

Efecto del arreglo espacial del agroecosistema sobre la diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) en Antioquia, Colombia

Effect of the spatial arrangement of agroecosystem on bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity in potato (*Solanum tuberosum*) crops of Antioquia, Colombia

PAULA A. SEPÚLVEDA-CANO¹, ALLAN H. SMITH-PARDO² y RODRIGO A. HOYOS S.³

Resumen: La papa *Solanum tuberosum*, es uno de los productos más importantes a nivel mundial y se cultiva bajo diferentes sistemas de producción. Su mayor diversidad se concentra en los Andes suramericanos de donde es originaria, sin embargo, es poco lo que se conoce sobre los vectores nativos de polen que median en su reproducción sexual, posiblemente debido a que su multiplicación a nivel comercial se realiza a través de sus tubérculos. Con el fin de conocer el efecto que puede tener el tipo de agroecosistema sobre la diversidad de vectores de polen, particularmente las abejas, se planteó un inventario en tres tipos de sistemas productivos del departamento de Antioquia: monocultivos de papa, asociación con otras especies cultivadas y asociación con parches de vegetación natural o bosques, muestreando en transectos ubicados en el cultivo, los bordes y su matriz. Se registran las diferencias entre sistemas de producción, transectos y parcelas; se demuestra la importancia de la conservación de parches de vegetación natural y del mantenimiento de la diversidad vegetal alrededor de los cultivos para la conservación de abejas silvestres bajo diferentes modelos productivos. Finalmente, se concluye que el diseño del agroecosistema juega un papel importante en la composición de abejas en cultivos de papa.

Palabras clave: Andes. Biodiversidad. Inventario. Polinización. Visitantes florales.

Abstract: The potato *Solanum tuberosum* is one of the most important products worldwide and is cultivated under different production systems. Its greatest diversity is concentrated in the South American Andes, where it originated; however, little is known about native pollen vectors that may mediate in sexual reproduction, possibly because potato multiplication at the commercial level is carried out through its tubers. In order to understand the effects that this type of agro-ecosystem may have on the diversity of pollen vectors, particularly bees, an inventory was raised in three types of production systems of the department of Antioquia: monoculture, association with other cultivated species, and association with patches of natural vegetation or forests, which were surveyed in transects located within the crops, on the edges and in its matrix. In this work, the difference between transects, plots, and production systems was recorded. The importance of the patch conservation of natural vegetation and the maintenance of the vegetal diversity around the crops for the preservation of wild bees was demonstrated in different production systems. Finally, it was concluded that the design of the agro-ecosystem plays an important role in the bee community structure in potato crops.

Key word: Andes. Biodiversity. Pollination. Survey. Flower visitors.

Introducción

La papa es uno de los cultivos más importantes en la dieta alimenticia a nivel mundial; ocupa el cuarto lugar en producción en Colombia después de la caña de azúcar, el banano y la palma con más de 2'139.000 ton al 2013 (FAOSTAT 2015) y cerca de 90.000 familias dependen directamente de dicho cultivo (Espinal *et al.* 2006).

Las flores de solanáceas están asociadas generalmente con la polinización por vibración (Endress 1996; Fenster *et al.* 2004); al igual que otras solanáceas cultivadas (*Solanum lycopersicum* L., *Capsicum annuum* L., *Capsicum frutescens* L., *Nicotiana tabacum* L. y *Cyphomandra betacea* Sendt), la papa posee flores pendulares, actinomorfas, con pétalos reflejos con un cono de estambres prominente, de filamentos cortos, gruesos y anteras poricidas y con dehiscencia introsa; además de un solo estilo que, generalmente, sobresale de la punta del cono que forman las anteras. El único recurso

ofrecido por dichas flores es el polen con altos niveles de proteína (entre 48-50 %, superior a muchas angiospermas (Roubick 1995)) y no hay producción de néctar (Harder y Barclay 1994); sin embargo, *Solanum cunninghamii* Benth., *Solanum dioicum* W.V. Fitzg. y *Solanum tudununggae* Symon, presentan nectarios extraflorales (Anderson y Symon 1985) y ofrecen néctar como recompensa.

A pesar de que la papa es una planta nativa de los Andes y que su polinización natural es fundamental para mantener la diversidad de las variedades nativas, los estudios sobre visitantes florales y polinizadores son limitados y las características de fenología y de la morfología floral y su efecto en los polinizadores (que son principalmente abejorros) no ha sido estudiado (FAO 2008), posiblemente debido a que la papa se propaga normalmente de forma vegetativa. Algunos de los pocos trabajos sobre las abejas asociadas con el cultivo de papa se han realizado en Brasil, Bolivia, Perú, Suiza y Estados Unidos (Sandford y Hanneman 1981; Arndt

¹ Ph. D. Profesor asistente, Universidad del Magdalena. Carrera 32 22-08. Programa Ingeniería Agronómica, Santa Marta D.T.C.H. Colombia, sepulveda_cano@yahoo.es, autor para correspondencia. ² Ph. D. Entomologist. USDA - APHIS – PPQ, 389 Oyster Point Blvd. Suite 2. South San Francisco, CA. 94080. USA, Allan.H.Smith-Pardo@aphis.usda.gov. ³ Ph. D. Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Calle 59 A N 63-20 Bloque 11. Programa Ingeniería Agronómica, Medellín, Colombia, rhyoyos@unal.edu.co.

et al. 1990; Batra 1993; Skogsmyr 1994; Chumbiauca *et al.* 2004; De Azeredo *et al.* 2006; Scurrall *et al.* 2008); en esas evaluaciones se ofrecen registros de los principales visitantes florales, en su mayoría abejas silvestres como *Anthophora* sp. Latreille, *Apis mellifera* Linnaeus, *Bombus baeri* Vachal, *B. funebris* Smith, *B. opifex* Smith, *B. impatiens* Cresson, *B. terricola* Kirby, *Centris flavohirta* Friese, *Trigona spinipes* Fabricius, *Thygater dispar* Smith, *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) spp. Michener, *Xylocopa viridigaster* Lepetier, *Lonchopria* spp. Vachal y *Megachile* spp. Latreille.

De igual manera, es poco lo que se conoce sobre el efecto de la intervención antrópica en estos agroecosistemas, en especial sobre las poblaciones de insectos benéficos (como los polinizadores), a pesar de que en teoría toda alteración en los ecosistemas agrícolas puede ocasionar cambios en la composición y estructura de las comunidades de insectos asociados a estos (Odum y Barrett 2005) y pese a que el conocimiento sobre la conformación de las redes abeja-planta es importante para el desarrollo de programas de conservación y manejo de dichos polinizadores y de la biodiversidad de una zona de cultivo en general (Ramalho *et al.* 1990; Carreck y Williams 1998; Nates-Parra y González 2000; Aizen *et al.* 2002; Albuquerque *et al.* 2006).

En este trabajo se realizó un inventario de abejas asociadas a cultivos de papa en el departamento de Antioquia acompañado de un análisis de la estructura de sus poblaciones, con el ánimo de avanzar en el conocimiento de la melitofauna asociada a cultivos de papa en los diferentes tipos de uso del suelo encontrados en el país y además, de analizar el comportamiento de los ensamblajes de abejas en estos escenarios.

Materiales y métodos

El inventario de abejas se realizó entre enero del 2008 y junio de 2010 en tres tipos diferentes del uso del suelo o agroecosistemas: (1) monocultivos de papa (PP), (2) cultivos de papa asociados a otros cultivos (PO) (pasto, maíz, papa criolla o tomate de árbol) y (3) cultivos de papa asociados a parches de vegetación natural o bosque secundario intervenido (PB). Los muestreos se realizaron en 15 parcelas (cinco por cada agroecosistema) de cultivos de *S. tuberosum* var. Diacol-Capiro con más del 75 % de plantas florecidas, del oriente del departamento de Antioquia, Colombia (Tabla 1).

Al interior de cada parcela se definieron tres transectos de 200 m de largo por 4 m de ancho. El primer transecto se ubicó al interior del cultivo por lo menos a 50 m del borde del mismo, el segundo se trazó en el borde que separaba el cultivo de papa y su matriz y el tercero se ubicó al interior de la matriz. En cada transecto se usaron cinco métodos de muestreo: una trampa Malaise, una trampa de intercepción de vuelo, una trampa con eugenol como cebo y diez “pan traps” de color amarillo (platos de 14 cm de diámetro y capacidad de 200 ml, con agua jabonosa). Cada trampa se revisó con una frecuencia de 24 horas. Además, se realizaron recolectas con red entomológica recorriendo cada transecto durante una hora tres veces al día (8:00, 12:00 y 15:00 horas).

Los especímenes recolectados se prepararon siguiendo las normas establecidas por el Museo Entomológico Francisco Luis Gallego (MEFLG), y se identificaron mediante el uso de claves taxonómicas para los diferentes grupos, la comparación con ejemplares del MELFG y en casos especiales con la ayuda de los especialistas en cada grupo de abejas.

Toda la información (localidad, hora, transecto, trampa, temperatura y humedad relativa) se tabuló en una base de

datos de Excel®, a partir de la cual se construyó una matriz de presencia/ausencia para realizar los análisis de diversidad. Con el fin de comparar la riqueza de los tres agroecosistemas, se utilizó el método propuesto por Moreno (2001), además, se realizaron curvas acumuladas de especies para los tres transectos de cada agroecosistema por medio de los estimadores no paramétricos (basados en ausencia/presencia) “bootstrap”, ICE y Chao2. Finalmente, se graficó la riqueza de especies observadas contra la riqueza de especies esperada según el estimador de riqueza Chao2 (Villareal *et al.* 2006).

Para los análisis de composición de comunidades se tuvo como unidad muestral el transecto/día, lo que equivalió a 75 unidades muestrales por cada tipo de agroecosistema (tres transectos x cinco parcelas x cinco días). Para el análisis de estructura de las comunidades se obtuvo la abundancia de las especies de abejas en cada agroecosistema y para cada uno de los tres transectos (matriz, borde y papa). Teniendo en cuenta que dentro de las abejas existen diferentes grados de socialidad, no se trabajó con las abundancias totales, sino que se sumó la presencia de cada especie durante los cinco días de cada muestreo en cada parcela sin discriminar el método de colecta (frecuencia de captura, FC), de tal forma que si una especie se recolectó tres de los cinco días de muestreo su abundancia fue tres. La diversidad alfa se estimó mediante el índice de Shannon y el índice de dominancia de Simpson, mientras que para la diversidad beta se utilizó el índice de Jaccard con el programa PAST (Hammer *et al.* 2001). Posteriormente, se usaron los valores de los índices para realizar pruebas de supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas utilizando las siguientes variables: riqueza de especies, abundancia relativa de especies (tomado como frecuencia de captura) y el valor del índice/transecto/día. Cuando se violaron los supuestos, para conseguir tener datos con normalidad de varianzas, las variables se transformaron con raíz cuadrada, arcoseno del inverso del dato o logaritmo del dato. Para el análisis comparativo entre agroecosistemas se realizó un análisis de varianza para cada variable, bajo un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (agroecosistema (3) X transecto (3) = 9 tratamientos); mientras que para evaluar las diferencias al interior de cada agroecosistema se analizaron las variables con un diseño en bloques al azar. Todos los análisis se realizaron con el programa Statgraphics® centurión XVI.I.

Finalmente, con el ánimo de comparar la composición de especies de abejas entre transectos, y determinar el grado de similitud o disimilitud ecológica entre estos, es decir la relación entre la riqueza de especies comunes y especies exclusivas entre unidades de paisaje, se utilizaron los datos de frecuencia de captura (abundancia relativa en este caso) de abejas en cada transecto para cada agroecosistema, con los cuales se construyeron dendrogramas de similitud con base en los índices de Bray Curtis y Jaccard utilizando el programa Biodiversity Pro®.

Resultados y discusión

Inventario de especies. En total se recolectaron 1.976 abejas (896 en PO, 666 en PB y 430 en PP), agrupadas en 70 especies y 30 géneros (Tabla 2) y distribuidas porcentualmente por familia de la siguiente manera: Halictidae (67,15 %), Apidae (24,28 %), Colletidae (5,71 %), Megachilidae (1,42 %) y Andrenidae (1,42 %).

Como se observa en la tabla 2, los cultivos de papa que se encontraron adyacentes a fragmentos o parches de bosque,

Tabla 1. Características climáticas, geográficas y tipo de agroecosistema de las parcelas evaluadas en el departamento de Antioquia.

Parcela (Municipio)	Coordenadas	Altitud (m.s.n.m.)	T° (HR %)	Matriz	Tiempo utilizándose para producción de papa (años)
Parcela 1 (La Unión)	05°58'32,3"N 75°23'07,4"O	2426	13,6 °C (88 %)	<i>Zea mayz</i> (maíz en floración)	10
Parcela 2 (La Unión)	05°58'28,7"N 75°20'48,6"O	2492	21 °C (46 %)	Gramíneas mixtas (pastoreo)	20
Parcela 3 (la Unión)	0,5°54'25"N 75°18'41"O	2575	20 °C (63 %)	Bosque	1
Parcela 4 La Unión)	05°54'25"N 75°18'41"O	2575	20 °C (63 %)	<i>Solanum tuberosum</i> (papa)	4
Parcela 5 (Carmen de Viboral)	06°06'15,5"N 75°20'53,4"O	2073	18,3 °C (64 %)	<i>Cyphomandra betacea</i> (tomate de árbol en fructificación)	4
Parcela 6 (Carmen de Viboral)	06°06'15,5"N 75°20'53,4"O	2073	18,3 °C (64 %)	Bosque	4
Parcela 7 (Carmen de Viboral)	06°06'56,3"N 75°20'12,8"O	2110	22 °C (68 %)	<i>Solanum phureja</i> (papa criolla en floración)	2
Parcela 8 (Carmen de Viboral)	06°06'56,3"N 75°20'12,8"O	2110	22 °C (68 %)	<i>Solanum tuberosum</i> (papa)	2
Parcela 9 (Envigado)	06°09'07,3"N 75°30'48,4"O	2505	20 °C (56 %)	Bosque	2
Parcela 10 (Envigado)	06°08'04,6"N 75°32'17"O	2459	19 °C (65 %)	Bosque	1
Parcela 11 (Envigado)	06°07'3.00"N 75°32'16"O	2459	19 °C (62 %)	Bosque	1
Parcela 12 (La Ceja)	06°02'43,3"N 75°26'55,1"O	2264	20,3 °C (61 %)	Gramíneas mixtas (pastoreo)	1
Parcela 13 (La Ceja)	06°02'43,3"N 75°26'55,1"O	2264	20,3 °C (61 %)	<i>Solanum tuberosum</i> (papa)	1
Parcela 14 (Santa Elena)	06°12'12"N 75°29'37"O	2600	15 °C (80 %)	<i>Solanum tuberosum</i> (papa)	1
Parcela 15 (Santa Elena)	06°11'51,72"N 75°28'56,28"O	2600	15 °C (80 %)	<i>Solanum tuberosum</i> (papa)	10

registraron una mayor cantidad de especies de abejas cuando se comparan con cultivos en monocultivos de papa o en matriz con otros cultivos. Las bondades de la conservación de áreas con vegetación natural para los agroecosistemas en el mundo son bien conocidas, registrándose incrementos en la biodiversidad de insectos y en los servicios ecosistémicos (como la polinización) en cultivos adyacentes a bosques o parches de vegetación natural (ej. Klein *et al.* 2001; 2003a; 2003b; 2003c; Kwaiser y Hendrix 2008; Vergara y Badano 2009; Taki *et al.* 2011); como lo describen Benton *et al.* (2003) “un paisaje heterogéneo que involucra relictos de vegetación natural en su matriz alternada con cultivos, generalmente tiene mayor biodiversidad que un paisaje homogéneo”. Tal es el caso de cultivos como vid, trigo, café, pasturas y otras especies vegetales rodeados por fragmentos de bosque, en donde a medida que se ingresa en el cultivo y se aleja del borde con el bosque, la polinización mediada por insectos disminuye, debido principalmente a la disminución en disponibilidad de sitios para nidificar y de fuentes de alimentación provistas por el fragmento (Free 1993; Klein *et al.* 2001; 2003a; 2003b; 2003c; Kremen *et al.* 2004; Ricketts *et al.* 2004; Chacoff y Aizen 2006; Vergara y Badano 2009; Batáry *et al.* 2010; Taki *et al.* 2011).

Diferencias de diversidad de abejas entre transectos. En términos generales, para los tres tipos de agroecosistemas

evaluados la riqueza de especies observadas estuvo entre 66-87 % de las estimadas por Chao 2, excepto para el transecto borde en el agroecosistema PP, en donde las especies encontradas estuvieron cercanas al 50 % de las esperadas (Fig. 1). Para este estudio, los bordes en los cultivos de papa, eran carreteras o caminos utilizados en el transporte de insumos, productos de cosecha y el tránsito de personas y por lo tanto, la diversidad de plantas y disposición de flores fue menor y por consiguiente, la cantidad de abejas capturadas fue también mucho menor de lo estimado por los índices de Chao2. Según Villareal *et al.* (2006), uno de los parámetros para considerar un muestreo como representativo es que se obtenga en el inventario al menos un 80 % de las especies estimadas por los estimadores de “bootstrap”, Chao 2, o ICE. Bajo esta propuesta, se esperaría que una mayor intensidad de muestreos se podrían obtener entre 2 a 30 especies más de abejas para los agroecosistemas evaluados en este trabajo.

En términos de la riqueza de especies, se observó que los transectos en los bordes presentaron la mayor riqueza, independiente del tipo de agroecosistema; seguidos por los transectos al interior de los cultivos de papa (cuando la matriz era del mismo cultivo) y de la matriz (Fig. 2). El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre la riqueza y la abundancia recolectadas en el borde y al interior del cultivo de papa cuando se compararon con la matriz ($P = 0,0022$ y

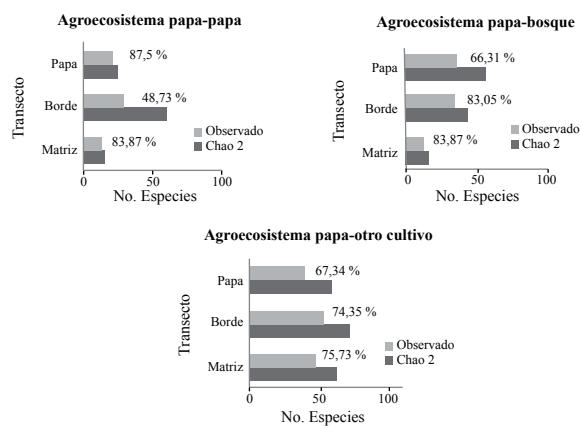


Figura 1. Especies observadas y estimadas para agroecosistemas papeños de Antioquia. Los números en frente de las barras indican el porcentaje del valor observado de especies con respecto al estimado.

$P = 0,0025$, respectivamente). No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre agroecosistemas, transectos y en sus interacciones en términos de la diversidad de Shannon ($P = 0,5095$; $0,0071$; $0,0866$, respectivamente) y con el inverso del índice de dominancia de Simpson ($P = 0,8965$; $0,0973$; $0,1806$, respectivamente).

Según Odum y Barrett (2005), se define como efecto de borde a “la tendencia de un aumento en la variedad y diversidad en donde dos comunidades se encuentran”. Numerosos autores han discutido el efecto del borde en términos de diversidad (ej. López-Barrera 2004) y aunque algunos organismos responden de forma negativa al efecto de los bordes (Bogaert *et al.* 2001), otros tienden a ser más diversos porque presentan condiciones de los dos hábitats (Ries y Sisk 2004). En el caso específico de los insectos, el efecto de borde se ha observado en varios grupos como escarabajos y abejas, como los estudios de Chacoff y Aizen (2006); Klein *et al.* (2003a;b); Gemmill-Herrel y Ochieng (2008); Nemesio y Silveira (2006) y Ricketts *et al.* (2004).

El efecto de borde en la diversidad de abejas es variable y dependerá de las características propias del borde (no todos los bordes son iguales), algo que ha sido discutido por Ries y Sisk (2004), quienes además desarrollaron modelos que demostraron que una especie puede tener respuestas positivas, negativas y/o neutras, dependiendo del tipo de borde. Los mismos autores, en 2010, sugieren no clasificar organismos como “amantes” o “evasores” de bordes, y más bien identificar si estos son sensibles (aquellos que exhiben respuestas) o no a la presencia de bordes. En el caso de este trabajo, fue evidente que en agroecosistemas cultivados con *S. tuberosum*, las abejas son sensibles a los bordes (y por relación directa, es posible que las especies de plantas nectaríferas también lo sean), resultando en una mayor diversidad. Por lo tanto, las plantas arvenses y los arbustos que se encuentran en los bordes son una fuente de recursos sumamente importante para las abejas silvestres asociadas a cultivos y de hecho muchas de estas no transitán entre los dos ambientes cuando la matriz es diferente al cultivo, y se restringen a uno de ellos, como se discutirá más adelante.

En términos de conservación, varios estudios han mostrado la importancia de estas áreas de borde con arvenses o ruderales en el mantenimiento de la diversidad de abejas (ej.

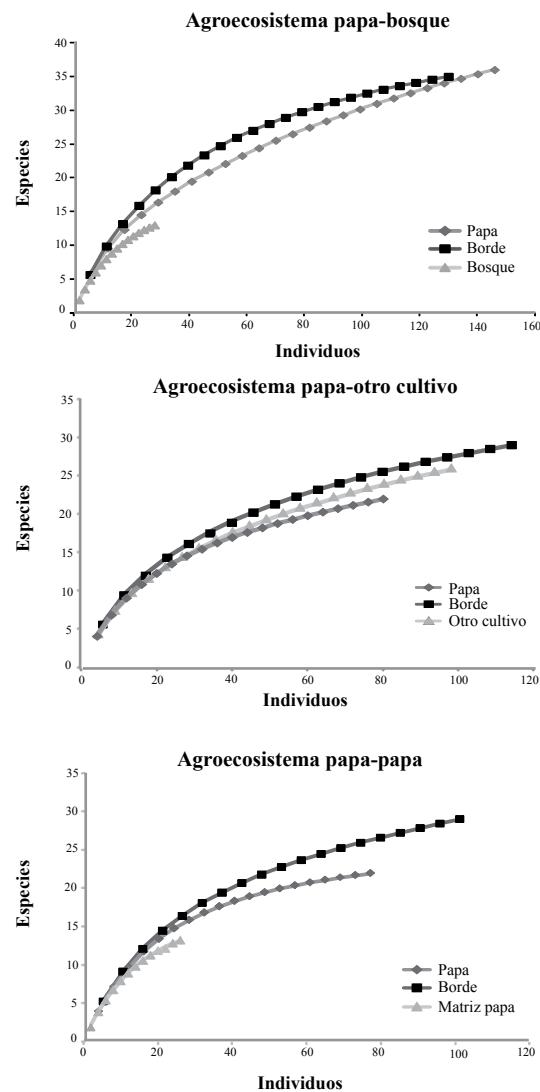


Figura 2. Curvas de rarefacción para los tres tipos de agroecosistemas de papa muestreados en Antioquia.

Rosso y Nates-Parra 2005; Gemmill-Herrel y Ochieng 2008; Kwaiser y Hendrix 2008), por lo cual se recomienda que los agricultores incluyan prácticas de manejo de arvenses en los bordes (al igual que al interior de los cultivos) y así mantener una mayor oferta floral cuando no hay floración en el cultivo.

Agroecosistema monocultivo de papa (PP). En este agroecosistema no se encontraron diferencias significativas en la riqueza de especies entre parcelas, ni entre transectos ($P = 0,1473$ y $0,0809$, respectivamente), pero si hubo diferencia significativa en la abundancia entre transectos ($P = 0,0086$), siendo la matriz la de menor cantidad de especímenes recolectados (Fig. 3). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre la diversidad medida por Shannon ($P = 0,853$; $0,3241$ para transecto y parcelas, respectivamente), ni entre los índices de dominancia de Simpson ($P = 0,1557$; $0,5284$ para transecto y parcelas, respectivamente).

Los monocultivos de papa son paisajes homogéneos con diversidad florística reducida y en donde los bordes como tal (ecotonos), fueron establecidos para este trabajo de acuerdo al tamaño de la parcela de estudio y por esto no se presentó

Tabla 2. Especies de abejas asociadas a diferentes tipos de agroecosistema de *S. tuberosum* y sus distribución en los transectos.

Agroecosistema	Papa-Bosque (PB)			Papa-Papa (PP)			Papa-Otro (PO)		
	Borde	Bosque matriz	Papa	Borde	Papa matriz	Papa	Borde	Papa	Otro cultivo matriz
Especie/Transecto									
<i>Agapostemon (Notagapostemon) leunculus</i>	X		X	X			X		
<i>Apis mellifera</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Augochlora</i> msp.1				X			X		
<i>Augochlora</i> msp.2	X		X	X			X		X
<i>Augochlora</i> msp.3									
<i>Augochlora</i> msp.4					X				
<i>Augochlora</i> msp.5		X						X	
<i>Augochlora</i> msp.6		X							X
<i>Augochloropsis</i> msp.1	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Augochloropsis</i> msp.2	X								X
<i>Augochloropsis vesta</i>			X			X			
<i>Bombus (Fervidobombus) atratus</i>	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Bombus (Fervidobombus) excellens</i>	X	X	X		X				
<i>Bombus (Robustobombus) hortulanus</i>	X	X	X	X	X	X		X	
<i>Caenaugochlora (Caenaugochlora) msp.1</i>	X		X				X		
<i>Caenaugochlora (Caenaugochlora) msp.3</i>	X								
<i>Caenaugochlora (Caenaugochlora) msp.2</i>				X					
<i>Caenaugochlora (Caenaugochlora) msp.5</i>	X								
<i>Caenaugochlora (Caenaugochlora) msp.4</i>	X		X		X				
<i>Caenaugochlora (Caenaugochlora) msp.6</i>	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Caenaugochlora (Caenaugochlora) msp.7</i>			X						
<i>Caenaugochlora (Ctenaugochlora) msp.1</i>	X								
<i>Caenaugochlora (Ctenaugochlora) msp.2</i>			X						
<i>Caenohalictus</i> msp.2			X						
<i>Caenohalictus</i> msp.1			X						
<i>Ceratina</i> msp.2							X		
<i>Ceratina</i> msp.3									X
<i>Colletes</i> msp.1		X	X			X			
<i>Colletes</i> msp.2					X		X		X
<i>Euglossa crassipunctata</i>								X	
<i>Euglossa variabilis</i>								X	
<i>Eulaema (Apeulaema) cingulata</i>	X	X	X	X			X		X
<i>Exomalopsis (Exomalopsis)</i> msp.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Habralictus</i> msp.1			X						
<i>Habralictus</i> msp.2			X					X	
<i>Habralictus</i> msp.3			X	X					
<i>Hylaeus</i> msp.1								X	
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> msp.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> msp.2	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> msp.3				X					
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> msp.4	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> msp.5	X			X			X		X
<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> msp.6	X						X		X
<i>Lonchopria</i> msp.1	X		X	X					
<i>Megachile</i> msp.1	X			X					

Tabla 2. Continuación.

Agroecosistema	Papa-Bosque (PB)			Papa-Papa (PP)			Papa-Otro (PO)		
	Borde	Bosque matriz	Papa	Borde	Papa matriz	Papa	Borde	Papa	Otro cultivo matriz
<i>Neocorynura aff. nuda</i>									X
<i>Neocorynura aff. pubescens</i>	X	X		X		X	X	X	X
<i>Neocorynura cosmetor</i>		X							
<i>Neocorynura msp.2</i>							X	X	X
<i>Neocorynura msp.3</i>							X		X
<i>Neocorynura msp.4</i>									X
<i>Neocorynura msp.6</i>		X				X		X	X
<i>Neocorynura msp.7</i>					X				
<i>Neocorynura msp.8</i>					X			X	
<i>Neocorynura msp.9</i>						X			
<i>Neocorynura nigroanea</i>	X		X			X			
<i>Neocorynura rufa</i>				X					
<i>Parapartamona zonata</i>	X	X	X	X					
<i>Paratrigona pacifica</i>				X		X	X	X	X
<i>Partamona (Partamona) msp.1</i>	X								
<i>Partamona cupira</i>	X	X	X	X		X	X	X	X
<i>Protandrena msp.1</i>	X		X	X		X	X	X	X
<i>Pseudaugochlora msp.1</i>			X						
<i>Ptiloglossa</i>		X	X	X	X	X		X	X
<i>Sphecodes msp.1</i>	X			X			X		X
<i>Thygater (Thygater) aethiops</i>	X		X	X	X	X	X	X	X
<i>Thygater (Thygater) hirtiventris</i>			X			X	X	X	X
<i>Trigona (Trigona) amalthea</i>	X	X	X	X		X	X	X	
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) lachnea</i>							X	X	
Total de especies	35	13	36	29	13	22	28	22	25

una diferencia estadística en la riqueza de los transectos en borde y los del interior y matriz del cultivo. Sin embargo, se presentaron diferencias al interior de las parcelas (cultivo vs matriz) atribuibles al manejo diferencial desde el punto de vista agronómico de las plantaciones (ej. en regímenes de fertilización, fumigación, manejo de malezas y demás), además de diferencias en el tiempo que cada parcela ha sido cultivada con papa (Tabla 1). Igualmente, debe tenerse en cuenta que la abundancia de abejas entre cultivos también puede verse influenciada por modificaciones del paisaje que no fueron tenidas en cuenta durante el desarrollo de esta investigación como el tamaño de los bordes, la composición florística de cada plantación, la topografía, entre otros.

También cabe resaltar la limitada representación de algunos grupos como las abejas de las orquídeas (Apoidea: Apidae: Euglossini) de las cuales solo se recolectó un ejemplar (*Eulaema cingulata*) durante este estudio para este tipo de agroecosistema, lo cual puede ser un indicativo de mayores exigencias de estas especies en cuanto a la diversidad florística y de sitios para nidificación. Para abejas como estas, con relaciones tan estrechas con plantas diferentes a la papa (ej. machos de Euglossini con orquídeas), *S. tuberosum* podría servir como fuente de polen, más otros recursos indispensables para ellas, como los aceites (Roubick y Hanson 2004), no pueden adquirirse bajo este sistema de producción, ya que

es difícil pensar que en condiciones de monocultivo de papa crezcan árboles o zonas en donde las orquídeas se puedan desarrollar.

Agroecosistema papa asociado a bosque (vegetación natural) (PB). A diferencia de los monocultivos de papa (PP), en el agroecosistema PB si se encontraron diferencias significativas entre los transectos para las variables: riqueza de especies ($P = 0,000$), abundancia relativa (FC) ($P = 0,0002$), índice de riqueza ($P = 0,0005$) e índice de Simpson ($P = 0,0113$), siendo el bosque el transecto con valores más bajos para todas las variables (Figs. 4A-C). No se encontraron diferencias significativas entre las parcelas evaluadas ($P = 0,0447$; $0,1764$; $0,0912$ y $0,2560$) para las mismas variables enunciadas anteriormente en su orden, en parte quizás porque todas las parcelas de este tipo de agroecosistema fueron similares en varios aspectos, entre los cuales están el hecho de que la vegetación natural consistió de parches de vegetación o bosque secundarios intervenidos, con presencia evidente de claros sembrados con plantas no nativas como coníferas y eucaliptos, además de ser zonas en donde no se había cultivado papa por más de cuatro años (Tabla 1).

Como se mencionó, el transecto bosque en este agroecosistema se trazó en parches de bosques secundarios intervenidos. La mayor abundancia y diversidad de especies de abejas

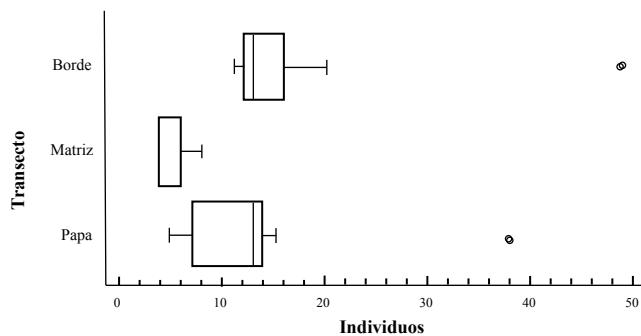


Figura 3. Abundancia relativa de abejas recolectadas por transecto en el agroecosistema Papa-Papa (PP). Las líneas fuera del cuadro representan intervalos de confianza cuando el nivel de confianza es del 95 % (margen de error del 5 %).

observada en el cultivo cuando se comparó con el bosque, pudo haber sido el resultado de varios factores como el hecho de una floración masiva en el cultivo de papa que atrae una gran cantidad de abejas de diversas especies como lo observaron Le Féon *et al.* (2013) en márgenes de cultivos franceses y según los cuales, cuando no hay oferta floral del cultivo, las poblaciones de visitantes florales se mantienen estables, pero cuando se da la explosión de la floración del cultivo la diversidad se concentra allí. Además, las curvas acumuladas de especies (Fig. 2), demuestran que aún es posible encontrar especies nuevas lo cual tiene sentido si se tiene en cuenta que los muestreos con red y trampas en este estudio se limitaron al sotobosque y seguramente muestreando el dosel, la abundancia y diversidad de especies de abejas se incrementaría en estos transectos; de hecho, existen trabajos sobre distribución vertical que registran mayor diversidad y abundancia en el dosel de grupos de abejas como Euglossini de bosques húmedo tropicales cuando se comparan con estratos más cercanos al suelo (Santos *et al.* 2011). De manera similar, Ulyshen *et al.* (2010) en un estudio de riqueza de abejas capturadas en una distribución vertical de un bosque deciduo, encontraron

que había diferencias en la composición de las comunidades de abejas entre los estratos verticales y determinaron que las disimilitudes podrían ser atribuibles, entre otros aspectos, a la presencia de recursos florales en el dosel y a los hábitos de nidificación de algunas abejas que prefieren estratos altos del bosque para construir sus nidos.

Algunas de las especies que se registraron, se recolectaron casi exclusivamente (con uno o dos ejemplares en otros agroecosistemas) en cultivos con vegetación natural asociada, como es el caso de *Bombus excellens*, *Lonchopria* msp.1, *Ptiloglossa*, *Augochlora* msp.5, *Augochlora* msp.6 y todas las especies de *Caenaugochlora* (con excepción de *Caenaugochlora* msp.8). También se presentaron algunas especies que aunque se capturaron en varios tipos de agroecosistemas, se encontraron en cantidades superiores en cultivos en matrices boscosas comparados con los monocultivos y las asociaciones con otros cultivos, y en especies de abejas como *B. hortulanus* (67 vs. 29 y 55, respectivamente), *Parapartamona zonata* (18 vs. 0 y 3), *T. aethiops* (61 vs. 17 y 22) y *Trigona amalthea* (21 vs. 6 y 7). Varias de las especies mencionadas nidifican en el suelo (Goncalves y Engel 2010) o pueden nidificar en árboles en pie, maderas caídas o en cavidades en el suelo (González y Nates-Parra 1999; Michener 2000; González y Ospina 2008). Estos resultados muestran que a pesar de que muchas de estas especies no se recolectaron al interior del bosque, éste ecosistema posee un valor indiscutible para estas abejas, que pueden tener sus nidos dentro de estos parches de vegetación natural, pero que se desplazan al borde o al cultivo de papa para recolectar alimento.

Agroecosistema papa asociado a otros cultivos (PO). En este agroecosistema (PO) se encontraron diferencias entre las parcelas, es decir, cuando se muestreo papa-tomate de árbol, papa-pastos y papa capira-papa criolla hubo diferencias en las variables: riqueza de especies, abundancia relativa e índices de Shannon y Simpson ($P = 0,0060$; $0,0306$; $0,0002$ y $0,0004$, respectivamente), lo que demuestra la importancia de la composición del paisaje sobre la biodiversidad de abejas

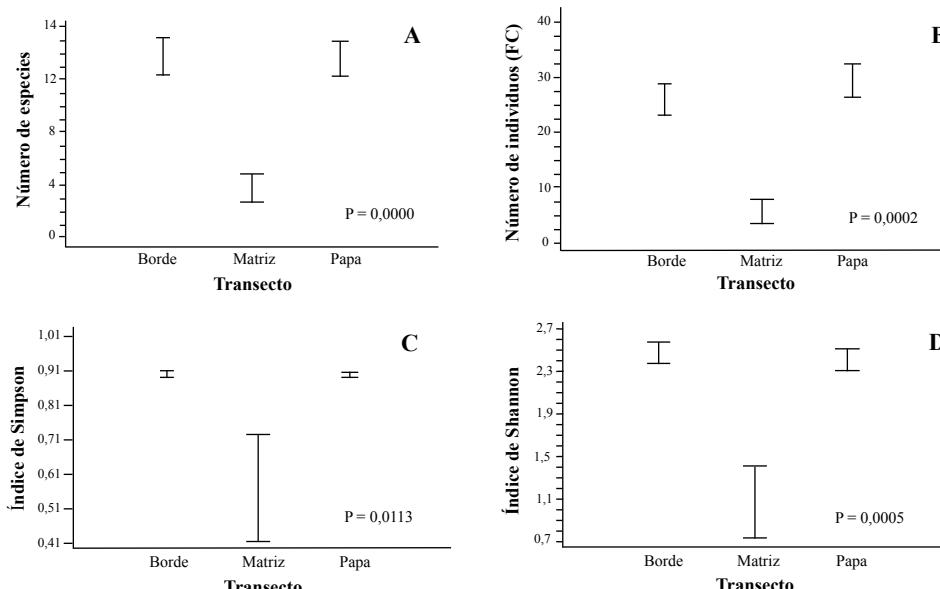


Figura 4. Variables evaluadas en el agroecosistema Papa-Bosque (PB). **A.** Número de especies. **B.** Número de individuos. **C.** Índice de dominancia de Simpson. **D.** Índice de Shannon. La longitud de las barras representa un intervalo de confianza del 95 % (margen de error del 5 %).

silvestres. De los tres, los agroecosistemas con mayor riqueza de especies fueron aquellos asociados con tomate de árbol (25 especies) seguido por las asociaciones con papa criolla (21 especies), mientras que los de menor diversidad fueron aquellos asociados con gramíneas (pastos o maíz). Es importante resaltar además, que las parcelas de papa con menor diversidad, fueron aquellas que llevaban entre 10-20 años en explotaciones paperas (Tabla 1), localizadas en el municipio de la Unión, considerado el mayor productor de papa en Antioquia y cuya economía ha girado tradicionalmente en torno a este cultivo y a la producción de leche (Botero 2008). La antigüedad de este tipo de actividades agropecuarias, no solo ha diezmado los parches de vegetación natural en donde nidifican y se alimentan algunas abejas, sino que ha incrementado el grado de compactación lo cual puede tener efectos adversos sobre las abejas que nidifican en el suelo; de hecho, según Jeffery *et al.* (2010), las abejas que nidifican en suelo por lo general evitan suelos duros y compactos porque son difíciles de excavar, lo cual sumado a la carencia de sitios para nidificación en madera (por falta de especies arbóreas) puede explicar la menor diversidad en esta región.

Conclusiones y recomendaciones

Los Andes colombianos aun poseen muchas especies de abejas desconocidas para la ciencia, observando la gran cantidad de posibles especies nuevas encontradas en este estudio y determinadas a nivel de morfoespecie. Muestra de ello, son los resultados de este trabajo, que a pesar de realizarse sobre un cultivo con tan alta frecuencia de aplicaciones de productos químicos e intensidad de manejo que evidentemente tiene un alto impacto sobre la estructura de la flora y los suelos, sostienen aun así una diversidad alta de abejas.

Los resultados demuestran que a pesar de que las plantas de *S. tuberosum* no ofrecen néctar como recompensa floral, es un cultivo que atrae gran diversidad de abejas asociadas a él por la oferta de polen. Esta diversidad es afectada por el tipo de agroecosistema y se distribuye de manera diferencial entre sus componentes (cultivos, bordes y matriz) y depende de la composición mosaico que conforma dicho paisaje.

A pesar de que se encontró cierto grado de especialización de algunas especies de abejas por los bordes de los cultivos se observa que hay recambio de especies entre los transectos y que muchas abejas transitan entre el cultivo y las áreas adyacentes lo que significa hay un flujo de polen entre los cultivos de papa.

Con base en las curvas de rarefacción es de esperarse una diversidad mayor de abejas en todos los agroecosistemas evaluados. Para mejorar el conocimiento sobre la diversidad de estos insectos en zonas cultivadoras de *S. tuberosum* se recomienda incorporar en el diseño del muestreo un mayor tiempo de muestreo, métodos adicionales para los muestreos de abejas (ej. nidos trampa) y la inclusión de otros estratos, como el dosel, particularmente en aquellos cultivos aledaños a fragmentos de bosque o bordes con vegetación nativa o en proceso de sucesión.

Agradecimientos

El primer autor agradece a Natalia Osorio por el acompañamiento en toda la fase de campo y por su apoyo en el desarrollo de esta investigación, a Mauricio Montes por el respaldo en los análisis estadísticos, así como al Ministerio de Agricul-

tura y Desarrollo Rural de Colombia por su apoyo financiero y a la Universidad del Magdalena.

Literatura citada

- AIZEN, M.; VÁSQUEZ D.; SMITH-RAMÍREZ, C. 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Revista Chilena de Historia Natural* 75 (1): 1-33.
- ALBUQUERQUE, L. B.; VELÁZQUEZ, A.; VASCONCELLOS-NETO, J. 2006. Composição florística de Solanaceae e suas síndromes de polinização e dispersão de sementes em florestas mesófilas neotropicais. *Interciencia* 31 (11): 807-816.
- ANDERSON, G. J.; SYMON, D. 1985. Extrafloral Nectaries in *Solanum*. *Biotropica* 17 (1): 40-45.
- ARNDT, G.; RUEDA, J. L.; KIDANE-MARIAM, H. M.; PELOQUIN, S. J. 1990. Pollen fertility in relation to open pollinated true seed production in potatoes. *American Potato Journal* 67: 499-505.
- BATÁRY, P.; BÁLDI, A.; SÁROSPATAKI, M.; KOHLER, F.; VERHULST, J.; KNOP, E.; HERZOG, F.; KLEIJN, D. 2010. Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 136: 35-39.
- BATRA, S. W. T. 1993. Male-fertile potato flowers are selectively Buzz-Pollinated only by *Bombus terricola* in Upstate New York. *Journal of the Kansas Entomological Society* 66 (2): 252-254.
- BENTON, T. G.; VICKERY, J. A.; WILSON, J. D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 182-188.
- BOGAERT, B.; EYSENRODE, S. V.; IMPENS, I.; VAN HECKE, P. 2001. The interior-to-edge breakpoint distance as a guideline for nature conservation policy. *Environmental Management* 27: 493-500.
- BOTERO, H. 2008. Plan de desarrollo 2008-2011, municipio La Unión, Antioquia. 167 p.
- CARRECK, N.; WILLIAMS, I. 1998. The economic value of bees in the UK. *Bee World* 79: 115-123.
- CHACOFF, N.; AIZEN, M. A. 2006. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest. *Journal of Applied Ecology* 43: 18-27.
- CHUMBIAUCA, S.; SCURRAH, M.; ARCOS, J.; CANTO, R.; CÉLIS, C.; COWGILL, S.; FRANCO, J.; MAIN, G.; ATKINSON H.; VISSER, R. 2004. Polinizadores de papa en la sierranorte y sur del Perú. Libro de Resúmenes XLIX Convención Nacional de Entomología. Ayacucho-Perú. SUPLEMENTO REVISTA LATINOAMERICANA DE LA PAPA-PANEL.
- DE AZEREDO, E. H.; LIMA, E.; RODRIGUES, P. C. 2006. Ocorrência de *Trigona spinipes* (Fabr., 1793) (Hymenoptera: Apidae, Meliponinae) em resposta à fatores climáticos e doses de nitrogênio e potássio em duas cultivares de batata-índia. *Revista Universidad Rural, Série Ciências da Vida* 26 (1): 10-23.
- ENDRESS, P. K. 1996. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, RU. 511 p.
- ESPINAL, L. S. 1964. Formaciones vegetales del departamento de Antioquia. *Revista Facultad de Agronomía, Medellín* 24 (60): 1-83.
- FAO. 2008. La papa y la biodiversidad. El año internacional de la papa. FAO. 2 p.
- FAOSTAT. 2015. Datos de producción de papa en Colombia para el 2013. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S>. [Fecha revisión: 24 septiembre 2015].
- FENSTER, C. B.; ARMBRUSTER, W. S.; WILSON, P.; DUDASH, M. R.; THOMPSON, J. D. 2004. Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecological and Evolution Systematics* 35: 375-403.
- FREE, J. B. 1993. Insect Pollination of Crops. Segunda Edición. Academic Press, Londres. 684 p.

- GEMILL-HERREN, B.; OCHIENG, A. O. 2008. Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127: 31-36.
- GONÇALVES, R.; ENGEL, M. 2010. The bee genus *Caenaugochlora* (Hymenoptera, Apoidea) and its constituent subgenera, with new species of *Caenaugochlora* s.str. from Ecuador. *ZooKeys* 37: 69-80.
- GONZÁLEZ, V. H.; NATES-PARRA, G. 1999. Sinopsis de *Parapartomona* (Hymenoptera; Apidae; Meliponini), un género estrechamente andino. *Revista Academia Colombiana de Ciencias* 23 (suplemento especial): 171-178.
- GONZÁLEZ, V. H.; ÓSPINA, M. 2008. Nest Structure, seasonality, and host plants of *Thygater aethiops* (Hymenoptera: Apidae, Eucerini) in the Andes. *Journal of Hymenoptera Research* 17 (1): 110-115.
- HAMMER, Ø; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. 2001. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontología Electrónica* 4: 1-9.
- HARDER, L. D.; BARCLAY, R. M. R. 1994. The functional significance of poricidal anthers and buzz pollination: controlled pollen removal from Dodecathon. *Functional Ecology* 8: 509-517.
- JEFFERY, S.; GARDI, C.; JONES, A.; MONTANARELLA, L.; MARMO, L.; MIKO, L.; RITZ, K.; PERES, G.; RÖMBKE, J.; VAN DER PUTTEN, W. 2010. European Atlas of Soil Biodiversity. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxemburgo. 128 p.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN, I.; BUCHORI, D.; TSCHARNTKE, T. 2001. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology* 16 (4): 1003-1014.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2003a. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 270: 955-961.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2003b. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology* 40: 837-845.
- KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. 2003c. Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *American Journal of Botany* 90 (1): 153-157.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P.; THORP, R. W. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters* 7: 1109-1119.
- KWAISER, K. S.; HENDRIX, S. D. 2008. Diversity and abundance of bees (Hymenoptera: Apiformes) in native and ruderal grasslands of agriculturally dominated landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 124: 200-204.
- LE FÉON, V.; BUREL, F. O.; CHIFFLET, R.; HENRY, M.; RICROCH, A.; VAISSIÈRE, B.; BAUDRY, J. 2013. Solitary bee abundance and species richness in dynamic agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 166: 94-101.
- LÓPEZ-BARRERA, F. 2004. Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas* 13 (1): 67-77.
- MICHENER, C. D. 2000. The bees of the world. The Johns Hopkins University Press. Baltimore y Londres. 913 p.
- MORENO, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza. 84 p.
- NATES-PARRA, G.; GONZÁLEZ, V. H. 2000. Las abejas silvestres de Colombia: Por qué y cómo conservarlas. *Acta Biológica Colombiana* 5 (1): 5-37.
- NEMESIO, A.; SILVEIRA, F. A. 2006. Edge effects on the orchid-bee fauna (Hymenoptera: Apidae) at a large remnant of Atlantic rain forest in southeastern Brazil. *Neotropical Entomology* 35 (3): 313-323.
- ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. 2005. Fundamentals of ecology. Fifth edition. Thomson Book/Cole. 598 p.
- RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. 1990. Important bee plants for stingless bees (*Melipona* and *Trigonini*) and Africanized honeybees (*Apis mellifera*) in neotropical habitats: a review. *Apidologie* 21: 469-488.
- RICKETTS, T. H.; DAILY, G. C.; EHRLICH, P. R.; MICHENER, C. D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101: 12579-12582.
- RIES, L.; SISK, T. D. 2004. A predictive model of edge effects. *Ecology* 85: 2917-2926.
- ROSSO, J. M.; NATES-PARRA, G. 2005. Diagnóstico para el aprovechamiento y manejo de abejas silvestres en agroecosistemas andinos del Valle del Cauca. *Revista Tacayá* 13: 6-7.
- ROUBIK, D. W. (Ed.). 1995. Pollination of cultivated plants in the tropics. FAO, Agricultural Services Bulletin 118, Panamá. 33 p.
- ROUBIK, D. W.; HANSON, E. P. 2004. Abejas de orquídeas de la América tropical: Biología y guía de campo / Orchid bees of tropical America: Biology and field guide. 1 ed. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio, Heredia, Costa Rica. 370 p.
- SANDFORD, J. C.; HANNEMAN, R. E. 1981. The use of bees for the purpose of intermating in potato. *American Potato Journal* 58: 481-485.
- SANTOS, A.; LÓPEZ, O. G.; SÁNCHEZ, R. I. 2011. Estratificación vertical de las abejas de las orquídeas (Euglossinae) en un bosque tropical húmedo, monte fresco, Cerro Azul, Panamá. *Tecnociencia* 13 (2): 99-108.
- SCURRAH, M.; CELIS-GAMBOA, C.; CHUMBIAUCA, S.; LAS, A.; VISSER, R. G. F. 2008. Hybridization between wild and cultivated potato species in the Peruvian Andes and biosafety implications for deployment of GM potatoes. *Euphytica* 164 (3): 881-892.
- SKOGSMYR, I. 1994. Gene dispersal from transgenic potatoes to conspecifics: a field trial. *Theoretical and Applied Genetics* 88: 770-774.
- TAKI, H.; YAMAURA, Y.; OKABE, K.; MAETO, K. 2011. Plantation vs. natural forest: Matrix quality determines pollinator abundance in crop fields. *Scientific Reports* 1 (132): 1-4.
- ULYSHEN, M. D.; SOON, V.; HANULA, J. L. 2010. On the vertical distribution of bees in a temperate deciduous forest. *Insect Conservation and Diversity* 3: 22-228.
- VERGARA, C.; BADANO, E. 2009. Pollinator diversity increases fruit production in Mexican coffee plantations: The importance of rustic management systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 117-123.
- VILLAREAL, H.; ÁLVAREZ, M.; CÓRDOBA, S.; ESCOBAR, F.; FAGUA, G.; GAST, F.; MENDOZA, H.; OSPINA, M.; UMAÑA, A. M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 236 p.

Recibido: 22-nov-2015 • Aceptado: 17-abr-2017

Citación sugerida:

SEPÚLVEDA-CANO, P. A.; SMITH-PARDO, A. H.; HOYOS S., R. A. 2017. Efecto del arreglo espacial del agroecosistema sobre la diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) en Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 43 (1): 55-63. Enero-Junio 2017. ISSN 0120-0488.