

Propuesta metodológica para cuantificar y compensar los servicios agroecosistémicos generados por buenas prácticas agropecuarias campesinas

A. Fallas Henriquez^{1,*}, S.A. Molina-Murillo²

(1) Ingeniera forestal egresada de la Universidad Nacional. 86-3000 Heredia, Costa Rica.

(2) Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, 86-3000 Heredia, Costa Rica; Instituto de Investigación en Ingeniería, Universidad de Costa Rica.

*Autor de correspondencia: Andrea Fallas Henriquez [andreal7725@gmail.com]

> Recibido el 10 de abril de 2017 - Aceptado el 16 de octubre de 2017

Fallas Henriquez, A., Molina-Murillo, S. 2017. Propuesta metodológica para cuantificar y compensar los servicios agroecosistémicos generados por buenas prácticas agropecuarias. *Ecosistemas* 26(3): 89-102. Doi.: 10.7818/ECOS.2017.26-3.11

Un manejo diversificado y menos intensivo de los sistemas agropecuarios produce servicios agroecosistémicos que con frecuencia no son estimados ni compensados en los países en desarrollo. El objetivo principal de este trabajo fue crear una herramienta que permita cuantificar los servicios agroecosistémicos (SAgro) generados en fincas agroforestales campesinas, y adicionalmente estimar sus valores de compensación. A partir de una prueba inicial en el año 2013 en 10 fincas, se realiza una importante revisión bibliográfica, la consulta a expertos, y la evaluación luego en el año 2015 de 50 fincas a nivel nacional, la mayoría miembros de la Unión Nacional Agroforestal (UNAFOR) de Costa Rica. Como resultado se desarrolló una herramienta que permite medir en el campo de manera ágil, flexible y económica, los servicios ecosistémicos generados por buenas prácticas agrícolas producidas por pequeños productores (campesinos) tanto para su sistema agrícola como el sistema forestal. Encontramos además que el tamaño de las fincas no necesariamente es el factor determinante para la producción de servicios agroecosistémicos, sino el tipo de prácticas de manejo e inversiones realizadas. En este proceso se estimó que con una compensación promedio de US\$ 271.6 por hectárea agropecuaria por año se podría incentivar la producción o el mantenimiento de servicios agroecosistémicos a través de buenas prácticas agrícolas.

Palabras clave: Costa Rica; pago por servicios ambientales; pequeños productores; servicios agroecosistémicos; sistemas agroforestales

Fallas Henriquez, A., Molina-Murillo, S. 2017. Methodological proposal to quantify and to compensate the agroecosystem services generated by the good agricultural practices of small-farmers. *Ecosistemas* 26(3): 89-102. Doi.: 10.7818/ECOS.2017.26-3.11

A diversified and less intensive management of agricultural systems produces agroecosystem services that are often not estimated nor compensated in developing countries. The main objective of this study was to create a tool that allows quantification of agroecosystemic services (SAgro) generated in agroforestry peasant farms, and additionally estimate compensation values. Following an initial test in 2013 on 10 farms, an important bibliographical review was carried out, the consultation of experts, and the evaluation in 2015 of 50 farms at the national level, most of them members of the National Agroforestry Union (UNAFOR) of Costa Rica. As a result, a tool was developed to measure in an agile, flexible and economical way the ecosystem services generated by good agricultural practices produced by small producers (peasants) both for their agricultural system as well as the forest system. We also found that the size of farms is not necessarily the determining factor for the production of agroecosystem services, but rather the type of management practices and investments made. In this process, it was estimated that with an average compensation of US\$ 271.6 per agricultural hectare per year, the production or maintenance of agroecosystem services could be encouraged through good agricultural practices.

Key words: Costa Rica; payment for environmental services; peasants; agroecosystem services; agroforestry systems

Introducción

El pago por servicios ecosistémicos (PSE) es una retribución monetaria realizada por aquellas personas beneficiadas directa o indirectamente por el suministro de servicios ecosistémicos (SE) a quienes hacen posible la permanencia de los ecosistemas generadores de tales servicios (Moreno 2005; Wunder 2005). Específicamente, servicio ecosistémico hace referencia de manera general a los beneficios proveídos a las personas por los ecosistemas incluyendo servicios de base, de suministro, de regulación y culturales (Daily et al. 1997; Millennium Ecosystem Assessment 2005; Maes et al. 2012), aunque se reconoce que es un término en evolución (Braat y de Groot 2012), sucediendo al término servicio ambiental.

Autores como Muradian et al. (2010) hacen la distinción de ambos términos considerando que los servicios ambientales engloban a los ecosistémicos por considerar también ecosistemas manejados activamente como los agrícolas. Según el marco conceptual desarrollado a través de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment 2003, 2005), tal distinción no existe y los servicios ecosistémicos provienen tanto de ecosistemas poco alterados así como de aquellos altamente modificados por los humanos como los sistemas agrícolas (servicios agroecosistémicos). En nuestro caso partimos de esta última conceptualización, y el uso excepcional del término servicio ambiental ocurre porque el mismo está integrado de manera oficial en la legislación costarricense que data de 1996 (Asamblea Legislativa 1996).

Pero no basta con precisar los servicios de los ecosistemas como los beneficios que reciben las personas para sostener o mejorar su bienestar, sino, y aunque algunas veces controversial porque podría sesgarse como mercantilista (Gómez-Baggethun et al. 2010), es necesaria su valoración y eventual compensación. Desde la economía ambiental existe un enfoque que consiste en evaluar el costo y beneficio económico de implementar diferentes políticas para reducir la degradación ambiental partiendo de los principios de la economía clásica (Field y Field 2012; Turner et al. 1993). Desde la teoría de la economía ecológica se valoran los servicios ecosistémicos para lograr objetivos de conservación y manejo sostenible que de otra forma no ocurrirían (Daily et al. 1997; Constanza et al. 2014; Polasky et al. 2005; TEEB 2010). No obstante, desde esta disciplina cada vez son más comunes las evaluaciones con enfoque multicriterio donde se reconocen las múltiples dimensiones y utilidades de los servicios ecosistémicos para generar bienestar humano según el contexto, escala y actores involucrados (Saarikoski et al. 2016).

En este sentido, los programas de PSE son importantes instrumentos de economía política, y en Costa Rica han permitido una recuperación significativa de la cobertura forestal y un reconocimiento sobre la importancia que los servicios ecosistémicos tienen para beneficio de la sociedad. Con una cobertura boscosa entre el 20 % y el 40 % en la década de 1980 (Sánchez-Azofeifa 2015) y tasas de deforestación de las más altas a nivel mundial (Jones 1992), Costa Rica logró a través de múltiples mecanismos, incluido el programa PSA, aumentar su cobertura hasta en un 52.4 % en su evaluación del año 2013 (Chavarría y Castillo Núñez 2014). Además, ha permitido que en la actualidad se goce de una sociedad más consciente y educada sobre la importancia que estos servicios tienen para su bienestar y desarrollo (Molina-Murillo et al. 2016), inclusive en territorios indígenas (Molina-Murillo et al. 2014).

Históricamente los programas de PSE se han enfocado en la compensación a productores por la generación de servicios ecosistémicos provenientes de los sistemas forestales (p. ej., Campos et al. 2007; Balvanera et al. 2012); sin embargo, los PSE también pueden fomentar prácticas agrícolas para la generación de servicios agroecosistémicos (FAO 2007; Casasola et al. 2009; Millennium Ecosystem Assessment 2005), en especial en sistemas agroecológicos (Altieri y Nicholls 2007; Sans 2007). Esto es relevante, por ejemplo, al considerar que a nivel mundial el sector agrícola contribuye con aproximadamente un cuarto de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) antropogénicos (Vermeulen et al. 2012; FAO 2016) y para el caso costarricense se estiman en 37 % (Banco Mundial et al. 2014). Aunque existen en Costa Rica algunos estudios relacionados que consideran los sistemas agropecuarios, el enfoque ha sido sobre solo un tipo de actividad productiva como el café o la ganadería, donde se valoran los usos de la tierra presentes en fincas silvopastoriles (Murgueitio et al. 2004). Por su parte, Tancoigne et al. (2014) realizan un análisis de la literatura disponible sobre la agricultura y los servicios ecosistémicos y demuestran que la mayoría de estudios se enfocan en escala de paisaje y en los efectos negativos de las prácticas agrícolas en el ecosistema; ellos indican que hay una escasez en investigaciones dirigidas a determinar los servicios ecosistémicos que producen los agroecosistemas en sus complejas combinaciones, aspecto también discutido por Heink et al. (2016).

En este sentido, Rótolo y Francis (2008) argumentan que la valoración y cuantificación de los servicios agroecosistémicos representan un desafío dada la gran variedad de agroecosistemas y sus complejas interacciones. En aquellos estudios que evalúan la producción de dichos servicios provenientes de sistemas agrícolas (Casasola et al. 2009; Aisbet y Kragt 2010; Stuchi et al. 2011), con frecuencia no se considera el papel que desempeña la adopción de buenas prácticas agropecuarias (BPAgro). Otro elemento poco considerado es que la valoración de los servicios requiere ser específica del contexto dada su complejidad y percepción de los beneficiarios (p. ej., IPBES 2016; Velasco y Aznar 2016).

Tradicionalmente los medianos y pequeños productores (campesinos) no dedican sus terrenos exclusivamente al uso de plantaciones o conservación de bosque, sino que dichas tierras se caracterizan por tener una diversificada producción en donde se combinan bosques, siembra de árboles, cultivos, producción de animales e inclusive acuicultura. Desafortunadamente, los campesinos tienen con frecuencia menos opciones para desarrollarse en el sistema capitalista imperante —menos acceso a mercados, al crédito, a la tecnología, etc.— aunque políticamente y a través del acuerdo climático de París, Costa Rica se compromete a trabajar por ellos a través de un modelo de desarrollo verde e inclusivo (Molina-Murillo 2016). En sistemas agrícolas, los pagos por servicios ecosistémicos son un reconocimiento monetario que permite compensar al productor por los beneficios que deja de percibir como resultado de adaptar el sistema productivo para generar mayor calidad y cantidad de servicios ecosistémicos; sin embargo, estos incentivos se han limitado por los trámites complejos y requisitos difíciles de cumplir (Porras 2010) y cuando se incluye el componente agrícola, únicamente se ha hecho a través de prácticas agrícolas orgánicas certificadas como la Ley de Desarrollo, Promoción y Fomento de la Actividad Agropecuaria Orgánica N° 8591 (MAG 2007). Esta situación ha limitado la expansión de sistemas productivos más diversos, la adopción de prácticas que favorezcan el mantenimiento o la producción de servicios agroecosistémicos (p. ej., labranzas reducidas, rotación de cultivos, producción orgánica o uso racional de fertilizantes, siembra de árboles), y la oportunidad de otorgar pagos económicos a aquellos campesinos con prácticas agrícolas favorables para los biosistemas.

Desde hace más de una década Rosa et al. (2003) habían planteado la posibilidad de incentivar la inclusión de los campesinos al programa PSA a través del reconocimiento de los servicios generados por los agroecosistemas. No fue sino hasta el año 2012, con la participación de Costa Rica en el programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+), que se abre una ventana de oportunidad para que el sector campesino, representado por la Unión Nacional Agroforestal (UNAFOR), planteara la creación de un PSA enfocado en el sector agroforestal denominado *PSA campesino* (PSAC), con el objetivo de reconocer de manera integral las buenas prácticas agropecuarias y forestales que se realizan en las fincas de pequeños y medianos productores agroforestales (FONAFIFO 2011). UNAFOR coordina un planteamiento inicial desarrollado por Lang y Peñarete Ramírez (2012), y luego también a solicitud de UNAFOR nos dimos a la tarea de evaluar y proponer una metodología ajustada para fincas de pequeños productores. Así, el objetivo principal de este trabajo fue crear una herramienta que permita cuantificar los servicios agroecosistémicos (SAgro) generados en fincas agroforestales campesinas, y adicionalmente estimar sus valores de compensación. A continuación, presentamos la estrategia metodológica de este estudio, seguida de los resultados y una discusión de la propuesta para la evaluación de los SAgro; terminamos con una serie de conclusiones y recomendaciones de carácter técnico y político.

Material y Métodos

La propuesta teórica inicial desarrollada por Lang y Peñarete Ramírez (2012) otorga a cada finca Unidades de Servicios Ambientales (UDESAs), utilizadas para calificar la provisión de servicios agroecosistémicos, las cuales están determinadas por el cumplimiento de buenas prácticas agropecuarias (BPAgro). Luego, en una evaluación piloto en 10 fincas en la región Pacífico Central de Costa Rica (Fallas 2014), encontramos que la propuesta metodológica para la implementación de un PSA ajustada a las características de fincas campesinas agroforestales tenía una serie de debilidades e imprecisiones metodológicas y conceptuales que nos llevaron a su reconsideración. Para tal efecto, planteamos el desarrollo de este estudio en tres fases.

Fase 1: Especificación metodológica para la estimación de los servicios agroecosistémicos generados por buenas prácticas agropecuarias (BPAgro)

Con base en la evaluación piloto (Fallas 2014), una extensa revisión bibliográfica, y el criterio de múltiples expertos, se procedió a la reconsideración y precisión de las BPAgro, tomando como criterios la posibilidad práctica de medición en el campo, la relevancia para productores campesinos, y una aceptable relación técnico-científica entre las prácticas y los servicios que ellas proveen (Apéndice 1). Para cada una de las BPAgro se creó una explicación sobre los beneficios que generan su aplicación, una justificación de su inclusión en la metodología, y una breve explicación de cómo verificar u obtener la información en el campo.

Para determinar el número de UDESAs que debería tener cada BPAgro, se realizó un cuestionario digital que fue completado por 12 expertos en ciencias ambientales, donde calificaron cada una de las BPAgro en un rango de 1 a 5, según los aportes de las BPAgro en la generación de SAgro en cinco categorías: i) mitigación de emisiones de carbono (CO₂) tanto en el componente arbóreo como en el suelo; ii) emisiones evitadas de metano (CH₄); iii) emisiones evitadas de óxido nitroso (N₂O); iv) protección del recurso hídrico; v) conservación de la biodiversidad. Considerando que cada una de estas cinco categorías de SAgro contiene múltiples BPAgro, se le llamó *calificación del SAgro* a la suma de las calificaciones de las BPAgro por SAgro, y a la suma completa de todas las prácticas en todos los SAgro se le denominó *calificación total* (Ecs. 1 y 2). Las UDESAs de cada BPAgro corresponde al porcentaje de su calificación individual dentro de la calificación total del SAgro al que pertenece. Agregando, las UDESAs de cada SAgro se calcularon a partir de las calificaciones obtenidas de las BPAgro, las cuales se ajustaron a un máximo de 100 UDESAs para los 5 SAgro; es decir, una finca que ejecute el total de las 48 BPAgro evaluadas, podría obtener un total máximo de 100 UDESAs (Ecs. 3 y 4). Mayor detalle disponible en el Apéndice 2.

Ecuación 1

$$CSA_{groCO_2} = \sum CBPA_{groCO_2}$$

Donde:

CSA_{groCO₂} = Calificación total del SAgro mitigación de CO₂

CBPA_{groCO₂} = Sumatoria de la calificación promedio de las BPAgro del SAgro mitigación de CO₂

Ecuación 2

$$CT = CSA_{groCO_2} + CSA_{groCH_4} + CSA_{groN_2O} + CSA_{groH_2O} + CSA_{groBIO}$$

Donde:

CT = Calificación total de la herramienta

CSA_{groCO₂} = Calificación del SAgro mitigación de CO₂

CSA_{groCH₄} = Calificación del SAgro emisiones evitadas de CH₄

CSA_{groN₂O} = Calificación del SAgro emisiones evitadas de N₂O

CSA_{groH₂O} = Calificación del SAgro protección de H₂O

CSA_{groBIO} = Calificación del SAgro conservación de la biodiversidad

Ecuación 3

$$UDESAs_{BPAgro} = \frac{(C \cdot 100)}{CSA_{gro}}$$

Donde:

UDESAs BPAgro = UDESAs de cada BPAgro

C = Calificación de la BPAgro (promedio de las calificaciones dadas por expertos)

CSA_{gro} = Calificación del SAgro al que pertenece la BPAgro

Ecuación 4

$$UDESAs_{SAgro} = \frac{CSA_{gro} \cdot 100}{CT}$$

Donde:

UDESAs SAgro = UDESAs para los SAgro (CO₂, CH₄, N₂O, H₂O y BIO)

CSA_{gro} = Calificación de los SAgro (CO₂, CH₄, N₂O, H₂O y BIO)

CT = Calificación total de la herramienta

Para las fincas con uso pecuario exclusivo y fincas que no cuentan con cuerpos de agua (ríos, quebradas o manantiales) se hizo un ajuste para evitar que se desfavorecieran por la ausencia de BPAgro aplicables solo en uso agrícola o en cuerpos de agua. Finalmente, se generó una nueva metodología denominada: "herramienta para la cuantificación y valoración de servicios agroecosistémicos", la cual dispone de un formulario de campo y uno digital.

Fase 2: Validar la aplicabilidad en el campo de la nueva metodología de estimación de los servicios agroecosistémicos utilizando una muestra de fincas a nivel nacional

Para la selección de la muestra, se utilizó la división nacional de las regiones agroproductivas de UNAFOR. Se seleccionaron diez fincas por región para un total de 50 fincas; la selección se realizó a conveniencia según criterios de accesibilidad, recursos disponibles, y disponibilidad del propietario (Fig. 1). Las fincas seleccionadas debían cumplir con los siguientes tres criterios: i) propiedades mayores o iguales a 0.7 ha (1 manzana); ii) con al menos una de las siguientes actividades productivas: ganadería mayor, ganadería menor, cultivo de hortalizas, ecoturismo y cultivo de frutales; iii) con al menos uno de los siguientes componentes forestales: protección de bosque (primario, secundario, de galería), sistemas agroforestales (ceras vivas, árboles en potrero o en cultivos agrícolas, cortinas rompevientos, otros) o protección de manantiales. Una vez en el campo se le explicó al propietario el fin del estudio, se georreferenció la entrada de la finca, se realizó el recorrido de la finca y se aplicó la nueva herramienta de evaluación. Adicionalmente, se les solicitó a los productores que dibujaran un croquis de la finca, con la ubicación de cada uno de los sistemas productivos dentro de ella. Finalmente, se fotografió el plano catastrado de la finca en caso de estar disponible.

La evaluación nos permitiría responder las siguientes interrogantes: i) ¿Existe una relación entre el área de la finca y la cantidad de UDESAs obtenidas?; ii) ¿Se ven desfavorecidas con menos UDESAs las fincas con solamente una actividad agropecuaria, sea agrícola o pecuaria, en comparación con aquellas con dos actividades?; iii) ¿Existen puntos dentro de la herramienta que aún requieren ser mejorados? Para el análisis de las primeras dos preguntas utilizamos correlaciones no paramétricas según el *método de Spearman* con el Programa *R Studio*®. Para analizar la primera pregunta las variables seleccionadas fueron: número de UDESAs/ha y número de UDESAs totales en relación con el área total de la finca. En caso de la segunda pregunta, las variables analizadas fueron: número de UDESAs/ha y tipo de finca (0 = finca con solo un uso agropecuario, 1 = finca con ambos usos agropecuarios). Acá, también se analizó la media y de la desviación estándar de UDESAs/ha para cada tipo de finca. La experiencia adicional generada en el campo permitió responder a la última interrogante.

Fase 3: Estimación del costo de ejecución de las BPAgro y de la compensación esperada

Para estimar el costo de ejecución de las BPAgro y de la compensación esperada, inicialmente se realizaron 10 entrevistas telefónicas estructuradas —dos por cada región agroproductiva— dividida en dos partes. En la primera, el productor debía calificar cada BPAgro según los costos económicos que requería su ejecución utilizando los siguientes parámetros:

Calificación 1: la aplicación y el mantenimiento de la BPAgro no requiere ningún gasto económico.

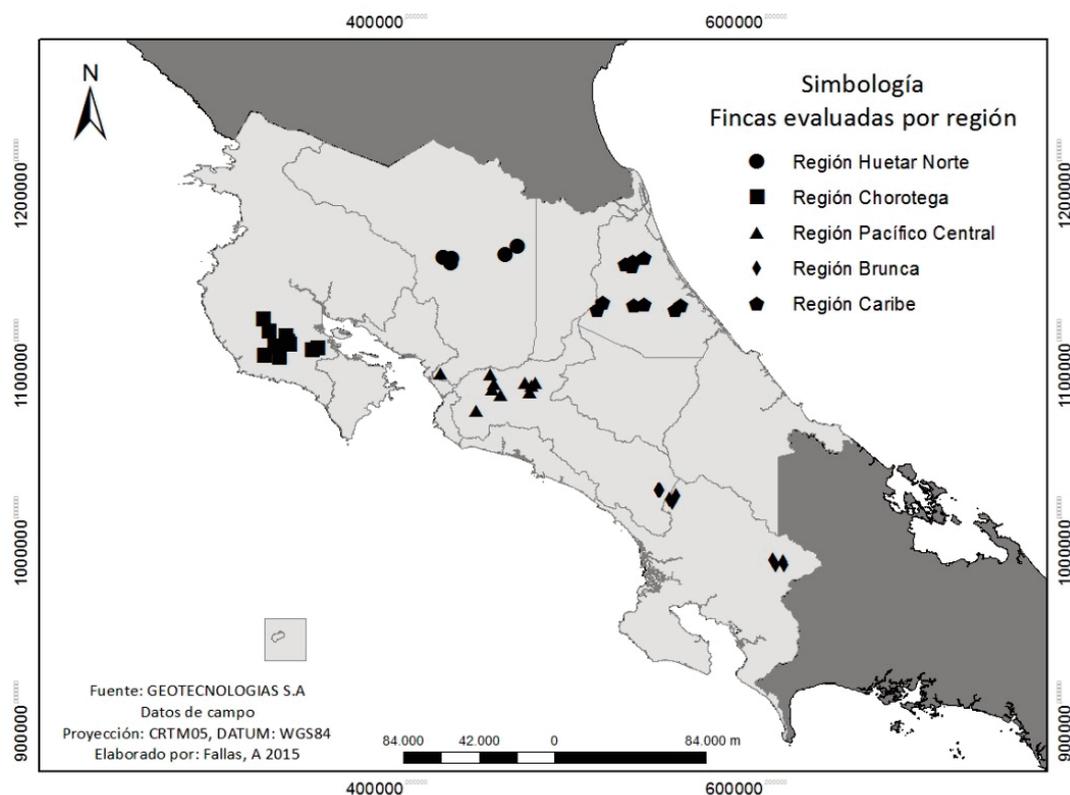


Figura 1. Ubicación de las 50 fincas evaluadas en las cinco regiones agroproductoras de UNAFOR.

Figure 1. Location of the 50 farms evaluated in the five UNAFOR agro-productive zones.

Calificación 2: la aplicación y el mantenimiento de la BPAgro por hectárea conlleva un costo que se puede cubrir con los ingresos recibidos únicamente de la actividad agropecuaria, sin comprometer los otros ingresos regulares del sistema productivo o familiares.

Calificación 3: la aplicación y el mantenimiento de la BPAgro por hectárea conlleva un costo que no se puede cubrir con los ingresos recibidos únicamente de la actividad agropecuaria, por lo que requiere comprometer otros gastos regulares del sistema productivo o familiar.

Posteriormente, para todas las BPAgro cuya importancia se refleja al obtener un promedio igual o mayor a 2 (en un rango de 1 a 3), se le estimaron los costos requeridos para su ejecución (por hectárea o por infraestructura en 5 años), a través de indagación bibliográfica, consultas a expertos, a proveedores, y a productores. Para las BPAgro que prestan más de un SAgro, su costo se contabilizó solamente una vez.

En la segunda parte de la entrevista, se consultó la compensación económica mínima que los campesinos estarían dispuestos a recibir por la generación de los SAgro. Para ello se realizó la siguiente pregunta para cada uno de los cinco SAgro que contempla la herramienta:

“Por la realización de las prácticas mencionadas anteriormente (las BPAgro dentro de cada SAgro), se tiene pensado otorgarle una compensación al año por hectárea, que corresponda a un porcentaje de la inversión realizada por usted para aplicar las BPAgro. ¿Cuál es el porcentaje que usted consideraría atractivo para participar en el programa?”

Con la información anterior se determinaron los costos totales aproximados de ejecución de las BPAgro y el monto de compensación esperado considerando las 50 fincas estudiadas. Finalmente, se asignó un valor monetario a la UDESA, de tal forma que los valores totales de la finca compensaran el porcentaje de los costos esperados, dividiendo el total de la compensación esperada entre la cantidad de UDESAs.

Resultados

Especificación de la metodología para la cuantificación de los servicios agroecosistémicos

La nueva “Herramienta para la cuantificación y valoración de los servicios agroecosistémicos en fincas campesinas, se divide en dos apartados. El primero es la cuantificación de los servicios generados en el componente forestal, según lo establece el Decreto N° 39083 (MINAE 2015a) sobre el PSA forestal, tomando como mínimo un área de terreno forestal de 0.5 ha. En el segundo se cuantifican los SAgro generados en el área agropecuaria de la finca, en donde la herramienta considera la evaluación de 48 BPAgro, distribuidas en los cinco SAgro de la siguiente forma: 11 en fijación de carbono (CO₂) en suelo, 6 en mitigación de metano (CH₄), 7 en mitigación de óxido nitroso (N₂O), 14 en protección del recurso hídrico, y 10 en conservación de la biodiversidad. La herramienta cuenta con un documento en el que se explica con detalle cada BPAgro, así como una justificación de su inclusión y los criterios para su verificación en el campo. A modo de resumen de este documento se presenta el [Apéndice 1](#).

A priori la herramienta considera de manera central los servicios relacionados con cambio climático (i.e., mitigación de emisiones de carbono tanto en el componente arbóreo como en el suelo, y emisiones evitadas de metano, así como de óxido nitroso), la conservación de la biodiversidad y la protección del recurso hídrico. Aunque se reconoce que estos agroecosistemas podrían proveer muchos otros servicios, es con la participación de Costa Rica en el programa REDD+, el cual está direccionado al tema de cambio climático, en el que se genera la oportunidad para plantear una opción de pago por los SAgro generados por el sector agroforestal campesino. Adicionalmente, se incluyen los servicios de protección de la biodiversidad y del recurso hídrico porque estos son considerados en la actual legislación que regula el programa de pago por servicios ambientales del país y que se utiliza como instrumento de ejecución en la estrategia nacional de REDD+. No se consideró oportuno incluir el servicio de belleza escénica —considerado también en la le-

gislación vigente— porque las fincas agroforestales con opciones turísticas reciben pagos por este servicio directamente del visitante. El SAgro de conservación de la biodiversidad cuantifica únicamente la biodiversidad planificada y asociada de las fincas. Adicionalmente, se incluyen en cada servicio aquellas BPAgro que propician la generación de más de un SAgro, como por ejemplo la presencia de policultivos, que tiene aportes tanto en la absorción de CO₂ en el suelo como en la conservación de la biodiversidad.

En la **Tabla 1** se presentan las UDESAs obtenidas por cada BPAgro, con su correspondiente ajuste para fincas con solo uso pecuario o que carecen de cuerpos de agua. En cuanto a las UDESAs por SAgro, el mayor valor lo presenta el SAgro de protección del recurso hídrico con 30.6 UDESAs, seguido por mitigación de CO₂ en el suelo con 21.6 UDESAs, conservación de la biodiversidad (20.3 UDESAs), mitigación de N₂O (14.2 UDESAs), y mitigación de CH₄ con 12.3 UDESAs. La variación de los porcentajes se debe a la presencia de más o menos BPAgro dentro de cada SAgro.

Evaluación de la herramienta para la cuantificación y valoración los servicios agroecosistémicos

Las 50 fincas evaluadas demostraron gran variedad en cuanto al área total, área en uso agropecuario y forestal, los tipos de cultivos y los sistemas productivos presentes. En cuanto al área total, la muestra estuvo representada por un rango de 0.7 ha a 118 ha, donde el 72 % de las fincas poseen más área en uso agropecuario que forestal. El uso forestal más frecuente fue el bosque en protección seguido de sistemas agroforestales, estando presentes en 36 y 25 fincas respectivamente.

Relación entre el área de la finca y las UDESAs obtenidas

No se evidenció una correlación entre las variables UDESAs/ha y área agropecuaria de la finca (Spearman $\rho = -0.127$, g.l. = 48, $p = 0.382$); caso contrario ocurrió en la relación entre las variables UDESAs/totales y área agropecuaria (Spearman $\rho = 0.949$, g.l. = 48, $p < 0.001$). Esto indica que las UDESAs obtenidas en una finca por hectárea dependen de la cantidad de BPAgro presentes en la propiedad y no necesariamente del área de ellas; sin embargo, el número de UDESAs totales por finca tiene una tendencia creciente en relación con el área agropecuaria. Aunque las fincas grandes podrían considerarse con mayor ventaja en la obtención de UDESAs; más área no es sinónimo de mayor aporte a la calidad ambiental, ya sea porque su funcionalidad está deteriorada o porque naturalmente no proveen un flujo de servicios que beneficien una población de interés, razones que podrían incidir en mayores compensaciones sin necesariamente incentivar la aplicación de BPAgro. Para el caso de Costa Rica, nuestro estudio señala que 50 ha podría ser un valor óptimo, ya que dichas fincas presentan una distribución más equitativa entre terreno forestal y agropecuario. Por su parte. En el contexto costarricense resultó que aquellas fincas con menos de 20 UDESAs/ha presentaron mayores problemas ambientales (suelos degradados y contaminación de cuerpos de agua), por lo que este podría considerarse como el umbral mínimo para que las fincas puedan participar en el PSAC, umbral que tendrá que ajustarse en cada país o región.

Comportamiento de las UDESAs según tipo de fincas

En la **Figura 2** se puede observar la media con su correspondiente desviación estándar de las UDESAs obtenidas en fincas con un solo uso agropecuario o con ambos usos. Aunque no hay diferencias significativas, se observa una tendencia a que fincas con ambos usos tienen mayores valores de UDESAs producto de su diversidad que les permite generar mayor cantidad de SAgro. Sin embargo, en ambos casos la mayoría de las fincas se ubican en un intervalo de 30 a 50 UDESAs y la amplitud de la desviación estándar se debe a puntos extremos.

Ajustes realizados en la herramienta después de la evaluación de campo

La validación de la herramienta en el campo permitió dilucidar áreas de mejora en tres aspectos. Primero, se eliminó la BPAgro

“presencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales”, ya que ninguna de las fincas evaluadas cuenta con dicho sistema, el cual sería de mayor pertinencia en fincas con producción intensiva y a mayor escala que las fincas campesinas consideradas. Segundo, se incorpora al final de la herramienta un punto que brinda 10.42 UDESAs *Plus*, por la presencia de fuentes alternativas de energía, debido a que una finca contaba con una turbina y paneles solares, actividad significativa ambientalmente y por la cual no se tenía previsto ningún tipo de reconocimiento. Además, esta es una de las recomendaciones realizadas por Segleau (2015). El valor de 10.42 UDESAs surge del valor promedio de las UDESAs de todas las BPAgro. Tercero, la evaluación de campo y las sugerencias realizadas por expertos, indican establecer mejores criterios de verificación para las BPAgro relacionadas con la presencia de árboles (nativos, frutales, fijadores de nitrógeno, entre otros). Para esto se creó un procedimiento basado en la densidad y distribución de los árboles según su función, utilizando la guía técnica para la difusión de tecnologías de producción agropecuaria sostenible del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG 2010).

Estimación del costo de ejecución de las buenas prácticas agrícolas (BPAgro) y compensación esperada

Con las entrevistas realizadas se determinó que solamente 25 de las 48 BPAgro requieren de inversión económica para su ejecución, y que los propietarios requerirían un total de US\$ 9164.53 por hectárea en 5 años (Tipo de cambio al 1 de junio 2016: 1 US\$ = 544.50 colones) para poder aplicarlas. A través de una valoración contingente se determinó que los propietarios se sentirían conformes con una compensación del 31 % de los gastos requeridos, lo que corresponde a un valor de US\$ 2803.67 por hectárea en 5 años (US\$ 560.73 /año). Entonces, una finca que cumpla con las 100 UDESAs máximas que la herramienta evalúa obtendría ese monto, que es equivalente a US\$ 28.04 por cada UDESA. Aquellas fincas con presencia de fuentes alternativas de energía podrían obtener 10.42 UDESAs *plus*; para un ingreso adicional de US\$ 292.18/ha agropecuaria en 5 años.

Aunque todas las fincas del estudio fueron valoradas por su suministro de SE, en algunas de ellas los pagos no serían suficientes para cubrir los costos de implementación de BPAgro, principalmente para las fincas con mayor cantidad de BPAgro con costos económicos. Para explicar este punto utilizaremos 2 ejemplos. La Finca 1 del Pacífico Central ejecuta 17 BPAgro, de las cuales 4 requieren un costo económico, por tanto, se requiere una inversión total de US\$ 905.81/ha. Después de la evaluación, obtuvo 41.62 UDESAs, para un monto a compensar de US\$ 1194.40/ha, lo que resulta en un ingreso adicional al invertido de US\$ 288.59/ha.

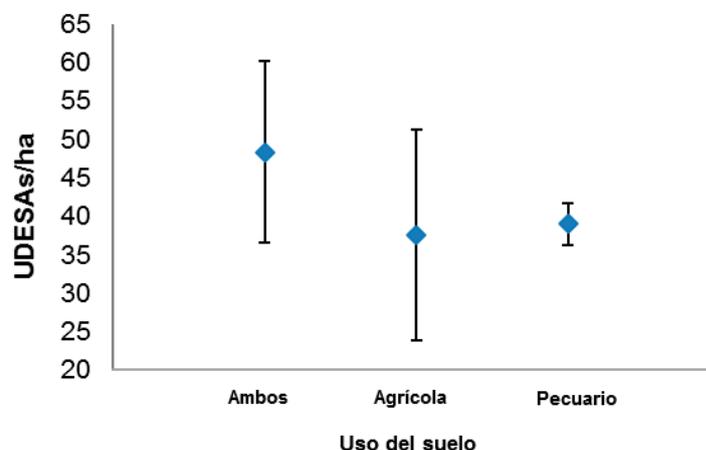


Figura 2. Media y desviación estándar de UDESAs/ha en las fincas según tipo de uso.

Figura 2. Mean and standard deviation of UDESAs/ha of farms according to type of use.

Tabla 1. Calificación y porcentaje para cada buena práctica agropecuarias (BPAgro) evaluada por el grupo de expertos consultados e incluidos en la metodología propuesta.

Table 1. Rating and percentage for each good agricultural practice (BPAgro) evaluated by the group of experts consulted and included in the proposed methodology.

Buenas Prácticas Agropecuarias (BPAgro)

SA: Mitigación de CO2 en el suelo	Calificación promedio	UDESAs (porcentaje uso agrícola o agrícola y pecuario)	UDESAs (porcentaje solo uso pecuario) *
1.1. Se aplican abonos orgánicos compostados	4.4	10.0	15.03
1.2. Se evita la aplicación de fertilizantes sintéticos	3.8	8.6	13.01
1.3. Se practica el barbecho o descanso del suelo	3.5	8.0	0.00
1.4. Se evitan quemadas para preparar el suelo	4.0	9.1	13.58
1.5. Se evitan quemadas de rastrojos y restos de cosechas	3.2	7.3	0.00
1.6. Se evita la compactación del suelo	4.0	9.1	13.87
1.7. Se realiza labranza mínima al suelo	4.0	9.1	0.00
1.8. Se realiza rotación o asociación de cultivos	4.1	9.3	0.00
1.9. Se observa cubierta forestal	4.6	10.5	15.32
1.10. Se evita la aplicación de pesticidas sintéticos o herbicidas	3.8	8.6	13.29
1.11. Se realizan obras o prácticas de conservación de suelos	4.6	10.5	15.90
Sub total	44.0	100	100
Porcentaje CO2 en el suelo	21.6		
SA: Mitigación de metano (CH4)	Calificación promedio	UDESAs (porcentaje)	
2.1. Presencia de un biodigestor funcionando.	4.4	16.47	
2.2. El biodigestor construido está acorde con la cantidad de animales y la cantidad de usuarios del biogás.	4.6	19.9	
2.3. El biogás producido es usado en reemplazo de la leña para cocinar.	4.2	15.54	
2.4. Los lixiviados del biodigestor no son fuente de contaminación debido a que son manejados adecuadamente.	4.8	17.71	
2.5. Los animales de producción pecuaria reciben una dieta especial elaborada con materiales propios de la finca, la cual reduce la producción de metano.	4.5	16.78	
2.6. Las excretas de los animales de producción pecuaria y los desechos de los cultivos que no son ingresadas en el biodigestor, se utilizan para la elaboración de abonos (compost o lombricompost).	4.4	16.41	
Sub total	31.1	100	
Porcentaje mitigación de CH4	13.3		
SA: Mitigación de óxido nitroso (N2O)	Calificación promedio	UDESAs (porcentaje)	
3.1. Presencia de especies fijadoras nitrógeno	4.3	14.93	
3.2. La aplicación de los fertilizantes nitrogenados se realiza con base en los resultados del análisis de suelo o foliar	4.0	13.89	
3.3. Utilización de fertilizantes de lenta liberación	4.0	13.89	
3.4. La existencia de una bodega acondicionada para guardar los insumos agropecuarios	3.9	13.54	
3.5. Existencia de pastos que mejoran la tasa de mineralización del nitrógeno de la materia orgánica en el suelo	4.1	14.24	
3.6. Por cada hectárea de uso agropecuario donde se incorporen abonos orgánicos compostados, elaborados en la propia finca	4.6	15.97	
3.7. Por evitar totalmente el consumo de fertilizantes	3.9	44.21*	
Sub total	28.8	100	
Porcentaje mitigación de N2O	14.2		

Continuación Tabla 1.**Table 1 Continuation.****Buenas Prácticas Agropecuarias (BPAgro)**

SA: Protección del recurso hídrico	Calificación promedio	UDESAs (porcentaje con cuerpos de agua)	UDESAs (porcentaje sin cuerpos de agua)*
3.1. Protección forestal (radio 100 m o 15 m)	4.5	7.15	
4.1. No son vertidos residuos sólidos al agua y alrededores	5.0	7.95	
4.2. No son vertidos residuos líquidos al agua y alrededores	4.8	7.63	
4.3. La finca cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales	4.8	7.63	9.76
4.4. La finca cuenta con un sistema de reciclado de aguas.	4.5	7.15	9.23
4.5. La finca recolecta y utiliza agua lluvia para diversas actividades, reduciendo la explotación de los cuerpos de agua	4.4	7.00	9.06
4.6. Las instalaciones de la finca son lavadas en seco o con sistemas de aspersión	4.0	6.36	8.36
4.7. Se utilizan productos biodegradables para el lavado de las instalaciones de la finca	4.6	7.31	9.41
4.8. En la finca existe un lugar ubicado a más de 100 metros de cualquier cuerpo de agua y acondicionado para el lavado de equipos de fumigación, envases de agroquímicos e implementos de ordeño	4.4	7.00	9.06
4.9. Los animales de producción no consumen el agua directamente del cuerpo de agua, lo hacen a través de bebederos	4.5	7.15	9.23
4.10. Los bebederos de los animales de producción están diseñados de forma que no se desperdicie agua (Ej.: Flotadores)	4.3	6.84	8.89
4.11. Finca cuenta con una o más biojardíneras	3.7	5.88	7.67
4.12. La finca cuenta con trampas de grasa	4.7	7.47	9.58
4.13. La finca cuenta con un sistema de riego que aplique una cantidad de agua lo más ajustada posible para cubrir las necesidades del cultivo	4.7	7.47	9.76
Sub total	62.9	100	100
Porcentaje protección del recurso hídrico	30,6		

SA: Conservación de la biodiversidad	Calificación promedio	UDESAs (porcentaje)
5.1. Presencia de especies arbóreas nativas en asocio con cultivos (SAF)	4.7	11.36
5.2. Presencia de especies arbóreas nativas en asocio con animales de producción (SSP)	4.6	11.16
5.3. Presencia de especies arbóreas en vía de extinción, escasas o raras	4.2	10.14
5.4. Presencia de árboles fuente de alimento para animales silvestres	4.6	11.16
5.5. Protección o manejo adecuado de la vida silvestre (plantas y animales)	4.6	11.16
5.6. Se evitan quemadas para preparar el suelo	4.0	9.74
5.7. Evita la aplicación de pesticidas o herbicidas sintéticos	3.8	9.33
5.8. Siembra de policultivos	4.2	10.14
5.9. Siembra de especies y variedades agrícolas autóctonas	3.3	8.11
5.10. Siembra de especies y variedades con valor medicinal tradicional	3.2	7.71
Sub total	41.1	100
Porcentaje protección del recurso hídrico	20.3	

* En las fincas solamente de uso pecuario se realiza un ajuste en los SAgr de CO2 por contener muchas BPAgro que solo son aplicable en fincas de uso agrícola, y en el caso de fincas que no poseen cuerpos de agua se hace un ajuste para evitar perder UDESAS que son imposibles de cumplir.

Por su parte, la Finca 7 del Pacífico Central, ejecuta 24 BPAgro, de las cuales 8 requieren un costo económico, por tanto, requiere una inversión total de US\$ 1301.0/ha. Después de la evaluación, esta finca obtuvo 44.77 UDESAs, para un monto a compensar de US\$ 1284.72/ha, lo que en este caso resulta en un ingreso menor al invertido de US\$ 16.23/ha. Para corregir esta situación se realizó el siguiente ajuste: todas las fincas que no presentan inversiones en BPAgro por hectárea se le rebajan 10 UDESAs, igualmente, se rebaja la misma cantidad si la finca no tiene ninguna BPAgro de infraestructura. Caso contrario, las fincas que apliquen alguna BPAgro en infraestructura se le suman 10 UDESAs, de esta forma se castiga o se reconoce a las fincas con menor o mayor inversión. Con dicha corrección la Finca 1 tiene una ganancia de US\$ 145.09/ha y la Finca 7 de US\$ 270.75/ha.

Después de dicho ajuste, las fincas evaluadas obtuvieron en promedio 43 UDESAs/ha, lo que equivaldría a una compensación de US\$ 1205.72 por hectárea agropecuaria en 5 años (US\$ 241.14 ha/año). Adicionalmente, a cada finca se le debe sumar el valor por su área en uso forestal. En las 50 fincas evaluadas, el promedio del área forestal fue de 7 hectáreas en conservación de bosque. El pago vigente en Costa Rica asigna US\$ 312.22 ha/5 años para la modalidad bosque en protección (MINAE 2015a). Considerando lo anterior y que el área promedio de finca fue de 20 ha (13 ha agropecuarias y 7 ha forestal), podemos decir que el valor total a compensar a una finca en promedio sería de US\$ 17 860 ha/5 años (US\$ 3 572/año).

Discusión

La propuesta metodológica desarrollada en este estudio evalúa con detalle científico y técnico el cumplimiento de cada BPAgro, disminuyendo el nivel de subjetividad, al tiempo que se hace con procedimientos de verificación simples, económicos, ágiles y flexibles, necesarios para facilitar el acceso, la equidad y la confianza de los agricultores (Narloch et al. 2011; Segleau 2015). Con respecto a los usos de la tierra, las fincas con solo un uso pecuario pero que aplican BPAgro pueden tener la misma o mayor cantidad de UDESAs que aquellas con ambos usos. Por tanto, no se justifica la necesidad de personalizar la herramienta para fincas ganaderas como lo propone Segleau (2015). Aunque la producción diversificada es característica de fincas campesinas, cabe preguntarse cuál sería el comportamiento de fincas con monocultivos. En nuestra comparación de tres fincas con cultivo de palma africana, encontramos que aquella en monocultivo presentó menos de la mitad de las UDESAs que cuando se mezcla con otras especies. Por tanto, la medición de este parámetro es una ventaja que presenta la herramienta, considerando que los monocultivos son una práctica asociada con la degradación de los suelos y la biodiversidad (PNUMA 2008).

Otro aspecto metodológico clave fue el ajuste que clasifica la implementación de BPAgro con o sin costos económicos, promoviendo así que todas las fincas tengan compensaciones más equitativas según las inversiones realizadas. Dicho ajuste asegura que la compensación sea un pago adicional (excedente o *superávit*) que recibirían los campesinos por los SAgro que generan sus fincas, aspecto metodológicamente apropiado según Wunder (2006). Además, este mismo autor señala que solo deberían recibir compensación quienes hayan realizado gastos para proveer los servicios, criterio *ex-ante* para asignar o clasificar las fincas que pueden participar en el PSAC.

Si se considera que en Costa Rica el pago por los SAgro representa el 65 % del monto pagado actualmente sobre los servicios generados por los ecosistemas boscosos (modalidad reforestación con especies nativas), la modalidad propuesta no debería presentarse como una utopía en cuanto al financiamiento, sino más bien como una alternativa de compensación que le permita incorporar y reconocer al sector de los pequeños productores agroforestales su labor en la generación de servicios agroecosistémicos. Según el reciente Censo Nacional Agropecuario (INEC 2015), en Costa Rica

existe un total de 93 017 fincas. Si se reducen aquellas en monocultivos como piña, banano, caña de azúcar y palma africana, quedarían 64 355 fincas, y si el 88 % de estas podrían obtener al menos las 20 UDESAs necesarias para ser compensadas, entonces y considerando el promedio de compensación por finca (US\$ 3 572), el programa requeriría para compensar el total de los servicios ecosistémicos un monto de US\$ 202.29 millones por año. Su ejecución no deja de ser un reto para el país; sin embargo, Costa Rica se mantiene firme internacionalmente con sus compromisos medioambientales, tal como lo expresó en la COP 21 del 2015, donde dentro de sus contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional en la búsqueda de su sustentabilidad y su carbono neutralidad, estableció como prioridad la reducción de las emisiones provenientes del sector agropecuario a través de su reconocimiento como proveedor de SA, y reconoce que para esto es necesario: inversión, voluntad política y una nueva institucionalidad inter-sectorial (MINAE 2015b).

A pesar de que los pequeños agricultores en Latinoamérica son con frecuencia marginados del modelo económico imperante, su función es clave. Mayormente a través de arreglos agrícolas familiares, ellos proveen a los países de la región —con prácticas agrícolas tradicionales menos intensivas— entre el 27 y 67 % de los alimentos, y hasta el 70 % en el caso centroamericano (FAO 2014). Sin embargo, sufren de altos niveles de pobreza con limitado acceso al crédito, al financiamiento y a la tenencia de la tierra; además, de una degradación de sus prácticas agrícolas tradicionales, aspecto que se agrava al estar altamente expuestos y vulnerables al cambio climático (IPCC 2007). Esto no solo perjudica la sostenibilidad de los ecosistemas, sino que también la seguridad alimentaria del continente (PNUD 2010). Por tanto, para disminuir la pobreza y proteger el ambiente se propone el desarrollo de arreglos institucionales innovadores y la aplicación de herramientas que permitan mayor acceso al crédito (Narloch et al. 2011) y a los derechos de propiedad (Vant 2010), entre ellos, los pagos por servicios ecosistémicos. Existen ejemplos que han demostrado que sus impactos socioeconómicos son determinantes en áreas rurales y comunidades indígenas (Sánchez-Chaves y Navarrete-Chacón 2017), aunque en general estos deben ser revisados para asegurar un mayor desempeño socioeconómico (Porrás et al. 2013; Molina-Murillo et al. 2014; Calvet-Mir et al. 2015), los cuales con frecuencia dependen de sus contextos políticos (Jack et al. 2008). Igualmente, se requiere de un empoderamiento de su función a través de mayor participación, capacitación y acceso a la información (Forest Trends 2012). Finalmente, es necesario incentivar de manera más generalizada prácticas innovadoras que le permitan a las personas campesinas ser más resilientes a los efectos del cambio climático (Molina-Murillo et al. 2017). Este tipo de acciones son fundamentales para la seguridad alimentaria de la región, la sostenibilidad ambiental, y la conservación de la biodiversidad, así como esencial para dinamizar la economía local (PNUD 2010; FAO 2014).

En esta realidad, el modelo acá propuesto se presenta como una opción viable para incentivar a través del reconocimiento de las BPAgro, la evolución de los sistemas agrícolas de pequeños productores latinoamericanos hacia una mayor eficiencia económica, un mayor desempeño ambiental, y un incremento en la resiliencia al cambio climático. Su financiamiento no deja de ser un desafío y contrario a múltiples ejemplos de PSE en Latinoamérica, requiere de pagos basados en desempeño (Groth 2005; Schomers y Matzdorf 2013) y aportes de fondos privados (Ezzine de Blas et al. 2017).

Conclusiones

Las modificaciones significativas realizadas al modelo original, dieron como resultado una nueva herramienta que explica detalladamente su estructura y donde se razona y justifican las BPAgro seleccionadas. Adicionalmente, permite un trabajo de campo más claro, preciso y productivo, ya que especifica los métodos de verificación. Con esto se comprende mejor cuando otorgar o no las UDE-

SAs correspondientes, las cuales son diferentes para cada BPAgro, según el impacto ambiental positivo que genera su aplicación. Eliminar por completo la subjetividad no es costo-efectivo. Por tanto, es necesario monitorear las fincas periódicamente, con el fin de comprobar que las BPAgro se siguen implementando, y adicionalmente, validar información obtenida en la primera evaluación.

Los resultados para Costa Rica no evidencian la necesidad de adaptar la herramienta por regiones o sistemas de producción, aspecto que deberá revisarse en otros países. Su forma actual permite a todas las fincas, independientemente de su ubicación y composición, obtener UDESAs, siempre y cuando apliquen BPAgro. Como criterios de selección de fincas para participar en el PSAC se determinaron:

Fincas que al menos realizan una BPAgro que demanda costos económicos.

Fincas que den como resultado más de 20 UDESAs/ha, ya que estas aportan servicios agroecosistémicos significativos para ser compensadas.

Fincas menores a 50 ha ya que aquellas más extensas suelen ser más aptas para participar en un PSA forestal según las modalidades vigentes.

El proceso de oficialización del PSAC requiere maduración a través del apoyo financiero, logístico e institucional, y el presente estudio es un avance en su formulación. Se recomienda evaluar otras formas de compensación como reducción de impuestos, acceso a asistencia técnica y distribución de insumos agropecuarios. Adicionalmente, otros criterios para la selección de fincas podrían ser evaluados, tales como: conectividad biológica para fauna, fincas ubicadas en vacíos de conservación, zonas con bajos índices de desarrollo e importantes niveles de exposición y vulnerabilidad a los efectos del cambio climático. Finalmente, se podrían hacer estudios para determinar cuales BPAgro generan más o menos SAgro según las diferentes regiones bioclimáticas por país y así ser mayormente incentivadas o fomentadas.

Considerando que en este estudio evaluamos los costos de compensación basados en la *disposición a aceptar* que mostraron los campesinos (proveedores de los servicios) por la implementación de buenas prácticas agrícolas, sería de orden práctico también evaluar la *disposición a pagar* que tiene la sociedad (demandantes de los servicios). Estudios como los de [Rodríguez-Ortega et al. \(2016\)](#) resultan ser una buena guía para llevar a cabo dicha evaluación considerando diferentes perfiles psicográficos de dichos potenciales demandantes.

Agradecimientos

Queremos agradecer principalmente a la ingeniera Evelyn Chaves y otras personas representantes de UNAFOR: Geovanny Quirós, Eloy Méndez, Mireya Otárola, Ulises Blanco, Asdrúbal Cambrero, Ronald Esquivel, Francisco Chaves, Yamileth Solís y Randall Ureña por el apoyo brindado en este proyecto. También estamos en deuda con las decenas de personas campesinas que nos permitieron visitar sus fincas y compartir sus conocimientos. Finalmente, agradecemos a los académicos Federico Alice y Johnny Rosales de la Universidad Nacional, y al editor y personas revisoras anónimas por la oportuna retroalimentación que permitió mejorar el documento.

Referencias

Aisbett, E., Kragt, M. 2010. *Valuing ecosystem services to agricultural production to inform policy design: an introduction*. Environmental Economics Research Hub Research Reports. Research Report No. 73. Crawford School of Economics and Government, Australian National University, Canberra, Australia. Disponible en: <http://ageconsearch.umn.edu/handle/96385>

Altieri, M.A., Nicholls, C.I. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Revista Ecosistemas* 16(1): 3-12. doi:10.7818/133.

Argel, P. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* (2): 67-72.

Arias, A. 2014. *Aplicación de la producción más limpia en la industria alimentaria: caso industria láctea*. San José, Costa Rica.

Arias Torres, C., Arauz López. 2013. *Propuesta de implementación de Biojardineras para el tratamiento y reutilización de aguas residuales, en la comunidad de Chimirol del distrito de Rivas*, Catón de Pérez Zeledón, Costa Rica. Tesis Mag. Sc, ICAP, Costa Rica.

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica 1996. Ley Forestal 7575. *La Gaceta N° 72, Alcance 21, 15 de abril de 1996*. Disponible en: http://www.asamblea.go.cr/Centro_de_Informacion/Consultas_SIL/Pginas/Detalle%20Leyes.aspx?Numero_Ley=7575

Aquilla Cisneros, R. 2005. *Uso del suelo y calidad del agua en quebradas de fincas con sistemas silvopastoriles en la subcuenca del Río Jabonal*, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Balvanera, P., Uriarte, M., Almeida-Leñero, L., Altesor, A., DeClerck, F., Gardner, T., Vallejos, M. 2012. Ecosystem services research in Latin America: The state of the art. *Ecosystem Services* 2:56-70.

Banco Mundial., CIAT., CATIE. 2014. *Agricultura climáticamente inteligente en Costa Rica*. Grupo del Banco Mundial, Washington D.C., Estados Unidos. (Serie de perfiles nacionales en agricultura climáticamente inteligente para América Latina).

Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, M., Somarriba, E., Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería de las Américas* 10(37- 28): 81-87.

Borge, M. 2012. Agricultura orgánica: solución de sostenibilidad. *Éxito Empresarial* 196:1-2.

Braat, L.C., de Groot, R. 2012. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* 1(1), 4-15. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>

Campos, J.J., Alpizar, F., Madrigal, R., Louman, B. 2007. Enfoque integral para esquemas de pago por servicios de ecosistemas forestales. *Revista Ecosistemas* 16(3). doi:10.7818/re.2014.16-3.00

Casasola, F., Ibrahim, M., Sepúlveda, C., Ríos, N., Tobar, D. 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas. En: *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas*. 169-178. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/7964>

Chavarria, M.I., Castillo Núñez, M. 2014. *Reporte estadístico forestal 2013 / SINAC, SIREFOR, MINAE*. San José, Costa Rica. Disponible en: http://www.sirefor.go.cr/?wpfb_dl=4

Calvet-Mir, L., Corbera, E., Martin, A., Fisher, J., Gross-Camp, N. 2015. Payments for ecosystem services in the tropics: a closer look at effectiveness and equity. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 14: 150-162. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.06.001>

Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26: 152-158. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>

Carmona, J., Bolívar, D., Giraldo, A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 18(1):49-63.

Daily, G., Alexander, S., Ehrlich, P., Goulder, L., Lubchencho, J., Matson, P., Woodwell, G. 1997. Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems. *Issues in Ecology* 2: 1-16.

De Oliva Maya 2013. *Brahaman; conozca la raza cebuina que valora la habilidad materna y la calidad de carcasa. La ganadería sostenible en la Amazonía Boliviana*. Disponible en <http://www.estanciasvh.com/?p=1836>

Elizondo, D. 2005. *El biodigestor*. INTA, ACCS. San José, Costa Rica.

Ezzine de Blas, D., Wunder, S., Ruíz Pérez, M., Moreno, R. 2017. *Los pagos por servicios ambientales en América Latina: gobernanza, impactos y perspectivas*. Ezzine de Blas, D., Coq, J.A., Gevara, A (coords) Universidad Iberoamericana, A.C., México. Disponible en: http://www.cifor.org/publicaciones/pdf_files/Books/CWunder1701.pdf

Fallas, A. 2014. Evaluación del modelo financiero de cuantificación de servicios agroecosistémicos en fincas campesinas, Costa Rica. *Revista Forestal Baracoa* 33: 362-371.

- FAO s.f. Glosario. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1525s/a1525s07.pdf>
- FAO 2016. El estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/publications/sofo/2016/es/>
- FAO 2014. Agricultura familiar en América Latina y el Caribe: recomendaciones de política. ONU, Santiago, Chile.
- FAO 2007. El estado mundial de la agricultura y la alimentación: Pagos a los agricultores por servicios ambientales. FAO, Roma, Italia. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1200s/a1200s00.pdf>
- FAO, IFA. 2002. Los fertilizantes y su uso: una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. FAO, Roma, Italia. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>
- Ferrari, A., Wall, L. 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la facultad de agronomía* 105 (2): 63-87.
- Field, B., Field, M. 2012. *Environmental Economics: An Introduction* (6th ed.). McGraw-Hill, New York, Estados Unidos.
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, C.R.). 2011. *Propuesta para la Preparación de Readiness*. San José, Costa Rica. Disponible en: www.fonafifo.go.cr/paginas_espanol/noticias/e_nt_noti003
- Forest Trends 2012. *Experiencias en compensación por servicios Ambientales en América Latina (PSA o REDD+): descripción de casos relevantes*. Charchalac Santay, S. (ed.). Disponible en http://www.forest-trends.org/documents/files/doc_3263.pdf
- Gasque, R. 2002. Razas lechera: introducción. Disponible en: <http://infolac-tea.com/wp-content/uploads/2015/03/671.pdf>
- Gómez, C. 2007. *Efectos de las quemas sobre la calidad del suelo*. Disponible en <http://agronomord.blogspot.com/2007/07/efectos-de-la-quema-sobre-la-calidad.html>
- Gómez-Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P.L., Montes, C. 2010. The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics* 69(6), 1209–1218. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>
- Groth, M. 2005. An outcome-based payment scheme to reward ecological services seen from an institutional economics point of view. *Journal of the Austrian Society of Agricultural Economics* 14:175–185.
- Gurovich, L. 1985. *Fundamentos y diseño de Sistemas de riego*. IICA, San José, Costa Rica.
- Heink, U., Hauck, J., Jax, K., Sukopp, U. 2016. Requirements for the selection of ecosystem service indicators – The case of MAES indicators. *Ecological Indicators* 61, 18–26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.09.031>
- IPBES 2016. *Guide on the production and integration of assessments from and across all scales*. UNEP, UNESCO, FAO, UNDP. Disponible en: <http://www.ipbes.net/work-programme/guide-production-assessments>
- INEC 2015. *VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales*. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). San José, Costa Rica. Disponible en: <http://sistemas.inec.cr/pad4/index.php/catalog/154>
- INTA 2013. *Identidad productiva: el valor de la Autóctono*. INTA informa 134.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Jack, B.K., Kousky, C., Sims, K.R.E. 2008. Designing payments for ecosystem services: Lessons from previous experience with incentive-based mechanisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 9465–9470.
- Jiménez, M.Q. 1999. *Árboles maderables en peligro de extinción en Costa Rica*. 2ª ed. Sto. Instituto Nacional de Biodiversidad, Heredia, Costa Rica, 187p.
- Jones, J.R. 1992. Environmental Issues and Policies in Costa Rica. *Policy Studies Journal* 20(4): 679-694.
- Lang, L., Peñarete Ramírez, D. 2012. *Construcción de un modelo financiero que cuantifique el valor de los servicios agroecosistémicos*. San José, Costa Rica.
- López, P., Solá, A. 2008. *Sistematización y cuantificación de biodigestores: área e impacto: social, económico y ambiental*. PNUD, San José, Costa Rica.
- Maes, J., Egoh, B., Willems, L., Liqueste, C., Vihervaara, P., Schägner, J. P., Bidoglio, G. 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1): 31–39. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, C.R.). 1991. *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. MAG, San José, Costa Rica.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, C.R.). 2007. Ley N° 8591: Desarrollo promoción y fomento a la actividad agropecuaria orgánica. *La Gaceta* 155: 2-6. Disponible en: http://www.gaceta.go.cr/pub/2007/08/14/comp_14_08_2007.pdf
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, C.R.). 2008. *Buenas prácticas agropecuarias*. MAG, San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00136.pdf>
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, C.R.). 2010. *Guía técnica para la difusión de tecnologías de producción agropecuaria sostenible*. MAG, San José, Costa Rica. Disponible en: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/bibliotecavirtual/a00192.pdf
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, C.R.). 1992. Ley N° 7317: Conservación de la Vida Silvestre. *La Gaceta* 235. Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=12648&nValor3=92418&strTipM=TC
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, C.R.). 1997. Veda de 18 especies forestales. Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE. *La Gaceta*. 119-11:9-10.
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, C.R.). 2015a. Decreto N° 39083-MINAE. Pago por servicios ambientales para el año 2015. *La Gaceta* 143: 3-6.
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía, C.R.). 2015b. *Contribución prevista y determinada a nivel nacional de Costa Rica*. MINAE, San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Costa%20Rica/1/INDC%20Costa%20Rica%20Version%202%200%20final%20ES.pdf>
- MINSAL (Ministerio de Salud, C.R.). 2010. Ley N°8839, Ley para la Gestión Integral de Residuos. *La Gaceta* 135. Disponible en: http://www.gaceta.go.cr/pub/2010/07/13/COMP_13_07_2010.html#_Toc266709616
- Martínez Gaspar, F., Ojeda Barrios, D., Hernández Rodríguez, A., Martínez Téllez, J., De la O Quezada, G. 2011. El exceso de nitratos: un problema actual en la agricultura. *Synthesis* 57: 11-16. Disponible en: http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2011/08/18/el_exceso_de_nitratos_un_problema_actual_en_la_agricultura.pdf
- Millennium Ecosystem Assessment 2003. *Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación*. Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. World Resources Institute. Disponible en: <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.3.aspx.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis* (Millennium Ecosystem Assessment). Island Press, Washington, DC, Estados Unidos. Disponible en: <http://millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Molina-Murillo, S.A. 2016. Desarrollo verde e inclusivo en respuesta al cambio climático. *Ambientico* 258: 24-29.
- Molina Murillo, S.A., Pérez Castillo, J.P., Herrera Ugalde, M.E. 2014. Assessment of environmental payments on indigenous territories: The case of Cabecar-Talamanca, Costa Rica. *Ecosystem Services* 8: 35-43.
- Molina-Murillo, S.A., Barrientos, G., Bonilla, M., Garita, C., Jiménez, A., Madrid, M., Valdés, S. 2017. ¿Son las fincas agroecológicas resilientes? Algunos resultados utilizando la herramienta SHARP-FAO en Costa Rica. *Revista Ingeniería* 27(2): 25-39. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/25-39>
- Montenegro, J. 2013. Evolución de la emisión en el hato bovino costarricense. IN Montenegro, J. *El cambio Climático y el sector Agropecuario Costarricense*. INATA, San José, Costa Rica
- Moreno Díaz, M. 2005. *Pago por servicios ambientales, la experiencia de Costa Rica*. San José, Costa Rica. Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/otus/pdf/informe-servicios-ambientales.pdf>
- Muradian, R., Corbera, E., Pascual, U., Kosoy, N., May, P.H. 2010. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* 69(6): 1202–1208.

- Murgueitio, E., Ibrahim, M., Ramirez, E., Zapata, A., Mejía, C.E., Casasola, F. 2004. *Land uses on cattle farms: Guide for the payment of environmental services integrated silvopastoral approaches to ecosystem management project*. CIPAV, CATIE, UCA. Turrialba, Costa Rica.
- Naranjo Aguilar, F. 2010. Alternativas ecológicas para el manejo de aguas residuales. *Éxito empresarial* 152:1-3. Disponible en: http://www.ce-gesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_152_130611_es.pdf.
- Narloch, U., Drucker, A., Pascual, U. 2011. Payment for agrobiodiversity conservation services for sustained on-farm utilization of plant and animal genetic resources. *Ecological Economics* 70:1837-1845.
- Paredes, M.C. 2013. *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. UCA, Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/fijacion-biologica-nitrogeno-leguminosas.pdf>
- PASOLAC 1996. *Ficha técnica. Labranza mínima*. Disponible en: http://www.funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_67.pdf
- PENUMA 2003. *Programa ciudadanía ambiental: suelos*. Disponible en: <http://www.interfazweb.net/ifuclientes/ambienteglobal/doc/suelos.pdf>
- PENUMA 2008. *La biodiversidad y la agricultura: salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo*. Montreal, Canadá. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/bioday/2008/ibd-2008-booklet-es.pdf>
- PNUD 2010. *Importancia de la biodiversidad y los ecosistemas para el crecimiento económico y la equidad en América latina y el Caribe: una valoración económica de los ecosistemas*. Bovarnick, A., Alpizar, F., Schnell, C. (eds.), PNUD, España. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/175-spa-sum.pdf>
- Polasky, S., Costello, C., Solow, A. 2005. The Economics of Biodiversity. *Handbook of Environmental Economics* 3: 1517–1560. [https://doi.org/10.1016/S1574-0099\(05\)03029-9](https://doi.org/10.1016/S1574-0099(05)03029-9)
- Porrás, I. 2010. ¿Justo y verde? impactos sociales de los pagos por servicios ambientales en Costa Rica. IIED, Londres, Reino Unido. Disponible en: <http://pubs.iied.org/pdfs/15518SIIED.pdf>
- Porrás, I., Barton, D.N., Miranda, M., Chacón-Cascante, A. 2013. *Learning from 20 years of Payments for Ecosystem Services in Costa Rica*. International Institute for Environment and Development, London, Reino Unido. Disponible en: <http://pubs.iied.org/pdfs/16514IIED.pdf>
- Quesada, R. 2008. Especies forestales vedadas en Costa Rica. *Actas del 10º Congreso Nacional de Ciencias y Estudios Sociales, 28-30 de agosto 2008*. Universidad Nacional, Pérez Zeledón, Costa Rica. <http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2008/RupertoQuesada.pdf>
- Rosa, H., Kandell, S., Dimas, L. 2003. *Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales: lecciones de las Américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias*. PRISMA, San Salvador, El Salvador.
- Rótolo, G., Francis, C. 2008. *Los servicios ecosistémicos en el "corazón" agrícola de Argentina*. Disponible en: <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-los-servicios-ecosistemicos-en-el-corazon-agricola.pdf>
- Ríos, N., Cárdenas, A., Andrade, H., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, F., Ramírez, E., et al. 2006. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* no 45. Disponible en: <http://biblioteca.catie.ac.cr:5151/repositoriomap/bitstream/123456789/160/3/292.pdf>
- Rodríguez-Ortega, T., Bernués, A., Alfnes, F. 2016. Psychographic profile affects willingness to pay for ecosystem services provided by Mediterranean high nature value farmland. *Ecological Economics* 128, 232–245. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.05.002>
- Saarikoski, H., Mustajoki, J., Barton, D.N., Geneletti, D., Langemeyer, J., Gomez-Baggethun, E., et al. 2016. Multi-Criteria Decision Analysis and Cost-Benefit Analysis: Comparing alternative frameworks for integrated valuation of ecosystem services. *Ecosystem Services* 22, 238–249. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.10.014>
- Sadeghian, S. s.f. Impacto de la ganadería sobre el suelo alternativos sostenibles de manejo. Disponible en: <http://www.desertificacion.gob.ar/mapas/modelos/impacto%20de%20la%20ganaderia%20sobre%20el%20suelo.pdf>
- Sáenz, J.A. 2001. *Biodigestores: aportes a las condiciones ambientales y calidad de vida de la población campesina*. UCR, San José, Costa Rica. Disponible en: http://www.eco-index.org/search/pdfs/170report_3.pdf
- SAGARPA. s.f. Catálogo de obras y prácticas de conservación de suelo y agua. México. Disponible en: [http://clima.dicym.uson.mx/paglabhidra/ARCHIVOS/MONROY/CATALOGO%20DE%20OBRASb2%20\(2\).pdf](http://clima.dicym.uson.mx/paglabhidra/ARCHIVOS/MONROY/CATALOGO%20DE%20OBRASb2%20(2).pdf)
- SAGARPA 2014a. *Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio: abonos orgánicos*. SAGARPA, México. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichas-COUSSA/Abonos%20organicos.pdf>
- SAGARPA 2014b. *Fichas técnicas sobre actividades agrícolas, pecuarias y de traspatio: rotación de cultivos*. México. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/FichasTecnicasAgricultolas.aspx>
- Sánchez-Azofeifa, A. 2015. Análisis de la cobertura forestal de Costa Rica entre 1960 y 2013. *Ambientico* 253: 4-11.
- Sánchez-Chaves, O., Navarrete-Chacón, G. 2017. La experiencia de Costa Rica en el pago por servicios ambientales: 20 años de lecciones aprendidas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(2): 195-214. Disponible en: doi: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.11>
- Sans, F.X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Revista Ecosistemas* 16(1):44-49.
- Schomers, S., Matzdorf, B. 2013. Payments for ecosystem services: A review and comparison of developing and industrialized countries. *Ecosystem Services* 6: 16–30. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.01.002>
- Segleau, J. 2015. *Pago de servicio ambiental campesino: Lo que se requiere para estar listos*. Costa Rica. Disponible en: http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/informe_final_psa_campe-sino.pdf
- Stuchi, J., de Melo, E., Gutiérrez, I., De Clereck, F., Rivera, J. 2011. Identificación participativa de la calidad de los servicios ambientales en la zona de amortiguamiento del Parque Internacional La Amistad en Costa Rica. En *Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Disponible en: http://biblioteca.catie.ac.cr/comunicacion/Publicaciones/Gamma/Libro_Fontagro_GAMA.pdf
- Tancigne, E., Barbier, M., Cointet, J.P., y Richard G. 2014. The place of agricultural sciences in the literature on ecosystem services. *Ecosystem Services* 10: 35-48.
- TEEB 2010. *La economía de los ecosistemas y la diversidad: incorporación de los aspectos económicos de la naturaleza. Una síntesis del enfoque, las conclusiones y las recomendaciones del estudio TEEB*. Disponible en: <http://www.teebweb.org/our-publications/teeb-study-reports/synthesis-report/#.Ujr2cX9mOG8>
- Turner, R.K., Pearce, D.W., Bateman, I. 1993. *Environmental Economics: An Elementary Introduction*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Vatn, A. 2010. An institutional analysis of payments for environmental services. *Ecological Economics* 69, 1245–1252.
- Velasco Muñoz, J.F., Aznar Sánchez, J.A. 2016. La valoración económica de los ecoservicios en los agroecosistemas en España: Marco conceptual y Metodológico. *Pecunia* 22: 75-93.
- Vermeulen, S.J., Campbell, B.M., Ingram, J.S.I. 2012. Climate Change and Food Systems. Disponible en: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-environ-020411-130608>.
- Wunder, S. 2005. Payments for environmental services: some nuts and bolts. *Center for International Forestry Research*. Disponible en: <https://doi.org/10.17528/cifor/001760>
- Wunder, S. 2006. *Pagos por servicios ambientales: principios básicos esenciales*. CINFOR, Jakarta, Indonesia. Disponible en: <http://www.sidalc-net/repdoc/A7644e/A7644e.pdf>
- Zamora, HD. 2013. *Alternativas para mitigar emisiones de gases de efecto invernadero en fincas ganaderas lecheras andinas del departamento de Nariño*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. Disponible en: http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/AGROFORESTERIA/ALTERNATIVAS.pdf

Apéndices

Apéndice 1. Buenas prácticas agropecuarias presentes en la herramienta de cuantificación y valoración de los servicios agroecosistémicos.

Appendix 1. Good agroecological practices included in the tool for the quantification and valuation of the agroecosystem services.

Buenas práctica agropecuaria	Requisitos de verificación	Fuente
Buenas prácticas agropecuaria en la mitigación de CO2 en el manejo del suelo		
1.1. Se aplican abonos orgánicos compostados	En al menos la mitad del área cultivada	FAO s.f; ExpC*
1.2. Se evita la aplicación de fertilizantes sintéticos	En al menos la mitad del área cultivada	Lang y Peñarete (2012); SAGARPA 2014a; ExpC*
1.3. Se practica el barbecho o descanso del suelo	En al menos 0,5 ha durante un periodo de 2 años	Lang y Peñarete (2012); ExpC*
1.4. Se evitan quemas para preparar el suelo	En toda la finca	Gómez (2007); ExpC*
1.5. Se evitan quemas de rastrojos y restos de cosechas	No se quema ningún desecho	Lang y Peñarete (2012); ExpC*
1.6. Se evita la compactación del suelo	No deben existir cultivos o potreros en pendientes pronunciadas. Debe haber un sistema de drenaje que evite el estancamiento de agua. La carga animal no debe sobre pasar los 2 500 kg/ha	FAO s.f; Sadeghian s.f; De Oliva Maya 2013; Gasque (2002); ExpC*
1.7. Se realiza labranza mínima al suelo	La branza manual o con ayuda de animales y un número máximo de dos labranzas	PASOLAC (1996); ExpC*
1.8. Se realiza rotación y/o asociación de cultivos	Más de tres cultivos diferentes en el área de uso agrícola	SAGARPA (2014b); ExpC*
1.9. Se observa cubierta forestal	El evaluador deberá establecer a su criterio y sobre el potencial que tiene la finca para la siembra de árboles, si la cobertura arbórea es significativa para asignarle o no las UDESAs correspondiente	Ríos et al. (2006)
1.10. Se evita la aplicación de pesticidas sintéticos o herbicidas	En toda la finca.	PENUMA (2003); Borgue (2012); ExpC*
1.11. Se realizan obras o prácticas de conservación de suelos	En al menos la mitad del área de uso agrícola	
Buenas prácticas en la mitigación de CH4		
2.1. Presencia de un biodigestor funcionando	Al menos un biodigestor en funcionamiento	Sáenz (2001); Elizondo (2005); López y Sola (2008)
2.2. El biodigestor construido está acorde con la cantidad de animales y la cantidad de usuarios del biogás	Según se explica en la referencia	López y Sola (2008)
2.3. El biogás producido es usado en reemplazo de la leña para cocinar	Si antes de existir el biodigestor se cocinaba con leña	Sáenz (2001)
2.4. Los lixiviados del biodigestor no son fuente de contaminación, debido a que son manejados adecuadamente	Los lixiviados no deben contaminar los cuerpos de agua, deben ser depositados en pastos o cultivos como abono	ExpC*
2.5. Los animales de producción pecuaria reciben una dieta especial elaborada con materiales propios de la finca, la cual reduce la producción de metano	Presencia de platos forrajeras y pastos de corta, el ganado debe alimentarse más con estos que con concentrados	Carmona et al. (2005); Montenegro (2013); ExpC*
2.6. Las excretas de los animales de producción pecuaria y los desechos de los cultivos que no son ingresadas se utilizan para la elaboración de abonos (compost o lombricompost)	Los desechos son utilizados para crear abonos. Aplica también para los desechos que no son ingresados en el biodigestor	FAO e IFA (2002); Zamora (2013); ExpC*
Buenas prácticas en la mitigación de N2O		
3.1. Presencia de especies fijadoras de nitrógeno.	Debe haber una distribución o una abundancia que indique la intencionalidad del productor en sembrar o conservar las especies para mejorar el suelo. La herramienta especifica una lista de especies	Ferrari y Wall (2004); Paredes (2013); ExpC*
3.2. La aplicación de los fertilizantes nitrogenados se realiza con base en los resultados del análisis de suelo o foliar	En toda el área agrícola	MAG (1991)
3.3. Utilización de fertilizantes de lenta liberación	En toda el área agrícola	FAO e IFA (2002)
3.4. Existencia de una bodega acondicionada para guardar de manera segura los insumos agropecuarios	Ubicada al menos a 100m de cualquier cuerpo de agua y con la seguridad adecuada para que no ingresen personas sin autorización	MAG (2008)
3.5. Existencia de pastos que mejoran la tasa de mineralización del nitrógeno de la materia orgánica en el suelo.	Al menos la mitad del área con pastos con especies de <i>Brachiaria</i> sp o <i>Arachis pintoi</i> *	Argel (2006)
3.6. Se incorporan abonos orgánicos compostados	Al menos en la mitad del área en uso agrícola	SAGARPA (2014a); ExpC*
3.7. Se evita totalmente el consumo de fertilizantes	En al menos la mitad del área de uso agrícola	Martínez Gaspar et al. (2011); ExpC*

Continuación Apéndice 1
Appendix 1 continuation.

Buenas práctica agropecuaria	Requisitos de verificación	Fuente
Protección del recurso hídrico		
4.1. Se respetan las áreas de protección forestal (radio 100 m o 15 m)	Según lo indica la Ley forestal 7725 en el artículo 33	Ley Forestal N° 7575 (1996); ExpC*
4.2. No son vertidos residuos sólidos al agua y alrededores	Las áreas de río dentro de la propiedad están libres de residuos sólidos provenientes de la finca	Ley de Gestión Integral de Residuos N°8839 (2010)
4.3. No son vertidos residuos líquidos al agua y alrededores	No son vertidos directamente las aguas residuales a los cauces de los ríos	Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 (1992)
4.4. La finca cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales	Lagunas de oxidación, y estanques de sedimentación	Naranjo Aguilar (2010); ExpC*
4.5. La finca cuenta con un sistema de reciclado de aguas	Las aguas generadas en una actividad son utilizadas en mantenimiento de otra. Ej. Aguas de estanques que luego se utilizan para regar los cultivos	ExpC*
4.6. La finca recolecta y utiliza agua de lluvia para diversas actividades, reduciendo la explotación de los cuerpos de agua	Puede ser a través de métodos artesanales o más sofisticados	ExpC*
4.7. Las instalaciones de la finca son lavadas en seco o con sistemas de aspersión	En todos los corrales o lecherías	Quesada et al. (2008); Arias (2014); ExpC*
4.8. Se utilizan productos biodegradables para el lavado de las instalaciones de la finca	En todos los corrales o lecherías	ExpC*
4.9. En la finca existe un lugar ubicado a más de 100 metros de cualquier cuerpo de agua y acondicionado para el lavado de equipos de fumigación, envases de agroquímicos e implementos de ordeño	A más de 100 m de cualquier cuerpo de agua, el lugar es exclusivo para ese uso	Lang y Peñarete (2012)
4.10. Los animales de producción no consumen el agua directamente del cuerpo de agua, lo hacen a través de bebederos	Existencia de barreras para evitar el paso de los animales a los cuerpos de agua, y existencia de bebederos	Murgueitio (2004); Auquilla (2005); ExpC*
4.11. Los bebederos de los animales de producción están diseñados de forma que no se desperdicie agua (Ej.: Flotadores)	Contar con flotadores, llaves de paso u otro método que evite el flujo constante del agua en los bebederos	SAGARPA s.f; ExpC*
4.12. La finca cuenta con una o más biojardineras	Presencia de biojardinería en funcionamiento	Arias y Arauz (2013)
4.13. La finca cuenta con trampas de grasa	Presencia de trampas de grasa en funcionamiento	Lang y Peñarete (2012)
4.14. La finca cuenta con un sistema de riego que aplique una cantidad de agua lo más ajustada posible para cubrir las necesidades del cultivo	Presencia de un sistema de riego en funcionamiento	Gurovich (1985)
Buenas prácticas agropecuarias en la conservación de la biodiversidad		
5.1. Presencia de especies arbóreas nativas en asocio con cultivos (SAF)	Con observación de campo, se identifica si la presencia arbórea de especies nativas es suficientemente densa para proveer los servicios ambientales previamente indicados	Beer et al. (2003)
5.2. Presencia de especies arbóreas nativas en asocio con animales de producción (SSP)	Con observación de campo, se identifica si la presencia arbórea de especies nativas es suficientemente densa para proveer los servicios ambientales previamente indicados	Beer et al. (2003)
5.3. Presencia de especies arbóreas en vías de extinción, escasas o raras	Con uno o más individuos de cualquier especie en vías de extinción, escasas o raras según se especifica en la herramienta	Decreto Ejecutivo N° 25700-MINAE (1997); Jiménez (1999)
5.4. Presencia de árboles fuente de alimento para animales silvestres	Mínimo de 20 árboles de 7 especies diferentes	Segleau (2015); ExpC*
5.5. Protección o manejo adecuado de la vida silvestre (plantas y animales)	Artículo 14 de Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317	Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 (1992)
5.6. Se evitan quemadas para preparar el suelo	En toda la finca	Gómez (2007)
5.7. Se evita la aplicación de pesticidas o herbicidas sintéticos	En toda la finca	PENUMA (2003)
5.8. Siembra de policultivos	Más de tres cultivos diferentes en el área de uso agrícola	SAGARPA (2014b); ExpC*
5.9. Siembra de especies y variedades agrícolas autóctonas	Dos o más cultivos autóctonos cultivados intencionalmente	INTA (2013); Segleau (2015); ExpC*
5.10. Siembra de especies y variedades con valor medicinal tradicional	Tres o más especies medicinales cultivadas o conservadas intencionalmente	ExpC*

* ExpC= Experiencia de campo

Apéndice 2. Representación del proceso para la obtención de las UDESAs.

Appendix 2. Representation of the process for the estimation of UDESAs.

SAgro CO ₂		Calificación	UDESAs CO ₂	
	BPAgro CO ₂ 1	X ₁		$E3.(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 2	X ₂		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 3	X ₃		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 4	X ₄		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 5	X ₅		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 6	X ₆		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 7	X ₇		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 8	X ₈		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 9	X ₉		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 10	X ₁₀		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
	BPAgro CO ₂ 11	X ₁₁		$(X1 \cdot 100) \div \sum X$
E1. Calificación del SAgro CO₂ = $\sum X$			E4. UDESAs SAgroCO₂ = $(E1 \cdot 100)/E3$	
SAgro CH₄	Calificación del SAgro CH ₄ = $\sum X$	UDESAs CH ₄	UDESAs SAgroCH ₄ = $(E1 \cdot 100)/E3$	
SAgro N₂O	Calificación del SAgro N ₂ O = $\sum X$	UDESAs N ₂ O	UDESAs SAgroN ₂ O = $(E1 \cdot 100)/E3$	
SAgro H₂O	Calificación del SAgro H ₂ O = $\sum X$	UDESAs H ₂ O	UDESAs SAgroH ₂ O = $(E1 \cdot 100)/E3$	
SAgro BIO	Calificación del SAgro BIO = $\sum X$	UDESAs BIO	UDESAs SAgroBIO = $(E1 \cdot 100)/E3$	
E2. Calificación total = \sum Calificación de los SAgro			UDESAs/ha = \sum UDESAs SAgro	

Nota: X= Calificación promedio de expertos; E1= ecuación 1; E2= ecuación 2; E3= ecuación 3; E4= ecuación 4