natural y silvicultura
	RAAS		
	Río San Juan		

Fuente: Adaptado de Chavarría 2001

que favorezcan el crecimiento de árboles; entre ellas, el enriquecimiento de tacotales y bosques secundarios con especies maderables nativas, el establecimiento de SAF y la gestión y ejecución de proyectos de pagos por servicios ecosistémicos (Magfor, Inafor, FAO 2010). Se debe privilegiar al sector ganadero como aliado estratégico del sector forestal, ya que representa 3,68 millones de hectáreas de tierras con vocación forestal y agroforestal.

La agroforestería en la educación universitaria

A partir de 1995, las universidades y centros de enseñanza técnica que ofrecen carreras con perfil agropecuario y forestal empezaron a incorporar temáticas sobre sistemas agroforestales y silvopastoriles en sus currículos académicos. La oferta de la carrera de ingeniería agroforestal en el país (4-5 años de duración) es más reciente (2006), y de las 11 universidades miembros del Consejo Nacional de Universidades, únicamente tres (dos públicas y una privada) la ofrecen. La población de egresados durante el 2010 ascendió a 50 profesionales agroforestales. Los restantes centros de estudio imparten los cursos agroforestales en modalidad trimestral, semestral o como cursos alternativos y/o complementarios al tronco común de cada carrera. Cabe señalar que el contenido temático, metodológico y el balance teórico-práctico de los currículos agroforestales del país son variables y muy generales. Se hace poco énfasis en metodologías para la investigación agroforestal, la disponibilidad, acceso y uso de literatura agroforestal relevante y actual son bajos y el cuerpo docente carece de oportunidades de actualización profesional y de recursos para hacer investigación aplicada².

Varias universidades nacionales -entre ellas, la Universidad Nacional Agraria, la Universidad Centroamericana, la Universidad Nacional de Ingeniería y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua- prestan servicios agroforestales diversos, tales como: 1) Consultorías y evaluaciones de proyectos agroforestales y de manejo de cuencas hidrográficas a nivel nacional y regional (CCAD, UICN, Acicafoc, FAO, CATIE). 2) Formulación, gestión y ejecución de proyectos agroforestales de desarrollo con instituciones de gobierno (Marena, Inafor, Magfor, INTA, IDR); 3) Co-ejecución y evaluación técnica de ensayos agroforestales. 4) Co-financiamiento de investigación aplicada en apoyo a la formación de estudiantes nacionales. 5) Intercambio académico y formación continua del equipo docente con universidades mesoamericanas

(Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, Cuba) y europeas (España y Suiza); convenios de colaboración técnica para intercambios estudiantiles y pasantías (Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Universidad Earth, CATIE, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, Smithsonian Institute, CIAT); recopilación y montaje de centros de documentación especializados en temas agroforestales y vinculación con otras bibliotecas virtuales de la región. A la fecha, solo dos universidades disponen de centros de documentación y revistas técnico-científicas al alcance de los estudiantes y donde se publican resultados de la investigación agroforestal: UNA (Revista La Calera, <http://www.una.edu.ni/diep/calera/>) y UCA (Revista Encuentro, <http://encuentro.uca.edu.ni>) y Cuadernos de Investigación de Nitlapan-UCA (www.nitlapan.org.ni). Cabe señalar, que todas las universidades de perfil agropecuario y forestal forman parte de la Red Nacional de Información y Documentación Agraria de Nicaragua (www.una.edu.ni/renida), la cual está ligada a Metabase, una red bibliográfica centroamericana cuya sede se encuentra en la Fundación Acceso de Costa Rica (www.metabase.net). Ninguna universidad nacional ofrece cursos de posgrado y/o maestría en Agroforestería. Únicamente, el CATIE y la UNA brindan cursos de actualización profesional con énfasis en la planificación agroforestal de fincas.

La investigación, gestión e innovación tecnológica en el país

La investigación agroforestal en el pacífico de Nicaragua durante el decenio 1989-1999 estuvo a cargo de unas 48 organizaciones (34 forman parte de la Red Agroforestal Nacional de Nicaragua) quienes reportaron 73 investigaciones en SAF sobre validación, capacitación y transferencia de tecnologías agroforestales (Flores et al. 2001). La mayoría de los estudios agroforestales han sido realizados por las universidades e institutos técnicos, especialmente la Universidad Nacional Agraria (39%) y el Intecfor (14%); un segundo grupo lo integran organizaciones gubernamentales (INTA, Marena), con un 19%; luego el CATIE con otros colaboradores y ONG (Cenade, ProMundo Humano, CIAT Ladera y Agrodorsa) con 12% cada uno. Los proyectos agroforestales tuvieron una menor participación (4%), posiblemente debido a que estaban más enfocados en la transferencia agroforestal. Durante el mismo periodo, se contaba con unos siete centros de documentación agroforestal, la mayoría de ellos dentro de las universidades y centros de enseñanza técnica agropecuaria.

² Ing. Milton Fajardo, Docente-Uraccan, Siuna, Nicaragua. Comunicación personal.

Universidades nacionales (públicas y privadas) de Nicaragua que incluyen en sus currículos la temática agroforestal

Universidades nacionales	Carreras	Graduados en 2010	Duración (años)	Sedes	Información de contacto
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León)	Ingeniería en Agroecología Tropical	57	5	León, Somoto, Jinotega, Somotillo	Contiguo a la Iglesia La Merced-León. Tel. 311-4014 www.unanleon.edu.ni)
	Técnico Superior Agropecuario	0	3	León, Somoto	
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua)	Ingeniería Agronómica	30	5	Juigalpa	Rotonda Universitaria, 1 km al sur. Tel. 2277-4943. www.unanmanagua.edu.ni)
Universidad de Ciencias Comerciales (UCC)-Facultad de Ciencias Agrarias	Ingeniería Agrícola	25	4,5	León	Frente al Campus Médico, León. Tel. 2311-0812. www.ucc.edu.ni
Universidad Centroamericana (UCA)	Ingeniero en Sistema de Producción Agropecuaria	ND	5	Managua	Avenida universitaria, Frente a La Piñata, Tel. 2278-3923. www.uca.edu.ni
Universidad Nacional Agraria (UNA)	Ingeniero Agrícola para el Desarrollo Sostenible	9	5	Managua	Kilómetro 12 1/2 Carretera Norte. Tel. 2233-1619. www.una.edu.ni
	Ingeniería Agronómica	35	4,5	Managua, Camoapa, Juigalpa	
	Ingeniería en Recursos Naturales Renovables	14	4,5	Managua	
	Ingeniería en Sistema de Protección Agrícola y Forestal	17	4,5	Managua	
	Ingeniería Forestal	42	4,5	Managua	
Universidad Cristiana Autónoma de Nicaragua (UCAN)	Ingeniería Agrícola	ND	4	Chinandega, León	Basílica Catedral, 2 1/2c. al norte, avenida Central, León. Tel. 2311-0353 www.ucan.edu.ni
	Ingeniería Agronómica	ND	4	Chinandega, León	
	Ingeniería en Ecología Agraria	ND	4	Chinandega, Leon, Boaco	
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)	Ingeniería Agrícola	29	5	Managua	Avenida universitaria, Frente a la Escuela de Danza. Tel. 2277-1650. www.uni.edu.ni
Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería (EIAG)	Técnico Superior en Ciencias Agropecuarias	67	3,5	Rivas, Chinandega	De la Policía 3 c. al oeste, Rivas. Tel. 2563-4934. www.eiagrivas.edu.ni
	Ingeniería Agronómica para Técnicos Medios Agropecuarios	28	6	Rivas	
	Ingeniería Agronómica para Técnicos Superiores en Agronomía	0	4,5		
Universidad Católica Agropecuaria del Trópico Seco-Estelí (UCATSE)	Ingeniería Agropecuaria	87	5	Estelí	Kilómetro 166 1/2 carretera Panamericana Norte-Estelí. Tel. 2713-6186. www.ucatse.edu.ni
	Técnico Superior Agropecuario	40	5		
Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense (URACCAN)	Ingeniería Agroforestal	39	5	Bluefields, Nueva Guinea, Bilwi, Siuna	Del puente El Edén, 1c. Arriba, 1 1/2c al sur. Tel. 2248-4658. www.uracca.edu.ni
	Técnico Superior Forestal	0	3	Bilwi, Siuna	
	Licenciatura en Ecología de Recursos Naturales	17	5	Bluefields, El Rama	
Bluefields, Indian and Caribbean University (BICU)	Ingeniería Agroforestal	35	5	Bilwi	Barrio San Pedro, Avenida Universitaria. Bluefields. Tel. 22572-1277. www.bicu.edu.ni
Universidad Autónoma de Chinandega (UACH)	Ingeniería Agroforestal	ND	4	Somoto	Del Club Edén, 1/2 c. Abajo, Chinandega. Tel. 2341-2188. www.uach.edu.ni
	Ingeniería Agronómica	ND	4	Chinandega	

Fuente: Consejo Nacional de Universidades (CNU), Secretaría Académica. Sitio web: www.cnu.edu.ni. Ing. Casilda Sampson Granera, comunicación personal. Mail: casilda.sampson@hotmail.com.

Los SAF más investigados fueron: sombras para café y cacao, sistemas taungya, sistemas silvopastoriles, barreras vivas y cultivos en callejones. Hubo pocos estudios en cercas vivas, huertos caseros y cortinas rompevientos, a pesar de que eran SAF comunes que fueron promovidos en la década de 1990 en el occidente del país. Las especies arbóreas más frecuentes en los SAF investigados fueron el madero negro (*Gliricidia sepium*), en 13 investigaciones y 5 SAF, con una mayor frecuencia en barreras y cultivos en callejones y leucaena (*Leucaena leucocephala*), en 7 investigaciones y 4 SAF, con énfasis en cultivos en callejones. Toda la investigación en SAF del país durante ese periodo fue poco divulgada. La mayoría de la investigación agroforestal (65%) estaba únicamente en documentos internos y no disponibles para otras instituciones o para el público en general y un 13% no se documentó de ninguna forma. Solamente el 10% de las investigaciones fueron publicadas en una revista y en afiches técnicos (9%) o en tesis (18%). La poca diseminación de los resultados de investigación se debió a la falta de financiamiento para la preparación y publicación del documento, pocas oportunidades para asistir a simposios y reuniones y la baja prioridad de publicar resultados (Flores et al. 2001).

Dos décadas después, la situación sobre la investigación agroforestal en el país es casi la misma, dado que la generación de conocimiento científico, innovaciones y tecnologías en las universidades nicaragüenses es insuficiente. Las universidades no cuentan con presupuesto nacional asignado a investigación; la investigación y el acceso a información bibliográfica reciente y relevante se logran mediante convenios de colaboración técnica con organismos de cooperación e instituciones de investigación regionales e internacionales (Funica 2006). La inversión gubernamental y privada para el desarrollo, seguimiento y diseminación de resultados y recomendaciones agroforestales generados a partir de la investigación es mínima e inconstante. La generación de tecnologías sólo tuvo una asignación equivalente a casi el 10% del presupuesto del INTA en el período 2001-2004 (Ammour 2005). Los recursos para la innovación tecnológica (investigación y transferencia de tecnología) en Nicaragua tradicionalmente han provenido de recursos públicos obtenidos de donaciones y préstamos (Funica 2006). Los datos de inversión en ciencia y tecnología oficiales corresponden a un 0,17% del PIB nacional, equivalente a US\$3,3 millones por año, de los cuales un 10% se destina a la investigación agroforestal.

En cuanto al PIB agrícola, la inversión pública ha venido decreciendo en los últimos seis años: 1,28% en el 2004; 0,72% en el 2006. La inversión privada para el desarrollo de innovaciones en el sector agropecuario y forestal es muy incipiente y focalizada en rubros de exportación (Funica 2006). A nivel internacional, Nicaragua ocupa la posición #18 en la lista de países latinoamericanos con más artículos publicados en revistas agroforestales en idioma inglés (Agriculture, Ecosystem & Environment, Forest Trees and Livelihoods) con solo dos artículos. En comparación, Costa Rica ocupa el puesto #1-55 artículos, Honduras #3, Belice #17-2 artículos y Guatemala 1 artículo. La revista Agroforestería en las Américas, del CATIE, publicada en español, ha funcionado como vitrina para la publicación de investigaciones agroforestales; entre 1995-2010, Nicaragua publicó 33 artículos técnico-científicos en la revista (Somarriba et al. 2010).

La agroforestería en el quehacer de ONG, gremios y centros de investigación

Actualmente, unas 35 organizaciones de investigación y desarrollo experimentan, fomentan y ejecutan proyectos agroforestales en varios departamentos del país. El énfasis actual es la caficultura diversificada para adaptación y mitigación del cambio climático, los sistemas silvopastoriles como una opción para la ganadería sostenible, la forestería y agroforestería comunitaria indígena y el establecimiento de sistemas agroforestales con cacao. La mayor parte de los proyectos cafetaleros y silvopastoriles se concentran en la zona norcentral del país (Matagalpa, Jinotega y Estelí), en tanto que los proyectos cacaoteros se ejecutan en las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas en el Triángulo Minero, la Región Autónoma del Atlántico Sur y Río San Juan. A pesar de que el estado ambiental actual de los bosques secos latifoliados, sabanas arboladas y, en general, de las tierras agrícolas del pacífico nicaragüense es crítico, los proyectos agroforestales en esta región son prácticamente inexistentes o de baja cobertura (Gunkel 1994).

Futuro de la agroforestería en Nicaragua

La agroforestería ha sido tema de interés y ha formado parte del portafolio de acciones de ONG, instituciones de gobiernos y otras organizaciones (universidades, proyectos, centros de investigación nacional e internacional), a través de la ejecución de proyectos de desarrollo que buscan la sostenibilidad de los recursos naturales, combate de la pobreza y seguridad alimentaria. Se han hecho importantes esfuerzos en temas de investigación agroforestal y ha sido incluida en los

Instituciones y ONG nacionales e internacionales que promueven la agroforestería en Nicaragua

Institución-ONG	Región	Agenda agroforestal	Fuente
ACRA (Cooperiamo lo Sviluppo-Italia)	Río San Juan	Manejo sostenible de los recursos naturales en el trópico húmedo (agroecología, forestería, ecoturismo)	www.acra.it
Asociación para la Diversificación y el Desarrollo Agrícola Comunal (ADDAC)	Matagalpa y Jinotega	Mejoramiento de los medios de vida con la producción agroforestal de cacao.	www.addac.org.ni
Asociación Coordinadora indígena y Campesina de Agroforestería Comunitaria Centroamericana (Acicafoc)	RAAN, RAAS y Río San Juan	Programa regional de agroecología y seguridad agroalimentaria; Proyecto COCOA-RAAN; Forestería comunitaria indígena	www.acicafoc.org
Asociación Pueblos en Acción Comunitaria (PAC)	El Cuá, San José de Bocay	Diversificación, manejo y comercialización de café y cacao agroforestal	www.apac.org.ni
Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID)	Río San Juan	Programa de sostenibilidad ambiental y cambio climático (SAF-cacao, aprovechamiento sostenible de madera, recolección y comercialización de semillas forestales, restauración de acuíferos y manejo de la basura	www.aecid.org.ni
ADA (Cooperación Austriaca para el Desarrollo -Austrian Development Agency)	Nacional	Financia proyectos agroforestales en café, cacao y manejo de cuencas	www.ada.org.ni
CARE Internacional	Chinandega, León, Matagalpa y Jinotega	Proyecto Fomento de Ganadería Sostenible en occidente; apoyo a la diversificación y manejo agroecológico de café en el norte; manejo y restauración de cuencas hidrográficas	www.care.org.ni
CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)	Matagalpa, Jinotega, RAAN, Carazo, León, Río San Juan	Fomento, manejo y valoración de sistemas agroforestales con café, cacao, sistemas silvopastoriles y manejo de cuencas hidrográficas; capacitación y asistencia técnica; servicios de consultoría y asesoría a gobiernos locales y gremios	www.catie.ac.cr/nicaragua
CRS (Catholic Relief Services)	Estelí, Jinotega, Matagalpa, Río San Juan	Producción agrícola (café, cacao, hortalizas, granos básicos, musáceas, raíces y tubérculos); manejo sostenible de recursos naturales	www.crs.org/nicaragua
CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical)	Nacional	Gestiona y ejecuta recursos de proyectos agroforestales principalmente en café y ganadería	www.ciat.int.ni
Cuenta Reto del Milenio (CRM)	León y Chinandega	Programa manejo sostenible de la tierra	www.cuentadelmilenio.org.ni
Cooperación Alemana-Nicaragua (GIZ y DED)	Zona de amortiguamiento de la reserva Bosawas	Programa de Manejo Sostenible de los Recursos Naturales (Masrenace).	www.gtz.de
Centro Humboldt	Zona de amortiguamiento de la Reserva Bosawas (San José de Bocay, Wiwili, Plan de Grama, San Juan de Río Coco, Ayapal.	Rescate y rehabilitación de SAF con cacao nativo; restauración de potreros mediante el establecimiento de sistemas silvopastoriles.	http://humboldt.org.ni/.
Ecomercados	Matiguas, Matagalpa	Fomento, rehabilitación y comercialización de cacao orgánico	www.ecomercados.org
Fadcanic (Fundación para la Autonomía y desarrollo de la Costa Atlántica de Nicaragua)	Laguna de Perlas, Bluefields, RAAS y RAAN	Centro agroforestal Wawashang; centro de capacitación e intercambio tecnológico	www.fadcanic.org.ni
Funica (Fundación Nicaragüense de Investigación Agrícola y Forestal)	Estelí, Muelle de los Bueyes-El Rama	Diversificación y manejo agroecológico de cafetales con sombra; rehabilitación de cacaotales-validación de poda	www.funica.org.ni

Continúa en p. 108

Viene de p. 107

Institución-ONG	Región	Agenda agroforestal	Fuente
Fondeagro (Fondo para el Desarrollo Agropecuario)-Magfor-ASDI-Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional	Matagalpa y Jinotega	Fomento, manejo y aprovechamiento de sistemas agroforestales con café, cacao y sistemas silvopastoriles; manejo integrado de cuencas hidrográficas; escuelas de campo	www.fondeagro.org.ni
IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura)	Nacional	Gestiona y ejecuta proyectos agroforestales (café, cacao, ganadería y miel); ofrece asesoría a gobiernos y procura alianzas de cooperación nacional	www.iica.int.ni
IDR (Instituto de Desarrollo Rural)	RAAN, RAAS y Río San Juan	Programa de apoyo al desarrollo rural y competitividad agraria (FIDA, BCID, Fondec y Gobierno)	www.idr.gob.ni
INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria)	Nacional	Centro experimental Campos Azules (ensayos de café agroforestal), Centro Experimental El Recreo-Banco Genético de cacao y agroforestería	www.inta.gob.ni
Inafor (Instituto Nacional Forestal)-Pasolac	Matagalpa, Jinotega y Las Segovias	Programa de apoyo a la agricultura sostenible en laderas (Regional)	www.inafor.org.ni
IPADE (Instituto para el Desarrollo de la Democracia)	RAAS y Río San Juan	Manejo sostenible de bosques, promoción de SAF-cacao multiestratos, ganadería sostenible, huertos caseros	www.ipade.org.ni
LWR (Lutheran World Relief)	Matagalpa, Jinotega, Siuna, Río San Juan	Diversificación productiva de cafetales y cacaotales; capacitación y desarrollo de manuales técnicos	www.lwr.org
Magfor (Ministerio Agropecuario y Forestal)	Matagalpa y Jinotega	Paicepan (Programa de apoyo a la implementación de las condiciones de exportación de productos agroalimentarios nicaragüenses)	www.magfor.gob.ni/paicepan/html
Marena (Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente)	Nacional	Proyecto Corazón, Jornada Nacional de Reforestación, manejo de cuencas hidrográficas y cosecha de agua, fomento de la forestería y agroforestería familiar	www.marena.gob.ni
Nitlapan (Instituto de Investigación aplicada y de Desarrollo Local)-UCA	Nacional	Gestión de fondos y proyectos para el manejo sostenible de recursos naturales y desarrollo de cadenas de valor en SAF-cacao, café, ganadería, servicios ambientales	www.nitlapan.org.ni
Oxfam-GB International	Matagalpa, Jinotega, RAAN, RAAS	Diversificación y fomento de cadenas de valor de café, lácteos, cacao y madera	www.oxfam.org/es/development/nicaragua
UNAG (Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos)	Siuna	Planes de acción y agronegocios para las cadenas de valor del café y cacao	www.unag.org.ni
Unicafé (Unión Nicaragüense de Cafetaleros)-Fontagro (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria)	Matagalpa y Jinotega	Fomento, manejo y diversificación de cafetales con sombra, promoción de buenas prácticas agrícolas y promoción de café de calidad en ferias y expoventas	www.unicafe.org.ni
UNA (Universidad Nacional Agraria)	Masatepe, Las Mercedes-Managua, Camoapa, Juigalpa. Centro de documentación agroforestal disponible.	Ensayos agroforestales con café y sombra de leguminosas y maderables; promoción de SAF en fincas experimentales y comunidades colindantes; servicios de consultoría en agroforestería y cuencas	www.una.edu.ni
SIMAS (Servicio de información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible)	Nacional	Proyectos, servicios de consultoría y asesoría técnica a gobiernos, gremios y organizaciones productivas	www.simas.org.ni
Visión Mundial	León, Chinandega, Matagalpa, y Jinotega	Programa de agricultura sostenible	www.visionmundial.rog.ni

currículos de las carreras universitarias relacionadas con el sector agropecuario y forestal. Sin embargo, aún falta coordinar esfuerzos para atender varios frentes de trabajo:

- En el ámbito gubernamental: garantizar un marco legal ambiental que fomente la agroforestería según la realidad socio-productiva de los productores y zona ecológica; formular incentivos que propicien el fomento, manejo y aprovechamiento de árboles maderables en campos cultivables/agrícolas; gestionar y/o canalizar fondos propios o de las agencias cooperantes para restaurar/rehabilitar las prácticas agroforestales del trópico seco del país.
- En el ámbito de centros de investigación: diseñar, validar (tanto en fincas como en centros de experimentación) y transferir tecnologías agroforestales que respondan a la realidad económica, social y ambiental del sector rural del país; sistematizar experiencias exitosas y lecciones aprendidas de productores líderes en pro de la innovación.
- En el ámbito de las universidades: reactivar la Red Nacional de Agroforestería apuntando a la actualización profesional mediante cursos, pasantías, intercambios y gestión de fondos para elaborar y ejecutar una agenda de investigación pertinente; vincularse con las plataformas electrónicas que dan acceso a literatura actual, redes de gestión de conocimiento y alianza con equipos de investigadores en otros países de la región; publicar/diseminar la extensa información agroforestal del país a diferentes audiencias (tomadores de decisión, estudiantes, proyectos de desarrollo, universidades, productores, técnicos, entre otros actores de interés).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La agroforestería en Nicaragua ha sido promovida por centros de investigación y desarrollo regionales, puesta en práctica en el país por tres décadas en colaboración con instituciones de gobierno y universidades en varios momentos y varias zonas agroecológicas como alternativa productiva a usos de la tierra con fuerte impacto negativo sobre los recursos naturales. La agroforestería sigue presente en el quehacer de las ONG, centros de investigación y en las universidades. Sin embargo, los recursos humanos y financieros para la innovación y transferencia tecnológica son limitados. Si bien las universidades ya incluyen en sus currículos la temática agroforestal en varias modalidades, la formación de profesionales agroforestales en el país es reciente y de baja cobertura. Los contenidos temáticos, el uso y acceso a literatura técnica relevante, la actualización

profesional del cuerpo docente y la investigación aplicada son limitados. Es imperativo que las universidades dispongan de su presupuesto o gestionen recursos para hacer investigación y divulgar sus resultados, actualizar el contenido temático de sus currículos, fortalecer las capacidades profesionales de los docentes y estudiantes agroforestales mediante pasantías, ajustar el enfoque y protagonismo de la enseñanza, apuntar a la coejecución de investigación aplicada y conectarse con redes para mejorar el acceso a la literatura relevante. También se debiera diseñar y fomentar programas conjuntos de maestría y doctorado con otras universidades especializadas en Mesoamérica. La agroforestería tiene potencial social, económico y ambiental para restaurar cerca del 50% de área de vocación forestal del país y contribuir a la mitigación del cambio climático mediante el secuestro de carbono atmosférico. Es prioritario que las autoridades ambientales y otros actores relevantes del sector agropecuario y forestal del país reconozcan y fomenten la agroforestería como una práctica productiva sostenible y que sea contemplada en la estrategia nacional de seguridad alimentaria y nutricional y del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Nuestra enorme gratitud al Dr. Eduardo Somarriba del CATIE por motivarnos a escribir la presente nota técnica y por sus valiosos comentarios y aportes. A los M.Sc. Rolando Cerda, Guillermo Detlefsen (CATIE) y Glenda Bonilla (UNA) por facilitar información de campo, informes de consultoría, tesis y opinión personal para enriquecer el contenido de la nota. A la Ing. Casilda Sampson (CNU), Ing. Milton Fajardo (URACCAN) por brindarnos acceso a la oferta académica y curricular de las universidades nacionales y, finalmente, a Freddy Hidalgo quien compiló la información que se ofrece en los recuadros.

LITERATURA CITADA

- Ammour, T. 2005. Sistematización y lecciones aprendidas del Proyecto de Tecnología Agrícola de Nicaragua. Managua, Nicaragua. Consultoría para el Ministerio Agropecuario y Forestal (Magfor). 81p.
- Betancourt, K; Ibrahim, M; Harvey, C, Vargas, B. 2003. Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10: 39-42.
- Bonilla, G; Somarriba, E. 1999. Tipologías Cafetaleras del Pacífico de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 29: 26-29.
- Casassola, F; Ibrahim, N; Harvey, CA; Kleinn, C. 2001. Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(30): 17-20.

- Cetrex (Centro de Trámites de Exportación, NI). 2010. Estadísticas: Exportaciones autorizadas de los 20 principales productos periodo 2008-2009. Visitado el 01-07-2011. www.cetrex.gob.ni/estadisticas.
- Chavarría, MR. 2001. Árboles fuera del bosque en Nicaragua. Proyecto información y análisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en 13 países tropicales en América Latina (GCP/RLA/133/EC). Santiago, Chile, FAO-Chile. 26 p.
- Current, D; Scherr, SJ. 1995. Farmer costs and benefits from agroforestry and farm forestry projects in Central America and the Caribbean: implications for policy. *Agroforestry Systems* 30: 87-103.
- Esquivel, M. 2005. Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos en Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 142 p.
- Flores, E; Soriano, D; Harvey, CA; López, J. 2001. Caracterización de la investigación agroforestal en el pacífico de Nicaragua durante el decenio 1989-1999. *Agroforestería en las Américas* 8(31): 25-30.
- Funica (Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario y Forestal de Nicaragua). 2006. Análisis de la situación actual de la innovación tecnológica agropecuaria y forestal de Nicaragua. Informe de consultoría para el Magfor. Visitado el 01-07-2011. <http://funica.org.ni/index/>.
- Gunkel, M. 1994. La agroforestería en Nicaragua. Tesis Ing. Agrónomo. Tegucigalpa, Honduras, Escuela Panamericana de Agricultura El Zamorano. 101 p.
- Haggar, J; Staver, C; de Melo, E. 2001. Sostenibilidad y sinergismo en sistemas agroforestales con café: un estudio entre plagas, fertilidad del suelo y árboles de sombra. *Agroforestería en las Américas* 8(29): 49-51.
- Harvey, CA; Villanueva, C; Villacis, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martínez, J; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vélchez, S; Hernández, B; Pérez, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S; Sinclair, F. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 30-39.
- IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente). 1993. Cortinas rompevientos. Managua, Nicaragua. Nota técnica no. 19. 25 p.
- Jerez, P. 1976. Las tolvaneras del occidente de Nicaragua: causas, efectos y alternativas de su solución. León, Nicaragua, Ed. Universitaria de la UNAN. 40 p.
- López, A.; Orozco, L.; Somarriba, E.; Bonilla, G. 2003. Tipologías y manejo de fincas cafetaleras en los municipios de San Ramón y Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (CATIE). v. 10(37-38) p. 74-79.
- Magfor (Ministerio de Agricultura y Forestal), Inafor (Instituto Nacional Forestal), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2010. Resumen de resultados del Inventario Nacional Forestal 2007-2008. Managua, Nicaragua, Proyecto FAO/UTf/NIC/030/NIC-TCP/NIC/3105. 17 p.
- Medina, C; Calero, C; Hurtado, H; Vivas, E. 2008. Cuantificación del carbono almacenado en la biomasa aérea de café con sombra, en la comarca Palo de Sombrero, Jinotega, Nicaragua. *La Calera* 8(10): 33-39.
- Méndez, E, Lok, R; Somarriba, E. 1996. Análisis agroecológico de huertos caseros tradicionales en Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 11-12: 36-40.
- Méndez, E; Bacon, C. 2005. Medios de vida y conservación de la biodiversidad arbórea: las experiencias de las cooperativas cafetaleras en El Salvador y Nicaragua. *Revista Agroecología* p. 27-30.
- Mesa Nacional de Cacao-Nicaragua. 2011. Primer encuentro nacional: Sin cacao no hay chocolate (23-06-2011; Memoria del evento). Managua, Nicaragua, Instituto de Desarrollo Rural. 63 p
- Orozco, L; Deheuvels, O. 2008. Resultados del diagnóstico de familias, fincas y cacaotales de Centroamérica. Informe de consultoría para el Proyecto Cacao Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Documento interno. 100 p
- Otárola, A. 1995. Cercas vivas de madero negro: práctica agroforestal para sitios con estación seca marcada. *Agroforestería en las Américas* 2(5): 24-30.
- Rubi, JR; Quiroz, OD; Harvey, CA; Martínez, R. 2003. Degradación de las cortinas rompevientos al este de la ciudad de León, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10: 13-17.
- Sánchez, D; López, M; Medina, A; Gómez, R; Harvey, C; Vélchez, S; Hernández, B; López, F; Joya, M; Sinclair, F; Kunth, S. 2006. Importancia ecológica y socioeconómica de la cobertura arbórea de un paisaje fragmentado de bosque seco de Belén Rivas, Nicaragua. *Revista Encuentro* no. 68. Managua, Nicaragua, Universidad Centroamericana. <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/nicaragua/uca/encuen/encuen68/art1.rtf>
- Sánchez, D; Harvey, CA; Grijalva, A; Medina, A; Vélchez, S; Hernández, B. 2005. Diversidad, composición y estructura de la vegetación en un agropaisaje ganadero en Matiguás, Nicaragua. *Revista Biología Tropical* 53(3-4): 387-414.
- Somarriba E. 2002. Estimación visual de la sombra en cacaotales y cafetales. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36): 86-94.
- Somarriba, E, Villalobos, M; Orozco, L. 2008. Cocoa in Central America. *GRO-Cocoa Bulletin* no. 14: 5-9.
- Somarriba, E; Villalobos, M; Orozco, L. 2009. Cocoa in Central America. *GRO-Cocoa Bulletin* no. 15.
- Somarriba, E; Cerda, R; Astorga, C; Quesada, F; Vásquez, N. 2010. Reproducción sexual del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Materiales de extensión no. 1. 48 p.
- Villacis, J; Harvey, CA; Ibrahim, M; Villanueva, C. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40): 17-23.
- Zamora, S; García, J; Bonilla, G; Aguilar, H; Harvey, CA; Ibrahim, M. 2001. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(31): 31-38.
- Zúñiga, C.; Somarriba, E.; Sánchez, V. 2004. Tipologías cafetaleras de la Reserva Natural Miraflores-Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* (CATIE). (no. 41-42) p. 105-111.

¿Cómo hacerlo?

¿Cómo diseñamos y ejecutamos el Proyecto Cacao Centroamérica para estimular al sector cacaotero de Centroamérica?

Eduardo Somarriba, Marilyn Villalobos, Rolando Cerda, Carlos Astorga, Shirley Orozco, Adriana Escobedo, Eduardo Say, Olivier Deheuvels, Luis Orozco, Ruth Junkin, Romina Villegas, Arlene López, Jazmín Salazar

La producción de cacao en Centroamérica es parte de la cultura ancestral de más de 20 mil familias pobres (Chen y Ravallion 2007) de varias etnias indígenas (mayas quekchí, quiché y mopán; mayangna, bribri, cabécar, ngöbe), afrocaribeños y mestizos. La producción sostenible de cacao es una alternativa valiosa para ayudar a estas familias a salir de la pobreza y mantener saludables sus ecosistemas. Estos grupos humanos viven en zonas remotas en los alrededores de zonas protegidas de valor nacional e internacional y sus medios de vida son de alta prioridad en las agendas nacionales e internacionales.

En el 2004, en Oslo, Noruega, en una reunión de socios nórdicos del CATIE, se propuso la idea de desarrollar un proyecto para apoyar a más de 6000 familias cacaoteras y a otros actores del sector cacao de Centroamérica (Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Belice). Con ese proyecto se pretendía mejorar la producción agroforestal sostenible de las fincas y contribuir a la conservación ambiental. La idea fue bien recibida por el Programa Noruego de Uso Sostenible de los Recursos Naturales de Centroamérica, de la Embajada de Noruega en Managua, Nicaragua. Ese Programa se mostró dispuesto a considerar una propuesta de proyecto cacaotero centroamericano en su programa de financiamiento 2008-2012.

La formulación participativa del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC-CATIE) del Programa Agroambiental Mesoamericano (MAP-CATIE -Mesoamerican Agroenvironmental Program), tuvo lugar

entre 2005 y 2006. En esa etapa de formulación participaron las principales asociaciones y cooperativas (COA) cacaoteras y los otros actores del sector cacaotero de cada país¹. El CATIE ya había trabajado con la mayoría de estas organizaciones productoras de cacao, en el diseño e implementación de varios proyectos que buscaban producir cacao en forma sostenible y competitiva y, a la vez, conservar la biodiversidad o capturar carbono atmosférico (Somarriba et al. 2008, Somarriba y Harvey 2003, Somarriba et al. 2005). La propuesta elaborada en el 2006 fue bien recibida por la Embajada de Noruega, que dispuso de un financiamiento preliminar en el 2007 para construir la línea base del proyecto y afinar la propuesta con las organizaciones socias y coejecutores del futuro proyecto. Más de 650 personas claves pertenecientes a 75 organizaciones del sector cacaotero centroamericano fueron consultadas durante la formulación del PCC. La propuesta definitiva (disponible en www.catie.ac.cr/pcc) fue aprobada a finales del 2007. El PCC inició oficialmente sus actividades en enero 2008, por un período de cinco años (2008-2012).

El PCC es una plataforma de cooperación para la innovación tecnológica, la divulgación y aplicación del conocimiento, que fue diseñada y operada conjuntamente por el CATIE, las familias productoras de cacao, sus COA y varios coejecutores y socios. El PCC buscaba elevar la competitividad de las fincas cacaoteras, mejorar el funcionamiento empresarial y asociativo de las COA, proveer servicios ambientales a la sociedad y estimular y actualizar a los otros actores del sector cacaotero de Centroamérica.

¹ Ver recuadro con listado completo de actores en la página XXX. Ponerlo una vez diagramado el texto

LA LÍNEA BASE DEL PCC: EL ESTADO DEL SECTOR CACAO DE CENTROAMÉRICA EN EL 2007

Para los estudios de línea base se entrevistaron y evaluaron las fincas de 1500 familias cacaoteras (250 por país). Esos estudios abarcaron ocho temas: 1) la caracterización espacial y política de los territorios cacaoteros; 2) el análisis del marco legal, institucional y político a nivel local y nacional que afectaba al sector cacao donde actuaría el PCC; 3) el inventario y valoración del rol de los gobiernos e instituciones de educación superior en el sector cacao a nivel nacional; 4) la participación de los municipios en el sector cacaotero y ambiental en los territorios de intervención; 5) las condiciones de las comunidades cacaoteras y centros de estudio locales; 6) las cadenas productivas del cacao en cada zona cacaotera y país; 7) el estado empresarial y asociativo de las cooperativas y asociaciones cacaoteras; 8) las condiciones y características de las fincas, los cacaotales, el ingreso familiar y la situación de género y equidad en el seno familiar.

1. Los territorios cacaoteros

En el 2007, el cultivo del cacao en Centroamérica ocupaba entre 23.000 y 25.000 hectáreas en manos de unas 18.000 familias indígenas y campesinas pobres que viven y trabajan en zonas remotas, con deficientes vías de comunicación y acceso, y muchas veces alrededor de áreas protegidas de interés nacional e internacional. Entre esas áreas de protección están el Corredor Biológico Mesoamericano Atlántico (CBMa) y las áreas prioritarias de conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y de The Nature Conservancy (TNC) en Mesoamérica (Figura 1).

2. El marco legal, institucional y político

Existen leyes, instituciones, políticas nacionales y regionales, convenios y tratados nacionales e internacionales que inciden sobre la producción sostenible de los cacaotales. Sin embargo, la mayoría de estos instrumentos legales y políticos fueron promulgados hace más de diez años y no abordan temas integrales, como los servicios ambientales de los ecosistemas naturales y agroecosistemas (cacaotales y otros sistemas agroforestales, por ejemplo) sino que, más bien, se sustentan en un enfoque sectorial, con normativas específicas para suelos, aguas, fauna y bosques. Esta situación dificulta el desarrollo de mercados para los servicios ambientales que prestan los cacaotales a la sociedad.



Figura 1. Principales áreas cacaoteras donde trabajó el Proyecto Cacao Centroamérica.

3. Gobiernos e instituciones de educación superior

El cacao es parte de los planes de desarrollo de la mayoría de los países centroamericanos y a partir de 2006, se instauraron algunos espacios de concertación del sector cacaotero (mesas, foros, clústeres). No obstante, en todos los países se encontró un sector pequeño, con pocos actores y con iniciativas gubernamentales débiles para enfrentar los retos del mercado.

El tema cacao no parecía tener relevancia en la educación agraria, empresarial o industrial y no se trataba a profundidad en las universidades y otros centros de estudio, por lo que la mayoría de profesionales que proveían servicios técnicos al sector cacao no disponían de la formación académica ni las habilidades necesarias para hacer un trabajo efectivo y de calidad.

4. Municipios, comunidades y centros de estudio

La producción de cacao se distribuía en al menos 226 comunidades de 22 municipios en Centroamérica. Los medios de comunicación eran convencionales (radio, cartas; aunque ya se nota la proliferación de teléfonos celulares) y los servicios básicos se podían calificar como regulares. Servicios como el agua potable, electricidad, transporte, fogones de leña y las letrinas estaban presentes en más de la mitad de las comunidades. La cobertura de la educación primaria también era regular. Había pocos colegios agropecuarios y universidades en estas comunidades y solo tres colegios enseñaban temas sobre cacao, aunque no tenían los materiales educativos necesarios para apoyar los procesos educativos.

5. Cadenas productivas del cacao

Por las características edafoclimáticas y el uso de cacao trinitario, el cacao centroamericano es considerado fino y de aroma, características que han atraído la mirada del mercado internacional y facilitado el acceso a nichos de mercado productores de chocolates gourmet. En el año 2008, se estimó que la región produjo unas 5000 toneladas de grano, lo cual representaba menos del 1% del cacao producido a nivel mundial; era evidente, entonces, que el cacao centroamericano debía competir por calidad y no por volumen. Aunque las cadenas productivas no estaban debidamente caracterizadas, cada país tenía necesidades particulares de fortalecimiento. Las cadenas en Panamá, Costa Rica y Belice eran las más cortas, con pocos actores (familias productoras - organizaciones cacaoteras - clientes) y enfocadas en la venta de cacao orgánico en grano. En los demás países, las cadenas eran más complejas por la cantidad de actores y porque era más evidente la presencia de otros acopia-

dores e intermediarios. Guatemala y Nicaragua eran los únicos países con un mercado local importante, ya que son consumidores de cacao para bebidas y subproductos nacionales y artesanales. Sin embargo, estos mercados no tenían exigencias de calidad (fermentación y secado), lo que afectaba el estándar de calidad nacional. Un aspecto similar en todos los países, que incidía en la calidad del acopio y transformación primaria, era la dispersión y lejanía de las fincas en relación con los centros de acopio, lo que encarecía el transporte al mercado y complicaba la homogenización de la calidad del grano.

6. Cooperativas y asociaciones cacaoteras

Las cooperativas y asociaciones coejecutoras del PCC, involucraban directamente a unas 6000 familias socias (unas 30.000 personas) que cultivaban casi 8000 ha (aproximadamente un 30% de la población cacaotera centroamericana) y producían anualmente unas 1500 toneladas de cacao orgánico y convencional, con un valor aproximado (estimado con el precio pagado al productor) de US\$ 2,12 millones por año. Estas organizaciones (Cuadro 1) eran muy diversas en su funcionamiento empresarial pero todas requerían mejorar su orientación estratégica, la calidad de los servicios que prestaban a sus socios y clientes, la capacidad física de sus instalaciones y su administración financiera. Las organizaciones presentaban importantes retos en temas gerenciales y administrativos debido a la gran movilidad en la mayor parte de los cuerpos administrativos, lo cual limitaba el accionar, aprendizaje y por tanto el fortalecimiento de los líderes de las organizaciones.

7. Fincas, familias, conocimiento e ingresos familiares

Por su naturaleza agroforestal, los cacaotales producían cacao y otros bienes (madera, frutas, materiales de construcción, medicinas) para el consumo de las familias, uso en la finca o venta. Además, mantenían altos tenores de biomasa y carbono en la vegetación y en el suelo, lo que propiciaba la conservación de la biodiversidad, el agua, suelo y aire (p.e., captura de carbono atmosférico y fijación en la biomasa leñosa). Estas características ecológicas de los cacaotales facilitaban la certificación con sellos verdes y eran ejemplo de una agricultura climáticamente inteligente.

Las familias reconocían saber de podas, deschuponas, chapias (deshierbas) y hasta control de enfermedades en el manejo del cacaotal; sin embargo, eso no se reflejaba en los rendimientos de cacao. Los cacaotales en Centroamérica tenían en promedio 1 ha de superficie con rendimientos bajos (265±65 kg/ha) debido a varios

Cuadro 1. Características de composición y producción del cacao de las cooperativas y asociaciones socias del proyecto PCC-CATIE en el 2007

COA-País	Socios	Área cacao (ha finca ⁻¹)	Área total cacao (ha)	Rendimiento (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	Producción (t año ⁻¹)	Precio al productor (US\$ kg ⁻¹)	Valor bruto de la producción (US\$ 10 ⁶)
Guatemala-ADIPKAKAW	1800	0.75±0.25	1350	255	344	1.5	0.62
Costa Rica-APPTA	1180	1.40±0.80	1612	247	400	0.70*	0.24
Belice-TCGA	1034	0.80±0.25	827	75	62	1.65	0.11
Panamá-COCABO	868	3.0±1.50	2614	61	55	1.12	0.06
Nicaragua-CACAONICA	548	1.70±0.70	932	328	305	2.0	0.67
Honduras-APROCACHO	300	1.50±0.75	450	122	55	1.15	0.06
Costa Rica-ACOMUITA	70	1.50±0.50	105	71	7.5	0.65*	0.004
Guatemala-APROCA	66	1.0±0.50	66	210	14	1.25	0.12
Total	5866		7956		1242		1.88

Fuente: Tomado de Orozco y Deheuvels (2007)

factores como la edad (>20 años), podas deficientes (árboles con más de 5 m de altura), debilidades en el manejo de la sombra y alta incidencia de enfermedades (monilia -*Moniliophthora roreri*- y mazorca negra -*Phytophthora palmivora*-). Esto evidenció que se necesitaba reforzar los conocimientos y habilidades de las familias sobre las prácticas más comunes. Además, fue claro que las familias estaban interesadas en aprender sobre rehabilitación-renovación, injertos y manejo de doseles de sombra.

Las fincas cacaoteras producían (además de cacao) entre 20-50 productos agropecuarios para la venta y consumo en el hogar. Sin embargo, la mayoría de las familias solo alcanzaban a cubrir el 52% de su canasta básica. En general, las familias cacaoteras podían ser catalogadas como pobres porque una buena parte de ellas no lograban alcanzar los 2,18 US\$/día necesarios para superar la línea de pobreza (Chen y Ravallion 2007).

8. Género y equidad

Con excepción de Costa Rica, las mujeres participaban poco en las organizaciones de base, en las asambleas y reuniones, en los puestos de trabajo y de decisión de las COA. Solo el 15% de los asociados de las COA eran mujeres y su representación en los puestos directivos variaba entre el 15-20%. Las mujeres conocían y aplicaban significativamente menos prácticas de manejo agroforestal del cacao que los hombres y participaban poco en eventos de capacitación (25%).

EL PROYECTO CACAO CENTROAMÉRICA

El PCC se propuso colaborar en la reactivación y mejora del sector cacaotero centroamericano, mediante el trabajo directo y la coejecución de fondos con las principales COA de cada país y en alianza con más de 100 socios locales e internacionales. **El propósito principal del PCC** era lograr que 6000 familias productoras (1000 por país) y sus COA, gobiernos y centros de estudio aumentaran sus capacidades y colaboraran para aumentar la competitividad y la provisión de servicios ambientales en el sector cacaotero centroamericano.

Para cumplir con este propósito se desarrollaron y promovieron acciones en cinco componentes:

1. Producción y ambiente
2. Organización y empresa asociativa
3. Cooperación
4. Educación (investigación) y comunicación
5. Gerencia participativa

ESTRATEGIA DE OPERACIÓN DEL PCC

El PCC operó con un líder y una coordinadora regional, un pequeño equipo de apoyo (contadora, secretaria ejecutiva y asistente de oficina) y un equipo de profesionales universitarios (una comunicadora y cuatro especialistas en cacao). Cada COA desarrolló las actividades y coejecutó los fondos del proyecto con su propio equipo técnico (un agrónomo y varios promotores (as) locales) y personal administrativo. Se trabajó en alianza con numerosos socios (instituciones, instancias de gobierno, cámaras sectoriales, proyectos, ONG, organi-

zaciones de productores o centros de estudio nacionales o internacionales) que apalancaron las actividades del PCC con aportes en efectivo o en especie. Se propusieron tres vías prioritarias para lograr impactos:

1. El trabajo conjunto con los socios y mesas de concertación para la actualización del sector, la definición de normas o políticas y la facilitación de alianzas en todos los niveles (Figura 2).
2. El trabajo con las instituciones de educación, principalmente colegios agropecuarios y universidades para actualizar los conocimientos que se imparten a los jóvenes, realizar investigaciones en conjunto con universidades de Colombia, Francia, Nicaragua, Panamá, Honduras y Guatemala.
3. Una alianza directa y con recursos financieros para las COA, las cuales se convirtieron en los coejecutores directos del PCC en las comunidades. Las COA motivaron a las familias cacaoteras a modernizar la producción de cacao, aumentar la productividad y mejorar los servicios ambientales de los cacaotales.

ESTRATEGIAS Y PRINCIPALES RESULTADOS DEL PCC

A continuación se presenta una síntesis de cómo se lograron los principales resultados e impactos por cada componente:

Componente 1: Producción y ambiente

1. Introducción de nuevas variedades (clones) de cacao con tolerancia a la moniliasis, productivas y de buena calidad de grano. Los clones seleccionados se liberaron por primera vez luego de 15 años de investigación por expertos del programa de mejoramiento genético de cacao del CATIE (Phillips-Mora et al. 2009, 2012). El PCC estableció convenios con las COA y autoridades comunales para formar una red de 50 jardines clonales y seis jardines multilocales que, en total sumaron unas 33 ha en comunidades estratégicamente seleccionadas (Cuadro 2). Los jardines clonales son fuente de material mejorado para las fincas que busquen ampliar o mejorar la composición genética de sus cacaotales y sirven como parcelas demostrativas para que las familias productoras observen el desempeño de los clones en las condiciones de suelo, clima y manejo de sus fincas y comunidades. Además, permiten demostrar el manejo de plantas injertadas (podas de formación y mantenimiento, regulación de sombra). Los jardines multilocales contienen clones promisorios que todavía necesitan ser evaluados por al menos cinco años en cada zona, antes de utilizarse para establecer nuevas plantaciones en fincas de productores.

Estrategia de Trabajo del PCC

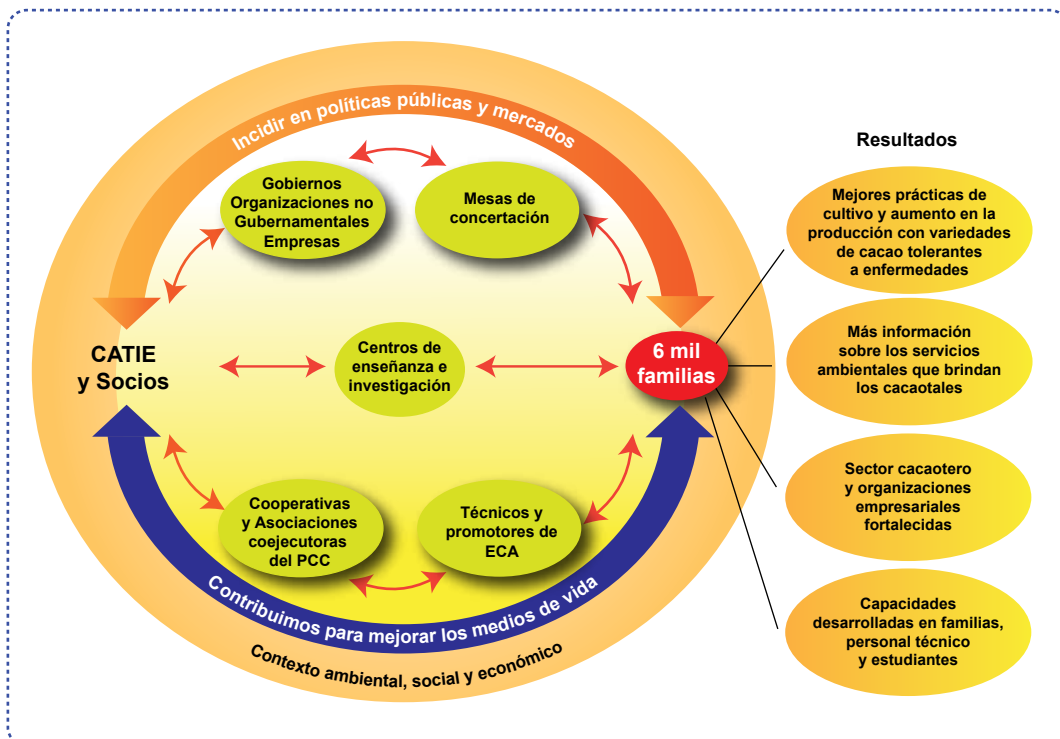


Figura 2. Estrategia de trabajo y principales resultados del PCC

Ambos tipos de jardines fueron establecidos en fincas de productores líderes, en fincas de las COA o en centros de estudio. En cada jardín clonal o ensayo multilocal se plantaron los clones en suficientes cantidades de árboles por clon y con arreglos estadísticos que permitieran: 1) la evaluación rigurosa del desempeño de estos clones en las variadas condiciones agroecológicas de Centroamérica y 2) producir suficientes yemas de los clones con mejor desempeño en cada localidad para apoyar un eventual programa de plantación de estos clones en las fincas de la comunidad.

Ya se pueden observar los impactos del establecimiento de estos jardines clonales en las comunidades cacaoteras de Centroamérica (Figura 3). En varios países, gracias a iniciativas de las COA, los clones reproducidos masivamente se han sembrado en las fincas de familias cacaoteras y pronto entrarán en producción (estos clones comienzan a producir desde los dos años de edad). Por ejemplo, en Costa Rica, APPTA ya ha distribuido plantas a más de 600 familias (95.370 plantas). En Honduras, la FHIA/ACDI (Canadá) está reproduciendo los clones CATIE en combinación con clones internacionales y ha entregado plantas a 750 familias para el establecimiento de 750 ha de nuevas plantaciones de cacao. La meta de FHIA es producir más de un millón de plantas para establecer 1500 ha en igual número de fincas. Aprocaho de Honduras ha distribuido este

germoplasma superior a 91 familias. En Nicaragua, Panamá, Guatemala y Belice los jardines clonales están creciendo y en el 2012 ya tendrán varetas para distribuir a sus familias socias.

- Mejoramiento del dosel de sombra de los cacaotales y del rendimiento agroforestal. Mediante el conocimiento compartido en las sesiones de ECA, las familias mejoraron el manejo de árboles, palmas y otras plantas que dan sombra al cacao, lo que les ha permitido aprovechar más los productos agroforestales (fruta, madera, medicina, leña) sin que disminuya el rendimiento de cacao. Se promovió el manejo de un porcentaje de sombra del dosel adecuado (30-50%) y la disminución drástica de la autosombra del cacao. De esa manera se generaron mejores condiciones para la floración y menos incidencia de enfermedades. Se enriquecieron los doseles de sombra de 1800 cacaotales mediante la introducción de varias especies de árboles frutales y maderables de calidad (20-40 plantas por familia) seleccionados por las familias.
- Caracterización de la biodiversidad que se hospeda en los cacaotales y de los servicios ambientales que proveen. Se estableció una red de parcelas de investigación permanente en las seis principales áreas cacaoteras de cinco países de Centroamérica. Esta red está compuesta por 229 cacaotales y 40 bosques,

Cuadro 2. Jardines clonales del PCC y ensayos multilocales establecidos en Centroamérica con variedades de cacao seleccionadas por CATIE

País	Localidad	Jardines clonales*		Ensayos multilocales**		Organizaciones responsables
		Parcelas	Área (ha)	Parcelas	Área (ha)	
Panamá	Bocas del Toro	9	4,5			Cocabo, ASAP
	Talamanca, Limón	7	4,5	1	1	Appta, Acomuita, Acapro
Costa Rica	Upala, Alajuela	1	0,5	-	-	Procau
	Bataan, Limón	1	0,5	-	-	CAC
Belice	Toledo	4	1	1	0,1	TCGA, ITVET
Guatemala	Costa Sur	5	3,9	1	1	Aproca, Asecan, Fausac, Cooperativa Tuneca
	Alta Verapaz	2	1,5	1	1	IFDV
Honduras	Cortés y Copán	14	8,0	1	1	Aprocacaho, FHIA, Coagriscal
Nicaragua	Waslala, El Cuá, Jalapa y Matiguás	7	4,9	1	0,5	Cacaonica, Inawas, Acawas, La Campesina, PAC, CCAJ
TOTAL		50	29,3	6	4,6	

* Clones en jardines : CC.137; ICS-95, PMCT-58; CATIE-R1, CATIE-R4 y CATIE-R6.

** Clones en ensayos multilocales: selección del CATIE: CATIE-R9; CATIE-R10; CATIE-R12; CATIE-R20; CATIE-R22; CATIE-R26; CATIE-R27; CATIE-R29; CATIE-R31; CATIE-R32; CATIE-R38; CATIE-R47; CATIE-R48; CATIE-R49; CATIE-R66; CATIE-R72; CATIE-R81; CATIE-R82; CATIE-R85. Recomendados por FHIA: Caucasia 37; Caucasia 39; Caucasia 43; Caucasia 47; FHIA.FCS-A2; FHIA-707, FHIA-708; FHIA-269; FCS-A2; Marcial y CCN-51 T1 como clon control. Establecidos de igual forma en todos los países.

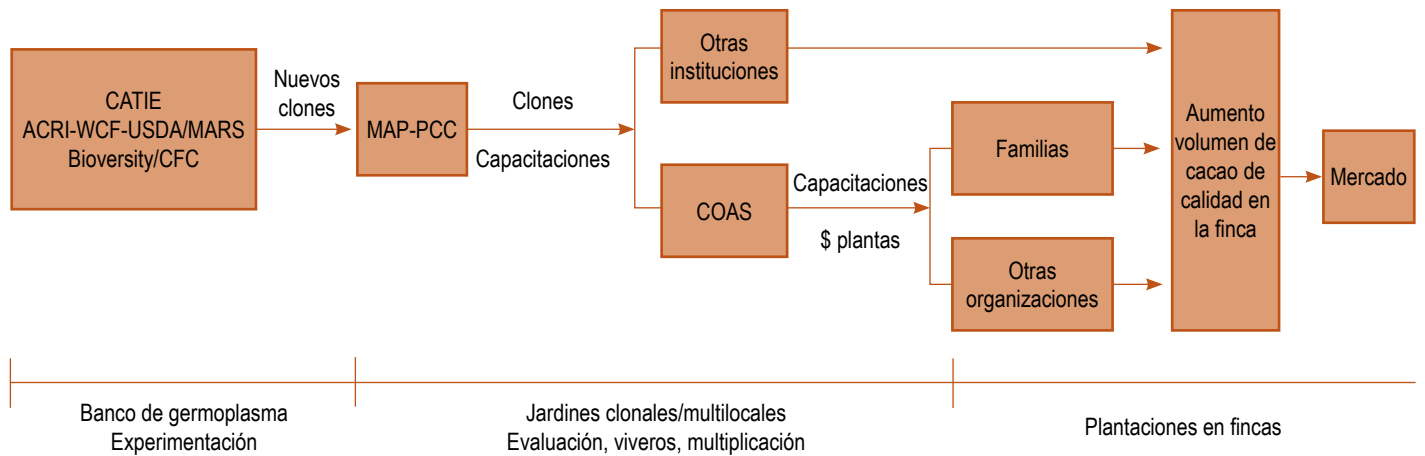


Figura 3. Ruta de impacto de los jardines clonales

lo que representa de 35 a 40 cacaotales y de 3 a 8 parches de bosque por área cacaotera. Los cacaotales de la red fueron seleccionados para abarcar la mayor diversidad de situaciones posible en cada área (cacaotales en baja y alta altitud, en paisajes abiertos y cerrados, rodeados por otros cacaotales y por otros usos de la tierra, con diferente estructura horizontal y vertical y diferente composición botánica). Se cuantificó la riqueza y abundancia por especie de varios grupos de animales y plantas claves y la producción agroforestal; se evaluó la calidad de los suelos y la cantidad de carbono fijado en la vegetación, necromasa y suelo (Cuadro 3). Las metodologías y protocolos fueron propuestos por especialistas del PCC y discutidas y ajustadas con expertos de otros centros de investigación. Las investigaciones fueron realizadas por más de 50 estudiantes (20 de maestría, 32 de licenciatura, 1 doctorado) de 15 países diferentes, o por expertos consultores, guiados por los especialistas del PCC.

Componente 2. Organización y competitividad

Con el fin de mejorar la cohesión social y el desarrollo empresarial de las cooperativas y asociaciones, se desarrollaron tres acciones claves.

1. Asistencia técnica y capacitación en desarrollo empresarial. Mediante el uso de la herramienta de autoevaluación de las capacidades empresariales (Gottret et al. 2011), se identificaron las principales limitaciones y fortalezas de cada COA en torno a los temas siguientes: orientación estratégica, organización empresarial, servicios y capacidad física, administración financiera, control contable e interno, comercialización y mercadeo, equidad y alianzas

estratégicas y redes. A partir de los resultados, se desarrolló la estrategia de asistencia técnica empresarial (ATE) ajustada para cada COA; para la medición de impactos de la estrategia se aplicó la autoevaluación al inicio (2008), a medio término (inicios 2010) y al final. Los principales logros son:

- a) Se mejoró el desempeño empresarial de las COA; al final del año 2011 la mayoría de las organizaciones habían alcanzado un aumento mayor a 15% en sus capacidades empresariales.
- b) La estrategia de ATE más exitosa para el alcance de los indicadores y de mayor impacto en las COA fue la construcción de una plataforma con consultores nacionales encargados de desarrollar las sesiones de ATE y apoyar a las COA en temas claves. Se le dio más peso a los productos de ejecución (contabilidad, gobernabilidad, comunicación, manuales de procedimientos) que a los productos documentales extensos (estrategias a largo plazo).
- c) Las COA lograron acceso a mejores mercados (certificados, productos diferenciados, sobrepuestos), desarrollaron nuevos productos diferenciados (seis organizaciones), forjaron mejores alianzas comerciales entre ellas y con otros actores de la cadena de valor de cacao en cada país. Además, lograron alianzas estratégicas con actores del sector de ecoturismo (visitas a fincas cacaoteras para promocionar la cultura cacaotera y venta de chocolate artesanal).
- d) Al final del PCC, las COA cuentan con herramientas, plataformas virtuales, el conocimiento y las destrezas para medir, fortalecer y planificar su gestión empresarial.

Cuadro 3. Investigaciones sobre biodiversidad y servicios ecológicos que prestan los cacaotales en seis áreas cacaoteras de Centroamérica

Tema	Investigaciones	Costa Rica	Panamá	Nicaragua	Honduras	Guatemala	
		Talamanca	Bocas del Toro	Waslala	Cortés	Alta Verapaz	Costa Sur
Caracterización de la biodiversidad de grupos de animales, plantas, líquenes y hongos indicadores de la calidad del hábitat.	Diversidad de la vegetación del dosel de sombra						
	Diversidad de anfibios						
	Diversidad de reptiles						
	Diversidad de invertebrados del suelo (macrofauna)						
	Diversidad de invertebrados de la hojarasca (macrofauna)						
	Diversidad de polinizadores del cacao						
	Diversidad de mamíferos						
	Diversidad de epífitas en el dosel alto y en los arboles de cacao						
Caracterización de servicios ecológicos que proveen cacaotales de Centroamérica	Diversidad de aves						
	Calidad física y química de suelos						
	Calidad del balance de nutrientes en suelos						
	Producción agroforestal para los beneficios familiares						
	Producción de cacao e incidencia de plagas y enfermedades						
	Captura de carbono en todos los compartimentos						
	Balance y huella de carbono para reducir emisiones en la cadena productiva						
	Relación de polinizadores y polinización con la producción potencial de cacao						
Caracterización agronómica para selección en campo	Provisión de hábitat para especies vegetales y rol en la conectividad del paisaje						
	Provisión de hábitat para aves y anfibios						
	Evaluación de árboles superiores de cacao						

2. Se fortaleció la comunicación y se desarrollaron acciones para la mejora de la imagen empresarial de las organizaciones.
 - a) Las escuelas de campo del PCC funcionaron como canal de comunicación directo entre los dirigentes (administradores y juntas directivas) y las familias; con ello se mejoró el flujo de información, la participación y democracia interna en los procesos sociales de la organización.
 - b) Se desarrollaron acciones para mejorar la marca, presentación y difusión de los servicios y/o productos.
 - c) Las COA cuentan con un sistema de monitoreo de satisfacción del cliente interno (socios y socias), el cual mostró que el 75% (promedio) de

los asociados, están satisfechos con la información y servicios que reciben de su cooperativa o asociación.

3. Para el apoyo de las COA, en este componente se realizaron investigaciones sobre:
 - a) Caracterización e identificación de oportunidades en las cadenas productivas de cacao de Honduras, Nicaragua y Costa Rica. Los resultados se entregaron en varios espacios a los tomadores de decisiones de esos países.
 - b) Descripción de las estrategias de medios de vida en las zonas cacaoteras de Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá y estado de los capitales de la comunidad. Ambas acciones se

realizaron al inicio y al final del proyecto para identificar los posibles impactos.

- c) Identificación de oportunidades de escalonamiento de dos empresas asociativas de Costa Rica que comercializan productos diferenciados orgánicos, como banano (Gros Michel), arazá (*Eugenia stipitata*) y noni (*Morinda citrifolia*).
- d) Se desarrollaron tres tesis de maestría: 1) Gobernanza en la cadena de valor de cacao en Waslala, Nicaragua, 2) Alternativas de escalonamiento para organizaciones empresariales de pequeños productores en una cadena de producción de Talamanca, Costa Rica y 3) Evaluación

comparativa (benchmarking) para un proceso de mejora continua en organizaciones de productores cacaoteros de Centroamérica.

Si se comparan los Cuadros 1 (línea base) y 4 (resultados 2012), se podrá apreciar el impacto real del PCC en cuanto a la asistencia técnica empresarial.

El fortalecimiento empresarial y técnico de las organizaciones, sumado a la dinámica del mercado internacional en los últimos años, ha propiciado que estas empresas, y en general el sector cacaotero centroamericano, se especialicen en la oferta de productos diferenciados. A raíz

Cuadro 4. Caracterización general de las cooperativas y asociaciones coejecutoras del PCC en el 2012

	N° socios (as)	Área cacao prom (ha)	Precio promedio productor (US\$/kg seco)		Cosecha 2010 (toneladas)	Cosecha 2011 (toneladas)	Valor de última cosecha 2011-2012(US\$)	Precio promedio venta (US\$/kg)	Tipo de productos vendidos	Mercado
			Orgánico	Convencional						
TCGA, Belice	1034	0,8±0,25	2,5		30,8	39,79	153.000	3,8	Cacao orgánico	Kraft Foods y mercado local
Plataforma Alta Verapaz, Guatemala	1422	0,73±0,53		2,51	194,4	291,3	516.139	2,51	Cacao convencional	Intermediarios en Cahabón y Lanquín
Asecan, Guatemala	154	0,7±0,4		3,06	5,4	43,75	133.875	3,1	Cacao convencional	Intermediarios, chocolatería artesanal
Aproca, Guatemala	110	0,7±0,4		2,22	0,68	16	35.520	2,2	Cacao convencional	Intermediarios, chocolatería artesanal
Aprocacaho, Honduras	300	2,5± 1,7	2,59	2,45	100	79,2	267.000	3,4	Cacao transición orgánico / comercio justo y convencional	Chocolates Halba, compradores en El Salvador y Guatemala, mercado local
Cacaonica, Nicaragua	373	3,5±1,9	3,3	2,7	81,8	101	326.000	3,2	Cacao orgánico / comercio justo y convencional	Ritter Sport, Ethiquable, Atlantic (Grupo ECOM), mercado local
Acawas, Nicaragua	188	3,5±1,9	2,5	2,1	32	21,6	66.960	3,1	Cacao orgánico	Ritter Sport, Zotter-Atlantic (Grupo ECOM)
APPTA, Costa Rica	1200	1,65±1,3	2,38		97	270	972.000	3,6	Cacao orgánico / comercio justo	Theo Chocolate-Bernrain
Acomuita, Costa Rica	76	1,65±1,3	2,8		0,8	0,45	1500	3,3	Chocolates artesanales orgánicos	Turistas (Acomuita), mercado local
Cocabo, Panamá	1410	3,7±3,6	1,5	1,3	316	590	1.350.000	2,3	Cacao orgánico / comercio justo	Pronatec, FINMAC, Cocoa del Itsmo, Hering&Hering
TOTAL	6267				859	1.413	3.821.994			

de la incentivación del sector cacaotero, las COA que participan en el PCC han pasado por un proceso positivo que se evidencia en aspectos tanto de producción como de comercialización. El escenario actual (Cuadro 4) comparado con el que se vivía en el 2007 (Cuadro 1) evidencia que:

- El área promedio destinada a la producción cacao dentro de la finca aumentó en un 23%.
- El número de productores y productoras que conforman las COA aumentó en un 6,4%.
- El precio promedio que recibe un productor por kilo de cacao seco pasó de US\$1,25 a US\$2,7 para orgánico, lo que significa un aumento del 53,7%.
- En los periodos 2010 y 2011, se generó un aumento del 39,2% en la producción y acopio de cacao por parte de las COA, como respuesta a una serie de acontecimientos climáticos y al mejor manejo del cultivo.
- El mayor avance en la estrategia de competitividad de las COA ha sido la oferta de cacao diferenciado para mejorar la calidad y las certificaciones (orgánico y comercio justo) para aprovechar oportunidades del mercado internacional.
- El cacao centroamericano ha logrado posicionarse mejor en el mercado internacional. Ahora se reconoce la calidad del producto de la región, lo que se evidencia en el crecimiento del portafolio de clientes (12 empresas de Europa y Estados Unidos).

Componente 3. Cooperación, alianzas e incidencia en la gobernanza productiva y ambiental del sector cacao en Centroamérica.

1. Establecimiento de alianzas con organizaciones locales, nacionales e internacionales que trabajan en el sector cacao de Centroamérica. Esto ha permitido coordinar mejor las acciones de cada organización (y evitar duplicidades y omisiones importantes) y cofinanciar actividades que han aumentado los impactos de las acciones financiadas por los programas nacionales y locales de desarrollo cacaotero y la cooperación internacional.
2. Expansión (*scaling-out*) de las acciones del PCC a otras regiones de Centroamérica y fuera de esta región, mediante alianzas con socios (nacionales e internacionales) que contaban con recursos propios para proveer asistencia técnica a otros productores de cacao. El PCC estableció alianzas y desarrolló acciones conjuntas con más de 100 socios que han aplicado con sus públicos meta los enfoques, conceptos, tecnologías y/o resultados de investigación del PCC.

3. Apoyo técnico-científico a las organizaciones de gobernanza pública y privada del sector cacao en cada país: el Comité Interinstitucional de Cacao de Bocas del Toro, en Panamá; la Comisión Nacional de Cacao, en Costa Rica; en Nicaragua y Honduras, la Mesa Nacional de Cacao; en Guatemala, la Agrocadena del Cacao y en Belice, el Cacao Task Force. El PCC aportó el conocimiento técnico-científico del CATIE y de sus socios internacionales para discutir a profundidad y con sólidas bases científicas, los temas centrales del desarrollo del sector cacaotero en cada país. Con base en estas discusiones científicas, las organizaciones mejoraron sus estrategias y políticas de apoyo al sector cacaotero en cada país.
4. Los espacios de discusión y concertación más importantes promovidos por el PCC fueron los Foros nacionales para la modernización de la cacaocultura que se realizaron una vez por año por país. Cada año se escogió un tema clave que se analizó en el contexto del país. Los temas fueron: 1) germoplasma de cacao, 2) calidad integral del cacao, 3) modelos de extensión y educación en el sector cacao, 4) servicios ambientales en la producción sostenible de cacao, 5) avances del sector cacao en los últimos años y perspectivas y necesidades en el futuro cercano. Estos eventos fueron organizados y facilitados por el PCC y cofinanciados por socios contribuyentes en cada país (Cuadro 5). En cada Foro se reunieron los actores del sector cacao del país; entre ellos, representantes del gobierno, líderes y coordinadores de proyectos, directivos de COA, profesores de universidades, estudiantes, técnicos de campo, promotores locales y productores (as) líderes. Los resultados y conclusiones de estos Foros brindaron insumos importantes para enriquecer los planes nacionales y locales de desarrollo del sector cacao.

Como resultado de todos estos esfuerzos de cooperación e incidencia, el PCC logró atraer fondos de apalancamiento de los socios, en efectivo o en especie, para incrementar los beneficios e impactos de cada componente del proyecto. Entre el 2008 y 2012 se reportó un monto superior a los US\$3.442.000 (Cuadro 4), equivalentes a US\$0,7 por cada dólar invertido por el PCC.

Componente 4. Educación y comunicación

1. La educación de las familias productoras mediante un programa de escuelas de campo. El programa ECA del PCC fue diseñado participativamente con técnicos y promotores locales de las COA. Los promotores locales fueron los encargados de organizar los grupos de familias en las comunidades; cada grupo

Cuadro 5. Resumen de los montos de apalancamiento de socios del PCC en cada país conseguidos entre 2008-2012

País	Monto 2008-2012	Socios (organizaciones) contribuyentes
Honduras	1.465.865	FHIA, Aprocacaho, IICA, Funder, Helvetas, Ecomercados, Technoserve, Swiss Contact, CASM, U. de Honduras, ACDI, Chocolates Halba, Socodevi, Pymerrural, SAG, U. de San Pedro Sula, Coagricasal, Aguas Puerto Cortés
Nicaragua	617.812	Cacaonica, Bioversity International, Promundo Humano, IICA, Ecomercados, UNAG, Lutheran World Relief, ICCO-Holanda, Ritter Sport, INTA, Magfor, UNA, Acawas, Universidad Bangor, P. Corazón, Floca, P. Cambio, HSI, Mesoterra, Fenacoop, Funica, CEI, Alcaldía Waslala, Inawas, PAC, La Campesina
Costa Rica	655.887	Procau, HSI, Canacacao, Promes/EARTH, Finca La Amistad, MAG, Beca Borlaug, Colegio Sepecue, UDT, CNP, Proyecto Binacional Sixaola, Fondos MAP para investigaciones, WCF, CBTC, Theo Chocolate, CSE, IMAS, UDT, CNP, UCR, Corredor Biológico, Proyecto Cambio-BCIE, Alianza pública privada, Finca Ciclares, CIRAD, GTZ, PCP, CFC-SIRC Common fund for Commodities, Embajada de Francia, Proyecto CCCAC, ATP Omega 3, MAG
Belice	146.050	Green and Blacks, European Union, Health for Progress, HIVOS, IICA, Yax che
Guatemala	120.257	Fundación Fray Domingo de Vico, Cooperativa Tuneca, IICA, Asociación Crecer, Funcafé, Prodever, Fundación Lachuá, Programa de Desarrollo de las Verapaces, FAO, Universidad de San Carlos, Agrocampus Ouest, RURAL PDER-MINECO, RUTA, Ministerio de Cultura, P. Cambio-BCIE
Panamá	131.275	USAID, PMDSBT, IDIAP, MIDA, Cuerpo de Paz, Corredor Biológico, CONEP, ANAM, ASAP, AES, Proyecto Binacional, Universidad de Noruega, Universidad de Panamá, PRODEI, APROTEN, Proyecto Cambio-BCIE, Alianza pública privada, ACP
Otros países	305.500	UDENAR (Colombia), UNA (Nicaragua), Université Montpellier, Francia, US Forest Service, World Cocoa Foundation, CIRAD
Total	3.442.646	

Los significados de los acrónimos se encuentran en el recuadro de la página XX.

de ECA estaba compuesto por un promotor (facilitador) y 6-8 familias. Las invitaciones a estas ECA tenían un enfoque familiar y no solo al jefe de familia. Con eso se logró la participación de 2-3 miembros por familia; cada ECA estaba integrada por 18-25 personas. Las sesiones eran rotativas entre las fincas de las familias integrantes. Dado que se pretendía alcanzar a 6000 familias en total, el programa de ECA se dividió en dos fases: 3000 familias entre 2008-2009 y otras 3000 familias entre 2010-2011. Terminada la primera fase, se hicieron talleres con promotores en todos los países para reflexionar sobre las ECA y reajustar los temas y metodologías de las sesiones. Durante el desarrollo de las ECA (10-12 meses por ciclo de enseñanza), con sesiones mensuales, los promotores visitaron al menos una vez la finca de cada familia para hacer recomendaciones de manejo agroforestal de la producción cacaotera. Durante el 2012, alrededor de 400 familias (50-100 por país), entre las más interesadas en mejorar su producción de cacao y que habían participado de manera constante en las ECA, recibieron asistencia técnica directa de los promotores sobre podas, injertos, control de enfermedades y calidad, con el objetivo de fomentar la existencia de cacaotales demostrativos en las comunidades.

Los temas de capacitación de las ECA respondían a las necesidades de las familias (identificados en los estudios de línea base, opiniones de expertos y promotores). El orden de presentación de los temas se acomodó en cada país al calendario agrícola y fenología local del cacao; en todas las sesiones se incluyeron dinámicas para reflexionar y sensibilizar sobre la equidad de género en la familia. Cada sesión incluía un tiempo inicial de reflexión del cómo, por qué y para qué de las cosas, y luego una sesión de enseñanza, reforzamiento y práctica de las nuevas técnicas. También se incluían dinámicas de aprendizaje y de animación, según lo establece la metodología general de ECA. Para cada sesión y tema se preparó una guía detallada para los promotores, con los contenidos y tiempos a invertir en cada subtema. Además, se elaboraron manuales de enseñanza tipo historieta (ver sección “¿Cómo hacerlo?” en este mismo número de la revista) y una radionovela sobre cacao difundida en radioemisoras locales en todos los países.

Temas de enseñanza de las ECA del PCC:

1. La familia, la finca y la evaluación del conocimiento familiar al inicio de la ECA

2. La planificación agroforestal de la finca y los servicios ambientales
3. La reproducción sexual del cacao (por medio de las semillas)
4. La reproducción asexual del cacao (por medio de injertos)
5. El manejo de plantaciones de cacao
6. El control de las principales enfermedades del cacao
7. El manejo de la sombra del cacaotal
8. Renovación y rehabilitación de cacaotales
9. La calidad integral del cacao
10. El cacao y la cultura
11. Género y equidad²
12. Andragogía, gestión del conocimiento y comunicación educativa²

La cadena de enseñanza siguió estos pasos: los especialistas de CATIE con la retroalimentación de los equipos en las organizaciones capacitaban a los técnicos y promotores locales durante uno o dos días (dependiendo de la dificultad del tema). Luego, los técnicos y promotores locales hacían su cronograma de sesiones para replicar el tema en las comunidades. Cada promotor estaba contratado a medio tiempo y atendía unos ocho grupos de ECA.

Entre el 2008 y 2012 el PCC formó y entrenó a 113 jóvenes promotores (as) comunales (24% mujeres) en diez temas de producción sostenible del cacao. De todos ellos, 51 personas (30% mujeres) se graduaron oficialmente como “facilitadores de escuelas de campo”, certificados por el CATIE, después de un examen riguroso teórico y práctico. En las ECA participaron casi 11.000 personas, integrantes de más de 5000 familias (Cuadro 6). El enfoque de capacitación familiar permitió más que duplicar la participación de mujeres en este tipo de capacitaciones: la participación de las mujeres subió del 15% (línea base) al 39%. Al

final del programa de ECA se entregó un certificado de graduación a todas las personas que participaron en al menos 60% de las sesiones (cuadro 6).

2. Oferta de oportunidades de investigación por medio de tesis y pasantías a estudiantes universitarios, nacionales y extranjeros, interesados en los temas, enfoques y conceptos del PCC. Se formaron 48 profesionales universitarios (28 a nivel de licenciatura, 19 de maestría y un doctorado). Los estudiantes realizaron sus investigaciones dentro de las acciones del PCC y mejoraron los vínculos entre el CATIE y un amplio abanico de universidades socias dentro y fuera de la región centroamericana.
3. Cursos, diplomados y fortalecimiento de la enseñanza de la agroforestería y de la producción sostenible de cacao a los estudiantes de centros educativos locales. El PCC colaboró con las facultades de agronomía, forestería y temas afines de varias universidades latinoamericanas, interesadas en mejorar su oferta académica en el manejo moderno y sostenible del cacao; ellas son, la Universidad de Panamá, la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua, la Universidad de San Pedro Sula, la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (Esnacifor) y la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano de Honduras; la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala; la Universidad Earth de Costa Rica; la Universidad de Nariño y la Universidad de la Amazonia en Colombia. Con la UNA Nicaragua y con el proyecto Promes-Earth de Costa Rica, se ofrecieron diplomados sobre cacaocultura moderna para capacitar a su personal docente y a técnicos de instituciones del sector agropecuario público y privado de las regiones cacaoteras de Nicaragua y Costa Rica. El PCC lideró unos 450 eventos técnicos y de capacitación en los que participaron unas 10.600 personas (Cuadro 7).

Cuadro 6. Estadísticas de participación en las escuelas de campo del PCC-CATIE en Centroamérica entre 2008 y 2011

País	Belice	Costa Rica		Honduras		Guatemala		Nicaragua		Panamá	Total
	TCGA	Acomuítá	Upala	Aprocacaho	Asecan	Aproca	A. Verapaz	Cacaonica	Acawas		
# grupos de ECA	52	117	19	121	14	7	119	136	30	158	773
# comunidades	44	44	19	85	13	7	72	78	29	96	487
# familias	474	549	111	653	163	64	1308	515	93	1152	5082
# participantes	963	854	170	1127	277	94	2175	1706	414	3024	10804
% mujeres	36	44	39	25	43	20	37	40	41	45	39
# graduados	961	844	156	812	183	70	1593	1013	172	1666	7470

Los totales de familias y participantes responden a un promedio de la participación en cada una de las sesiones. Esos números pueden alcanzar unas 1000 familias y 3000 personas más que participaron al menos en una sesión de ECA.

² Solo los promotores recibieron esta capacitación como parte de su formación como facilitadores y para manejar grupos de personas.

Cuadro 7. Participación en eventos de capacitación, foros y reuniones ejecutados por PCC-CATIE entre 2008-2012

Tipo de eventos	Eventos	Participantes	% Mujeres*	Tipo de público
Presentaciones del proyecto y sus actividades	31	992	35	Tomadores de decisión, directores, coordinadores, investigadores,
Foros locales y nacionales	25	1968	27	profesores, estudiantes, técnicos,
Reuniones de trabajo/planificación/alianzas	182	2386	40	promotores, productores
Cursos y capacitaciones	132	3451	31	Técnicos, promotores, productores,
Talleres	58	1657	31	estudiantes, personal administrativo
Diplomados	3	97	23	Profesores, estudiantes y profesionales
Cursos de posgrado en CATIE y otras universidades	10	54	30	del sector cacaotero
Total general	441	10605		

* Promedio de participación de mujeres: 31%.

4. Publicación y divulgación masiva de los materiales promocionales, educativos, técnicos y científicos del PCC. Los resultados, aprendizajes, enfoques, metodologías, investigaciones e información del PCC han sido publicados en programas de radio, videos, catálogos, folletos, libros, afiches, fichas educativas, tesis y revistas científicas. (Ver listado completo al final de este mismo número). Más de 6000 personas han tenido acceso a estos materiales; 8500 personas de diversas partes del mundo usan las páginas web del PCC, que incluyen: 1) un sitio web, Shademotion.com que ofrece un software gratuito para diseñar doseles de sombra y simular la distribución y cantidad de sombra en la parcela; 2) una base mundial de datos bibliográficos sobre las relaciones entre el cacao, los árboles, los bosques y el ambiente (<http://biblioteca.catie.ac.cr/inaforesta>), compuesta por más de mil publicaciones en formato pdf. El PCC ha sido divulgado profusamente en medios de comunicación nacionales e internacionales, con un promedio de 40 notas al año, así como en redes de información de diversas organizaciones internacionales; entre ellas, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Red Prociotrópicos, Agroinnovación al día, Proyecto Binacional Sixaola-Changuinola, Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR), Fundación Mundial del Cacao (WCF), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD), Biblioteca Conmemorativa Orton, Cámara Nacional de Cacao Fino de Costa Rica (Canacacao), Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (FAUSAC), Universidad Earth, Rainforest Alliance,

Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicit), Universidad de Costa Rica, Universidad Cenfotec, Fundación de la UCR para la Investigación (Fundevi), CATIE, el Proyecto de Innovación Tecnológica Red Sicta, la red Ecoindex, otras redes regionales de periodistas científicos, organizaciones productoras, ONG y sus respectivas redes sociales, lo que abarca unas 55.000 personas que reciben información sobre el PCC por algún medio de comunicación.

Componente 5. Gerencia participativa

1. Se diseñó un plan de coejecución financiera y técnica de las acciones del PCC mediante convenios con dos cooperativas, seis asociaciones y dos instituciones de investigación (FHIA y FAUSAC), las cuales se encargaron del desarrollo de las actividades en las zonas de acción. El 35% del presupuesto fue ejecutado en forma directa por estas organizaciones. Esta estrategia buscó también la efectividad financiera mediante: a) la gestión del PCC como una pequeña unidad gerencial; b) bajos costos operativos locales gracias a la contratación de recursos humanos, bienes y servicios locales o nacionales de buena calidad; c) reducidos gastos de transporte y movilización del personal técnico a fincas y comunidades, con la contratación de promotores locales que impartieron capacitación y asistencia técnica en forma práctica y grupal en las fincas de los productores de la comunidad.
2. Una estructura de planificación, evaluación y monitoreo participativo del proyecto mediante los Consejos Coordinadores Nacionales (CCN) y un Consejo Coordinador Regional (CCR), integrados por el líder, coordinadora del CATIE; los técnicos, gerentes y directivos de las COA, y los socios del PCC. En

estos espacios se discutieron todas las actividades del proyecto. El marco lógico y presupuesto fueron elaborados participativamente y se monitorearon mediante el CCR y los CCN. Este seguimiento fue complementado con auditorías anuales por parte de la Oficina de Auditoría del CATIE, auto-evaluaciones participativas anuales, las revisiones de medio término y final del PCC y las misiones externas de evaluación de la Embajada de Noruega.

3. Un sistema de comunicación permanente en todos los niveles.

Para efectos del análisis de la ejecución financiera del proyecto se generaron indicadores para medir la eficacia y la eficiencia del proyecto. La eficacia es una medida de cómo los recursos asignados y ejecutados se transforman en resultados concretos y tiene que ver con las fortalezas de un grupo para cumplir con los objetivos enunciados; es una medida de la capacidad de un grupo para transformar la realidad y lograr los resultados planteados en un tiempo dado. La eficacia del PCC se califica como muy buena, ya que se alcanzó un 95% de los resultados esperados entre 2008 y 2012, con un 94% de ejecución financiera.

La eficiencia es una medida del retorno en resultados obtenidos por unidad de insumo (tiempo, dinero, personal) utilizado. Para medir la eficiencia del PCC se generaron los siguientes indicadores:

- Proporción del capital invertido en la gerencia del PCC: Este indicador se mide expresando el costo de gerencia como porcentaje del presupuesto total ejecutado. De 2008 a 2012 se invirtió el 13% del presupuesto en la gerencia del PCC. El costo de la gerencia del PCC incluye 50% del salario del líder de Proyecto, 70% del salario de la coordinadora, el 100% del salario del personal de apoyo en Turrialba (una secretaria ejecutiva, un asistente de oficina y la administradora) y el apoyo administrativo de las OTN de Guatemala y Nicaragua.
- Proporción del capital invertido en asistencia técnica: para estimarla, se divide el valor de la asistencia técnica por el presupuesto total ejecutado. En este proyecto se dedicó el 56% del presupuesto al pago de especialistas técnicos, equipos locales técnicos, consultores y administradores en las COA. El costo de la asistencia técnica incluye el 50% del salario del líder, 30% del salario de la coordinadora, el equipo técnico del PCC y estudiantes y el 26% de los contratos con las COA.

- Proporción del capital invertido en operativo: los fondos disponibles para el establecimiento de parcelas demostrativas, mejoras en las fincas y otras acciones de campo, actividades de capacitación como el programa de escuelas de campo, cursos y talleres, publicaciones, ejecución de investigaciones y movilidad de los equipos se reflejan como porcentaje comparado con el presupuesto total. El 31% del presupuesto se dedicó a gastos operativos; de este monto, el 9% fue manejado por las organizaciones coejecutoras.

ESTRATEGIAS DE REDUCCIÓN DE LA POBREZA Y DE EQUIDAD DE GÉNERO

El PCC propuso reducir la pobreza de las familias cacaoteras mediante el fortalecimiento de los activos de los medios de vida de estas familias. Así, 1) se crearon capacidades y se aumentaron las destrezas de los miembros de las familias, dirigentes y equipos gerenciales y técnicos de las cooperativas y asociaciones para manejar eficientemente y en forma sostenible la producción de cacao y otros bienes del dosel; 2) se mejoró el capital natural de las fincas al introducir germoplasma superior de cacao y de especies maderables para aumentar la diversidad botánica y complejidad estructural del dosel de sombra y elevar el valor ambiental de los cacaotales; 3) se mejoró el capital político de las familias y de sus organizaciones al fortalecer su participación en las mesas nacionales y locales de concertación productiva y ambiental del sector cacao en cada país; 4) se fortaleció el capital financiero de las familias mediante el aumento del ingreso familiar proveniente de la rentabilidad en las operaciones de las COA.

El PCC se desarrolló en un ambiente pluricultural, donde equidad y género se valoran y se enriquecen de la cosmovisión de las poblaciones indígenas, afrocaribeñas y mestizas productoras de cacao. El enfoque de equidad y género del PCC buscó la igualdad de oportunidades y responsabilidades económicas, sociales y culturales para hombres y mujeres en todas las esferas de acción del PCC, incluyendo: 1) las familias productoras; 2) los empleados y consultores de las COA, socios y del CATIE; y 3) los participantes de ECA, colegios y universidades que participan en el PCC. El actor principal del PCC fue la “familia” y no “el productor” o jefe de hogar; se promovió activamente la participación de hombres, mujeres, niños, niñas, jóvenes y adultos mayores en las actividades del PCC.

Algunas de las acciones realizadas para incorporar el enfoque de equidad de género en todas las esferas de acción del PCC fueron las siguientes. 1) Todas las metodologías de los diagnósticos de línea base utilizaron el enfoque de género y equidad y el enfoque de análisis de los capitales de los medios de vida. 2) Se elaboraron instrumentos basados en el enfoque de la familia y no en el productor. 3) El programa de educación del PCC fue dirigido y ajustado según las necesidades de hombres y mujeres. 4) El acceso a oportunidades de pasantías y oportunidades de educación universitaria se otorgaron equitativamente a hombres y mujeres. 5) Se realizaron talleres de sensibilización y educación para técnicos, promotores y miembros de juntas directivas de las COA. 6) Se procuró la participación igualitaria de hombres y mujeres, tanto en los contratos del CATIE como en los puestos de trabajo de las COA financiados con recursos del PCC. 7) Se promovió la participación igualitaria de hombres y mujeres en los puestos de dirección y de toma de decisiones de las juntas directivas de las COA. 8) Los horarios y fechas de reuniones se definieron de manera que permitieran a las mujeres y otros miembros de la familia incorporarse a las acciones del PCC sin interferir con sus otras tareas. 9) La estrategia de comunicación del PCC consideró el enfoque de género en sus signos externos, imágenes, materiales técnicos, educativos y divulgativos; 10) Se monitoreó y evaluó el número de familias con jefatura femenina, el número y porcentaje de mujeres que participaron de eventos de capacitación y asistencia técnica y el número y porcentaje de mujeres que accedieron a posiciones de gerencia y liderazgo en sus cooperativas y asociaciones.

RETOS A FUTURO

Para asegurar la continuidad de los jardines clonales y los procesos de mejoramiento empresarial de las cooperativas y asociaciones al finalizar el PCC en el 2012 se debiera:

- Continuar mejorando los procesos poscosecha y beneficiado del cacao en finca; mejorar la logística de recolección y fermentado-secado en centros de acopio de las COA, con el fin de uniformizar una máxima calidad del grano que les permita acceder a mercados diferenciados y posicionar a Centroamérica como región productora de cacao fino y de aroma.
- Lograr que las familias presten igual atención al perfeccionamiento del manejo del cultivo y de los árboles de sombra que les proveen de madera, frutas y otros bienes y servicios útiles para la familia y la sociedad.
- Lograr que los gobiernos incluyan el sector cacaotero en sus agendas, que realicen las gestiones políticas y pagos necesarios para que todos los países centroamericanos sean parte del Instituto Internacional de Cacao (ICCO) y posteriormente puedan ser reconocidos como productores de cacao fino y aprovechen las oportunidades de presentar proyectos a este organismo de fomento al sector.
- Hacer llegar a familias, centros de estudio, instancias de gobierno y tomadores de decisiones los resultados de investigaciones sobre servicios ambientales que prestan los cacaotales e incorporar esta información en las estrategias de comercialización hacia mercados nicho, agendas institucionales y planes de estudio.
- En ciencia e investigación aún queda trabajo por hacer. En el PCC se hizo una primera caracterización del carbono capturado, calidad del suelo, la riqueza y abundancia de varios taxones (herpetofauna, macrofauna de suelo, polinizadores del cacao en la hojarasca, vegetación) y la contribución de los cacaotales a los medios de vida de las familias y fincas cacaoteras de Centroamérica. Ahora es necesario identificar los factores más importantes para incrementar los rendimientos agroforestales y los servicios ambientales de una forma sostenible en fincas cacaoteras, reduciendo disyuntivas (tradeoffs) y mejorando sinergias que permitan generar prácticas sostenibles para estos sistemas.
- Mantener la oferta del CATIE en capacitación y de materiales de enseñanza sobre cacao, agroforestería y ambiente a los países de Centroamérica, otros países latinoamericanos y del resto del mundo.
- Aumentar los esfuerzos para crear en las mujeres cacaoteras el conocimiento y destrezas requeridos para participar en forma tecnificada y eficiente en las labores en la finca, crear nuevas empresas que den valor agregado a los productos de las fincas y participar en los espacios de decisión en sus COA.
- Lograr que las organizaciones empresariales de productores y productoras vayan más allá de solo vender cacao en grano y logren ofrecer nuevos productos de sus fincas (banano, frutas, madera, etc.).
- Fortalecer las capacidades empresariales y de infraestructura de las COA para acopiar, procesar, almacenar y vender mayores volúmenes de cacao ante el eventual aumento de la producción de cacao en las fincas de sus socios.

LECCIONES APRENDIDAS

- Fortalecer los equipos de promotores locales fue clave para el éxito de las acciones del proyecto. Estos recursos humanos técnicamente formados se quedan en las comunidades cacaoteras.
- El enfoque de familia en las escuelas de campo incrementa las probabilidades de que aumenten los conocimientos, habilidades y prácticas en finca, además de mayor equidad en la toma de decisiones en el núcleo familiar y de ser un mecanismo para preparar el relevo generacional.
- Las diferencias culturales en familias y líderes cacaoteros indígenas requieren que los equipos técnicos que colaboren en campo cuenten con una apreciación social de estas particularidades para que se incorporen desde el diseño de las actividades y lograr la apropiación de innovaciones tecnológicas en el manejo agroforestal y el uso de nuevas variedades de cacao en las fincas.
- Cinco años nos son suficientes para que todo el sector cacaotero de un país esté claro sobre los tipos de germoplasma de cacao que existen en el país y sobre los que se podrían introducir y utilizar sin reducir la calidad del cacao producido en el país. Cada país piensa que su cacao es criollo y de la mejor calidad del mundo.
- Los técnicos pensábamos que era fácil cambiar la reproducción sexual tradicional del cacao por el uso de injertos y otras formas de reproducción asexual. La realidad fue otra: se requiere mucho tiempo y mucha capacitación e información a familias, líderes y técnicos locales, y también eventos de intercambio de experiencias para explicar las bondades y características de las nuevas tecnologías (respuesta productiva, tolerancia a enfermedades, calidad). No todas las personas en las fincas tienen habilidades para reproducir asexualmente el cacao y hay que dedicar esfuerzos en identificar y entrenar a las personas de las familias y comunidades con estas habilidades.
- La rotación frecuente de personal en las juntas directivas y personal administrativo de las organizaciones de pequeños productores retrasan la continuidad de planes, proyectos y de la misma organización o empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- Chen S; Ravallion M. 2007. Absolute poverty measures for the developing world, 1981-2004. PNAS 104(43): 16757-16762.
- Gottret et al. 2011. Autoevaluación facilitada para la gestión de empresas asociativas rurales. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica Manual Técnico. 81p.
- Orozco, L; Deheuvels, O. 2007. El cacao en Centroamérica: resultados del diagnóstico de familias, fincas y cacaotales. Informe final de diagnóstico, Proyecto Cacao Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 148 p.
- Phillips-Mora, W; Castillo, J; Arciniegas, A; Mata, A; Motamayor-Arias JC. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico 105. 68 p.
- Phillips-Mora, W; Castillo, J; Arciniegas, A; Mata, A; Sánchez, A; Leandro, M; Astorga, C; Motamayor, J; Guyton, B; Seguine, E; Schnell, R. 2009. Overcoming the main limiting factors of cacao production in Central America through the use of improved clones developed at CATIE. Proceedings of the 16th International Cocoa Research Conference, COPAL; Lagos, Nigeria. p.19.
- Proyecto Cacao Centroamérica. 2007. Competitividad y ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica. Documento del Proyecto. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 156 p.
- Somarriba, E; Andrade, JE; Segura, M; Villalobos, M. 2008. ¿Cómo fijar carbono atmosférico, certificarlo y venderlo para complementar los ingresos de productores indígenas en Costa Rica? Agroforestería en las Américas (CATIE) 46: 81-88.
- Somarriba, E; Harvey, C. 2003. ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? Agroforestería en las Américas (CATIE) 37: 12-17.
- Somarriba, E; Trujillo, L; Stoian, D; Palencia, G; Cancari, F; Trujillo, G; Cuaquira, J; Mendieta, V; Aguirre, F; July, W; Huanca, E; Mamani, J; Flores, R; Castro, G. 2005. ¿Cómo modernizar la cadena del cacao del Alto Beni, Bolivia? Agroforestería en las Américas (CATIE) 43/44: 15-19.

¿Cómo hacerlo?

¿Cómo se hacen las historietas educativas del Proyecto Cacao Centroamérica sobre el manejo sostenible del cacao?

Eduardo Somarriba, Francisco Quesada, Marilyn Villalobos, Shirley Orozco, Alexander Corrales

INTRODUCCIÓN

En el mundo, unos 6 millones de productores cultivan 8 millones de hectáreas de cacao, en pequeñas fincas de menos de 5 ha. La mayoría de las familias productoras (unos 50 millones de personas) son pobres, tienen baja escolaridad y viven en zonas remotas. A pesar de los esfuerzos de los gobiernos, ONG, la industria y otros actores del sector cacaotero mundial y nacional, muchas familias productoras no han recibido educación en el manejo sostenible de cacaotales para elevar su productividad y conservar el ambiente. Numerosos programas de educación de productores de cacao en el mundo usan la metodología de Escuelas de Campo (ECA) y educan a los productores mediante charlas en el campo (transmisión oral) y la aplicación práctica de principios y técnicas diversas. Las ECA se apoyan (aunque no siempre) en materiales escritos, video/TV o radio. Los materiales escritos varían en profundidad y complejidad técnica y en la manera de comunicar el conocimiento al lector. Algunos materiales son excesivamente técnicos y francamente indigeribles para un agricultor; otros son muy simples, explican bien qué hacer pero no dan razones del por qué.

Se necesita un nuevo tipo de material educativo dirigido principalmente a las familias productoras de cacao; textos de estudio amenos, en forma de historietas ilustradas (un “comic”), que vaya más allá de los materiales de extensión típicos donde se muestra qué hacer y cómo hacer las cosas, pero no se discute el por qué hacerlo o no, ni se aspira a que el productor y la productora desarrollen un sentido crítico y, mucho menos, que desarrollen su propia manera de pensar.

La serie de historietas del Proyecto Cacao Centroamérica (CATIE-MAP-PCC) se sustenta en los siguientes principios:

- Hay que enseñar por qué ocurren las cosas, enfocándose primero en enseñar a los productores y productoras la biología del cacao (para entender por qué ocurren las cosas) y luego en la agronomía -es decir, qué cosas hay que hacer y cómo hacerlas-.
- Las historietas no dan recetas sino que enseñan a las personas a razonar en forma ordenada e informada y a llegar a sus propias conclusiones. Esto es imprescindible porque el cacao se cultiva en una gran variedad de condiciones agroecológicas y socioeconómicas, edad y formas de manejo; en consecuencia, no es fácil recomendar algo que se aplique a todos los lugares del mundo donde se cultiva cacao.
- Los temas ya conocidos se deben tratar en forma novedosa; además, se deben incluir nuevos temas de actualidad (agroforestería, el manejo de la sombra, la provisión de servicios ambientales, la certificación y el mercado), ausentes en la mayoría de las ECA de todo el mundo.
- Los diálogos de las historietas podrían servir fácilmente, con muy pocas adaptaciones, para transmitirse en radionovelas, narrarse en videos, etc.

EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LAS HISTORIETAS

El proceso de producción de una historieta se puede dividir en cinco etapas.

- Elaboración del guión
- Ilustración y diseño
- Catalogación e impresión
- Traducción al inglés
- Distribución

ELABORACIÓN DEL GUIÓN

La historieta nace cuando uno de los autores concibe una idea o motivo principal y se compromete a elaborar un primer borrador de tipo técnico. Dicho autor/autora asume el rol de **autor principal**. El **coordinador de edición**, quien puede o no formar parte del grupo de autores, decide si es necesario solicitar la participación de otros colaboradores. Para evitar la duplicación innecesaria de esfuerzos es necesario coordinar la producción de la historieta entre los varios autores y/o revisores. En el equipo del PCC encargado de producir las historietas se ha desarrollado un sistema de trabajo que, entre otras cosas, evita que en ningún momento del proceso esté circulando más de una versión del guión. La historieta se perfecciona a través varios de ciclos de revisión-depuración, que describimos a continuación:

- A partir del documento técnico escrito por el o los autor(es) principal(es), el coordinador de edición elabora una primera versión en formato de historieta y la circula entre los autores (incluido el autor principal), para que hagan sus contribuciones y observaciones. La naturaleza de las contribuciones abarca desde incluir, ampliar, recortar o eliminar temas, o hacer cambios en el orden de la exposición hasta indicar errores u omisiones importantes en el contenido. También incluye observaciones acerca del estilo y el formato, aunque estas observaciones se suelen dejar para las etapas más avanzadas del proceso de revisión-depuración.
- La coordinación de edición recoge todas las sugerencias y contribuciones de los autores y procede a elaborar, en estrecha consulta con el autor(a) principal, una segunda versión de la historieta, la cual es enviada nuevamente a todos los autores, iniciándose un nuevo ciclo de discusión y depuración. De esta manera, el contenido y la forma de la historieta se va perfeccionando a través de varios ciclos -tantos como se considere necesarios-. En los ciclos iniciales, las observaciones gravitan mayormente alrededor del contenido, mientras que en los ciclos finales se desplazan más hacia consideraciones de estilo (balance de género y étnico, revisión del lenguaje) y formato (longitud de las intervenciones de los personajes, inclusión de ciertas partes en carteles, etc.).
- Alcanzado el punto en que los autores dan el visto bueno al guión de la historieta, este es enviado a los revisores externos, expertos en el tema de la historieta, para que hagan observaciones. De estas revisiones han surgido observaciones valiosas³.

- Analizadas y valoradas las observaciones de los revisores, se produce la última versión del guión y la historieta pasa a la etapa siguiente.

ILUSTRACIÓN Y DISEÑO

- Durante esta nueva etapa, el ilustrador-diseñador trabaja en estrecha consulta con el coordinador de edición y el autor principal, principalmente por vía telefónica y de correo electrónico y cuando es necesario en forma presencial. Es común que el ilustrador-diseñador solicite información sobre cómo ilustrar algunos aspectos de naturaleza agronómica del árbol de cacao o de las fincas cacaoteras. La información se le suministra facilitándole fotografías, dibujos o bien invitándole a participar en alguna visita al campo. El ilustrador-diseñador envía primero un modelo del ambiente pero con los globos de texto vacíos. Aprobada la ambientación, se incorpora el texto. Si bien es cierto que ilustración y diseño suelen considerarse especialidades separadas, para la producción de la presente serie de historietas, se ha podido contar con un profesional capaz de realizar ambas tareas, incluyendo la elaboración de las artes finales. Una de las prácticas seguidas por el ilustrador-diseñador es la de solicitar a la imprenta donde se hará la impresión, los parámetros (settings) de sus máquinas impresoras para realizar las ilustraciones tomando en cuenta dichos parámetros desde el inicio de su trabajo. El ilustrador-diseñador también tiene la libertad de proponer pequeños cambios o acomodados en el guión, cuando considera que estos podrían mejorar la consistencia de la historieta o facilitar algún aspecto de diseño. Dichas propuestas deben ser aprobadas por la coordinación de edición y el autor principal.
- La propuesta del diseñador-dibujante se circula entre los autores para su aprobación. Esta es la última oportunidad para sugerir mejoras o detectar algún defecto o error en el guión o en la parte gráfica.

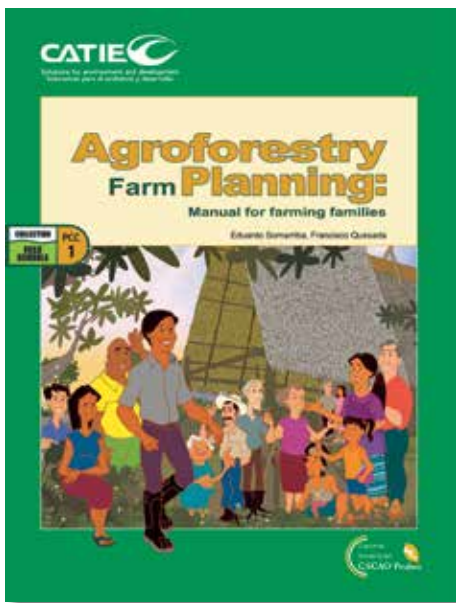
CATALOGACIÓN E IMPRESIÓN

- Aceptada la versión gráfica de la historieta, se verifica que la portada y contraportada incluyan los logos y créditos que corresponden y se solicita al Comité Editorial de CATIE el número ISBN y el código de barras para la catalogación de la historieta.
- Terminado el proceso de catalogación, las artes finales son enviadas a la imprenta que hará la impresión.

³ Como por ejemplo, eliminar del elenco de los animales al cerdo, para evitar cualquier posible desaprobación o rechazo por parte de lectores musulmanes.

TRADUCCIÓN AL INGLÉS

- El guión es enviado a la persona que hará la traducción al inglés. El coordinador de edición y el autor principal se mantienen en comunicación con el traductor o traductora para aclarar dudas. Se debe tener en cuenta que la persona encargada de la traducción usualmente no es especialista en agronomía -y menos probable aún, en el cultivo del cacao- por lo cual posiblemente necesitará hacer consultas sobre cómo traducir algunos términos técnicos. Cuando aparecen refranes, bromas o expresiones que riman en español pero no en inglés, se le da la libertad al traductor o traductora para que las reemplace por una versión apropiada que preserve la intención y el espíritu del original en español. La versión en inglés utiliza los mismos dibujos y diseño gráfico que la versión en español y sólo requiere que los globos de texto sean llenados con el correspondiente texto en inglés. Ocasionalmente es necesario hacer ajustes gráficos en el tamaño de algún globo, debido al cambio de idioma.



DISTRIBUCIÓN

- Inicialmente se hace un tiraje en papel de 5000 historietas en español y 1000 en inglés. Con este tiraje se cubre a las familias productoras de cacao de los seis países en los que trabaja el PCC. Además, se colocan versiones digitales en formato pdf en el sitio web del CATIE, las cuales pueden ser bajadas gratuitamente⁴. En este portal los usuarios, además

de las historietas, tienen acceso a los materiales para universidades, artículos científicos, resultados de las investigaciones que realiza el PCC, cortos de radios y videos sobre diversos temas de interés para las familias cacaoteras⁵.

- Copias de la versión impresa se envían a las principales bibliotecas nacionales y de universidades de los países cacaoteros. Se reserva una cantidad de ejemplares impresos para compartir con socios del sector cacaotero de diversos países en ferias, simposios, foros, congresos y otras reuniones.
- Una vez que las historietas están en la web, se anuncia al equipo de trabajo del proyecto y se disemina la noticia en las redes de información con las que el PCC comparte información como por ejemplo: Inaforesta, Biblioteca Conmemorativa Orton, Prociatrópicos, IICA, Red Sicta, Proyecto Binacional Sixaola, CIFOR, Canacacao, Noticias FHIA, Funcafor, Conicit, Boletín Girasol de la UCR. Estas versiones también se comparten con bibliotecas de organizaciones amigas como World Cocoa Foundation y Rainforest Alliance.
- De esta forma diversas organizaciones alrededor del mundo se han enterado de las historietas y solicitan el envío de ejemplares o el permiso para reproducirlas, con el fin de compartir con las familias productoras, estudiantes, docentes y técnicos en agricultura. Al día de hoy se han autorizado reproducciones o enviado ejemplares a otros proyectos u organizaciones relacionadas con el sector cacaotero en Guatemala, Panamá, Nicaragua, Honduras, El Salvador, República Dominicana, Ecuador, Colombia, Estados Unidos y Taiwán.

LAS HISTORIETAS EN OTROS IDIOMAS

- Disponer de las historietas en español e inglés permitiría, en principio, llegar a una gran cantidad de productores en América y África. En estos dos continentes también hay productores de habla francesa y portuguesa. Se ha considerado la posibilidad de traducir las historietas a estos dos idiomas, pero aún no se ha concretado nada en esta dirección. Vale la pena mencionar que la versión inglesa de la historieta sobre la reproducción sexual del cacao fue vista por personas de un museo en Taiwán, quienes solicitaron permiso al CATIE para traducirla al chino mandarín, con el fin de ilustrar a la población taiwanesa sobre el cultivo y biología reproductiva del cacao.

⁴ Entre enero 2011 y agosto 2011, el sitio web donde se encuentran estos materiales recibió un promedio de 1200 visitas mensuales.

⁵ Para acceder a las historietas, ingrese a la página www.catie.ac.cr/pcc, seleccione en Materiales de escuelas de campo, el submenú Publicaciones en Cacao que aparece en la ventana de la izquierda.



Carmen conversa en chino sobre el cacao.

LA SERIE DE HISTORIETAS DEL PCC Y SUS CONTENIDOS

La colección de historietas sobre producción sostenible de cacao del Proyecto Cacao Centroamérica (CATIE/PCC) ha tenido buena acogida entre estudiantes de colegios, universitarios, técnicos agrícolas e incluso ingenieros agrónomos.

Se han publicado en español e inglés las siguientes historietas:

- Planificación agroforestal de fincas
- La reproducción sexual del cacao
- Injertos y otras técnicas de propagación del cacao
- La poda de producción del cacao
- La sombra del cacao
- La captura de carbono: un servicio ambiental en fincas cacaoteras indígenas⁹
- Manejo de plantaciones híbridas y clonales de cacao



Colección de historietas sobre el manejo del cultivo de cacao producidas por CATIE-PCC

⁹ Disponible solo en español.

Se encuentran en el **proceso de producción** dos historietas más:

- Rehabilitación y renovación de cacaotales
- Historia cultural y natural del cacao

Además, **en un futuro cercano** se piensa desarrollar las siguientes:

- Cacao, biodiversidad y servicios ambientales
- Producción de madera en cacaotales
- Establecimiento de nuevos cacaotales
- Cacao sostenible: producción, certificación y comercialización

Es conveniente aclarar que la idea original de las historietas no nació en el seno del PCC. Las tres primeras historietas se produjeron para atender las necesidades de proyectos previos sobre cacao de los cuales el CATIE era parte, dos de estos proyectos en la zona de Talamanca, Costa Rica y otro en la región de Alto Beni, Bolivia. Cuando nació el PCC, y con base en la experiencia y buena acogida de estas tres primeras historietas, se decidió no sólo ampliar el temario con nuevas historietas sino dar cierta uniformidad a la serie, en cuanto a estilo y a los personajes que intervienen en ellas.

LOS OBJETIVOS PRIMORDIALES

Tres son los objetivos principales sobre los cuales el equipo del PCC ha querido basar la serie de historietas. Estos objetivos son:

1. Suministrar información útil.

Las historietas contienen una cantidad considerable de información que las familias productoras pueden aplicar en sus fincas cacaoteras, mucha de la cual es desconocida para la mayoría de las familias. La información cubre un amplio rango de temas, desde cómo realizar varios tipos de injertos o cómo preparar ramillas para enraizar hasta cómo operan los programas de fijación de carbono o cómo se mueve el sol por el cielo en distintas épocas del año.

2. Explicar las razones que hay detrás de las prácticas agronómicas recomendadas.

Los autores han creído importante brindar las razones que explican los hechos y las recomendaciones presentadas en las historietas. Esto ayuda a establecer relaciones con otros fenómenos conocidos y, por ende, ayuda a comprender y retener mejor el conocimiento.

3. Enseñar a analizar las condiciones que se dan en los distintos cacaotales para tomar las decisiones correctas.

Dada la gran variedad de situaciones que se presentan en los cacaotales del mundo en cuanto a clima, condi-

ciones de suelo, especies vegetales que acompañan al cacao, condiciones orográficas y otras, es imposible dar recetas que sean aplicables a todos los casos. Es más sensato enseñar a pensar y analizar cada situación a partir de un marco de referencia apropiado para que los lectores y lectoras tomen sus decisiones de manera razonada y acordes a su realidad.

OPORTUNIDAD PARA PROMOVER Y AFIANZAR VALORES

Las historietas promueven valores como la protección del ambiente y de la biodiversidad, la valoración de la familia, la equidad de género y valoración de las costumbres, conocimiento y tradiciones de las distintas etnias. A continuación se presentan ejemplos de cómo se abordan estos temas en las historietas.

La conservación del ambiente y la preservación de la biodiversidad local

La preocupación por el ambiente y la preservación de la biodiversidad local no solo se fomenta a través de los diálogos entre los personajes humanos. Se aprovecha la presencia de animales y sus intervenciones para apoyar este punto.



Los personajes mono, loro y tucán explican los servicios ambientales y los beneficios que los cacaotales con sombra proveen a la sociedad y familia.

Énfasis en el grupo familiar y no solamente en el o la jefe de familia

En la mayoría de las pequeñas y medianas fincas cacaoteras del mundo no es sólo el o la jefe de familia quien realiza labores en el campo. Varios miembros del núcleo familiar participan en mayor o menor grado en las labores del campo. Esta realidad ha sido tomada en cuenta en las historietas sobre cacao, donde intervienen ambos cónyuges, así como sus hijas e hijos y con frecuencia otros miembros del grupo familiar residentes en la finca o que viven en las cercanías.



Ilustración que muestra a la familia participando de las reuniones.

Equidad de género

Se ha puesto especial cuidado en que las historietas muestren un balance adecuado de género. En ellas, las mujeres intervienen con igual frecuencia que los hombres, muestran los mismos niveles de conocimiento que ellos y se muestran como personas que tienen el mismo acceso a la información para aprender nuevas técnicas y mantenerse al día.

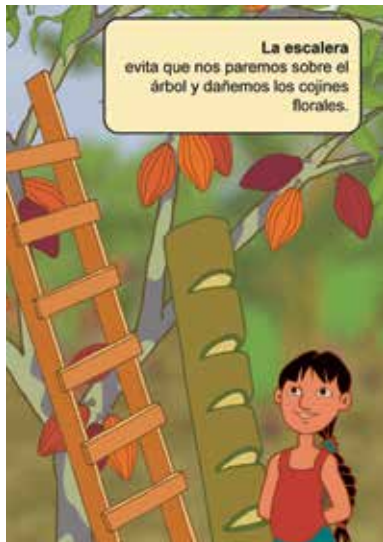


En los diálogos, las intervenciones se reparten equitativamente entre hombres y mujeres, tanto en cantidad como en calidad.

Valoración de las costumbres, conocimientos y tradiciones de las etnias

Aunque no es realista mezclar varias etnias distintas en una misma historieta, al menos se ha procurado que los dibujos de los personajes que representan a los miembros de las familias productoras se parezcan físicamente

a los productores de cacao de alguna zona cacaotera del mundo. El ilustrador ha elaborado los personajes de las historietas tomando como referencia la zona cacaotera de la costa atlántica de Costa Rica y Panamá. Para la primera versión de la historieta sobre el manejo de la sombra (actualmente se está produciendo una segunda versión mejorada), se tomaron como modelo las familias de la zona de Alto Beni, Bolivia.



Escalera tradicional al lado de una escalera “étnica”, ambas fabricadas con materiales provenientes de la finca.

ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN

Los personajes. Los protagonistas de las historietas son miembros integrantes de familias productoras de cacao: el jefe de familia, su esposo o esposa, sus hijos e hijas y algún otro familiar. El escenario más común es el siguiente: varias familias productoras se reúnen en una finca cacaotera para conversar sobre un tema relacionado con el cultivo. La finalidad de la reunión es intercambiar y repasar conocimientos, que luego pondrán en práctica en las respectivas fincas. Los nombres de los personajes que asisten a la reunión se han tomado de nombres comúnmente usados en algunas zonas cacaoteras. Uno de los personajes principales, Filadelio, debe su nombre a una confusión no intencional del nombre de un productor de la zona de Talamanca, Costa Rica. A la reunión también se hacen presentes algunos de los animales comunes en las fincas cacaoteras, los cuales participan ocasionalmente con preguntas, comentarios y alguna que otra ocurrencia. Algunos de estos animales han desarrollado un perfil bien definido a lo largo de las historietas; así por ejemplo, el búho es el sabio y estudioso del grupo, el mono es comodioso y holgazán y el lorito con frecuencia enreda las cosas cuando las intenta repetir.



Ilustración que muestra el ambiente típico de las reuniones; se puede apreciar el balance de etnia, género y la participación de la familia.

El nivel cultural y el lenguaje directo y sencillo. El empleo de un lenguaje directo y sencillo es una condición básica para que el mensaje contenido en las historietas sea asimilado eficientemente por las familias productoras. En las zonas rurales, especialmente las muy alejadas de los centros urbanos y de las zonas llamadas “desarrolladas”, existe una marcada diferencia en el acceso que tienen las personas a la información suministrada por los medios de comunicación usuales (radio, televisión, prensa escrita) y más aún por medios más modernos como la internet y la telefonía celular. Además, la población tiene menor acceso a instituciones de enseñanza formal (escuelas, colegios, universidades, centro de formación). Como consecuencia de lo anterior, los habitantes de las zonas rurales leen menos y su lenguaje, en general, es menos elaborado que el del ciudadano promedio de las grandes ciudades. Además, en estas zonas se ha observado un salto generacional marcado en lo referente al acceso a la educación formal.

En una apreciable cantidad de hogares campesinos, el padre y/o la madre son analfabetos o apenas lograron cursar los primeros años de la enseñanza primaria, en tanto que sus hijos han alcanzado niveles más altos de escolaridad. En las Escuelas de Campo del PCC se ha podido observar que los principales lectores de las historietas son los miembros más jóvenes de las familias productoras. Estos factores se han tomado en cuenta al redactar los

guiones de las historietas. Palabras y expresiones como “célula”, “material genético”, “brújula”, “microscopio”, “diagnóstico” y “compatibilidad” son de uso común en ciertos sectores de la población, pero posiblemente resultan algo “sofisticadas” para un buen número de pobladores de zonas rurales alejadas. En la medida de lo posible, se ha tratado de evitar el empleo de tales palabras o expresiones, pero cuando su uso ha sido necesario, se ha explicado su significado, ya sea en el diálogo mismo, en un cartel que es mostrado por alguno de los personajes, o bien en un glosario al final del documento. Otro punto importante ha sido la decisión obligada con respecto a la escogencia entre la utilización del “tú”, el “vos” o el “usted”. Dado que en algunos países de habla hispana se utiliza el “tú” y en otros el “vos”, se ha optado por adherirse a la forma “usted”, que aunque menos familiar, es de uso universal en el mundo hispanohablante.

Modelo participativo de las reuniones. Se optó por reemplazar el modelo vertical, una persona “que sabe” y que se encarga de enseñar a “los que no saben” (usualmente el grupo de nativos de la zona cacaotera), por un modelo participativo horizontal, en donde hay muchas personas “que saben”. La experiencia ha demostrado que el modelo vertical no es el mejor recibido por las familias productoras pues tiende a pasar por alto el importante bagaje de conocimiento práctico que poseen estas familias, así como a desestimar el valor de sus peculiaridades culturales.

Historietas con estilo coloquial e informal. Las intervenciones de los personajes deben revelar que la reunión se

da en un ambiente informal y que, a pesar de tratarse de una ocasión para el aprendizaje, es primero que todo, una reunión entre personas que se conocen y que conversan en tono amigable. Debe parecer que, a pesar de lo técnico del contenido, los personajes están realmente conversando sobre el tema de la historieta y no turnándose para recitar trozos de una conferencia. Por ejemplo, un texto muy largo en una intervención (dentro de un globo) podría atentar contra este principio. Uso de analogías y ejemplos conocidos para apoyar las explicaciones. Se ha hecho uso de numerosos ejemplos y se han utilizado analogías para facilitar la explicación de algunos conceptos biológicos o técnicos, como compatibilidad, variabilidad, clonación, reproducción sexual, fenología, entre otros.

Uso de algunos elementos, como el humor, para “oxigenar” la lectura. Las historietas sobre cacao son documentos educativos, cuyo contenido consiste principalmente de explicaciones de tipo técnico. Con el fin de que resultaran atractivas para un público poco acostumbrado a leer, se introdujeron algunos agentes que actuaran a modo de “gancho” para los potenciales lectores. El principal de estos “ganchos” es el formato mismo de historieta ilustrada. La presencia de animales que hacen comentarios y emiten opiniones -como ocurre en muchas historietas y fábulas- es otro de estos agentes que brinda un poco de “oxígeno” a los lectores. La inclusión de algunas intervenciones humorísticas dentro de los diálogos, también busca que la lectura sea más amena.



Analogía utilizada para explicar el desarrollo del fruto de cacao.



Ejemplo de como “oxigenar” la lectura de la historieta.

Atención al detalle. La asimilación de algunas de las técnicas o criterios expuestos en las historietas difícilmente podría lograrse sin suministrar cierto nivel de detalle en las explicaciones. En este punto ha sido necesario mantener un equilibrio -en ocasiones algo difícil de encontrar- entre el uso del lenguaje y el nivel de detalles, para no pecar por exceso ni por omisión.

Repaso de conceptos vistos en historietas anteriores. En varias historietas ha sido necesario usar términos y conceptos que se han explicado en historietas anteriores. Por ejemplo, el tema de la reproducción sexual del cacao y las diferencias de este proceso con respecto a los procesos asexuales de producción de clones. Los autores han propuesto una solución a este problema por medio

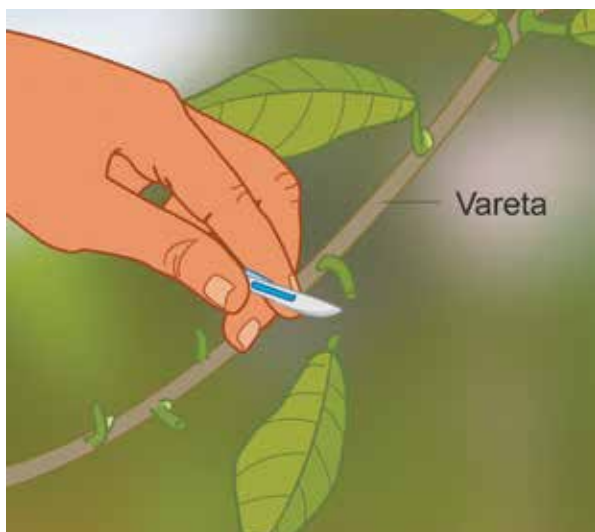


Ilustración que detalla cómo extraer una yema de una vareta, para realizar un injerto.

de breves repaso de estos conceptos, ya sea dentro de los diálogos mismos, o por medio de un resumen en uno o varios carteles, los cuales son mostrados por los personajes de la historieta.

Tamaño de la historieta dentro de límites razonables. Los autores se han basado en el criterio de que existe una relación de proporcionalidad inversa entre la longitud de un documento y el número de personas que finalmente lo leen completo. Que cada historieta no exceda cierto número de páginas ha significado tener que escoger o rechazar elementos temáticos o decidir con cuánto detalle desarrollarlos. Cada historieta sufre numerosas expansiones, recortes y modificaciones durante el proceso de producción.



Carmen repasa con un cartel las principales técnicas de propagación vegetativa.

BIBLIOGRAFÍA DE APOYO

Somarrriba, E; Astorga, C; Vásquez, N; Cerda, R; Orozco, L; Quesada, F. 2010. Injertos y otras técnicas de propagación del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Materiales de extensión no. 4. 48 p.

Somarrriba, E; Astorga, C; Vásquez, N; Cerda, R; Orozco, L; Quesada, F; Villalobos, M; Orozco, S; Sai, E; Deheuvels, O; Fins, L. 2010. Grafting and other methods for the asexual propagation of cacao, Turrialba, Costa Rica, CATIE. Technical Series Extension Materials no. 4. Eng. ed. 48 p.

Somarrriba, E; Cerda, R; Astorga, C; Quesada, F; Vásquez, N. 2010. Reproducción sexual del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Materiales de extensión no. 1. 48 p.

Somarrriba, E; Cerda, R; Astorga, C; Quesada, F; Vásquez, N. 2010. Sexual reproduction of cocoa. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Technical Series Extension Materials no. 1, Eng. ed. 48 p.

Somarrriba, E; Quesada, F. 2003. La poda del cacao. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 51. 27 p.

Somarrriba, E; Quesada, F. 2005. El diseño y manejo de la sombra en el cacaotal. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 59. 54 p.

Somarrriba, E; Quesada, F. 2009. Agroforestry farm planning: Manual for farming families. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Technical Series Technical Manual no. 89. Eng. ed. 48 p.

Somarrriba, E; Quesada, F. 2009. Planificación agroforestal de fincas: manual para familias productoras. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 89. 48 p.

Somarrriba, E; Quesada, F; Villalobos, M; 2006. La captura de carbono: un servicio ambiental en fincas cacaoteras indígenas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Manual Técnico no. 64. 29 p.

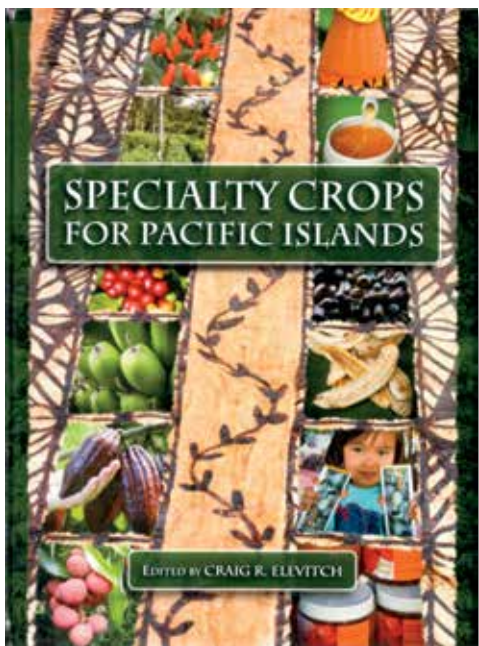
Somarrriba, E; Quesada, F; Villalobos, M. 2011. La poda de producción del cacao en seis pasos. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Serie Técnica Materiales de extensión no. 6. 28 p.

Somarrriba, E; Quesada, F; Villalobos, M. 2011. Pruning for cacao production: the six steps. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Technical Series Extension Materials no. 6, Eng. ed. 28 p.

Reseñas

“Specialty crops for Pacific Islands”

Editado por Craig R. Elevitch, 2011. Publicado por Permanent Agricultural Resources (PAR), Hawaii, USA. 558 p.



Con la publicación de “Specialty Crops for Pacific Islands”, la casa editorial “Permanent Agricultural Resources” ha agregado a su lista de libros sobre sistemas agroforestales y el cultivo de árboles una recopilación detallada sobre la producción y transformación de 26 cultivos anuales y perennes importantes en el Pacífico y otras zonas tropicales. Desde el primer momento en que se abre el libro, la calidad sobresaliente de las fotografías, todas a color, captura al lector y motiva la exploración de los diferentes capítulos.

Esta compilación resume las experiencias de 35 autores (y de más de 70 revisores y 60 fotógrafos) de Oceanía y de varios países; muchos de ellos, expertos reconocidos en cultivos específicos. El libro trata 26 cultivos, entre los que se incluyen cultivos perennes como banano, cacao, café, coco y té; frutales como litchi, macadamia, mangostán, fruta de pan, moringa; especias y estimulantes como pimienta negra, chiles, jengibre, kava (*Piper methysticum*); raíces y tubérculos representados por especies de los géneros *Cyrtosperma*, *Alocasia*, *Colocasia*, *Xanthosoma*, *Ipomoea*, y verduras como *Cucurbita* spp.

La obra ofrece, además, información sobre el cultivo, cuidado y uso de bambú, abejas (*Apis mellifera*), árboles maderables y árboles de servicio ambiental como, por ejemplo, Acacia koa que tiene múltiples usos para la protección de suelos y aguas en cuencas, y también árboles para artesanía y extractos aromáticos como sándalo (*Santalum* spp.) y tamanu (*Calophyllum*).

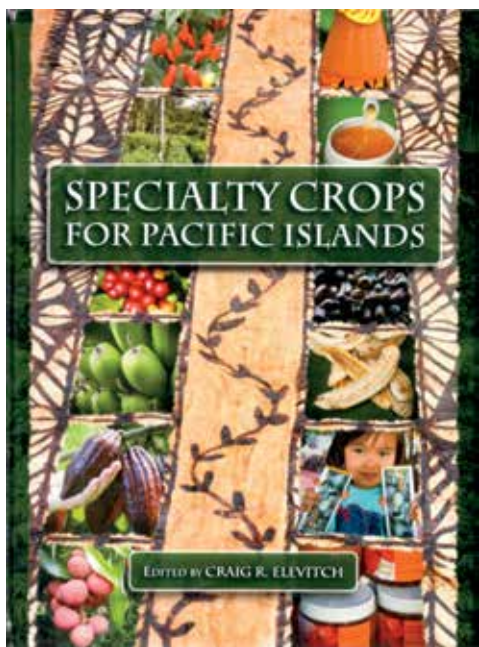
El índice extenso (44 páginas) y bien elaborado facilita el acceso a la información del libro. Una sección de especial interés es la discusión sobre la capacidad de algunas plantas cultivadas de convertirse en plantas invasoras. Cada capítulo cubre los aspectos centrales relevantes para producir y transformar el cultivo, e incluye temas como usos y productos, caracterización botánica (incluyendo las principales variedades y sus atributos), distribución natural, preferencias ambientales, potencial del cultivo en sistemas integrados de producción como, por ejemplo, los sistemas agroforestales; servicios ambientales que se pueden generar y técnicas de propagación, siembra, y cultivo. Además, se da información esencial sobre la prevención y el manejo de las plagas y patógenos, principales limitaciones de cada cultivo, opciones de producción y transformación comercial a diferentes escalas. En varias ocasiones se ofrecen estudios de casos ilustrativos. Finalmente, información sobre economía y prioridades de investigación completan el tratado de cada cultivo en promedio, unas 20 páginas por cultivo. El libro tiene cientos de fotografías excelentes que fueron seleccionadas por su alta relevancia y calidad. Sin duda, el editor, los autores y fotógrafos merecen mucho crédito por la selección de estas fotos.

La principal debilidad del libro puede ser el título, ya que la mayoría de los cultivos tratados no son tan ‘especiales’ o desconocidos como las palabras “Specialty crops” pueden sugerir. Pero este es un detalle menor. La información detallada y actualizada sobre cada especie, acompañada de recomendaciones de literatura pertinente, así como la riqueza de fotografías de altísima calidad convierten este libro en una adición muy atractiva para la biblioteca de todo público interesado en la ecología y agronomía, así como en la producción,

transformación y comercialización de cultivos tropicales. La utilidad de la información práctica y técnica, así como la calidad de la edición justifican el precio regular de US\$75 (hardcover).

Dr. Reinhold Muschler
 Cátedra Latinoamericana de Agroecología y
 Agrobiodiversidad
 CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica
 rmuschler@catie.ac.cr

“Specialty Crops for Pacific Islands”
 Edited by Craig R. Elevitch, 2011. Published
 by Permanent Agricultural Resources (PAR),
 Hawaii, USA. 558 p.



With the publication of “Specialty Crops for Pacific Islands”, the Permanent Agricultural Resources publishing house has added to its list of books on agroforestry systems and tree farming a detailed compilation of the production and processing of 26 important annual and perennial crops in the Pacific and other tropical areas. From the moment the book is first opened, the outstanding quality of the photographs, all in color, capture the reader and encourages exploration of the different chapters.

This compilation summarizes the experiences of 35 authors (and more than 70 reviewers and 60 photographers) of Oceania and several other countries, many of them recognized experts in specific crops. The book covers 26 crops, including perennials such as bananas, cocoa, coffee, coconut and tea; fruits trees such as lychee, macadamia, mangosteen, breadfruit and moringa; spices and stimulants such as black pepper, chilies, ginger and kava (*Piper methysticum*); roots and tubers represented by species in the genera *Cyrtosperma*, *Alocasia*, *Colocasia*, *Xanthosoma* and *Ipomoea*; and vegetables such as *Cucurbita* spp.

The work also offers information on growing, caring for and using bamboo, honeybees (*Apis mellifera*), timber trees and trees for environmental services such as *Acacia koa*, which has multiple uses for soil and water protection, and trees for handicrafts and aromatic extracts like sandalwood (*Santalum* spp.) and tamanu oil (*Calophyllum*).

The extensive and well developed index (44 pages) facilitates access to the book’s information. One section of particular interest is the discussion about the ability of some crop plants to become invasive. Each chapter covers the key aspects relevant to producing and transforming the crop, and includes topics such as uses and products, botanical characterization (including the main varieties and their attributes), natural distribution, environmental preferences, crop potential in integrated production systems such as agroforestry systems, environmental services that can be generated, and techniques for propagation, planting, and cultivation. Furthermore, it gives essential information on the prevention and management of pests and pathogens, the main limitations for each crop, and commercial production and processing options at different scales. On several occasions illustrative case studies are provided. Finally, information on economics and the priorities for research complete the treatment for each crop, on average about 20 pages per crop. The book has hundreds of excellent photographs that were selected for their relevance and high quality. Undoubtedly, the publisher, authors and the photographers deserve much credit for the selection of these photos.

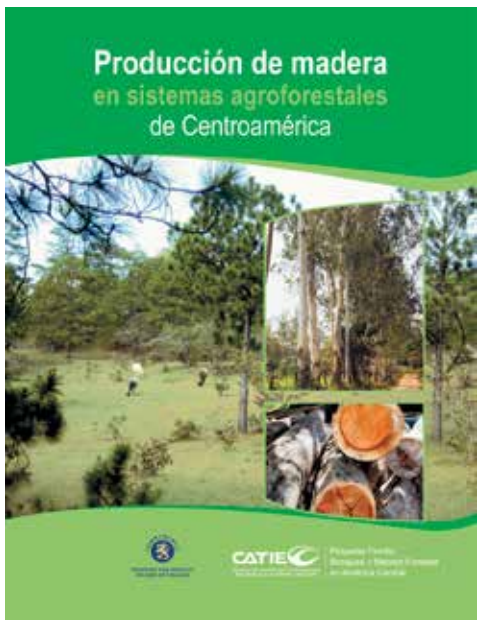
The main weakness of the book may be in its title, since most crops treated are not as ‘special’ or unknown as the words “Specialty crops” might suggest. But this is a minor detail. The detailed and updated information on each species, together with recommendations from

the relevant literature, as well as the wealth of high quality photographs make this book a very attractive addition to the library of anyone interested in ecology and agronomy, as well as the production, processing and marketing of tropical crops. The usefulness of the practical and technical information as well as the quality of the publication justify the retail price of US\$75 (hardcover).

Dr. Reinhold Muschler
Latin American Chair in Agroecology and
Agrobiodiversity
CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica
rmuschler@catie.ac.cr

Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica

Detlefsen, G; Somarriba, E; Orozco, L. (Eds.). 2012. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica; documento base para cursos de capacitación. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 241 p.



Una de las estrategias innovadoras del proyecto Finnfors (CATIE-MAP) para mejorar el manejo forestal y visibilizar y promover un mayor aporte del sector forestal al bienestar económico, social y ambiental de la sociedad ha sido el manejo de árboles y bosques desde la perspectiva de las familias productoras agropecuarias.

Ello significa, en muchos casos, un cambio en la cultura predominante que establece un antagonismo entre agricultura y ganadería por un lado y los ecosistemas forestales por el otro.

Esta línea de trabajo constituye un eje fundamental para promover el manejo productivo sostenible de los árboles y ecosistemas forestales en sistemas agroforestales (SAF) y, a la vez, servir de base para la producción de madera, leña y otros productos, adicionalmente a los beneficios ambientales ya reconocidos. La experiencia ha demostrado que la “puerta de entrada” para mantener y promover el manejo de los árboles y ecosistemas forestales por parte de los usuarios finales pasa por la generación de beneficios directos en las unidades productivas.

Al analizar el potencial maderable de los SAF para satisfacer la demanda de madera y leña, queda claro que para incorporar pautas de manejo, transformación y comercialización es necesario generar información útil. Sin embargo, hasta ahora se cuenta con muy poca la información disponible, o la que existe está muy dispersa. Por esta razón, se consideró necesario evaluar el estado del arte, enfocado principalmente en la región centroamericana, sobre la producción de madera en SAF. Este esfuerzo permitió no solo compilar, analizar y sintetizar información relevante disponible en la región, sino también generar nuevos elementos para la producción maderable, tomando en cuenta los cinco sistemas agroforestales más importantes para la producción de madera que se usan en Centroamérica:

- a) Sistemas silvopastoriles
- b) Cultivos permanentes de café y cacao
- c) Sistemas taungya
- d) Pasturas bajo plantaciones forestales
- e) Plantaciones maderables en linderos de fincas agropecuarias

Esta obra se dirige a técnicos de diferentes especialidades agrónomos, zootecnistas, forestales, entre otros. Su objetivo es proveer de información, pautas claras y prácticas para el manejo de especies maderables en SAF, en temas que van desde las definiciones y clasificaciones agroforestales, los métodos para estimar la producción de madera, las principales interacciones que ocurren en sistemas silvopastoriles, las líneas para desarrollar análisis financieros, hasta las implicaciones de las normativas forestales para el manejo maderable sostenible en sistemas agroforestales de Centroamérica.

La elaboración de este documento es el producto de un esfuerzo regional en el que se involucraron más de 15 especialistas agroforestales de diferentes universidades, centros académicos, instituciones públicas y otras organizaciones del sector agroforestal de la región centroamericana, así como expertos de los Programas de Producción y Conservación en Bosques, Ganadería Ambiental y Agroforestería, del CATIE. La obra fue validada por alrededor de 70 técnicos del ámbito agropecuario y forestal de Guatemala, Honduras, El Salvador y Panamá, en cursos teórico-prácticos basados en el documento; esto permitió enriquecer el material sintetizado con extensas citas bibliográficas en los diferentes capítulos.

Como parte del manuscrito, se elaboraron varios materiales didácticos para que sean utilizados como material de capacitación. Por ello, adicionalmente al libro, se preparó un cd-rom que permitirá al lector y/o participantes en los cursos, profundizar sobre temas de interés. El cd-rom incluye:

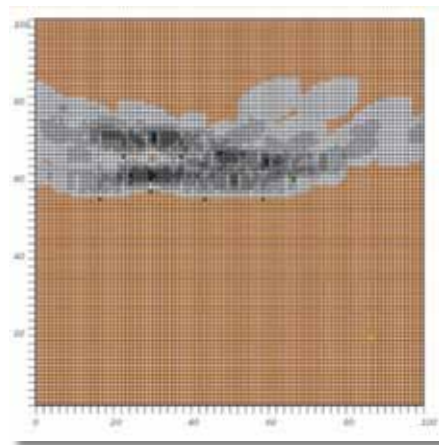
- Presentaciones en power point para cada uno de los capítulos
- Lecturas adicionales sobre cada uno de los temas desarrollados
- Otros textos de lectura recomendada por tema
- Un disco de video con la filmación de cada una de las charlas que explican los capítulos del libro (material exclusivo para profesores y capacitadores).

Se espera que el libro y los materiales complementarios que conforman el curso de capacitación sean de gran utilidad para las organizaciones involucradas en el aprendizaje, formación/enseñanza, innovación, servicios de asistencia técnica, diseño y aplicación de normativas para el desarrollo rural y manejo de recursos naturales en particular. Además, con la aplicación de las prácticas y pautas brindadas en este documento base, se espera que se logre integrar y valorizar con mayor fuerza el manejo forestal en los sistemas agroforestales de los productores de la Región.

Guillermo Detlefsen
 Coordinador Regional a.i.
 Proyecto Finnfor CATIE/MAP
 CATIE, 7170, Turrialba, Costa Rica
 gdetlef@catie.ac.cr.

El software ShadeMotion 3.0

Esta reciente versión del software permite calcular las horas de sombra que se acumulan en distintos puntos de una parcela debido a la presencia de árboles.



La primera versión de ShadeMotion se desarrolló en CATIE a finales de la década de 1980 por iniciativa del biólogo Eduardo Somarriba. El equipo formado por Somarriba, el matemático Francisco Quesada y el programador Eduardo Vargas produjo una versión para el sistema operativo DOS. Después de 20 años, Somarriba y Quesada decidieron resucitar el programa aprovechando la mayor velocidad de procesamiento y la superior interfaz gráfica de las computadoras modernas. Con el apoyo del programador Mathias Malek se procedió a desarrollar la nueva versión en la plataforma. Net de Microsoft y el lenguaje de programación C#. El software para modelar sombras reapareció bajo el nombre de ShadeMotion.

Han sido muchos los cambios y las funciones que se han agregado al programa, desde su versión original para DOS. No obstante, su función primordial sigue siendo la misma y consiste en dar respuesta a la siguiente pregunta: *¿cuántas horas de sombra se han acumulado en cada "punto" de una parcela durante un cierto lapso, como consecuencia de la presencia de árboles en dicha parcela?*

En la construcción de un modelo de parcela, los usuarios pueden escoger: 1) el número de árboles, 2) la forma y dimensiones de la copa de cada árbol (dentro de un repertorio limitado de formas), 3) la densidad de la copa, 4) la variación mensual del follaje, 5) consultar resultados condicionados, 6) el número de horas diarias de exposición al sol, 7) la latitud geográfica de

la parcela, 8) la frecuencia del movimiento solar, 9) el ángulo de inclinación del terreno, 10) la dirección en que “mira” la pendiente del terreno, 11) las unidades de medida de los árboles y el terreno. Los datos de los árboles se pueden introducir desde el teclado, o bien desde un archivo de datos separados por comas (.csv) previamente preparado en un procesador de texto o en una hoja electrónica (Excel, Open office).

El programa suministra los resultados en dos maneras: en forma de un archivo de texto, y de una gráfica que consiste en el mapa de sombras sobre un cuadrículado que representa el terreno y donde cada celdilla contiene el total de horas de sombra acumuladas durante el período de simulación.

La versión 3.0 incluye novedades como: 1) posibilidad de modelar el crecimiento anual de los árboles, 2) posibilidad de clasificar los árboles por especies, 3) abrir varias simulaciones a la vez, 4) escoger la orientación de los ejes coordenados, 5) centrar el arreglo cuando queda muy cerca de alguno de los límites de la parcela. En el interfaz de resultados se puede obtener: 1) el total de horas de sombra en cada celdilla en forma absoluta y también porcentual, 2) el área de cobertura del mapa de sombra, 3) el mapa de cobertura de copas por una proyección de rayos verticales, 4) una vista preliminar del arreglo en tres dimensiones, 5) la posibilidad de consultar resultados condicionados por ejemplo, cuál es el mapa donde se acumulan más de “X” horas de sombra, o cuánta sombra proyectan los árboles del estrato más alto.

Para mayor información o descargar el software, visite el sitio www.shademotion.com.

Inaforesta – América Latina
Centro de Recursos de información Bibliográfica sobre
Cacao, Árboles, Bosques y el Ambiente

El cacao se cultiva en más de cincuenta países, cubre más de siete millones de hectáreas y contribuye al bienestar socioeconómico de más de 5 millones de hogares de pequeños productores en países en desarrollo (más de 25 millones de personas) de la región tropical húmeda.

Hoy en día, gobiernos, donantes, políticos, académicos, profesionales del sector cacaotero y productores están interesados por mejorar el entorno del cultivo a todo nivel; es decir, la productividad, sostenibilidad, conser-



vación de la biodiversidad, innovación, investigación y generación de conocimiento, organización empresarial, asistencia técnica y capacitación. Para ello, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), (Mars), el Centro Mundial de Agroforestería (ICRAF), el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) y el Centro de Investigación Agrícola de Francia para el Desarrollo Internacional (CIRAD) acordaron, en el 2005, formar y coordinar un grupo mundial dedicado al estudio y mejoramiento de las relaciones entre la gente, el cacao, los árboles, los bosques y el ambiente (Inaforesta).

Inaforesta ha apoyado el avance científico y tecnológico en las relaciones entre la gente, el cacao, los árboles y el ambiente; ha brindado asesoría a industrias, gobiernos, donantes y hacedores de políticas sobre sistemas agroforestales con cacao; además, ha promovido la colaboración entre agroforestales cacaoteros (individuos e instituciones) hacia iniciativas de investigación y desarrollo. Uno de los principales productos de Inaforesta es un catálogo que contiene todo lo publicado sobre el cacao y su relación con la gente, árboles y el ambiente en América Latina (CATIE), África (IICA) y Asia (ICRAF). Este catálogo se viene elaborando desde el año 2006 y es administrado por la Biblioteca Conmemorativa Orton (IICA/CATIE). Actualmente el catálogo contiene 1020 documentos de literatura científica y técnica en formato impreso y electrónico; su sitio web ha sido consultado por usuarios de todo el mundo. Desde sus inicios, ha recibido más de 15.000 visitas aproximadamente 2500 visitas/año y alrededor del 60% de las vistas anuales son nuevos usuarios.

Otro de los componentes de Inaforesta son los enlaces con instituciones relacionadas con el sector cacaotero, y con la revista Agroforestería en las Américas, la cual difunde el conocimiento producto de la investigación en el campo agroforestal.

Para mayor información, visite la página web (<http://biblioteca.catie.ac.cr/inaforesta/>) o contacte a Eduardo Somarriba (esomarri@catie.ac.cr), o la Biblioteca Orton (<http://biblioteca.catie.ac.cr/>); (<http://www.iica.int/bibliotecaorton>)

Publicaciones del Proyecto Cacao Centroamérica

El Proyecto Cacao Centroamérica trabaja en diferentes ámbitos de acción: con las familias productoras de cacao y la comunidad técnica y científica en Escuelas de Campo (ECA), foros, cursos, encuentros y talleres alrededor del mundo. Con el objetivo de complementar sus acciones, el PCC ha producido una serie de materiales educativos, didácticos y técnicos que contemplan todos los contenidos y tecnologías que el PCC ha llevado al campo.

Entre los materiales que conforman la colección de publicaciones del PCC están un libro de texto para universidades y personal técnico sobre planificación agroforestal de fincas; cinco historietas ilustradas sobre planificación agroforestal, biología reproductiva del cacao, injertos y otras técnicas de propagación vegetativa, sombra del cacaotal y poda; una serie de 17 programas de radio sobre diversos temas en agronomía del cultivo para realizar un adecuado manejo de la finca; dos catálogos, uno sobre enfermedades del cacao y uno sobre los clones del CATIE que el PCC pone a disposición de las familias productoras; tres manuales sobre certificación orgánica, calidad y beneficiado del cacao, manejo de abonos orgánicos; una serie de diez

fichas ilustrativas para familias sobre investigaciones científicas (herpetofauna, calidad del suelo, habitantes del suelo, anfibios y reptiles del cacaotal) realizadas en las fincas familiares de Panamá y Costa Rica; dos videos didácticos sobre biología reproductiva y propagación vegetativa y uno sobre los resultados del PCC; cinco calendarios con historias de vida y más de 20 artículos científicos en temas de interés global, tales como calidad de suelos, estructura y productividad de cacaotales, diversidad genética en cacaotales, publicados en español e inglés en diversas revistas científicas.

Estos materiales han sido distribuidos a más de 6000 familias cacaoteras de la región, a profesionales de centros de investigación, organizaciones no gubernamentales regionales e internacionales, a universidades, asociaciones, cooperativas y otros socios del proyecto de diversas partes del mundo, incluyendo Europa, África y Asia. El reto ahora es facilitar el acceso a estos materiales, eliminando las brechas tecnológicas y educativas que pudieran distanciar a los usuarios de las producciones. Una de las estrategias planeadas son los audiolibros para el usuario iletrado, videos para quienes aprenden de forma visual y medios interactivos para reforzar el aprender-haciendo y replicar las labores, prácticas y tecnologías que promociona el proyecto.

Mayor información:
Shirley Orozco Estrada
Comunicadora PCC
CATIE 7170, Turrialba, Costa Rica
Tel: (506) 2558-2466
sorozco@catie.ac.cr

PUBLICACIONES MAP-PCC DEL 2008 AL 2012

TESIS

Altamirano Tinoco, M.A. 2012. Propuestas de adaptación de la producción de cacao en Waslala, Nicaragua ante el cambio climático. [Propositions for adapting cocoa production to climate change in Waslala, Nicaragua.] Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 88 p. Spanish with English summary

Arévalo Jiménez, B.M. 2010. The influence of habitat complexity and landscape context on the biodiversity conservation value of cacao agroforests in Waslala, Nicaragua. [La influencia del contexto de complejidad y paisaje de hábitat en el valor de conservación de la biodiversidad de cacao agroforests en Waslala, Nicaragua] Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 88 p. Spanish with English summary.

Avila Ramos, J.R. 2011. Generación y aplicación de conocimientos de tesis generadas por estudiantes del CATIE entre 2002-2009 en los territorios indígenas Bribri de Talamanca. Rastreado sus rutas, resultados y usos. [Generation and application of knowledge generated by CATIE students between 2002 and 2009 in the indigenous territories of Talamanca Bribri. Tracking routes, results and application of knowledge.] Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 152 p. Spanish with English summary.

Ayestas Villega, E.D. 2009. Caracterización morfológica de cien árboles promisorios de *Theobroma cacao* L. en Waslala, RAAN, Nicaragua, 2009. [Morphological characterization of one hundred promising *Theobroma cacao* L. trees in Waslala, RAAN, Nicaragua, 2009] Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua. 58 p. Spanish with English summary.

Córdoba Correoso, C.T. 2011. Efecto de la estructura de sistemas agroforestales de cacao y de su contexto local, sobre las poblaciones de dípteros polinizadores del cacao y su relación con la producción en Bocas del Toro, Panamá. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 55p.

Davila Romero, H.A. 2011 Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.), en los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu del Sur-occidente de Guatemala. Tesis de Ing. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Agronomía Área Integrada-CATIE.

Escobedo Aguilar, A.A. 2009. Alternativas de escalonamiento para organizaciones empresariales de pequeños productores en cadenas productivas de Talamanca, Costa Rica. [Alternatives for scaling out for cocoa producers of Talamanca, Costa Rica.] Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 156 p. Spanish with English summary.

Estrada Garro, F.J. 2011. Balance de nutrientes en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) orgánico en el municipio de Waslala, Nicaragua. [Nutrient balance in agroforestry systems of organic cacao (*Theobroma cacao*) in Waslala, Nicaragua] Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 98 p. Spanish with English summary.

Flor Vinces, J.R. 2012. Apropiación y aplicación de conocimientos y habilidades por familias cacaoteras en Bocas del Toro, Panamá. Resultados de las Escuelas de Campo del Proyecto Cacao Centroamérica [Adoption and application of knowledge and skills by families cocoa in Bocas del Toro, Panama. Results of the farmer field schools of the Central American cocoa project]. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 122 p. Spanish with English summary.

Gutiérrez Zúñiga, R.A. 2011. Impacto de los sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao*) en la conservación de herpetofauna de hojarasca, en un paisaje fragmentado del trópico húmedo de Panamá. [Impact of agroforestry systems with cacao (*Theobroma cacao*) on the conservation of leaf litter herpetofauna in a fragmented landscape of the humid tropics of Panama.] Tesis Mag. Sc. CATIE Turrialba, Costa Rica 102 p. Spanish with English summary.

Lanzas Espinoza, J. 2010 Analisis Beneficiado de cacao en fincas de productores de CACAONICA Informe pasantía - Tesis Ing. Agr. UNA, Managua, Nicaragua. 57 p

Leandro Muñoz, M.E. 2011. Efecto de los factores macro y microclimáticos y las características productivas del cacao sobre la epidemiología de la moniliasis. [Effect of macro and microclimate and productive characteristics of cocoa on the epidemiology of the moniliasis]. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 87p. Spanish with English summary

Leguía Hidalgo, F.J. 2011. Evaluación comparativa (*Benchmarking*) para un proceso de mejora continua en organizaciones de productores cacaoteros de Centro América. [Benchmarking for the continuous improvement of small cocoa farmer organisations in Central America.] Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica 136 p. Spanish with English summary.

Martínez Martínez, C. A. 2011 Determinación del aporte de los sistemas agroforestales con cacao a las familias productoras, en cinco Municipios en los Departamentos de Cortés y Yoro, Honduras. [Contribution of cocoa agroforestry systems to family livelihoods in five municipalities, Cortes and Yoro Departments, Honduras] Tesis de Ing. En Ciencias Forestales, Escuela Nacional de Ciencias Forestales, Honduras. 96 p. Spanish with English summary.

Mavisoy, K.H. 2011. Evaluación de la abundancia de ceratopogonidos (díptera) polinizadores de cacao (*Theobroma cacao* L) en la hojarasca de 7 arboles de sombra, talamanca – Costa Rica [abundance evaluation of ceratopogonidae (díptera) pollinators of cocoa (*Theobroma cacao* L) in litter of 7 shade trees, Talamanca - Costa Rica] Tesis para optar por el grado de Ingeniero Agroforestal Universidad de Nariño

Montoya Zumaeta, J.G. 2009. Posicionamiento y gobernanza de organizaciones de productores en cadenas de valor globales: el caso de la cooperativa nicaragüense CACAONICA. [Positioning and governance of producer organization in global value chains: the case of Nicaraguan cocoa cooperative CACAONICA] Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 116 p Spanish with English summary..

Niehaus, L.A. 2011. Contribution of cacao (*Theobroma cacao* L.) Agroforestry systems to the household economy of small-scale producers in the central american isthmus: the case of Bocas del Toro, Panama. Thesis MSc. Agroecology. Norwegian University Of Life Sciences -CATIE

Ortega Gómez, S. 2009. Propuesta de red de conectividad ecológica entre remanentes de bosque y cacaotales en dos paisajes centroamericanos. [Proposal for a network of ecological connectivity between remnants of forest and cocoa plantations in two Central American landscapes.] Tesis Mag. Sc. CATIE Turrialba, Costa Rica 119 p. Spanish with English summary.

Pérez Zúñiga, J.I. 2009. Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Programa de Mejoramiento del CATIE. Spanish with English summary. [Evaluation and characterization of elite cocoa clones (*Theobroma cacao* L.) from CATIE's genetic improvement program] Tesis Mag. Sc. CATIE Turrialba, Costa Rica. 130 p. Spanish with English summary.

Poroma Colmena, D. 2012 Estrategias de reducción de la huella de carbono en la producción del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la cooperativa CACAONICA en Waslala, Nicaragua. [Strategies to offset carbon footprint in the production of cocoa beans (*Theobroma cacao* L) in Waslala, Nicaragua.] Tesis Mag. Sc. CATIE Turrialba, Costa Rica. 79p. Spanish with English summary.

Ramos Serrano, R.M. 2011. Estudio de la diversidad de insectos polinizadores en sistemas agroforestales de cacao y su relación con la productiva y diversidad de especies del dosel. [Study of the diversity of cocoa pollinators and cocoa yields in relation to plant species diversity in the shade canopy of cocoa agroforestry systems] Tesis Ing. Agronomo, Universidad de San Pedro Sula. 73 p. Spanish with English summary.

Sáenz Domínguez. 2011. Propiedades físico químicas y macrofauna del suelo en sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma Cacao* L.) y bosques secundarios en el Sur Occidente de Guatemala. Tesis para optar por el grado de Bióloga, Guatemala.

Sáenz Tijerino, Y.I. 2012 Aporte del cacaotal en la economía y nutrición familiar en Waslala, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 72 p.

Silva Aguad, C.A. 2010 Farmers' Knowledge of Tree Attributes and Shade Canopy Management of Cocoa Agroforestry Systems in Waslala, Nicaragua. Tesis in Master of Science (MSc) in Agroforestry School of the Environment and Natural Resources (SEN) University of Wales, Bangor, UK- CATIE

Soto Quiroga, G. 2009. Contribución al conocimiento del paisaje de cacaotales, como hábitat para el mantenimiento de la diversidad de herpetofauna en Talamanca, Costa Rica. [Contribution to the knowledge of the landscape of cocoa trees, such as habitat for the maintenance of the diversity of herpetofauna in Talamanca, Costa Rica] Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 57 p. Spanish with English summary.

Castro Vargas, E. 2012 Impacto de las escuelas de campo en familias y fincas cacaoteras de Upala y Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 114 p.

Delgado Vargas, I. A. 2012 Impacto de las escuelas de campo en familias y fincas cacaoteras de Alta Verapaz y Costa Sur, Guatemala. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 98 p.

Hojah da Silva, J. 2012 Impacto del uso de biocarbón sobre la calidad de suelos y producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en sistemas agroforestales, Reserva Indígena Bribrí, Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica 105p.

SERIES Y MANUALES TÉCNICOS

CANACACAO 2011. El beneficiado del cacao. Módulo no.1. Serie Técnica no. 1

Detlefsen, G., Somarriba, E. 2012. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. CATIE. Serie Técnica, Manual Técnico no. 109. Turrialba, Costa Rica. 244 p.

Escobedo Aguilar, A. 2012. Sondeo rápido de mercado: jugo de noni. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2010. 16 p.

Escobedo Aguilar, A. 2012. Cadena productiva de banano criollo (Gros Michel) de Costa Rica. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2010. 31 p.

Escobedo Aguilar, A. 2012. Sondeo rápido de mercado: pulpa de frutas. CATIE, Turrialba (Costa Rica). 2010. 18 p.

Foresta, H de., Somarriba, E., Temu, A., Gauthier, M. 2012 Toward the assessment of trees outside forests. FAO, Forestry Paper 164. Rome, Italy. Technical Series 344 p.

Mejía F, L.A.; Palencia C, G.E. 2011. Abono orgánico: manejo y uso en el cultivo de cacao. 24 p. Publicación CORPOICA, reimpresión aprobada para el uso del PCC-MAP en Centroamérica.

Nadurille Santos, E. Cacao: 2012 Cadena de valor de Costa Rica. CATIE, Turrialba (Costa Rica). IICA, San José (Costa Rica) 24 p.

Phillips Mora, W.; Arciniegas Leal, A.; Mata Quirós, A.; Motamayor Arias, J.C. 2012 Catálogo de Clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales [Catalog of cocoa clones selected by CATIE for commercial plantations] Serie técnica. Manual técnico Turrialba, Costa Rica. No. 105 . 24 p.

Phillips Mora, W.; Cerda Bustillo, R. 2009. Catálogo: enfermedades del cacao en Centroamérica. [Also published in English: Catalog: of cacao diseases in Central America.] Serie Técnica. Manual Técnico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. No. 93. 24 p.

Quesada, F.; Somarriba, E.; Mallek, M. 2010 Shade Motion 2.2: La simulación de sombras de árboles en terrenos planos horizontales o inclinados. [Also published in English: Shade Motion 2.2: Simulation of tree shade in horizontal or tilted plots.] Serie Técnica. Manual Técnico, CATIE, Turrialba, Costa Rica. no.98 60 p.

Somarriba, E. 2009. Planificación agroforestal de fincas. [Agroforestry farm planning] Materiales de Enseñanza CATIE, Turrialba, Costa Rica. No. 49. p.100.

Somarriba Chávez, E.; Cerda Bustillos, R.; Astorga Domian, C.; Quesada Chaverri, F.; Vásquez Morera, N. 2010.

Reproducción sexual del cacao. [Also published in English: Sexual Reproduction of Cacao]. Serie Técnica. Materiales de Extensión. CATIE, Turrialba, Costa Rica. no. 1. p.48.

Somarriba Chávez, E.; Quesada Chaverri, F.; Orozco Aguilar, L.; Cerda Bustillos, R.; Villalobos Rodríguez, M.; Orozco Estrada, S.; Astorga Domian, C.; Deheuvels, O.; Say Chávez, E.; Villegas Cáceres, R. 2011. La sombra del cacao. [Also published in English: The shade canopy of cacao] Serie Técnica. Materiales de Extensión CATIE, Turrialba, Costa Rica. no. 8. 45 p.

Somarriba Chávez, E.; Quesada Chaverri, F.; Villalobos Rodríguez, M. 2011. La poda de producción del cacao en seis pasos. [Also published in English: Pruning for cacao production: the six steps.] Serie Técnica. Informe Técnico CATIE, Turrialba, Costa Rica. no. 6. 28p.

Somarriba, E; Cerda, R.; Astorga, C; Villalobos, M; Say, E.; Prado, J.; Orozco, L.; Vásquez, N. 2010. El Cacaotal mejorado. Cartilla para familias cacaoteras de Centroamérica. [Improved cocoa plantations. Manual for cocoa families in Central America] Serie Técnica. Materiales de extensión. CATIE, Turrialba, Costa Rica No. 3 22 p.

Somarriba, E; Cerda, R.; Astorga, C; Villalobos, M; Say, E.; Prado, J.; Orozco, L.; Vásquez, N. 2010. El Cacaotal mejorado. Guía del facilitador. [Improved cocoa plantations. The facilitator's guide.] Serie Técnica. Materiales de extensión No. 2. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 34 p.

Somarriba E, Cerda R, Astorga C, Quesada F, Vásquez N, Orozco L. 2010. Injertos y otras técnicas de propagación del cacao. [Also published in English: Grafting and other methods for the asexual propagation of cacao] Serie Técnica, Materiales de Extensión #4. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 48 p.

Somarriba, E; Cerda, R.; Quesada Chaverri, F.; Astorga, C; Villalobos, M; Orozco, S.; Say, E.; Corrales Mora, E.; Orozco, L.; Deheuvels, O.; Villegas Cáceres, R. 2012. El ciclo de vida y el manejo del cacaotal [Also published in English: The life cycle and the management of the cacao orchard] Serie Técnica, Materiales de Extensión #6. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 49 p.

Somarriba E, Lachenaud P. 2013. Successional cocoa agroforests of the Amazon–Orinoco–Guiana shield. Forests, Trees and Livelihoods (in press). DOI: 10.1080/14728028.2013.770316.

Somarriba, E.; Quesada, F. 2009. Planificación agroforestal de fincas: manual para familias productoras. [Also published in English: Agroforestry farm planning: manual for farming families] Serie Técnica. Manual Técnico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. No. 89. 46p.

Somarriba, E.; Quesada, F.; Villalobos, M. 2008. La captura de carbono: un servicio ambiental en fincas cacaoteras indígenas. [Capture of carbon: an environmental service in cocoa indigenous plantations]. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico N° 64. 28 p.

Soto, G.; Descamps, P. 2011 Certificación orgánica paso a paso: manual para familias productoras [Organic certification step by step: manual for farmers] Serie Técnica, Materiales de Extensión 7. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 28 p.

Villalobos, M.; Acuña, K. 2009 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. [An experience of environmental management in cocoa in the indigenous territories Bribri and Cabécar Talamanca-Costa Rica: the case of the carbon capture project] Serie Técnica. Boletín Técnico. CATIE, Turrialba, Costa Rica. No. 40. p. 38.

Villalobos, M.; Orozco, S. 2012 Calidad de Cacao en Centroamérica: Un vistazo a la situación en 2009. [Cocoa quality in Central America: A look at the situation in 2009.] Serie Técnica. Reuniones Técnicas CATIE, Turrialba, Costa Rica. no. 17. 87p.

Fins L, Somarriba E, Quesada F, Villalobos M, Orozco S. 2012. Historia del Cacao y el Chocolate. En proceso de impresión en febrero 2013

Cárdenas A, Romero E, Junkin R 2012. El rol de los sistemas de vida de los hogares productores en el Municipio de Waslala, Nicaragua. En proceso de producción en marzo de 2013.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Almendarez, A., Orozco, L., López, A. 2012. Existencias de especies maderables y frutales en fincas de Waslala, Nicaragua. Revista Agroforestería en la Américas 49. 11p

Ayestas E., Orozco, L., Astorga, C., Munguía, R., Vega, C. 2012 Caracterización de árboles promisorios de cacao en fincas orgánicas de Waslala, Nicaragua. Revista Agroforestería en la Américas 43

Candela, S., Stoian, D., Somarriba, E., Villalobos, M. 2012. Formas y efectos de la gobernanza forestal en los territorios indígenas bribri y cabécar de Alta Talamanca, Costa Rica. Revista Agroforestería en la Américas 43

Candela, S., Stoian, D., Somarriba, E., Villalobos, M. & Borge, C. 2012 Arreglos institucionales relacionados con el uso y la conservación de recursos naturales en los territorios indígenas Bribri y Cabécar de Alta Talamanca, Costa Rica. Recursos Naturales y Ambiente 43.

Cerda, R., Espina Ch, T., Cifuentes, M. 2012. Carbono en sistemas agroforestales de cacao de la Reserva Indígena Bribri de Talamanca, Costa Rica. Revista Agroforestería en la Américas 43

Córdoba, C., Cerda, R., Deheuvels, O., Hidalgo, E., Declerck, F. 2012 Polinizadores, polinización y producción potencial de cacao en sistemas agroforestales de Bocas del Toro, Panamá. Revista Agroforestería en la Américas 43

Deheuvels, O.; Avelino, J.; Somarriba, E.; Malezieux, E. 2012. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. [Estructura de la vegetación y productividad en sistemas agroforestales de cacao en Talamanca, Costa Rica] Agriculture, Ecosystems and Environment DOI 10.1016/j.agee.2011.03.003.

Deheuvels O., Avelino J., Vilchez Mendoza S.J., Rousseau G.X., Soto Quiroga G., Decker Franco M., Malézieux E., Somarriba E. 2012 Biodiversity does not always increase with vegetation diversity and complexity in tropical agroforests. Agriculture, Ecosystems and Environment.

Johnson, E.S., Mora, A., Schnell li, R.J. 2007. Field guide efficacy in the identification of reallocated clonally propagated accessions of cacao (*Theobroma cacao* l.). [Eficacia de guías de campo en la identificación de accesiones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L)]. Inglés. Genetic Resources and Crop Evolution. 54: 301-1313.

Matey, A., Zeledón, L., Orozco, L., Chavarría, F., López, A. 2012. Composición florística y estructura de cacaotales y parches de bosque en Waslala, Nicaragua. Revista Agroforestería en la Américas 43

Montoya, J., Junkin, R., Gottret, V., Stoian, D. 2012. Posicionamiento y gobernanza de Cacaonica en la cadena de valor del cacao orgánico de Nicaragua. Revista Agroforestería en la Américas 43.

Poveda, V., Orozco, L., Medina, C., Cerda, R., López, A. 2012. Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, Nicaragua. Revista Agroforestería en la Américas 43

Rousseau, G.X.; Deheuvels, O.; Rodriguez Arias, I.; Somarriba, E. 2012 Indicating soil quality in cacao-based agroforestry systems and old-growth forests: The potential of soil macrofauna assemblage. [El uso de comunidades de macrofauna como indicadores de la calidad del suelo en sistemas agroforestales con cacao y bosques secundarios maduros] *Ecological Indicators* 23 (2012) 535–543. Inglés con resumen en español.

Ryan, D.; Bright, G.A.; Somarriba, E. 2009. Damage and yield change in cocoa crops due to harvesting of timber shade trees in Talamanca, Costa Rica. [Daños debido a la cosecha de árboles maderables de sombra y efectos sobre el rendimiento del cacao en Talamanca, Costa Rica] *Agroforestry Systems* 77: 97-106.

Silva C, Orozco L, Rayment M., Somarriba E. 2012 Conocimiento local sobre los atributos deseables de los árboles y el manejo del dosel de sombra en los cacaotales de Waslala, Nicaragua *Agroforestería en las Américas* 43

Somarriba, E. 2012 Definición de Agroforestería In Detlefsen, G; Somarriba, G. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Serie Técnica. Manual Técnico no. 109. p. 21-26

Somarriba, E., Beer, John. 2011 Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. [Productividad de los sistemas agroforestales *Theobroma cacao* con árboles de sombra de árboles maderables o leguminosas de servicio] *Agroforestry Systems* 81 (2): 109-121.

Somarriba E., Cerda R., Orozco L., Cifuentes M., Dávila H., Espin T., Mavisoy H., Ávila G., Alvarado E., Poveda V., Astorga C., Say E. and Deheuvels O. 2012 Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems and Environment*.

Somarriba E, Beer J, Alegre Orihuela J, Andrade H, Cerda R, DeClerck F, Detlefsen G, Escalante M, Giraldo LA, Ibrahim m, Krishnamurthy I, Mena VE, Mora-Delgado J, Orozco L, Scheelje M, Campos JJ. 2012 Mainstreaming Agroforestry in Latin America. In: *Agroforestry: the way forward*. PKR Nair and Garrity DP. Editors. Springer, *Advances in Agroforestry* 9. USA. Pp. 429-453.

Somarriba E, Lachenaud P. 2013. Successional cocoa agroforests of the Amazon–Orinoco–Guiana shield. *Forests, Trees and Livelihoods* (in press). DOI: 10.1080/14728028.2013.770316.

Somarriba E, Orozco L, López A. 2012 Producción de madera en sistemas agroforestales con cacao. In: Detlefsen G y Somarriba E. Editores. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. CATIE. Serie técnica, Manual técnico no. 109. Costa Rica. Pp. 133-144.

Somarriba E, Quesada F, Villalobos M, Orozco S, Corrales A. 2012 ¿Cómo se hacen las historietas educativas sobre el cacao? *Agroforestería en las Américas* 43

Somarriba, E., Villalobos, M. 2012 La contribución del Proyecto Cacao Centroamérica al estímulo del sector cacaotero de Centroamérica. *Revista Agroforestería en las Américas* 43

Somarriba, E., Villalobos, M., Cerda, R., Astorga, C., Orozco, S., Escobedo, A., Say, E., Deheuvels, O., Orozco, L., Junkin, R., Villegas, R., López S., A., Salazar, J. 2012 ¿Cómo diseñamos y ejecutamos el Proyecto Cacao Centroamérica (CATIE/PCC) para estimular el sector cacaotero de Centroamérica? *Agroforestería en las Américas* 43

Zhang D.; July W.; Johnson ES.; Somarriba E.; Phillips-Mora W.; Astorga C.; Mischke S.; Meinhardt L.W. 2011. Genetic diversity and spatial structure in a new distinct *Theobroma cacao* L. population in Bolivia. [Diversidad genética y estructura espacial en una nueva población de *Theobroma cacao* L. en Bolivia] *Genetic Resources and Crop Evolution*. DOI 10.1007/s10722-011-9680.

VIDEOS Y PROGRAMAS DE RADIO

Serie de Programas de radio “Gente de Cacao” Dos discos con 17 programas de Radio

Foro Calidad de Cacao en Costa Rica 2009

Simposio Calidad de Cacao en Honduras 2009

Foro Calidad de Cacao en Belice 2009

Foro Calidad de Cacao en Guatemala 2009

Foro Calidad de Cacao en Panamá 2009

Foro Calidad de Cacao en Nicaragua 2009

Foro Impacto de la Cadena de valor cacao en Nicaragua 2012

Presentación del PCC ante Junta Directiva del CATIE en Belice

Vázquez, N. 2009 Charla Botánica del Cacao

Vázquez, N. 2009 Charla Biología Floral del Cacao

Somarriba, E. 2009 Charla Modernización de la Cacaocultura (Español)

Somarriba, E. 2009 Charla Modernización de la Cacaocultura (Inglés)

Somarriba, E. 2009 Charla Doseles de Sombra

Somarriba, E. 2009 Charla Agroforestería

Solano, W. 2009 Charla Embriogénesis Somática del Cacao

Somarriba et al. 2010. Video Reproducción Sexual del cacao. Español e Inglés.

Somarriba et al. 2011. Video El Cacao Injertos, acodos y estacas de cacao. Español e Inglés.

Somarriba E, Villalobos M, Orozco S, Astorga C, Cerda R, Say E. 2012. Video de Resultados del PCC: Los rostros del cacao en Centroamérica

VIDEOS DEL CURSO DE MAESTRÍA CULTIVOS ANUALES Y PERENNES

Somarriba, E. 2009. Agroforestería con Cultivos Anuales y Perennes

Somarriba, E. 2009. Planificación Agroforestal de Fincas

Somarriba, E. 2009. Agricultura Migratoria y Barbechos

Somarriba, E. 2009. Agro-bosques

De Melo, E. 2009. Importancia del componente arbóreo en el manejo integrado de cafetales

Melo, E de. 2009. Importancia del componente arbóreo en el manejo integrado de cafetales (Práctica de Campo)

Somarriba, E. 2009. Análisis, diseño y manejo del dosel de sombra en sistemas agroforestales con cultivos perennes

Somarriba, E. 2009. Plantaciones Lineales

Detlefsen, G. 2009. Cultivos en Callejones

Detlefsen, G. 2009. Sistema Taungya

Somarriba, E. 2009. Árboles Dispersos en Campos Agrícolas y Potrerros

Somarriba, E. 2009. Gira de Campo Soportes Vivos

AFICHES

CATIE, Turrialba (Costa Rica). Proyecto Cacao Centroamérica 2010. Mosquitas polinizadoras **Español e Inglés**

CATIE, Turrialba (Costa Rica). Proyecto Cacao Centroamérica 2010. La flor de cacao **Español e Inglés**

Gutiérrez Zúñiga, R. 2008. Ranas y sapos de los cacaotales Bocas del Toro Panamá

Gutiérrez Zúñiga, R. 2008. Serpientes y lagartijas de los cacaotales del Toro Panamá

Avelino J., Deheuvels O., Mora A., Phillips W., Thévenin J., Cerda R. 2009. Monilia y daños carta

Rousseau, G. 2010 El suelo y sus habitantes en cacaotales de Centroamérica

Soto, Grimaldo. 2008 Ranas y sapos de los cacaotales de Talamanca, C.R.

Soto, Grimaldo. 2008 Serpientes y lagartijas de los cacaotales de Talamanca, C.R.

Afiche para el congreso forestal 2009

Afiche y materiales divulgativos para congreso Inaforesta 2012

RECURSOS EN LA WEB

Inaforesta <http://biblioteca.catie.ac.cr/inaforesta/>

Shademotion www.shademotion.com

Econegocios Agrícolas <http://www.econegociosagricolas.com/>

Páginas Web del PCC www.catie.ac.cr/pcc

REVISTA

Proyecto Cacao Centroamérica. 2012. Revista Agroforestería en las Américas. Edición especial. Resultados del MAP-PCC

OTROS

Proyecto Cacao Centroamérica 2012. Poster con la información de los seis clones de cacao utilizados

Proyecto Cacao Centroamérica 2010. Poster sobre Carbono

Proyecto Cacao Centroamérica 2010. Poster sobre Conservación de la Biodiversidad

Proyecto Cacao Centroamérica 2012. Poster Mujeres de cacao: historias de superación

Proyecto Cacao Centroamérica 2010. Poster sobre Polinizadores y Producción

Proyecto Cacao Centroamérica 2011. Poster promocional: resultados del PCC.