
LA PRODUCCIÓN DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) EN COLOMBIA: PERSPECTIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL HÁBITAT A TRAVÉS DEL SERVICIO DE POLINIZACIÓN

Zoraida Calle, Manuel R. Guariguata, Eudaly Giraldo y Julián Chará

RESUMEN

A escala global, el área destinada a cultivos agrícolas que dependen de polinización por insectos ha crecido en forma constante y por ende se esperaría un aumento en la demanda de este servicio ambiental. Sin embargo, la presencia de polinizadores no es siempre un factor esencial dentro del sistema productivo a nivel de finca. Este trabajo evalúa las percepciones de los productores de maracuyá (*Passiflora edulis*) sobre los principales factores que determinan su productividad en tres departamentos de Colombia (Huila, Meta y Valle del Cauca). En Valle se aplica polinización manual para complementar la polinización por insectos, los cultivos están más aislados del bosque natural o semi-natural, tienen mayor densidad y están sometidos a aplicaciones de pesticidas más frecuentes que en Huila y Meta. En Meta los cultivos parecen

depender exclusivamente de la polinización por abejas (*Xylocopa*), la densidad de lotes cultivados es menor, el grado de aislamiento del hábitat natural/semi-natural es bajo y la frecuencia de aplicación de pesticidas es menor. Eventuales intervenciones para asegurar la provisión de servicios de polinización natural serían diferentes. Por ejemplo, en Valle y Huila las posibilidades de que los productores adopten el concepto de servicios de polinización como justificación para conservar hábitat son bajas, dado el nivel de intensificación observado. Para mejorar el nivel de provisión del servicio de polinización natural en los cultivos de maracuyá en estas localidades se necesitaría promover esquemas de producción orgánica, y/o restaurar pequeñas franjas de hábitat en las inmediaciones de los cultivos.

THE PRODUCTION OF PASSION FRUIT (*Passiflora edulis*) IN COLOMBIA: PERSPECTIVES FOR HABITAT CONSERVATION THROUGH POLLINATION SERVICES

Zoraida Calle, Manuel R. Guariguata, Eudaly Giraldo and Julián Chará

SUMMARY

At a global scale the area devoted to agricultural cultivation that depends upon insect pollination has grown steadily and, therefore, an increased demand of this service would be expected. However, lack of pollinators is not always an essential factor in the productive system at farm level. The present work evaluates the perceptions of passion fruit (*Passiflora edulis*) producers about the main factors determining their productivity in three Colombian departments (Huila, Meta and Valle del Cauca). In Valle, pollination is manually applied to complement insect pollination, and cultivation areas are more isolated from natural or semi-natural forests, have a higher density and are subjected to more frequent pesticide application than in Huila

and Meta. In Meta, cultivation depends exclusively on bee (*Xylocopa*) pollination, density of cultivated lots is lower, plots are more isolated from natural/semi-natural habitat, and pesticide are applied with a lower frequency. Eventual interventions to insure the provision of natural pollination services would differ. For instance, in Valle and Huila the probability that producers will adopt the concept of pollination services to justify habitat conservation is low, given the intensification level observed. In order to improve the level of natural pollination services supplied for passion fruit culture in these localities, organic production schemes must be promoted, and/or small habitat fringes close to the cultivation areas be restored.

La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) sintetiza de manera convincente las relaciones que existen entre el bienestar humano y la conservación de los ecosistemas naturales.

Tales relaciones se basan, en gran medida, en las condiciones biofísicas del ecosistema en cuestión y en los procesos que ocurren en el mismo (Daily, 1997). Por ejemplo, a mayor distancia de un parche de bosque, disminuyen tan-

to la riqueza de especies de insectos polinizadores como las tasas de visita a flores de cultivos adyacentes (Ricketts *et al.*, 2008), procesos necesarios para la producción de frutos y semillas de muchos rubros agrícolas a nivel global

(Klein *et al.*, 2007). En particular, el valor económico del servicio provisto por insectos polinizadores se estima en miles de millones de USD al año (Losey y Vaughan, 2006; Gallai *et al.*, 2009) y el área cultivada con rubros

PALABRAS CLAVE / Agricultura Tropical / Agrobiodiversidad / Análisis de Percepciones / Polinizadores / Servicios Ambientales /

Recibido: 20/10/2009. Modificado: 17/02/2010. Aceptado: 17/02/2010.

Zoraida Calle. Bióloga, Universidad de Los Andes, Colombia. M.Sc. en Ecología, Universidad del Valle, Colombia. Investigadora, Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), Colombia. e-mail: zoraida@cipav.org.co

Manuel R. Guariguata. Biólogo, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. M.Sc. en Ecología, Florida University, EEUU. Ph.D. en Ciencias Forestales, Yale University, EEUU. Investigador, Center for International Forestry Research (CIFOR), Indonesia. Dirección:

P.O. Box 0113 BOCBD, Bogor 16000, Indonesia. e-mail: m.guariguata@cgiar.org

Eudaly Giraldo. Administradora de los Recursos Naturales, Universidad Santo Tomás, Colombia. Docente e investigadora, CIPAV, Colombia. e-mail: Eudaly@cipav.org.co

Julián Chará. Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de Caldas, Colombia. M.Sc. en Desarrollo Sostenible, Universidad Javeriana, Colombia. Ph.D., Universidad de Stirling, Escocia. Investigador, CIPAV, Colombia. e-mail: Julian.Chara@cipav.org.co

A PRODUÇÃO DE MARACUJÁ (*Passiflora edulis*) NA COLOMBIA: PERSPECTIVAS PARA A CONSERVAÇÃO DO HABITAT ATRAVÉS DO SERVIÇO DE POLINIZAÇÃO

Zoraida Calle, Manuel R. Guariguata, Eudaly Giraldo e Julián Chará

RESUMO

A escala global, a área destinada a cultivos agrícolas que dependem de polinização por insetos tem crescido em forma constante e portanto seria esperado um aumento na demanda deste serviço. No entanto, a falta de polinizadores não é sempre um fator essencial dentro do sistema produtivo a nível de chácara. Este trabalho avalia as percepções dos produtores de maracujá (*Passiflora edulis*) sobre os principais fatores que determinam sua produtividade em três departamentos de Colômbia (Huila, Meta e Valle del Cauca). Em Valle é aplicada polinização manual para complementar a polinização por insetos, os cultivos estão mais isolados do bosque natural ou semi-natural, têm maior densidade e estão submetidos a aplicações de pesticidas mais frequentes que em Huila e Meta. Em Meta os cultivos

parecem depender exclusivamente da polinização por abelhas (*Xylocopa*), a densidade de lotes cultivados é menor, o grau de isolamento do habitat natural/semi-natural é baixo e a frequência de aplicação de pesticidas é menor. Eventuais intervenções para assegurar a provisão de serviços de polinização natural seriam diferentes. Por exemplo, em Valle e Huila as possibilidades de que os produtores adotem o conceito de serviços de polinização como justificção para conservar habitat são baixas, devido ao nível de intensificação observado. Para melhorar o nível de provisão do serviço de polinização natural nos cultivos de maracujá nestas localidades, seria necessário promover esquemas de produção orgânica, e/ou restaurar pequenas faixas de habitat nas imediações dos cultivos.

agrícolas que dependen de polinización por insectos ha aumentado globalmente en forma constante durante las últimas décadas (Aizen *et al.*, 2009). Todo esto sugiere que la demanda por el servicio de polinización natural se intensificará en un futuro, lo cual ha generado interés en el diseño de agropaisajes para optimizar el flujo espacio-temporal de insectos polinizadores (Brosi *et al.*, 2008; Keitt, 2009).

Sin embargo, existen muy pocas iniciativas de compensación por servicios de polinización a través de la conservación del hábitat natural (Tallis *et al.*, 2008). El valor económico *per se* del servicio de polinización por insectos deja de ser un argumento de peso cuando se añaden la complejidad y los riesgos inherentes a la producción agrícola, especialmente en los trópicos. Por ejemplo, los costos de oportunidad de mantener un bosque dentro de una finca para proveer servicios de polinización pueden ser tan altos que el agricultor podría decidir convertir tal bosque a usos más rentables a expensas de los polinizadores (ver Olschewski *et al.*, 2006 para un ejemplo en café). Además, limitaciones de tipo hídrico, nutricional, o la presencia de herbívoros podrían ser factores con un peso mayor sobre la producción comercial de

rubros agrícolas con dependencia de polinización biótica (Ghazoul, 2005). Las percepciones de los agricultores sobre estos aspectos son un elemento importante a tener en cuenta además de la biología misma de la polinización del cultivo cuando se pretende diseñar estrategias de conservación del hábitat natural con el fin de albergar polinizadores (Ghazoul, 2007a, b).

El objetivo del presente estudio fue evaluar las percepciones de los productores de maracujá (*Passiflora edulis*; Passifloraceae) sobre los principales factores que determinan su productividad, en tres departamentos de la región centro-occidental de Colombia (Figura 1). El maracujá, parcha o fruto de la pasión, es un rubro agrícola tropical con dos atributos que lo hacen idóneo para una eventual promoción de esquemas de conservación del hábitat a través de la provisión de servicios de polinización: i) presenta una alta dependencia de polinización cruzada para producir frutos y una especialización de polinizadores igualmente

alta (abejas solitarias del género *Xylocopa*; Corbet y Willmer, 1980; Da Silva *et al.*, 1999; Bogdanski, 2008; de Siqueira *et al.*, 2009); y ii) el cultivo de maracujá en escala comercial generalmente es irrigado, fertilizado y fumigado. Esto implica, por un lado, que existe una alta probabilidad de detectar que la falta de polinización incide en la pro-

ducción ya que habría pocas limitaciones de tipo hídrico o nutricional (Ghazoul, 2005; de Souza *et al.*, 2009). Por otro lado, la alta intensificación del cultivo requiere la aplicación de pesticidas, lo cual podría incidir negativamente en las poblaciones de los polinizadores (Bogdanski, 2008). El presente trabajo pretende contribuir al debate sobre la provisión de servicios de polinización evaluando múltiples aspectos del manejo de este cultivo.

Un objetivo específico *a priori* el contexto espacial para determinar cómo variarían las percepciones de los productores y sus decisiones sobre prácticas agronómicas en diferentes zonas productoras y discutir cuáles serían las implicaciones de tal variabilidad para un diseño eventual de esquemas de compensación por servicios de polinización sobre los cultivos de maracujá. Tal justificación se basa en que la gran mayoría de los estudios sobre provisión de servicios de polinización natural en rubros agrícolas se enfocan en una sola localidad (Klein *et al.*,

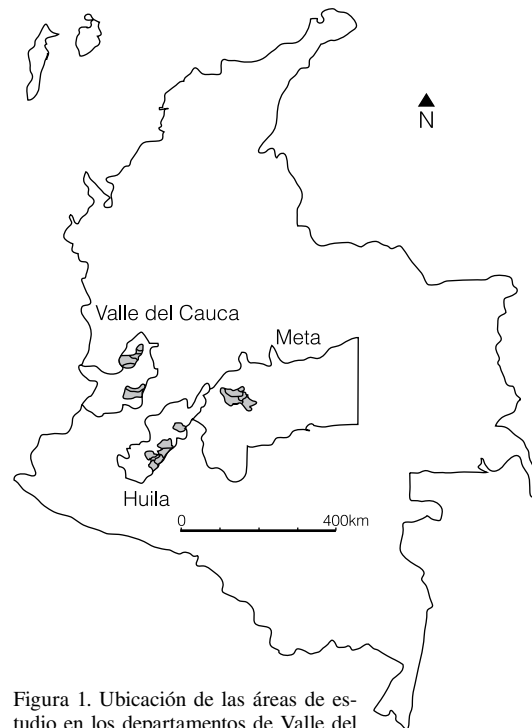


Figura 1. Ubicación de las áreas de estudio en los departamentos de Valle del Cauca, Huila y Meta en Colombia. Las áreas sombreadas dentro de los límites de cada departamento corresponden a los municipios con fincas incluidas en las encuestas.

2003; Ricketts, 2004; Bogdanski, 2008; Gemmill-Herren y Ochieng, 2008) limitando la aplicabilidad y generalización de los resultados a escalas espaciales amplias. Ashworth *et al.* (2009) proveen una de las pocas evaluaciones a escala nacional disponibles en el contexto del servicio de polinización natural en el trópico. Documentar la posible variabilidad espacial puede ayudar de manera más certera al diseño de eventua-

les políticas sobre el tema de servicios ambientales tanto a nivel subnacional como nacional.

Métodos

El estudio se llevó a cabo durante 2008. La selección de las áreas de trabajo se hizo en diferentes etapas. Primero se llevó a cabo una revisión sobre el cultivo de maracuyá en Colombia a través del Sistema de Inteligencia de Mercados y las estadísticas departamentales del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural sobre las áreas de maracuyá bajo cosecha. Esta información se complementó con consultas a expertos del Fondo Hortofrutícola de Colombia (www.frutasyhortalizas.com.co) sobre aspectos específicos de la producción del maracuyá, tales como la distribución del área cultivada y la identificación de los principales municipios productores. Con base en esto se identificaron los tres departamentos (Huila, Valle del Cauca y Meta) denominados en adelante 'agropaisajes'. Como criterio final de selección se usaron aquellos municipios que tuvieron la mayor producción de maracuyá según las estadísticas disponibles al momento (2005). La ubicación específica de productores

TABLA I
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*)
EN LOS TRES DEPARTAMENTOS CON MAYOR PRODUCCIÓN EN 2005 EN COLOMBIA *

	Departamento		
	Valle del Cauca	Huila	Meta
Número de fincas visitadas	25	19	15
Elevación promedio (intervalo; msnm)	1016 (900-1200)	997 (770-1200)	433 (260-520)
Precipitación (mm) **	1500-2000	1000-1500	2500-3000
Edad de los entrevistados (mediana e intervalo en años)	49 (24-88)	41 (20-60)	44 (26-58)
Años de experiencia de los entrevistados en cultivo de maracuyá (mediana e intervalo)	6 (1-35)	9 (1-18)	3 (0,6-17)
Longevidad del último cultivo (mediana e intervalo en meses)	18 (13-21)	30 (24-36)	33 (24-36)
Extensión total del cultivo (mediana e intervalo en hectáreas)	1,3 (0,05-12,8)	2,7 (1-18)	3,2 (0,5-23)
Densidad (lotes/hectárea) del cultivo (mediana e intervalo)	0,90 (0,22-4,4)	0,58 (0,11-1,6)	0,50 (0,04-2,0)
Distancia (m) del cultivo al bosque natural/modificado más cercano (mediana e intervalo)	1000 (3-4000)	50 (1-4000)	30 (1-1000)

* Datos provenientes de entrevistas semi-estructuradas y mediciones *in situ*.

** Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (Atlas, 2003).

se realizó mediante contactos informales una vez identificados los municipios.

Se diseñó una entrevista semi-estructurada con el fin de conocer las percepciones de los productores de maracuyá sobre diferentes aspectos que inciden en la producción de sus cultivos. Las entrevistas se llevaron a cabo entre mayo y agosto 2008. El cuestionario se dividió en cinco secciones. En las dos primeras secciones se recopiló información sobre aspectos biofísicos de las fincas: i) elevación; ii) extensión del cultivo de maracuyá, ya que esta variable afecta las tasas de visita de polinizadores (Steffan-Dewenter *et al.*, 2002); iii) longevidad del último cultivo de maracuyá, un indicador del nivel de intensificación; iv) la edad del productor; y v) sus años de experiencia en el cultivo de maracuyá. La tercera sección recabó información sobre las prácticas de manejo: i) cantidad y frecuencia de aplicación de insumos agroquímicos y ii) aplicación o no de riego; dos factores que afectan de manera directa la producción comercial de rubros agrícolas. La cuarta sección recabó información sobre la polinización del cultivo de maracuyá: i) estimaciones de rendimientos

producto de polinización natural (porcentaje de flores que cuajan fruto en cuatro categorías: 0-25, 26-50, 51-75, y 76-100%); ii) aplicación o no de polinización manual, su frecuencia y los rendimientos; y iii) percepciones sobre si la polinización manual es suficiente o no para generar rendimientos comerciales. Finalmente, la quinta sección evaluó aspectos relacionados con la conservación del servicio de polinización natural: i) presencia en la finca del bosque natural o modificado, ii) la percepción sobre el efecto de la distancia del hábitat natural o modificado en la polinización del cultivo, y iii) las actitudes de los productores hacia la conservación de tal hábitat en su finca y su deseo de compensar al vecino por mantenerlo. Además, en cada finca visitada se estimó visualmente la distancia aproximada del cultivo de maracuyá al parche de bosque más cercano y se determinó el tipo de hábitat adyacente al cultivo. Se entrevistó un total de 59 productores en 59 fincas y se anotaron comentarios generales que los productores desearan mencionar en torno a la encuesta. Las fincas visitadas fueron georeferenciadas con un sistema de posicionamiento global (Malleghan Mobile Mapper

marca Thales). Los análisis estadísticos se realizaron con el software Minitab® (versión 12.22) con un nivel de significancia de 5%.

Resultados

Características generales de los tres agropaisajes

La Tabla I resume las características generales de los tres agropaisajes, de las fincas visitadas y sus entrevistados. La diferencia en la edad (mediana) de los productores entrevistados no fue estadísticamente significativa entre los tres agropaisajes (Kruskal-Wallis $H=0,82$; $p=0,66$) ni tampoco la experiencia en años (mediana) en el cultivo de maracuyá entre los productores de los tres agropaisajes (Kruskal-Wallis $H=4,9$; $p=0,08$). En contraste, la extensión (mediana) de los cultivos de maracuyá fue estadísticamente diferente entre agropaisajes (Kruskal-Wallis $H=7,9$; $p=0,02$) siendo mayor en Meta y menor en Valle. La mediana de la densidad de plantas de maracuyá por hectárea en los lotes de cultivo también fue estadísticamente diferente entre agropaisajes (Kruskal-Wallis $H=7,2$; $p=0,03$). En contraste con el área total plantada, la densidad de cultivos fue menor en Meta y

mayor en Valle. La mediana de la longevidad del último cultivo de maracuyá a nivel de finca varió estadísticamente entre los tres agropaisajes (Kruskal-Wallis $H= 12,6$; $p= 0,002$) siendo menor en Valle. Cabe destacar que de todas las fincas visitadas, solamente una se dedicó a la producción orgánica de maracuyá, mientras que el resto aplicó insumos agroquímicos (fertilizantes inorgánicos y/o pesticidas) de manera regular. Solamente 9 de las 59 fincas visitadas no aplican riego artificial.

En los tres agropaisajes, el tipo de uso de la tierra adyacente a los cultivos de maracuyá estuvo dominado de manera uniforme por otros cultivos agrícolas y/o potreros (Figura 2), y en mucho menor grado por vegetación natural o semi-natural (rastros, bosque ribereño). Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas en las distancias estimadas visualmente del cultivo de maracuyá a la vegetación más cercana de tipo natural/semi-natural entre agropaisajes (Kruskal-Wallis $H= 12,1$; $p= 0,002$), de tal forma que los cultivos ubicados en Valle se encuentran más aislados con respecto a los otros dos agropaisajes (Tabla I).

Percepciones sobre polinización y rendimientos del cultivo de maracuyá

Los productores entrevistados mencionan a los abejorros negros (*Xylocopa* spp., de carácter solitario) como el principal polinizador de sus cultivos de maracuyá (100% de las respuestas tanto en Huila como en Valle y 93% en Meta) y concuerdan en que los troncos

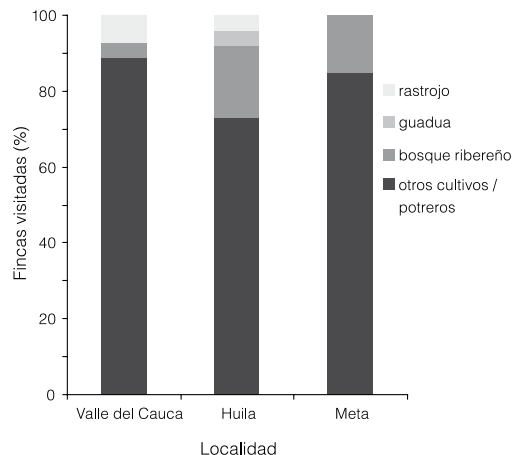


Figura 2. Tipo de uso de la tierra adyacente al cultivo de maracuyá (*Passiflora edulis*) en las fincas de los tres agropaisajes estudiados (Valle del Cauca, Huila y Meta) en Colombia. 'Guadua' se refiere al bambú (*Guadua* sp.). El número de fincas por agropaisaje se encuentra en la Tabla I.

secos son su hábitat principal. En segundo lugar mencionaron abejas sociales (*Apis mellifera*, *Trigona* spp.) y colibríes, pero en menor grado de importancia. Independientemente de la localidad ($\chi^2= 0,61$; 2gl; no significativo), la gran mayoría de los productores concuerdan en que el cultivo debería ubicarse 'cerca' del bosque con el fin de garantizar un suministro constante de polinización por abejorros negros (Tabla II). Apenas un 5% de los productores justificaron ubicar el cultivo 'lejos' del bosque y como razones mencionaron efectos

tales como i) albergue de plagas (hongos, herbívoros) que atacan el cultivo, y ii) refugio de aves que pueden causar daño a los frutos de maracuyá.

El porcentaje de productores que realizan polinización manual varió según el agropaisaje en cuestión. En Meta todos los productores entrevistados dependen de la polinización natural por abejorros en sus cultivos, mientras que tanto en Valle como en Huila se hace necesario aplicar polinización manual. Sin embargo, en Valle las

fincas tienden a practicar la polinización manual con mayor frecuencia que en Huila ($\chi^2= 6,9$; 1gl; $p= 0,01$). Los productores entrevistados que aplican polinización manual coinciden en reconocer el valor adicional del servicio provisto por los abejorros para obtener rendimientos comercialmente atractivos (Tabla II). Esta adición se debe a que la polinización manual se aplica en los días de floración máxima del cultivo, pero no en los días previos o posteriores (observaciones provistas por los productores al momento de la entrevista). Por lo tanto,

la polinización de las flores que abren antes y después de la floración pico es llevada a cabo exclusivamente por abejorros. Una percepción común de los productores es, también, que la polinización manual se hace necesaria especialmente cuando la densidad de los lotes es alta. Por otra parte, la gran mayoría de los productores entrevistados en los tres agropaisajes concuerdan en la posibilidad de compensar (financiera o en especie) al dueño del bosque que provee el servicio de polinización.

Aplicación de agroquímicos

La información suministrada por los productores sobre el tipo y número de productos aplicados, su frecuencia de aplicación, y el nivel de toxicidad de herbicidas, fungicidas e insecticidas determinado según la escala de I a IV de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2005), sugiere un alto nivel de uso de insumos agroquímicos en los tres agropaisajes, con la excepción de un productor orgánico en toda la muestra. La Tabla III indica que aunque el número (mediana) de productos agroquímicos aplicados por finca no varió entre agropaisajes (Kruskal-Wallis $H= 1,3$; $p= 0,53$), las fincas en

Valle aplican con el doble de la frecuencia tanto fungicidas (Kruskal-Wallis $H= 17,4$; $p= 0,001$) como insecticidas (Kruskal-Wallis $H= 13,4$; $p= 0,001$) con respecto a Huila y Meta. Es importante destacar que la gran mayoría de los productores en los tres agropaisajes (97%) aplican insecticidas durante las primeras horas de la mañana con el objetivo de minimizar el

TABLA II
CARACTERÍSTICAS Y PERCEPCIONES SOBRE LA POLINIZACIÓN DEL CULTIVO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) EN LOS TRES DEPARTAMENTOS (AGROPAISAJES) CON MAYOR PRODUCCIÓN EN 2005 EN COLOMBIA

Percepciones y características de los productores		Departamento		
		Valle del Cauca	Huila	Meta
		Porcentaje de los entrevistados		
Percepción sobre la ubicación del cultivo con relación al bosque para optimizar la polinización natural	"cerca"	92	80	60
	"lejos"	4	15	13
	"no importa"	4	5	27
Productores que realizan polinización manual		68	25	0
Productores que reconocen el valor de polinización natural como complemento a la manual		94	100	n/a
Propietarios que poseen bosque natural/modificado dentro de la finca		24	50	60
Propietarios dispuestos a compensar al vecino por mantener su bosque para proveer polinización natural		100	73	100

Datos provenientes de entrevistas semi-estructuradas (ver Métodos). El número de fincas en cada agropaisaje corresponde al descrito en la Tabla I.

impacto sobre los abejorros que por lo general visitan el cultivo hacia el mediodía.

Discusión

En el presente estudio fueron evaluados los principales aspectos que inciden sobre la producción de maracuyá a nivel de finca en tres departamentos en Colombia. Un objetivo particular fue capturar la variabilidad en las prácticas de manejo del cultivo en agropaisajes geográficamente contrastantes y las implicaciones que tal variabilidad podría tener sobre el diseño de esquemas de compensación para proveer servicios de polinización. Los resultados revelan, por un lado, semejanzas y por otro, diferencias entre agropaisajes. En un extremo, los cultivos en Valle se destacan por la necesidad de aplicar polinización manual (además de aquella provista por insectos), estar más aislados del bosque natural/semi-natural, tener una mayor densidad de plantas de maracuyá por hectárea, menor longitud del cultivo y frecuencias mayores de aplicación de pesticidas con respecto a Huila y Meta. En el otro extremo, los cultivos en Meta parecen depender exclusivamente de la polinización por abejorros (*Xylocopa* spp.) para obtener rendimientos comerciales, la densidad de lotes cultivados y plantas por hectárea es menor, el grado de aislamiento del hábitat natural/semi-natural es igualmente bajo y la frecuencia de aplicación de pesticidas también es menor.

Estos resultados sugieren que futuras intervenciones y/o estrategias a implementar en el contexto de la provisión de servicios de polinización natural en ma-

TABLA III
CARACTERÍSTICAS DE LOS INSUMOS AGROQUÍMICOS USADOS EN EL CULTIVO DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) EN LOS TRES DEPARTAMENTOS (AGROPAISAJES) CON MAYOR PRODUCCIÓN EN 2005 EN COLOMBIA

	Departamento		
	Valle del Cauca	Huila	Meta
Número de productos agroquímicos aplicados por finca (mediana y rango)	7,5 (2-13)	8,5 (4-15)	7 (3-18)
Frecuencia de aplicación en días (mediana y rango)			
Fungicidas	8 (3-30)	15 (5-90)	15 (8-30)
Herbicidas	40 (8-90)	60 (30-120)	37 (20-150)
Insecticidas	8 (3-60)	15 (5-45)	15 (8-30)
Porcentaje de insecticidas aplicados por categoría de toxicidad			
Categoría I	15	17	11
Categoría II	36	35	48
Categoría III	33	38	33
Categoría IV	16	11	7

racuyá serían diferentes en cada agropaisaje. Es posible que en Meta la polinización manual no sea necesaria en la actualidad, por varias razones. Una es la relativa proximidad del cultivo a parches de bosque natural/semi-natural, lo cual favorece la frecuencia de visitas de polinizadores a cultivos cercanos (Ricketts *et al.*, 2008). Otra razón es que una baja densidad de cultivos (lotes) minimiza la posibilidad de saturar las poblaciones de polinizadores en su capacidad de polinizar un número dado de flores. En contraste, el alto grado de aislamiento con respecto al bosque de los cultivos de maracuyá en Valle, aunado al hecho de que la densidad de lotes es casi el doble que en Meta y con las mayores frecuencias registradas de aplicación de pesticidas, sugiere que el servicio de polinización natural no es suficiente. En Bahía, Brasil, el nivel de intensificación del cultivo de maracuyá, tanto en área continua del cultivo como por la aplicación indiscriminada de pesticidas, es tal que los niveles de polinización natural por *Xylocopa* spp. son mínimos y la polinización manual es la norma (Bogdanski, 2008). La promoción de esquemas de polinización natural debe tomar en cuenta factores espaciales dentro de

la misma finca y, además, modificaciones eventuales de las prácticas de aplicación de pesticidas. Queda por investigar en qué medida esto es factible desde el punto de vista de la adopción por el productor.

Aún cuando en los tres agropaisajes la percepción de los productores es que los parches de bosque natural/modificado albergan a los abejorros polinizadores de maracuyá, cabe considerar que actualmente las posibilidades de que los productores en los tres agropaisajes adopten el concepto de servicios de polinización como justificación para conservar estos parches es baja. Por ejemplo, fluctuaciones de precios pueden forzar al productor a convertir parches de bosque en plantaciones, o a sustituir un rubro agrícola por otro. En este sentido, el cultivo de maracuyá no es la excepción, ya que en los tres agropaisajes estudiados el mismo es inestable en el tiempo. De hecho, el cultivo de maracuyá ya se encontraba en retroceso en Meta y con tendencia a desplazarse hacia la región del Caribe colombiano de acuerdo a nuestras observaciones. Por otro lado, experiencias en Brasil muestran que la colocación de nidos dentro del cultivo aumenta considerablemente la abundancia de

Xylocopa y en consecuencia los rendimientos de fruta, sin necesidad de aplicar polinización manual o de conservar el hábitat natural (Freitas y Oliveira Filho, 2003). A pesar de que la polinización es un proceso reconocido como servicio ambiental crítico para la productividad de muchos rubros agrícolas de alto valor comercial (Klein *et al.*,

2007; Zhang *et al.*, 2007; Aizen *et al.*, 2009) hasta la fecha hay muy pocos casos documentados sobre la implementación de esquemas de compensación hacia (o entre) productores agrícolas para mantener parches de hábitat natural y proveer servicios de polinización (Tallis *et al.*, 2008). Nuestros resultados sobre maracuyá se suman a esta tendencia.

¿Qué se necesitaría para estimular la conservación del hábitat natural a través de la provisión de servicios de polinización en maracuyá? Como paso inicial habría que determinar de manera empírica el efecto de la distancia y/o tamaño de parches de bosque natural/modificado sobre la productividad del cultivo vía polinización natural por *Xylocopa*. Sin embargo, Bogdanski (2008) no encontró efectos de la configuración espacial de los parches o de su cobertura relativa sobre las tasas de polinización natural en cultivos extensos de maracuyá en Brasil y argumenta la alta capacidad de vuelo de *Xylocopa* sumada al hecho de que anida en árboles aislados. En un meta-análisis realizado recientemente por Ricketts *et al.*, (2008) el efecto de la distancia del hábitat natural/modificado sobre las tasas de visita de abejas hacia cultivos agrí-

colas fue mucho menor, o nulo, en abejas solitarias con respecto a abejas sociales. Es cuando los cultivos son muy extensos e intensivos en el uso de insumos agroquímicos, que la abundancia de *Xylocopa* se puede volver un factor limitante para la producción de fruta, como lo sugieren las presentes observaciones. Otra opción para mantener poblaciones adecuadas de *Xylocopa* sin acudir a la polinización manual es aplicar esquemas de producción orgánica. La diversidad de polinizadores en sistemas agrícolas tradicionales ha sido correlacionada positivamente con los rendimientos del café (Vergara y Badano, 2009), mientras que la diversidad de polinizadores puede ser mayor en sistemas agrícolas orgánicos en comparación con aquellos convencionales (Gabriel y Tschardtke, 2007). No obstante, la producción orgánica de maracuyá parece ser la excepción: una sola finca de las 59 visitadas produce maracuyá orgánico. Otras posibilidades serían restaurar pequeñas franjas de hábitat para *Xylocopa* en las inmediaciones, con especies de plantas que los agricultores podrían cultivar (Carvell *et al.*, 2007). La eliminación del uso de herbicidas alrededor de los cultivos sería suficiente para fomentar la persistencia de tales especies. Por último, un esquema de pago por servicios ambientales diseñado para aumentar la densidad de árboles en cercas vivas, cortinas rompevientos o incluso como árboles aislados (Murgueitio, 2009) tendría efectos positivos sobre la abundancia de *Xylocopa* con beneficios adicionales para la conservación de la biodiversidad en agropaisajes.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Harold Arango, Adolfo Galindo y Marcela Ochoa por acompañarnos en el campo y a Lorena Ocampo y

Adriana Giraldo por colaborar en las entrevistas, a Enrique Murgueitio por su orientación en varios aspectos de este trabajo, a los productores de maracuyá quienes explicaron los detalles del manejo, y a Jorge Jaramillo y Manuel Mondragón, quienes demostraron que es posible producir maracuyá en armonía con el entorno natural. Este estudio fue financiado por CIFOR a través de la Unión Europea con el apoyo de IFAD.

REFERENCIAS

Aizen M, Garibaldi L, Cunningham S, Klein A-M (2009) How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Ann. Bot.* 103: 1579-1588.

Ashworth L, Quesada M, Casas A, Aguilar R, Oyama K (2009) Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biol. Cons.* 142: 1050-1057.

Atlas (2003) *Atlas de Colombia* 5ª ed. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Imprenta Nacional. Bogotá, Colombia. 342 pp.

Bogdanski AK (2008) *Pollination Crisis? Pollination Limitation of Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degner in Bahia, Brazil*. VDM. Saarbrücken, Alemania. 86 pp.

Brosi BJ, Armsworth PR, Daily GC (2008) Optimal design of agricultural landscapes for pollination services. *Cons. Lett.* 1: 27-36.

Carvell C, Meek WR, Pywell RF, Goulson D, Nowakowski M (2007) Comparing the efficacy of agri-environment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. *J. Appl. Ecol.* 44: 29-40.

Corbet SA, Willmer PG (1980) Pollination of the yellow passionfruit: nectar, pollen and carpenter bees. *J. Agric. Sci.* 95: 655-666.

Daily G (1997) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, DC, EEUU. 392 pp.

Da Silva MM, Bruckner CH, Picanco M, Molina-Rugama AJ (1999) *Passiflora edulis f.*

flavicarpa pollination, floral number, climate and population density of *Xylocopa* spp. (Hymenoptera: Anthophoridae). *Rev. Biol. Trop.* 47: 711-718.

de Siqueira KMM, Kill LHP, Martins CF, Lemos IB, Monteiro SP, Feitoza EA (2009) Ecología de polinización do maracujá amarelo, na região do Vale do submédio São Francisco. *Rev. Bras. Fruticult.* 31: 1-12.

de Souza MS, Lima FM, de Araújo TV, Teófilo EM, Lucena IH (2009) Evapotranspiração do maracujá nas condições do vale do Curu. *Caatinga* 22(2): 11-16.

Freitas BH, Oliveira Filho JH (2003) Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). *Ciênc. Rural* 33: 1135-1139.

Gabriel D, Tschardtke T (2007) Insect pollinated plants benefit from organic farming. *Agric. Ecosyst. Env.* 118: 43-48.

Gallai N, Salles JM, Settele J, Vaissière BE (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecol. Econ.* 68: 810-821.

Gemmill-Herren B, Ochieng AO (2008) Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. *Agric. Ecosyst. Env.* 127: 31-36.

Ghazoul J (2005) Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends Ecol. Evol.* 20: 367-373.

Ghazoul J (2007a) Challenges to the uptake of the ecosystem service rationale for conservation. *Cons. Biol.* 21: 1651-1652.

Ghazoul J (2007b) Recognizing the complexities of ecosystem management and the ecosystem service concept. *Gaia* 16: 215-221

Keitt TH (2009) Habitat conversion, extinction thresholds, and pollination services in agroecosystems. *Ecol. Applic.* 19: 1561-1573.

Klein AM, Steffan-Dewenter I, Tschardtke T (2003) Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 955-961.

Klein A-M, Vaissiere BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tschardtke T (2007) Importance of

pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 274: 303-313.

Losey JE, Vaughan M (2006) The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56: 311-323.

Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC, EEUU. 137 p.

Murgueitio E (2009) Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. *Avanc. Inv. Agropec.* 13: 3-19.

Olschewski R, Tschardtke T, Benítez PC, Schwarze S, Klein AM (2006) Economic evaluation of pollination services: comparing coffee landscapes in Ecuador and Indonesia. *Ecol. Soc.* 11: 7. (www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art7/).

Ricketts TH (2004) Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Cons. Biol.* 18: 1262-1271.

Ricketts TH, Regetz J, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Bogdanski A, Gemmill-Herren B, Greenleaf SS, Klein AM, Mayfield M, Morandin LA, Ochieng A, Viana BF (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecol. Lett.* 11: 499-515.

Steffan-Dewenter I, Münzenberg U, Bürger C, Thies C, Tschardtke T (2002) Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83: 1421-1432.

Tallis H, Kareiva P, Marvier M, Chang A (2008) An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 10: 9457-9464.

Vergara CH, Badano EI (2009) Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: the importance of rustic management systems. *Agric. Ecosyst. Env.* 129: 117-123.

WHO (2005) *The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification*. World Health Organization. Ginebra, Suiza. 60 pp. (www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf).

Zhang W, Ricketts TH, Kremen C, Carney K, Swinton SM (2007) Ecosystem services and disservices to agriculture. *Ecol. Econ.* 64: 253-260.