

ESTUDIO DE CASO

¿Qué aporta el conocimiento local para re-direccionar la investigación sobre el efecto de las raíces en reducción de erosión, secuestro de carbono y redistribución de agua en el suelo?

Benegas, Laura¹; Arroyo, Claudio¹; Benjamin, Tamara²

Incluir la lógica de los productores en la investigación y transferencia de conocimientos es crucial para la adopción de buenas prácticas de manejo del agroecosistema. Para conocer la percepción de los productores sobre los rasgos de raíces y las prácticas de manejo para reducir la erosión, secuestrar carbono y redistribuir agua en el suelo, se realizó una evaluación rural rápida en dos zonas cafetaleras de Costa Rica, como parte del proyecto Ecosfix (*Ecosystem Services of root, soil and carbon fixation*). Las principales prácticas asociadas con la reducción de erosión de suelo fueron: manejo de malezas (25%), drenaje (21%) y reforestación (21%); con el secuestro de carbono: incorporación de residuos del cultivo y árboles (46%), aplicación de materia orgánica (22%) y manejo de árboles para materia orgánica (14%); y, con la redistribución de agua en el suelo: reforestación (18%), drenaje (17%) y barreras vivas (13%). Está clara la importancia del suelo para la producción pero no para el secuestro de carbono. El control de la erosión del suelo se percibe con claridad, no así, la redistribución del agua en el suelo por las raíces. Se deben retomar las prácticas ya adoptadas y asociarlas con servicios ecosistémicos no percibidos, proveer capacitación y apoyo financiero para lograr una mejor adopción de buenas prácticas de manejo del agroecosistema.

Introducción

La importancia de manejar los sistemas agrícolas de una manera que conduzca a la salud del ecosistema ya está bien establecida (FAO, 2013), dado que ecosistemas sanos proveen importantes servicios ecosistémicos. Estos servicios son los beneficios cuantitativos o cualitativos del funcionamiento de los ecosistemas en el ambiente global, incluyendo los productos, servicios y otros beneficios que reciben los seres humanos de los ecosistemas naturales, regulados o perturbados (Thorp *et al.*, 2010). Actualmente, un área de mucho debate es la asignación de valores monetarios a las funciones de los ecosistemas, donde tanto los decisores políticos y el público están dispuestos a reconocer y a cuantificar el rol ecológico de los ecosistemas (Turner *et al.*, 2007; Costanza, 2008).

¹ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE

² Purdue University-Department of Botany and Plant Pathology

Mientras los servicios ecosistémicos proveen beneficios a varias escalas espaciales, a menudo, la decisión de conservar un ecosistema corresponde a los productores locales. Por tanto, el conocimiento de las percepciones que tienen los propietarios locales de tierras sobre los beneficios que proveen estos servicios puede ayudar no solo al diseño de mecanismos eficientes para la conservación, sino también, permitirá lograr el apoyo en la implementación de estos mecanismos por los productores/propietarios locales (Silvano *et al.*, 2005).

El conocimiento local relacionado con la agricultura se puede definir como “habilidades indígenas”, conocimiento y tecnologías acumuladas localmente por la gente, derivado de su interacción directa con el ambiente (Altieri, 1990). Es el resultado de una integración intuitiva de las respuestas del agroecosistema local al clima y al cambio de uso de la tierra a través del tiempo (Barrios and Trejo, 2003).

En este estudio nos referimos a conocimiento local como aquel que lleva al entendimiento local que se basa más en experiencia y observación del mundo real. Es importante estudiar el conocimiento local por varias razones: (1) sirve como línea base para la evaluación en proyectos de investigación y extensión (Sinclair and Walker, 1999), (2) permite mejorar la planificación e implementación de actividades de desarrollo (Warren *et al.*, 1993) y (3) al dirigirse a las necesidades de los clientes, incrementa la adopción de las recomendaciones tecnológicas derivadas de la investigación (Walker *et al.*, 1995).

El presente estudio busca contribuir con el conocimiento en esta dirección, y es parte de la línea base para el proyecto EcosFix (*Ecosystem Services of root, soil and carbon fixation*). La motivación de EcosFix se sustenta en el hecho de que una gran parte de los cultivos en el mundo se produce en zonas de alta pendiente donde el bosque original fue eliminado, removiendo la mayor parte del carbono y disminuyendo el potencial para el futuro secuestro del mismo. Además, la agricultura puede intensificar la erosión del suelo, especialmente en climas tropicales, expuestos a intensas lluvias; y la pérdida de suelo debido a la erosión superficial, los procesos de movimiento en masas y deslizamientos superficiales puede llevar varios miles de años para ser reemplazados. En este contexto, se maneja la hipótesis de que en estas tierras marginales y de frágiles pendientes, las combinaciones espaciales o temporales de cultivos y vegetación perenne (agroforestería) pueden proveer una óptima solución contra la pérdida de suelos y el incremento del secuestro de carbono; sin embargo, la información cuantitativa es aún limitada (EcosFix, 2010).

Ecosfix se enfoca en la conservación de suelos y específicamente, busca contribuir al conocimiento de cómo las raíces de las plantas: a) alteran la formación de suelos/procesos de movimiento en masas, b) realizan la distribución del agua en el suelo (extracción de agua de capas más profundas permitiendo su disponibilidad en capas superficiales), y c) transportan carbono dentro del reservorio subterráneo de carbono del suelo. Para ello se investigan los servicios de soporte y regulación que pueden proveer las raíces de las plantas, el cual es un área en donde la información es limitada y por ende, los servicios son generalmente sub-estimados (Fourcaud *et al.*, 2008).

Algunos de los rasgos de las raíces relacionados con los servicios ecosistémicos que éstas proveen son los siguientes: a) raíces finas y superficiales pueden modificar la infiltración y la estructura de la superficie del suelo, así como pueden mejorar la cohesión del suelo (por ende fijación) contra procesos erosivos, b) raíces profundas pueden cruzar zonas potenciales de fallas, donde se inician los deslizamientos de tierra e incrementar la cohesión, fijando el suelo (Stokes *et al.*, 2009), y c) raíces profundas y de larga vida también secuestran mejor el carbono en el suelo (Jackson *et al.*, 2000) y tienen un rol en la redistribución hidráulica del agua (Caldwell and Richards, 1989).

En el presente estudio se exploró el conocimiento local de los productores cafetaleros sobre los principales servicios ecosistémicos asociados con las raíces de los cultivos. Las decisiones de los productores locales dependen de su conocimiento tanto de los servicios ambientales proveídos por sus plantaciones, como de las relaciones entre los árboles y la producción del café en su contexto específico (Cerdan *et al.*, 2012).

El objetivo general de este estudio fue proveer una rápida línea base del conocimiento local sobre los principales servicios ecosistémicos que proveen las raíces para re-direccionar y ajustar la estrategia de diseminación y transferencia de los resultados de investigación del proyecto EcosFix. Las raíces reducen la erosión del suelo creando agregados estables y macroporos que retienen el suelo (Turkelboom *et al.*, 1997) y mejoran la capacidad de infiltración (Glinski and Lipiec, 1990), además fijan de suelo reduciendo el movimiento en masa del sustrato superficial. Otro servicio ecosistémico de las raíces es el incremento del aporte de carbono mejorando el almacenamiento de carbono del ecosistema. El tercer servicio estudiado es la redistribución de agua en el suelo, donde las raíces pueden transferir pasivamente agua desde capas profundas a las capas superficiales secas del suelo (Caldwell and Richards, 1989), ayudando la sobrevivencia en periodos secos.

Específicamente, buscamos: a) recolectar y evaluar el conocimiento local de productores cafetaleros en dos zonas productoras de Costa Rica, acerca de las prácticas de manejo que contribuyen a la provisión de estos servicios ecosistémicos, b) registrar el conocimiento existente sobre algunos rasgos de las raíces relacionados con los mismos servicios y c) documentar la percepción de los productores acerca de las limitantes que deberían ser superadas para permitirles una mayor y mejor adopción de dichas prácticas.

Materiales y Métodos

Sitios de estudio

Zona cafetalera de Turrialba

Turrialba es una zona productora de café, cuya maduración temprana, está influida por el clima de la vertiente del Atlántico y del Valle Central Oriental. Su topografía varía en altitud de los 600 a los 1400 m, la precipitación promedio anual es de 2600 mm y la temperatura media anual de 21°C. Esta zona productora se extiende en un área de 1642 km² y está situada a 17 km al noreste del volcán del mismo nombre. En esta zona el café se produce bajo sistema agroforestal, donde se alterna con árboles de

diferentes especies maderables y leguminosas como *Eucaliptus sp*, *Erythrina sp*, *Inga sp*. *Cordia alliodora* (Laurel), entre otras, en las partes más altas (1600-1700 msnm) de la zona, mientras que el café se asocia con plantaciones de cacao y banano en tierras de menor altitud (500-700 msnm) (ICAFE, sf). De acuerdo con el ICAFE (sf), el área productiva de la zona es de 8.500 hectáreas y se cultivan las variedades Caturra y Catuaí rojo bajo sombra. Los suelos son de origen volcánicos y aluviales. El café de Turrialba tiene gran influencia de la lluvia por lo que presenta características muy especiales, con granos de gran tamaño. El periodo de cosecha es de junio a febrero.

Zona cafetalera de Los Santos

La zona cafetalera de Los Santos se ubica en la región centro-sur de Costa Rica. Corresponde a un amplio sector de una serie de valles inter-montanos de los cantones de Tarrazú, Dota y León Cortés, en la provincia de San José, con un área de alrededor de 863 km². Se caracteriza por una época lluviosa de siete meses (mayo a noviembre) y seca (diciembre a abril) bien definidas, situación que favorece la floración del café. El promedio anual de precipitación es de 2400 mm, con una temperatura promedio anual de 19°C (ICAFE, sf).

En esta zona se cultiva en alrededor de 22000 hectáreas compuestas por pequeñas fincas con un tamaño promedio de 2.5 hectáreas. Las principales variedades cultivadas son Caturra y Catuaí, que producen un café con un grado muy suave de cafeína, característica muy apreciada por los mercados más exigentes del mundo. La altitud de esta zona se encuentra entre los 1200 y 1900 m, con suelos en su gran mayoría de origen sedimentario, ácidos. La mayor parte de las plantaciones está bajo sombra, con diferentes árboles nativos (*Inga sp*) e introducidos (*Erythrina sp*, *Citrus sp*, *Musa sp*). La cosecha en esta zona comprende un período de cinco meses, de noviembre a marzo y coincide con la época seca, que permite una maduración uniforme y fruta de alta calidad (ICAFE, sf).

Diseño experimental

Se diseñó una encuesta para evaluar el conocimiento local de los productores de café en cuanto a los principales servicios ecosistémicos (reducción de erosión, secuestro de carbono y redistribución de agua en el suelo) que proporcionan las raíces de sus cultivos, en el marco de una evaluación rural rápida. Dicha encuesta contó con 15 preguntas abiertas y 10 cerradas, de las cuales cuatro proporcionaron datos continuos y el resto, datos cualitativos en escalas nominales que fueron posteriormente categorizados de acuerdo a la similitud de las respuestas obtenidas.

Para la aplicación de esta encuesta, realizada entre septiembre y octubre de 2011, se tomó como base la lista de productores cafetaleros que maneja el ICAFE en estas dos zonas (en total 319 productores), donde 197 productores corresponden a la zona de Turrialba y 122 a Los Santos. De la lista base (población de estudio), se realizó un muestreo completamente al azar de 60 productores, el cual corresponde al 19% de la población de estudio, los cuales fueron escogidos al azar y representa un error de muestreo del 11.5%, el cual se calculó asumiendo que no se conoce la varianza de los parámetros de interés, especialmente cuando se aplica una encuesta de evaluación del conocimiento local. Se aplicó la fórmula de Bartlett et al. (2001):

$$n = \frac{t^2 * pq}{d^2}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

t= error de muestreo, en este caso, utilizando las tablas de la función de distribución Normal se escogió el valor de $z=1.96$; tal que $P(-1.96 < Z < 1.96) = 0.95$.

pq=p es la variabilidad positiva; q es la variabilidad negativa (máxima proporción posible $(0.5) * 1 - \text{máxima proporción posible } (0.5)$ produce el máximo tamaño de muestra posible).

d= margen de error aceptable para la proporción estimada (este fue el termino determinado).

Se combinó la visita a las fincas seleccionadas con entrevistas telefónicas.

Análisis de datos

Para las preguntas que generaron datos continuos se realizó una comparación de medianas por medio del test de Kruskal-Wallis, de manera a determinar si existen diferencias en el conocimiento por tipo de productor. El resto de las preguntas categorizadas se analizó por medio de tablas de contingencia y pruebas de chi-cuadrado. Se utilizó el programa estadístico Infostat para estos análisis.

Resultados y discusión

Rasgos de las raíces relacionados con la provisión de servicios ecosistémicos

El primer rasgo de las raíces investigado fue la cantidad presente en los primeros 20 cm del suelo. Los productores perciben que en promedio existen 173 raíces en una palada de suelo superficial, con un rango de 20-3000 raíces. No se encontró diferencia significativa entre los tipos de productores.

La mayoría de los productores (56) considera que la cantidad de raíces disminuye a mayor profundidad. Este conocimiento sobre la variación en la cantidad de raíces puede compararse con los resultados reportados por Mora Garcés (2011), quien en sus experimentos encontró en todas las asociaciones agroforestales, que las raíces finas de café se concentran en los 20 cm superficiales del suelo. Del mismo modo, Morales (1997) encontró que las raíces del café disminuyen con el aumento de la profundidad de suelo; es decir, cuando uno se refiere a las raíces finas (diámetro $< 1\text{mm}$), estas presentan una curva de aumento con su máximo entre 0-10 cm (Cuenca *et al.*, 1983). El conocimiento que tienen los productores respecto a este rasgo de las raíces es bastante homogéneo, ya que no se encontró diferencias significativas en cuanto al número de raíces que se encuentra a mayor profundidad (número promedio de raíces=41).

El segundo rasgo consultado fue el diámetro de las raíces en el suelo superficial (primeros 20 cm), donde el 99% de los encuestados indicó que el tamaño es del rango de milímetros, similar al diámetro del cabello. Las raíces finas de las plantas (diámetro $< 2\text{ mm}$) actúan como conductos que transportan carbono dentro de las reservas subterráneas (Strand *et al.*, 2008).

El tercer rasgo evaluado fue el tiempo de descomposición de las raíces, donde tampoco se encontró diferencias significativas entre los tipos de productores, quienes en promedio estiman que el periodo de descomposición de raíces es de aproximadamente 5 años (262 semanas). La interpretación de los productores en este caso corresponde al tiempo promedio de vida productiva de sus cafetales y es equivalente al periodo de renovación de sus plantaciones. La información que manejan los productores locales se acerca a lo reportado experimentalmente por Hairiah et al., (2006) cuyo modelo sugirió un tiempo de residencia medio de entre 141 a 130 semanas para bosque remanente y cafetales en plantación multi-estrato en Indonesia.

Conocimiento local sobre prácticas de manejo que reducen erosión en las fincas de café

En cuanto a prácticas que reducen la erosión de suelo, los productores cafetaleros mencionaron ocho prácticas (Figura 1). Cuando se les preguntó si las raíces están ayudando a reducir la erosión en las citadas prácticas, el 88% de los productores indicó que efectivamente las raíces tienen un rol en la reducción de la erosión, mientras que un 12% de los productores no asocia a las raíces con este servicio ecosistémico.

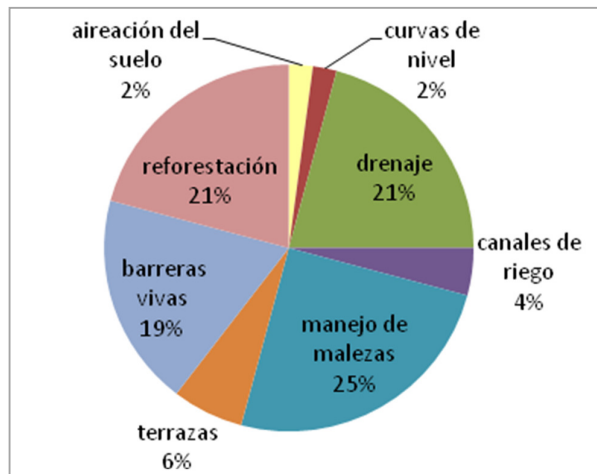


Figura 1. Prácticas de manejo que reducen la erosión del suelo en fincas cafetaleras de acuerdo con el conocimiento de productores de Turrialba y Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica.

Es probable encontrar diferencias en el tipo de conocimiento que manejan los productores de acuerdo al tipo de agricultura que practica (convencional u orgánica), o según su localidad. En este estudio se encontró que el conocimiento de los productores sobre prácticas de manejo que ayudan a reducir la erosión del suelo es similar por tipo de productor (sea este convencional de Turrialba o Los Santos, o bien orgánico de Turrialba), confirmado con el análisis de las tablas de contingencia y el estadístico chi-cuadrado, el cual no presentó diferencias significativas en cuanto al tipo de productor y cada práctica de manejo, en otras palabras, las prácticas de manejo que reducen la erosión del suelo se adoptan de manera general, independiente del tipo de productor analizado.

Sin embargo, existen diferencias en cuanto a cuál práctica es entendida como la más importante en la reducción de erosión, ya que para los productores convencionales de Turrialba, se destaca la reforestación; para los productores orgánicos de Turrialba, la práctica más mencionada fue el drenaje; mientras que para los productores de la zona de Los Santos, se destaca el manejo de malezas (Figura 2). Es interesante indicar que esta última práctica no está directamente relacionada con el control de la erosión; sin embargo, al ser una práctica ampliamente adoptada por los productores, éstos la asocian en general con un buen manejo de sus cafetales y por ello la reconocen como importante.

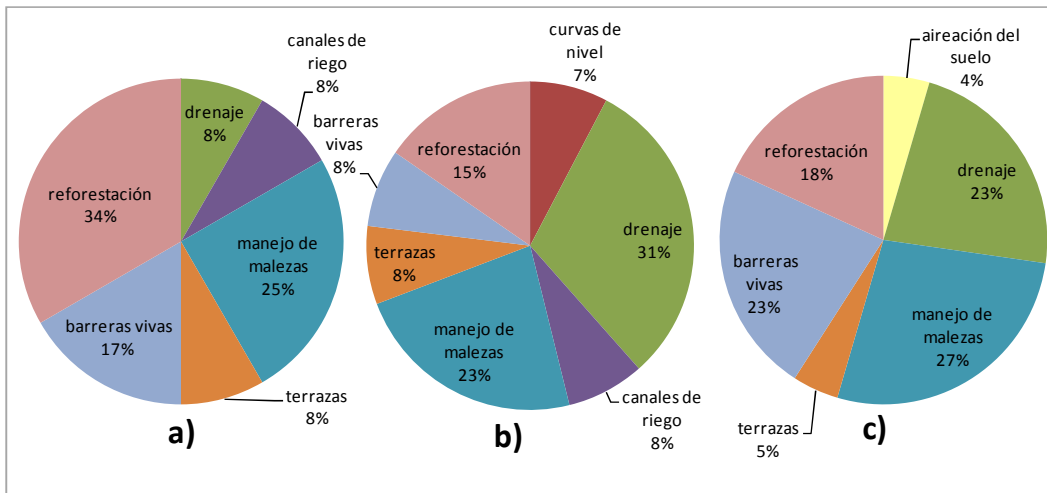


Figura 2. Prácticas de manejo que reducen la erosión del suelo en fincas cafetaleras de acuerdo al conocimiento de productores: a) Convencionales de Turrialba, b) Orgánicos de Turrialba y c) Convencionales de Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica

Conocimiento local sobre prácticas de manejo que secuestran de carbono en las fincas de café

Se identificó un total de siete prácticas (Figura 3) que secuestran carbono de acuerdo con la percepción de los productores. El 90% y el 100% de los productores convencionales y orgánicos de la zona de Turrialba, respectivamente, indicaron que realizan alguna de estas prácticas; y el 80% de los productores de la zona de Los Santos aplica alguna de dichas prácticas.

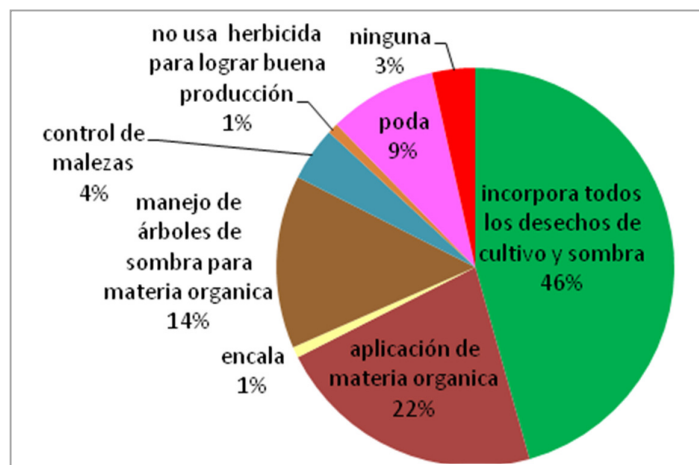


Figura 3. Prácticas de manejo que secuestran carbono en el cafetal. Porcentajes representan la cantidad de menciones de las respectivas prácticas por productores de Turrialba y Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica.

Las prácticas mencionadas con relativa frecuencia como, la aplicación de materia orgánica, la incorporación de residuos del cultivo y de árboles de sombra, así como el manejo de árboles de sombra para materia orgánica, presentan una asociación significativa ($p=0.003$, $p=0.0005$ y $p=0.01$, estimado con el estadístico chi cuadrado de Pearson) entre el tipo de productor y cada una de las respectivas prácticas. Específicamente, la aplicación de materia orgánica es más adoptada por los productores orgánicos; mientras que la incorporación de residuos del cultivo y árboles de sombra, y el manejo de árboles de sombra para materia orgánica, son las prácticas más adoptadas por los productores de la zona de Los Santos. Esta diferenciación de prioridades por tipo de productor también fue reportada y explicada por Cerdan et al. (2012) como diferencias en el discurso sobre servicios ecosistémicos de acuerdo a las necesidades y condiciones específicas de los productores. A diferencia de nuestros resultados, estos autores encontraron que los productores orgánicos mencionaron constantemente la conservación de bosques ligada a la conservación de la fauna.

También, en este caso, se puede inferir que los productores convencionales de Turrialba conocen y emplean mayor cantidad de prácticas de manejo para el secuestro de carbono (siete), comparadas con los productores orgánicos de la misma zona (tres), y los productores de la zona de Los Santos (cuatro), además, en este último grupo existen productores que no usan ninguna práctica que de acuerdo a sus conocimientos, que contribuya con el secuestro de carbono (Figura 4).

Los productores orgánicos hacen mayor énfasis en adicionar materia orgánica de fuentes diferentes a los restos de cultivos únicamente, por ejemplo, emplean bocaschi, gallinaza, cabrinaza, compost y biofermentos. Esta particularidad coincide con lo reportado por Nansamba (2010), quien puntualizó que el conocimiento demostrado por los productores cafetaleros presenta algunas diferencias dependiendo del tipo de productor (orgánico o convencional).

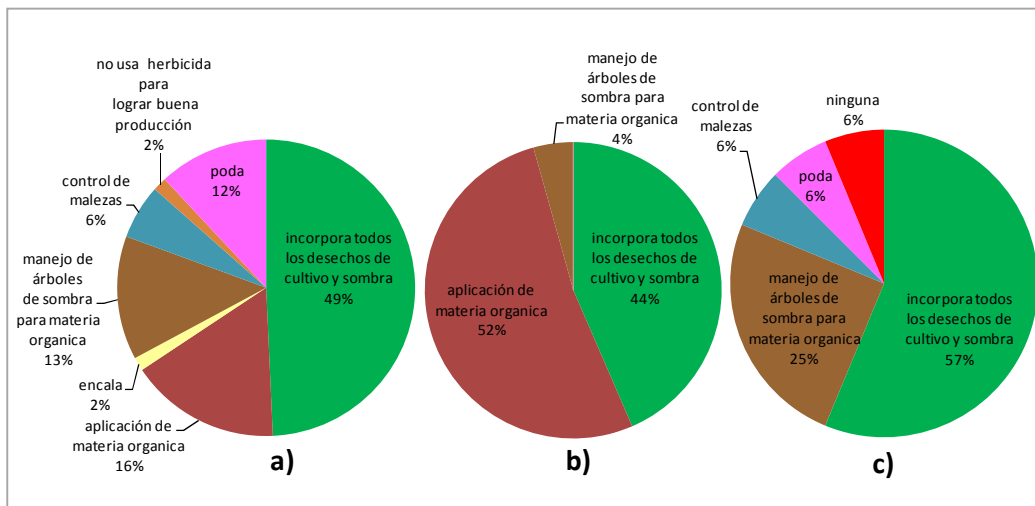


Figura 4. Prácticas de manejo que contribuyen con el secuestro de carbono adoptadas por productores

de fincas cafetaleras: a) convencionales de la zona de Turrialba, b) orgánicos de la zona de Turrialba, y c) convencionales de la zona de Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica.

Conocimiento local sobre prácticas de manejo que ayudan a la redistribución de agua en el suelo en las fincas de café

A pesar de haberse identificado un conjunto de 10 prácticas relacionadas a la redistribución de agua en el suelo, el manejo de este concepto podría considerarse poco claro, ya que un 22% de los productores entrevistados no respondió a esta pregunta (Figura 5). Además, el 27% de los productores entrevistados no percibe la función de las raíces de redistribución de agua en el suelo. Por tanto, se puede inferir que los productores han citado las buenas prácticas de manejo que ellos conocen de manera general.

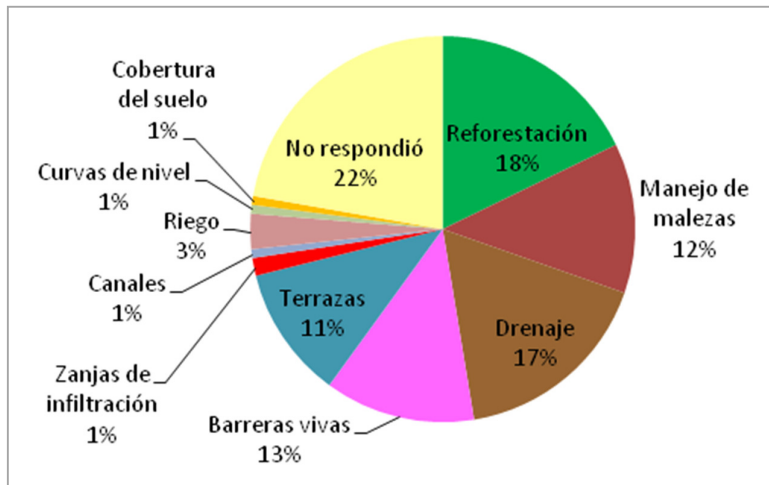


Figura 5. Prácticas de manejo adoptadas por productores de fincas cafetaleras que contribuyen con la redistribución del agua en el suelo. Zonas de Turrialba y Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica.

Las cinco prácticas mencionadas con mayor frecuencia están ligadas al tipo de productor analizado. Así, la adopción de terrazas es más común en productores orgánicos ($p=0.02$); la reforestación, es más utilizada también por productores orgánicos ($p=0.0007$); el drenaje, es una práctica que se adopta más en la zona de Los Santos ($p=0.001$); las barreras vivas son utilizadas por los productores convencionales de la zona de Turrialba ($p=0.003$) y el manejo de malezas, es mayormente adoptado por productores orgánicos ($p=0.003$). Es importante destacar también que la falta de respuesta o desconocimiento sobre el concepto de redistribución de agua en el suelo fue más común en los productores de la zona de Los Santos (Figura 6).

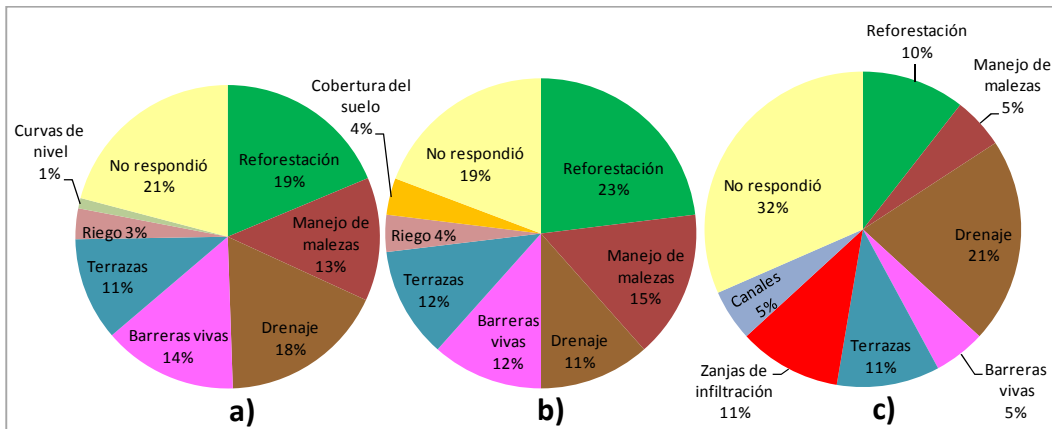


Figura 6. Prácticas de manejo adoptadas por productores de fincas cafetaleras que contribuyen con la redistribución del agua en el suelo. Zonas de Turrialba y Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica.

¿Cómo incrementar la adopción de prácticas de manejo que contribuyan con la provisión de servicios ecosistémicos en las fincas cafetaleras estudiadas?

Una vez evaluado el conocimiento local existente en los sitios estudiados, es importante identificar por un lado las razones que impulsan a los productores a adoptar dichas prácticas, es decir, como entienden ellos los beneficios asociados de estas prácticas. Por otro lado, es necesario conocer cuáles son las limitantes que impiden una mayor adopción de las prácticas de cuyos beneficios ya están convencidos los productores. Con este propósito identificamos la lógica de los productores detrás de la adopción de cada práctica asociada con los servicios ecosistémicos analizados (Figura 7).

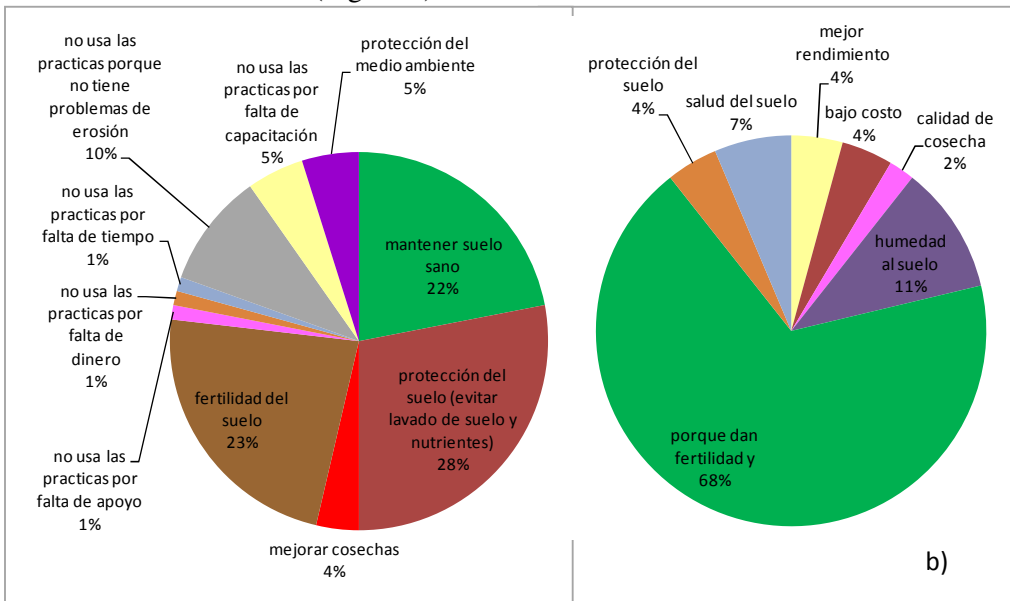


Figura 7. Razones por las que los productores adoptan prácticas de manejo asociadas con: a) Reducción de la erosión de suelo y b) Secuestro de carbono en las zonas cafetaleras de Turrialba y Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica.

La principal motivación que tienen los productores para aplicar prácticas de secuestro de carbono se relacionan con el mantenimiento de la fertilidad del suelo, mientras que las principales razones para utilizar prácticas de manejo que ayuden a reducir la

erosión del suelo pueden resumirse en el mantenimiento de la protección, fertilidad y salud del suelo. Es decir, existe claridad respecto a la importancia del suelo para la producción cafetalera. Similar respuesta fue obtenida por Cerdán et al. (2012), quienes indicaron que los productores entienden bien los efectos de los árboles de sombra en las condiciones biofísicas y sus interacciones con la productividad del café.

Es importante recalcar que la producción cafetalera representa un bien con mercado directo y no necesariamente se conoce de los servicios ecosistémicos que tienen mercados no tradicionales o más globales. De la misma forma, Cerdan et al. (2012) encontró que generalmente, las decisiones de manejo tomadas por los productores en su estudio, fueron realizadas para mantener la productividad del café y no necesariamente, los servicios ecosistémicos. Otra manera de evaluar el conocimiento local sobre servicios ecosistémicos, es el de Nansamba (2010), quien concluyó que los productores tienen buen conocimiento de los servicios ecosistémicos derivados de sistemas agroforestales de café, el cual se centra principalmente en servicios de provisión y perciben menos los servicios de regulación, soporte o culturales.

Esto último se comprobó al consultar a los productores si conocían de algún mecanismo de pago por el carbono secuestrado en sus fincas, donde el 90% de los productores manifestó no conocerlo. El restante 10% que sí conocía de dicho mecanismo corresponde a productores convencionales de la zona de Turrialba. Al mismo tiempo, el 93% de los productores estaría dispuesto a usar las prácticas de mejora en el secuestro de carbono para poder acceder a los pagos.

Naturalmente, el siguiente paso consiste en conocer qué necesitan los productores para incrementar la adopción de las prácticas mencionadas en relación a los tres servicios ecosistémicos consultados. Para ello, hemos trasladado esta pregunta por tipo de servicio ecosistémico. Sin embargo, las respuestas son prácticamente las mismas, independientemente del tipo de práctica (Figura 8), donde se destacan la necesidad de capacitación y apoyo financiero.

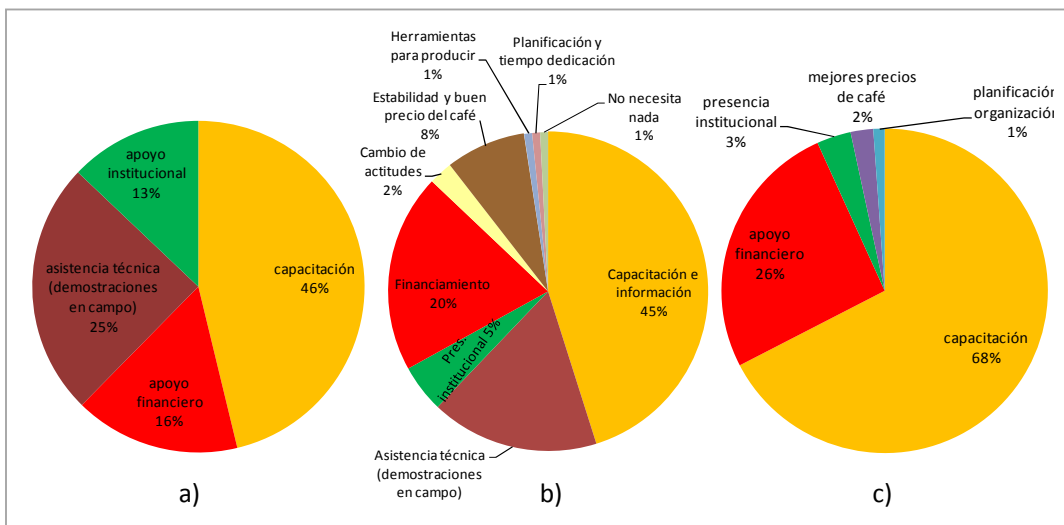


Figura 8. Necesidades para aumentar la adopción de prácticas de manejo asociadas con los servicios ecosistémicos de: a) reducción de la erosión del suelo b) secuestro de carbono y c) redistribución de

agua en el suelo, identificadas por productores de las zonas cafetaleras de Turrialba y Los Santos. Sep-Oct, 2011. Costa Rica.

La capacitación e información ($p=0.0001$) y el financiamiento ($p=0.0002$) para aplicar prácticas de secuestro de carbono son las necesidades más importantes para los productores convencionales de la zona de Turrialba ($p=0.0001$); mientras que la asistencia técnica con demostraciones en campo fue identificada con más frecuencia por los productores convencionales de la zona de Los Santos ($p=0.03$).

Con respecto a las necesidades principales para poder aumentar la adopción de prácticas de manejo asociadas con la redistribución de agua en el suelo, se encontró que el apoyo financiero es prioritario para productores orgánicos de la zona de Turrialba; y la capacitación, para productores de la zona de Los Santos.

Para poder extender la adopción de prácticas de manejo que reducen la erosión de suelo, las principales necesidades identificadas fueron igualmente la capacitación ($p=0.0001$), el apoyo financiero ($p=0.02$) por parte de los productores de la zona de Los Santos y el apoyo o presencia institucional ($p=0.003$) de acuerdo con los productores convencionales de Turrialba.

Conclusiones

El conocimiento local aporta la línea de base del proyecto Ecosfix—información que la mayoría de los productores entiende y practica— respecto al efecto de las raíces en reducción de erosión, secuestro de carbono y redistribución de agua en el suelo, siendo los dos primeros servicios ecosistémicos los mejor comprendidos.

El proyecto Ecosfix empleará esta información aportada por el conocimiento local para ajustar tanto la investigación básica sobre funciones de las raíces en los sistemas agroforestales más usados en Costa Rica, así como también, para diseñar e implementar su fase de comunicación de los hallazgos de investigación, donde se iniciará con lo que los productores conocen mejor y a partir de ahí, se introducirán conceptos y prácticas menos conocidas y manejadas por los productores, que el proyecto desea mejorar en las distintas zonas de estudio.

Las diferencias de percepción acerca de la importancia de las diferentes prácticas conocidas y asociadas con los tres servicios ecosistémicos analizados, corresponde en algunos casos al tipo de productor (incorporación de materia orgánica de diferentes fuentes por productores orgánicos), que contribuyen con el servicio ecosistémico de secuestro de carbono. El control de la erosión de suelo se percibe con mayor claridad independientemente del tipo de productor, no así, la redistribución de agua en el suelo por las raíces.

Es necesario retomar las prácticas ya conocidas y adoptadas como base para la asociación con nuevos servicios ecosistémicos que no son percibidos con claridad (secuestro de carbono y redistribución de agua en el suelo), así como para introducir prácticas complementarias a las ya conocidas.

Una mayor adopción de las prácticas de manejo que contribuyen a generar los servicios ecosistémicos de secuestro de carbono, redistribución de agua y reducción de la erosión de suelo, se logrará si se cubren las dos principales necesidades de los productores: capacitación y apoyo financiero; con mayor énfasis en esta última, ya que generalmente los programas de investigación han tenido relativo éxito con los procesos de capacitación y mecanismos de extensión, corroborado a través del conocimiento local que prevalece, pero no así, con el financiamiento, que muchas veces excede los alcances de dichos programas.

Bibliografía

Altieri, M.A., 1990. Why study traditional agriculture? In: Carroll, C.R., Vandermeer, J.H., Rosset, P.M. (Eds.), *Agroecology*. McGraw-Hill Inc., New York; USA, pp. 551-564.

Barrios, E., Trejo, M.T., 2003. Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma* 111, 217-231.

Bartlett, J.E., Kotrlík, J.W., Higgins, C.C., 2001. Organizational research: Determining appropriate sample size in survey research appropriate sample size in survey research. *Information technology, learning, and performance journal* 19, 43.

Caldwell, M.M., Richards, J.H., 1989. Hydraulic lift: water efflux from upper roots improves effectiveness of water uptake by deep roots. *Oecologia* 79, 1-5.

Cerdan, C.R., Rebolledo, M.C., Soto, G., Rapidel, B., Sinclair, F.L., 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *Agricultural Systems* 110, 119-130.

Costanza, R., 2008. Ecosystem services: Multiple classification systems are needed. *Biological Conservation* 141, 350-352.

Cuenca, G., Aranguren, J., Herrera, R., 1983. Root growth and litter decomposition in a coffee plantation under shade trees. *Plant and Soil* 71, 477-486.

Ecosfix. 2010. Ecosystem Services of Roots – Hydraulic Redistribution,

Carbon Sequestration and Soil Fixation. Documento científico de proyecto. ANR-Programa STRA. 114 p.

FAO, 2013. The state of food and agriculture. Rome. 114 p.

Fourcaud, T., Zhang, X., Stokes, A., Lambers, H., Korner, C., 2008. Plant growth modelling and applications: The increasing importance of plant architecture in growth models. *Annals of Botany* 101, 1053-1063.

Hairiah, K., Sulistyani, H., Suprayogo, D., Widiyanto, Pumomosidhi, P., Widodo, R.H., Van Noordwijk, M., 2006. Litter layer residence time in forest and coffee

- Benegas, L., C. Arroyo y T. Benjamin. 2014.
- Estudio de caso. ¿Qué aporta el conocimiento local para re-direccionar la investigación sobre el efecto de las raíces en reducción de erosión, secuestro de carbono y redistribución de agua en el suelo? *Knowledge Management for Development Journal* 10(1): 66-80
- agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management* 224, 45-57.
- ICAFFE. af. Región cafetalera Turrialba y Tarrazu. Instituto Costarricense del Café. En línea: http://www.icafe.go.cr/nuestro_cafe/regiones_cafetaleras/turrialba.html; http://www.icafe.go.cr/nuestro_cafe/regiones_cafetaleras/tarrazu.html Consultado: 21 de octubre, 2013.
- Jackson, R.B., Sperry, J.S., Dawson, T.E., 2000. Root water uptake and transport: using physiological processes in global predictions. *Trends in Plant Science* 5, 482-488.
- Mora Garcés, A., 2011. Characterization of the spatial variability of soil properties and Coffee fine roots in shade tree- coffee associations under organic and conventional management practices. CATIE- PhD Program. Tropical Agricultural Research and Higher Education Centre (CATIE), Turrialba, Costa Rica, p. 130.
- Morales, D., 1997. Arquitectura y distribución espacial de raíces de Eucaliptus deglupta dentro de un sistema agroforestal simultáneo con Coffea arabica. Tesis MSc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza-CATIE, Turrialba, Costa Rica, p. 134.
- Nansamba, R., 2010. Local knowledge about trees and ecosystem services in coffee plantations in Rubavu and rutsiro districts, Rwanda. School of Environment and Natural Resources. Thesis MSc. Bangor University, Wales, p. 78.
- Silvano, R.A.M., Udvardy, S., Ceroni, M., Farley, J., 2005. An ecological integrity assessment of a Brazilian Atlantic Forest watershed based on surveys of stream health and local farmers' perceptions: implications for management. *Ecological Economics* 53, 369-385.
- Sinclair, F.L., Walker, D.H., 1999. A utilitarian approach to the incorporation of local knowledge in agroforestry research and extension. In: Buck, L.E., Lassoie, J.P., Stokes, A., Atger, C., Bengough, A.G., Fourcaud, T., Sidle, R.C., 2009. Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. *Plant and Soil* 324, 1-30.
- Strand, A.E., Pritchard, S.G., McCormack, M.L., Davis, M.A., Oren, R., 2008. Irreconcilable differences: Fine-root life spans and soil carbon persistence. *Science* 319, 456-458.
- Thorp, J.H., Flotemersch, J.E., DeLong, M.D., Casper, A.F., Thoms, M.C., Ballantyne, F., Williams, B.S., O'Neill, B.J., Haase, C.S., 2010. Linking Ecosystem Services, Rehabilitation, and River Hydrogeomorphology. *BioScience* 60, 67-74.
- Turkelboom, F., Poesen, J., Ohler, I., Van Keer, K., Ongprasert, S., Vlassak, K., 1997. Assessment of tillage erosion rates on steep slopes in northern Thailand. *CATENA* 29, 29-44.

Benegas, L., C. Arroyo y T. Benjamin. 2014.
Estudio de caso. ¿Qué aporta el conocimiento local para re-direccionar la investigación sobre el efecto de las raíces en reducción de erosión, secuestro de carbono y redistribución de agua en el suelo?
Knowledge Management for Development Journal 10(1): 66-80

Turner, W.R., Brandon, K., Brooks, T.M., Costanza, R., da Fonseca, G.A.B., Portela, R., 2007. Global conservation of biodiversity and ecosystem services. *BioScience* 57, 868-873.

Walker, D.H., Sinclair, F.L., Thapa, B., 1995. Incorporation of indigenous knowledge and perspectives in agroforestry development. 1. Review of methods and their application. *Agrofor. Syst.* 30, 235-248.

Acerca de los autores

Laura Benegas

Paraguaya, Ingeniera Agrónoma, Universidad Nacional de Asunción; Máster en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas del CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Candidata a doctorado por la Universidad de Ciencias Agrícolas de Suecia, investiga el rol de los árboles en la recarga hídrica subterránea en el Trópico centroamericano. Especialista en Manejo y Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas del Programa Cambio Climático y Cuencas del CATIE, con varias publicaciones técnicas y científicas, asesoría de tesis en manejo y cogestión de cuencas hidrográficas, metodologías de evaluación de la variabilidad y cambio climático, manejo y gestión del recurso hídrico. lbenegas@catie.ac.cr

Claudio Arroyo

Costarricense, Asistente de investigación en el área de control biológico y manejo integrado de plagas en agricultura general, con más de veinte años de experiencia. Cursos y estudios en CATIE en temas como: estados liquido/sólido en el escalamiento de la producción de *Clonostachys rosea*; enmiendas para biocontrol de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora spp.* del cacao (*Theobroma cacao*); manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*). Alrededor de 20 años de experiencia en mejoramiento de suelos para la producción de productos orgánicos. carroyo@catie.ac.cr

Tamara Benjamin

Estadounidense, M.Sc. en Economía Forestal y Ph.D. en Biología Forestal de Purdue University, Indiana, USA en el área Agroforestal. Trabajó en CATIE por 12 años en el Departamento de Agroforestería. Trabaja en Purdue University en los Departamentos de Botany and Plant Pathology y Forestry and Natural Resources. Su especialización es en el diseño de sistemas agroforestales y fincas agroecológicas tomando en cuenta los factores sociales, económicos y ambientales que juegan papeles importantes en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. tamara17@purdue.edu