

# Biodiversidad funcional en cafetales: el rol de la diversidad vegetal en la conservación de abejas<sup>1</sup>

Jaime Alberto Florez<sup>2</sup>, Reinhold Muschler<sup>3</sup>, Celia Harvey<sup>3</sup>, Bryan Finegan<sup>3</sup>, David W. Roubik<sup>4</sup>

**Palabras claves:** Árboles; bosque; café; Costa Rica; polinización; sombra.

## RESUMEN

Se han reportado incrementos en la producción hasta del 50% en cafetos visitados por abejas, que comúnmente representan más del 95% de sus visitantes florales. El área de cobertura del bosque circundante ( $m^2ha^{-1}$ ) fue la variable que tuvo mayor relación con la riqueza y abundancia de abejas en cuatro zonas cafeteras de Costa Rica. Al eliminar el efecto de esta variable, la presencia de las abejas sin aguijón (*Meliponini*) y *Apis mellifera* fue más relacionado con la proximidad de los árboles de sombra por ser su principal recurso de nido, mientras que otras abejas de la familia Apidae (incluyendo euglosinas), Halictidae y Megachilidae respondieron a la vegetación de malezas (fuente de alimento) por no limitar sus sitios de nido a los árboles. En un estudio en una finca, se observó que la abundancia de abejas sin aguijón se concentró en el borde del cafetal que colindaba a un bosque ripario, mientras que *A. mellifera* no mostró diferencias entre sitios cerca y lejos de este bosque, sugiriendo la diferente capacidad de vuelo de estos dos grupos de abejas.

## INTRODUCCIÓN

Los monocultivos de café (*Coffea arabica*) tienen menos biodiversidad que los cafetales multi-estratos tradicionales (Gallina *et al* 1996; Greenberg *et al* 1997; Moguel y Toledo 1999; Perfecto *et al* 1996). La diversidad de abejas es importante para la polinización en sistemas agrícolas y naturales; p.ej., incrementos en la producción hasta del 50% se han reportado en cafetos que fueron visitadas por abejas en comparación con los no visitados. Esta cifra es coherente con la alta proporción (95%) que representan estos insectos del total de sus vi-

**Functional biodiversity in coffee fields: role of plant diversity for bee conservation**

## ABSTRACT

Yield increases of up to 50% have been reported for coffee bushes visited by bees, which commonly represent up to 95% of the flower visitors. Surrounding forest cover ( $m^2ha^{-1}$ ) was positively correlated with both bee richness and abundance in four regions of Costa Rica. When surrounding forest density was eliminated from the analysis, the presence of stingless bees (*Meliponini*) and *Apis mellifera* was most strongly related to the proximity of shade trees which are their main nest sites. Other bees of the Apidae family (including euglossine bees), Halictidae and Megachilidae responded mostly to weeds (food source) because their nesting is not restricted to trees. In a study on one coffee farm, stingless bee abundance was concentrated in the borders with a riparian forest while the abundance of *A. mellifera* did not differ between near and far sites from this forest. This may be due to different flight ranges of these bee groups.

sitantes florales (Raw y Free 1977; Roubik 2000). Estos incrementos fueron atribuidos a una mayor retención y tamaño de los frutos provenientes de flores polinizadas por abejas (Badilla y Ramirez 1991; Roubik 2000). Otros beneficios que brindan las abejas son la reducción de la depresión endogámica de plantas, producción de mieles (algunas medicinales), ceras, polen y propoleo para el consumo humano. La presente investigación estuvo dirigida por dos objetivos: a) evaluar la diversidad y abundancia de abejas en fincas cafeteras con diferente

<sup>1</sup> Basado en: Florez, JA. 2001. Biodiversidad funcional en cafetales: el rol de diversidad vegetal en la conservación de abejas y el papel de éstas en la producción del café Costa Rica. Tesis M Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica

<sup>2</sup> M Sc Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica 2002. E-mail: jaimeflorez@excite.com (autor para correspondencia).

<sup>3</sup> Profesores investigadores, CATIE, Turrialba. E-mail: muschler@catie.ac.cr; charvey@catie.ac.cr; bfinegan@catie.ac.cr

<sup>4</sup> Especialista en ecología de abejas. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

diversidad vegetal; y b) evaluar la diversidad y abundancia de abejas en fincas rodeadas por paisajes con diferente cantidad de bosque.

## METODOLOGÍA

Se realizaron tres estudios. El primero (riqueza y abundancia de abejas en función del tipo de paisaje) se llevó a cabo durante la floración del café (abril y mayo del 2000) en cuatro fincas ubicadas en zonas cafeteras de Costa Rica: i) San Pedro de Barva, Heredia (cafetal a pleno sol; temperatura media anual 19,9°C; precipitación media anual 2378 mm; 1200 msnm; 10°1'41" N, 84°8'35" W); ii) Palmares, Alajuela (cafetal con sombra; 21,3°C; 1887 mm; 1017 msnm; 10°4'26" N, 84°26'44" W); iii) San José (cafetal con sombra; 22,9°C; 2045 mm; 1050 msnm; 9°58'4" N, 84°8'18" W); y iv) Huacas de Hojancha, Guanacaste (cafetal con sombra; 24,5°C; 2960 mm; 700 msnm; 10°1'25" N, 84°22'39" W). En cada finca se establecieron entre 14-26 transectos (sumando entre 665 a 1288 m según la finca) para realizar capturas con red y avistamientos de abejas durante tres días homogéneamente soleados (7:00 am – 3:00 pm). En cada transecto se evaluó el porcentaje de cobertura del dosel de sombra con estimaciones visuales. Los agroecosistemas se caracterizaron por su vegetación: la riqueza, densidad y estructura diamétrica de árboles se evaluó en parcelas de 20 x 50 m (Llenderal y Somarriba 1999); la riqueza, abundancia relativa y cobertura de malezas se evaluaron en alrededor de 300 puntos en cada finca usando el muestreo de "punta de zapato" descrito por Guharay *et al* (2000). Debido a la gran distancia entre las cuatro fincas y las diferencias en paisaje que esto representó, se evaluó el área de cobertura de bosque alrededor de cada una ( $m^2ha^{-1}$ ) hasta un radio de 1200 m, haciendo uso de fotografías aéreas que fueron analizadas con el software Arc View versión 3.2

El segundo estudio (riqueza y abundancia de abejas en función de la distancia al bosque) evaluó el efecto de la distancia al bosque sobre las poblaciones de abejas en la finca San Pedro (a pleno sol) del estudio ya descrito. Los datos se agruparon de manera que representaron tres grandes transectos (con tres repeticiones correspondientes a los tres días de la floración evaluada), paralelos y a distancias de 20, 180 (mitad del cafetal) y 350 m de un bosque ripario que bordea la finca.

El tercer estudio (riqueza y abundancia de abejas en función de la vegetación del cafetal) se realizó dentro una misma zona (San Pedro), con el propósito de eliminar el paisaje como una fuente de variabilidad y poder analizar mejor el papel que cumplen las características

internas de cada finca sobre la diversidad de abejas. Se trabajó en cuatro hábitats separados entre sí a una distancia máxima de 800 m: un cafetal a pleno sol (SOL; el mismo de los dos estudios anteriores), dos con sombra (SBM: sombra con baja cobertura de malezas; SAM: sombra con alta cobertura de malezas), y un bosque ripario (BR) como testigo de un hábitat natural. El estudio se realizó en épocas sin flores de café (agosto-septiembre del 2000), evaluando la riqueza de abejas hasta una altura de 7 m (suelo, hojarasca, malezas, árboles y arbustos). Las evaluaciones se realizaron entre 7:00 am y 3:00 pm durante cinco días homogéneos con clima soleado en cada hábitat (los muestreos se realizaron en un área central de 1 ha durante 40 h [8h x 5d] para cada hábitat). Al igual que en el primer estudio, se evaluó el dosel de sombra y la vegetación herbácea de cada sistema. Como complemento a este estudio y en los mismos hábitats, se muestrearon además abejas euglosinas (Apidae: Euglossini). Para esto se colocaron tres cebos (papel absorbente + 1 cc de Cineole) en el centro de cada hábitat, distribuidos en una línea de 15 m de longitud, colgada a 2 m de altura. Se registró el número de individuos que llegaron a los cebos durante los primeros 30 minutos después de aplicar el atrayente (tres periodos: 0-5 min, 5-15 min, 15-30 min). Esta evaluación se realizó cinco veces (un día diferente cada una) en cada hábitat.

Debido a las diferencias entre los agroecosistemas evaluados (ausencia de repeticiones), el análisis se hizo de manera descriptiva utilizando las diferentes situaciones como estudios de caso.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Población de abejas en función de la vegetación

**Diversidad y riqueza de abejas en función del tipo de paisaje:** Se registró un total de 202 individuos de abejas en flores de café en todas las fincas, distribuidas en 16 especies. *A. mellifera* (794 individuos) no se incluyó en el análisis ya que en dos fincas (Guanacaste y Palmares) hubo apiarios comerciales de esta especie, ocasionando que su abundancia no respondiera totalmente a las características de la finca. Es posible que en estas fincas la abundancia de *A. mellifera* haya afectado la abundancia de otras especies de abejas (competencia). La finca de Guanacaste mostró el mayor número de especies y abundancia de abejas (14 y 117, respectivamente), seguida por Heredia (7 y 58), San José (2 y 14) y Palmares (2 y 13). Los índices de diversidad Alfa de Fisher ( $\alpha$ ) y de Simpson ( $D$ ), respecto a las abejas, reflejan acertadamente los datos: Guanacaste > Heredia > Palmares > San José (Cuadro 1)

Al analizar las características de cada finca, se observó que los incrementos en el área de bosque circundante (Figura 1) estuvieron acompañados de incrementos en la diversidad y abundancia de abejas (Cuadro 1). Las variables que describen la vegetación interna de la finca (árboles y malezas) no mostraron una relación clara con la riqueza y abundancia de abejas. Sin embargo, el bajo número de fincas combinado con la variabilidad de sus condiciones ambientales y de manejo obligan a complementar estos resultados con más estudios. La sombra (porcentaje de cobertura de los árboles del cafetal) tampoco mostró un efecto significativo sobre la abundancia de abejas.

**Diversidad y riqueza de abejas en función de la distancia al bosque:** *A. mellifera* no mostró respuesta a la distancia del bosque ripario, mientras que las abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) fueron significativamente ( $p < 0,05$ ) más abundantes en el transecto más cercano a dicho bosque (20 m), comparado a los otros dos transectos (180 y 350 m), que no mostraron diferencias significativas entre sí (Figura 2). La presencia de Meliponini en el transecto más lejano del bosque ripario (350 m, junto al otro borde de la finca) puede ex-

plicarse por la presencia de árboles aislados ubicados sobre el camino que acompaña este borde de la finca, así como de otras estructuras que pueden servir de nido para las especies registradas (postes de madera en el lindero de la finca, casas, etc.).

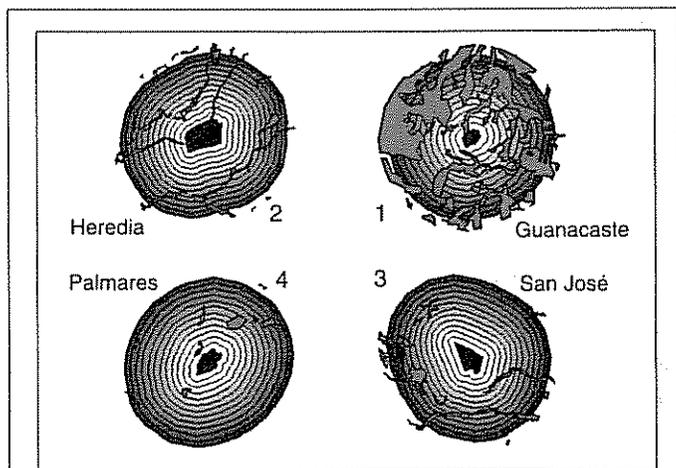
La tendencia a observar mayores rangos de vuelo en abejas grandes puede explicar que solo *A. mellifera* haya alcanzado el transecto ubicado en el centro del cafetal. Esta especie es aproximadamente 2,5 veces mayor que las cuatro especies registradas de la tribu Meliponini (*Geotrigona lutzii*, *Trigona corvina*, *Tetragonisca angustula* y *Nannotrigona perilampoides*).

Los resultados del presente estudio apoyan una relación positiva entre la abundancia de abejas y la cercanía de vegetación natural (fuente de nido y alimento), indicada por Heard (1999) y Roubik (1995). Este último postuló como regla general que cualquier cultivo que requiera polinización por insectos producirá menos si es plantado en terrenos más anchos de 100 m. Los polinizadores tienden a concentrarse en los bordes, más si la oferta floral es sincrónica y abundante, como sucede en muchas zonas con los cafetales.

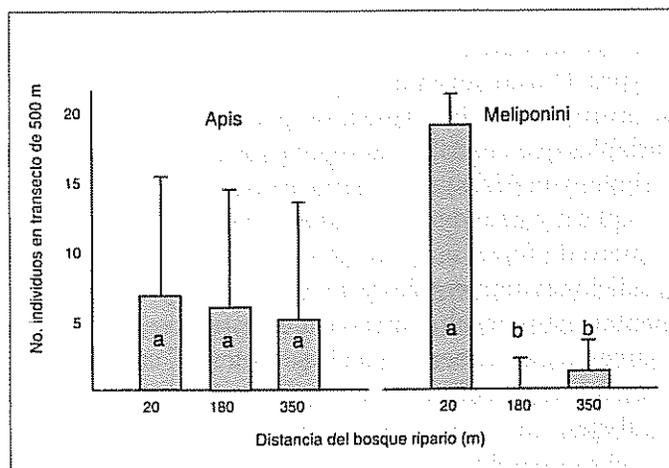
**Cuadro 1.** Descripción de la población de abejas y la vegetación en las fincas evaluadas durante la floración del café en Costa Rica. Las fincas están ordenadas de mayor a menor riqueza y abundancia de abejas.

	Guanacaste	Heredia	Palmares	San José
<b>Abejas</b>				
Long transectos de muestreo (m)*	665	1288	809	940
No. spp. TOTAL**	14	7	2	2
Abundancia TOTAL**	117	58	13	14
Abundancia Meliponini	95	56	13	13
Abundancia Halictidae	7	0	0	0
Abundancia Megachilidae	6	0	0	0
Abundancia otros Apidae***	9	2	0	1
$\alpha$	4,14	2,08	0,66	0,63
<i>D</i>	0,68	0,53	0,46	0,14
<b>Árboles</b>				
No. especies	44	0	10	14
Densidad total (individuos ha <sup>-1</sup> )	560	0	445	57
Densidad individuos > 50 cm dap	5	0	0	12
Cobertura (%)	36	0	41,8	34,5
$\alpha$	6,6	0	1,4	2,6
<i>D</i>	0,9	0	0,5	0,9
<b>Malezas</b>				
No. especies	40	22	34	18
Cobertura (%)	37,9	4,8	17,2	2,4
$\alpha$	6,2	4,7	6,0	4,5
<i>D</i>	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Área de bosque en 1,2 km de radio (m<sup>2</sup>ha<sup>-1</sup>)</b>				
	3500	653	262	499

\* Las cifras representan la suma de la longitud total de los transectos en cada finca \*\* El total de abejas no incluye *Apis mellifera*. Las cifras corresponden a los registros tomados durante el tiempo total de muestreo (24 h: 8 h x 3 días). \*\*\* Otros Apidae: abejas de la familia Apidae, excluyendo *A. mellifera* y la tribu Meliponini  $\alpha$ : índice de diversidad Alfa de Fischer; *D*: índice de diversidad de Simpson.



**Figura 1.** Parches de bosque alrededor de las fincas cafeteras (área oscura central) donde se evaluó la diversidad de abejas durante la floración del café en Costa Rica. Los anillos concéntricos representan distancias de 100 m (hasta 1200 m). Los números indican el orden en que decrece el área de bosque entre las fincas.



**Figura 2.** Efecto de la distancia del bosque ripario de la finca San Pedro en Barba de Heredia, Costa Rica (a pleno sol) sobre la abundancia de abejas visitando flores de café. Las barras indican el error estándar del muestreo repetido en el tiempo (n=3). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las distancias para cada grupo de abejas.

**Diversidad y riqueza de abejas en función de la vegetación del cafetal:** Se registró un total de 1366 abejas de 39 especies. El hábitat SAM (sombra con alta cobertura de malezas) mostró la mayor riqueza registrando 32 especies, seguido por 26 en BR (bosque ripario), 12 en SBM (sombra con baja cobertura de malezas) y por último 2 en SOL (pleno sol), único hábitat con ausencia total de Halictidae, Megachilidae y otros Apidae. La abundancia total de abejas tuvo una tendencia similar, aunque se invirtieron los dos primeros lugares: BR 578 individuos, SAM 487, SBM 285 y SOL 16. Los índices de diversidad  $\alpha$  y  $D$  reflejan la información mencionada: SAM > BR > SBM > SOL (Cuadro 2).

La abundancia de abejas Halictidae, Megachilidae, Apis y otros Apidae aumentó a medida que lo hizo la cobertura de malezas (la excepción fue Meliponini). Las otras variables que caracterizan la vegetación interna de las fincas no mostraron una relación clara con la abundancia de estos grupos de abejas (Cuadro 2). En el trópico, muchas especies de malezas son importantes para la apifauna por poseer flores todo el año (Lagerlöf *et al* 1992). Abejas de la familia Halictidae, Megachilidae y otros Apidae pueden anidar cerca de su alimento; la presencia de árboles no es tan determinante como para Meliponini (fuente principal de nido). Las Halictidae anidan preferencialmente en el suelo, al igual que el género *Exomalopsis*, que representó el 60% de los indivi-

duos del grupo de otros Apidae. Las abejas Megachilidae no tienen preferencias muy marcadas; pueden anidar en el suelo, así como en ramas delgadas, nidos abandonados de otras especies (p.ej., coleópteros) y otro tipo de hábitats (Roubik 1989).

La vegetación arbórea es el principal recurso de nido para las abejas Meliponini (Wille y Michener 1973), lo cual explica porqué su abundancia se incrementó con las variables arbóreas (número de especies, cobertura, densidad de árboles gruesos ( $dap > 50$  cm), e índices de diversidad  $\alpha$  y  $D$ ). Hubbell y Johnson (1977) resaltan como ventajas la alta diversidad de árboles, donde dominan las clases diamétricas grandes, que tienden a tener mas cavidades (preferiblemente mayores a 50 cm  $dap$ ).

Los resultados del uso de cebos para atraer abejas euglosinas reiteraron la importancia de la vegetación arbórea en la conservación de abejas. A excepción del primer periodo (0-5 min.), el número de individuos que llegaron en cada periodo de evaluación difirió significativamente entre hábitats ( $p < 0,05$ ). Las diferencias se originaron en el hábitat SOL, único hábitat sin árboles, donde solo fue capturado un individuo durante los cinco muestreos (Figura 3). La atractividad de hábitats con árboles para abejas euglosinas se debe a estructuras leñosas, hojas, exocarpio de frutos y bromelias en muchos árboles, que sirven como nido para estas especies (Zucchi *et al* 1969).

**Cuadro 2.** Descripción de la población de abejas y la vegetación en los hábitats evaluados durante épocas sin flores de café en la finca San Pedro, Barva de Heredia, Costa Rica.

	SOL*	SBM	SAM	BR
<b>Abejas **</b>				
No spp. TOTAL	2	12	32	26
Abundancia TOTAL	16	285	487	578
Abundancia Apis	14	83	184	122
Abundancia Meliponini	2	173	87	404
Abundancia Halictidae	0	6	67	25
Abundancia Megachilidae	0	3	25	10
Abundancia otros Apidae ***	0	20	124	17
$\alpha$	0,60	2,53	7,68	5,59
$D$	0,22	0,73	0,80	0,79
<b>Árboles</b>				
No especies	0	14	4	40
Dens. total (individuos ha <sup>-1</sup> )	0	104	496	1343
Dens. individuos > 50 cm dap	0	4	0	29
Cobertura (%)	0	37,3	20,8	64,3
$\alpha$	0	4,9	0,59	8
$D$	0	0,9	0,56	0,9
<b>Malezas</b>				
No. especies	22	25	31	23
Cobertura (%)	4,8	10,7	70,2	18,3
$\alpha$	4,7	4,6	4,17	3,7
$D$	0,9	0,9	0,93	0,9

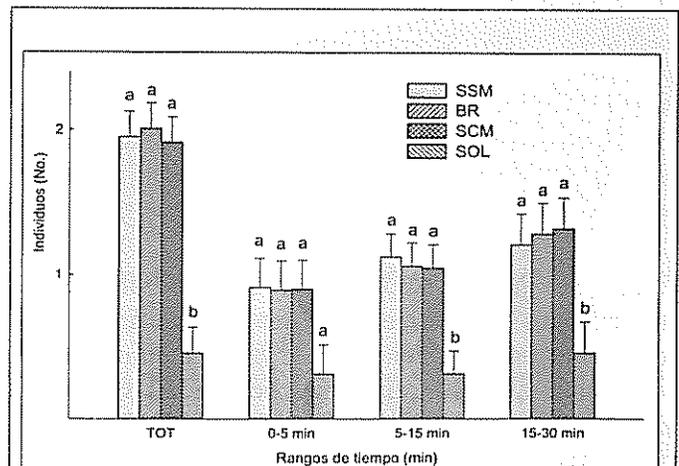
\* SOL: cafetal a pleno sol; SBM: cafetal con sombra y baja cobertura de malezas; SAM: cafetal con sombra y alta cobertura de malezas; BR: Bosque ripario;  $\alpha$ : índice de diversidad Alfa de Fischer;  $D$ : índice de diversidad de Simpson. \*\* Las cifras reportadas corresponden a los registros tomados durante el tiempo total de muestreo (40 h). \*\*\* Otros Apidae: abejas de la familia Apidae, excluyendo *Apis mellifera* y la tribu Meliponini.

### Especies de plantas más atractivas para abejas

Las herbáceas o malezas, fueron las especies que atrajeron más del 95% de abejas en el tercer estudio. Sin embargo, de las 72 especies de malezas solo 15 (20%) fueron visitadas por abejas, dominando la familia Asteraceae (Cuadro 3).

De julio a octubre del 2000, las especies arbóreas visitadas por abejas fueron solo 4 (12,1%) de las 33 en los cuatro hábitats (Cuadro 3): *Inga edulis* (Mimosoideae), *Croton draco* (Euphorbiaceae), *Syzygium jambos* (Myrtaceae) y *Ficus costaricana* (Moraceae). Otras especies pueden haber sido visitadas pero la altura de sus flores hizo difícil registrarlas (la altura máxima de muestreo fue 7 m).

El género *Inga* es reportado frecuentemente como fuente melífera para abejas (Arce *et al* 2001; Zevallos y Pérez 1990), coincidiendo con los registros tomados sobre *Inga edulis*, que sobresalieron por la diversidad de abejas. En los hábitats donde se observó esta especie (SAM y SBM), fueron los únicos donde se registraron abejas grandes. En BR, estas abejas se observaron sobre Heliconias y en arbustos de *Hamelia patens* (Rubiaceae). *Croton draco* sobresalió por la profusa visitación de *A. mellifera* y abejas Meliponini (principalmente



**Figura 3.** Número de abejas euglosinas (raíz cuadrada + 0,1) capturadas 30 minutos después de colocar atrayentes químicos en épocas sin flores de café en la finca San Pedro, Barva de Heredia, Costa Rica. SOL: cafetal a pleno sol; SBM: cafetal con sombra y baja cobertura de malezas; SAM: cafetal con sombra y alta cobertura de malezas; BR: bosque ripario; TOT: periodo total (0-30 minutos). Las barras indican el error estándar (n=5). Letras iguales indican que no hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre hábitats para cada periodo de tiempo evaluado.

**Cuadro 3.** Especies vegetales visitadas por abejas en épocas sin flores de café (finca San Pedro, Barva, Heredia, Costa Rica. Las cifras corresponden al número de abejas que visitaron flores de malezas del hábitat SAM.

Gremio	Especie	Familia	Hábitats	No. de abejas visitando malezas					
				TOT	Apis	Melip	Halic	Megach	Otr-Ap
Malezas	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae	SOL, SBM, SAM	127	57	4	25	13	28
	<i>Elbira biflora</i>	Asteraceae	SBM, SAM	19	1		13		5
	<i>Emilia fosbergii</i>	Asteraceae	SOL, SBM, SAM	44	40		3	1	
	<i>Jaejeria hirta</i>	Asteraceae	SAM	8		7	1		
	<i>Melampodium divaricatum</i>	Asteraceae	SAM	14		13	1		
	<i>Impatiens walleriana</i>	Balsaminaceae	SBM, SAM, BR	10		10			
	<i>Commelina diffusa</i>	Commelinaceae	SOL, SAM	4		3			1
	<i>Marsiphanthes chamaedris</i>	Lamiaceae	SOL, SBM, SAM	69	13	4	2	5	45
	<i>No identif. (enredadera)</i>	Passifloraceae	SAM	12	10				2
	<i>Ixophorus sp</i>	Poaceae	SOL, SBM, SAM	14	5	9			
	<i>Setaria sp</i>	Poaceae	SAM, BR	1	1				
	<i>Richardia scabra</i>	Rubiaceae	SOL, SBM, SAM	39	20	4	8	1	6
	<i>Spermacoce ocyimifolia</i>	Rubiaceae	SOL, SBM, SAM	27	2	3	11		11
	<i>Browallia americana</i>	Solanaceae	SOL, SBM	2		2			
	<i>Spananthe paniculata</i>	Umbellifera	SAM	25		25			
	Árboles	<i>Croton draco</i>	Euphorbiaceae	BR					
<i>Inga edulis</i>		Fab-Mimosoideae	SBM, SAM						
<i>Ficus costaricana</i>		Moraceae	SBM, BR						
<i>Syzygium jambos</i>		Myrtaceae	SBM, BR						
Arbustos	<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	BR						

SAM: cafetal con sombra y alta cobertura de malezas, SBM: cafetal con sombra y baja cobertura de malezas; SOL: cafetal a pleno sol; BR: bosque ripario; TOT: abejas totales; Apis: *Apis mellifera*; Melip: tribu Meliponini; Halic: familia Halictidae; Megach: familia Megachilidae; Otr-Ap: familia Apidae excluyendo Meliponini y Apis.

*Geotrigona lutzi*), siendo solo dos o tres árboles en floración los que atrajeron la mayoría de individuos registrados en el hábitat BR. *Syzygium jambos* y *Ficus costaricana* presentaron la particularidad de atraer abejas por sus nectarios extraflorales (no tenían flores), pero Arce *et al* (2001) resaltaron a *S. jambos* por el importante recurso que representa para las abejas en época de floración. En este estudio sus nectarios extraflorales atrajeron solo individuos de *Tetraginisca angustula* en BR. Dos o tres árboles de *F. costaricana* fuertemente podados (poda baja; ya habían regenerado ramas) atrajeron casi la totalidad de individuos de *T. corvina* registrados en SBM.

#### Implicaciones para el diseño de agroecosistemas

Para promover las ventajas derivadas de la diversidad y abundancia de abejas, el diseño de agroecosistemas de-

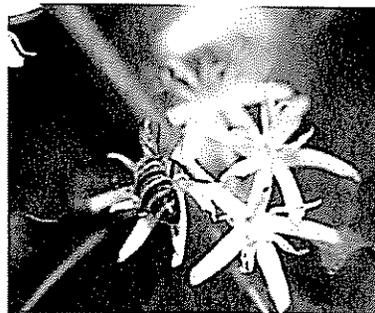
be tener en cuenta criterios para la selección de la vegetación de importancia apícola, siendo los más relevantes: 1) abundancia de la especie vegetal; 2) cantidad y calidad de miel que produce (Chemas y Rico-Gray 1991); 3) preferencia que muestran las abejas por ella; y 4) duración de la floración (Zevallos y Pérez 1990). Además, es importante incluir medidas de manejo como: 1) selección de sitios con diferentes estados de sucesión vegetal; y 2) promoción y protección de la vegetación melífera (Chemas y Rico-Gray 1991).

Los agroecosistemas amigables con las abejas deben contemplar un mosaico de especies arbóreas con un porcentaje de individuos a libre crecimiento, sin planes de corta, que puedan alcanzar diámetros grandes (preferiblemente mayores a 50 cm de dap), promoviendo así las posibilidades de anidación de especies de abejas con

diferentes preferencias. Estos árboles pueden ubicarse en bordes o esquinas de lotes donde no sombreen excesivamente al café, o en bosques riparios y otras áreas naturales aledañas. *Cassia grandis*, *Samanea saman* y algunas especies de los géneros *Inga* (p.ej., *I. densiflora*), *Ocotea*, *Persea* y algunas Sapotaceae, que a su vez brindan recursos florales importantes, pueden ser ejemplos para esta categoría de árboles.

La combinación de especies arbóreas debe garantizar en la medida de lo posible una disponibilidad constante de flores a lo largo del año. El cuello de botella lo constituyen los meses con baja floración, que son de junio a octubre en el caso de las zonas donde se realizó el estudio. Arce *et al* (2001) mostraron que de 63 especies arbóreas melíferas nativas de Mesoamérica, solo el 30% florece en dicho periodo (comparados con febrero-abril con 75-80%). Esta limitante se podría contrarrestar aumentando la proporción de árboles que florecen en la época crítica, dentro de los que Arce *et al* (2001) mencionan: *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Byrsonima crassifolia*, *Cecropia peltata*, *Cedrela odorata*, *Croton draco*, *C. xalapensis*, *Genipa americana*, *Inga densiflora*, *Lonchocarpus costaricensis*, *Muntingia calabura*, *Ochroma pyramidale*, *Oreopanax xalapensis*, *Plumeria rubra*, *Pouteria sapota*, *Psidium guajava*, *Senna spectabilis* y *Trema micrantha*. Otras especies melíferas importantes son: *Inga* spp., *Cordia alliodora*, *Eucalyptus* spp., *Gliricidia sepium*, *Gymnopodium floribundum*, *Citrus* spp., *Anacardium occidentale*, *Mangifera indica*, *Melicocca bijugatus*, *Prosopis juliflora*, *Acacia mellifera*, *A. tortilis*, *A. senegal*, *A. xanthophloea*, *A. drepanolobium*, *Calliandra calothyrsus*, *Tabebuia rosea*, *T. ochracea*, *T. impetiginosa* y varias especies de palmas (Arce *et al* 2001; Chemas y Rico-Gray 1991; González 1993; Townsend 1982). Muchas de las especies mencionadas se encuentran en sistemas agroforestales y son valiosas por su madera, frutos, forraje u otros recursos (fijación de N, materia orgánica, cercas vivas, leña, etc.). Algunas especies que pueden competir excesivamente con el cultivo deben establecerse en los bordes de los lotes, caminos, o en áreas de conservación. Por otro lado, otras especies de árboles pueden perjudicar la apifauna. Este es el caso del árbol conocido como Llama del bosque (*Spathodea campanulata*) en el interior de cuyas flores frecuentemente se han visto individuos muertos de *T. fulviventris* y otras abejas sin aguijón, indicando la posible toxicidad de su néctar o polen (observación personal).

La importancia de las guabas y cuajiniquiles (*Inga* spp.) es alta para cafetales por la gran adopción que tienen



*Apis mellifera* visitando flores de café.  
Foto: Taylor Ricketts.

estas especies como sombra, siendo las más comunes *I. densiflora*, *I. edulis*, *I. sapindoides*, *I. punctata*, *I. jinicuill* (= *I. paterno*), *I. vera*, *I. oerstediana* e *I. spectabilis* (Zamora y Pennington 2001). En sus flores se han observado desde Trigonas pequeñas hasta abejas grandes de los géneros *Eulaema* y *Xylocopa*. Muchas especies florecen varias veces en el año siempre y cuando el manejo de podas lo permita y por ende, alcancen su potencial melífero.

La vegetación arbórea por si sola puede no ser suficiente para mantener una comunidad diversa de abejas. Las arvenses pueden suplir recursos florales incluso en los meses de baja floración y según Guharay *et al* (2000), brindan también beneficios al cafetal si se manejan de manera adecuada (p.ej., aumentando la proporción de especies rastreras, que compiten poco con el cultivo y cubren el suelo). Especies más competitivas con el cultivo pueden tratar de restringirse afuera de las áreas de cultivo. Lagerlöf *et al* (1992) mostraron que al promover diferentes tipos de vegetación herbácea en los márgenes de los campos de cultivo se logró atraer una gran abundancia de insectos polinizadores (abejas, mariposas y moscas). Arbustos como *Hamelia patens*, *Hibiscus rosa-sinensis* y *Tithonia* spp. pueden integrar un estrato de gran oferta floral para las abejas en estas áreas, seguido de especies herbáceas más bajas como *Bidens pilosa*, *Marsipianthes chamaedris*, *Emilia fosbergii*, *Impatiens walleriana*, *Melampodium divaricatum*, *Elbira biflora*, *Mimosa pudica* y *Viquiera dentata*. Algunos bejucos como los del género *Ipomoea* (Convolvulaceae) producen néctar y polen de alta calidad (González 1993), pero se debe evitar su invasión dentro del cultivo por el daño que producen. Especies de hábito rastrero como *Arachis pintoi*, que presentan atractividad para *A. mellifera* y las abejas sin aguijón, pueden promoverse dentro del cafetal.

La cercanía de parches de bosque a los cafetales no es frecuente. Una manera de contar con vegetación madura es conservar y reforestar el cauce de ríos y quebradas. Hill (1995) mostró cómo este tipo de corredores puede servir como vía de dispersión para algunas especies (mariposas y escarabajos estercoleros) propias del interior del bosque. Burel (1996) afirma que en paisajes intensamente intervenidos, donde la presencia de corredores naturales es escasa, las plantaciones de árboles en línea o en franjas pueden contribuir enormemente a la biodiversidad.

Las recomendaciones mencionadas son compatibles con las normas de empresas certificadoras como Rainforest Alliance (sello "Eco-OK") y Smithsonian Migratory Bird Center (sello "Bird Friendly Coffee") que promueven la diversidad en los cafetales creando la oportunidad de entrar al mercado de cafés especiales y alcanzar sobreprecios.

## CONCLUSIONES

- Tanto la abundancia de bosque en el paisaje circundante a los cafetales, como la vegetación interna de

las fincas, favorecen la riqueza de abejas. Sin embargo, son necesarios estudios más integrales para entender mejor el grado de incidencia de cada uno de los componentes vegetales sobre los diferentes grupos de abejas.

- El componente vegetal del cafetal al cual mostraron mayor respuesta las abejas varió según las especies de abejas. *Apis mellifera* y principalmente la tribu Euglossini y Meliponini mostraron mayor dependencia de los árboles por sus hábitos de anidación. Por otro lado, la familia Halictidae, Megachilidae y otras Apidae no ven limitados sus sitios de nido a los árboles y esto puede explicar su mayor respuesta a la vegetación de malezas como fuente de alimento.
- En cafetales en floración, las abejas tienden a distribuirse con mayor frecuencia en los bordes, más si colindan con remanentes de bosque. Este comportamiento es más claro en las especies pequeñas, que tienden a mostrar una menor capacidad de vuelo. Los sistemas agrícolas que pretendan beneficiarse de la polinización deben procurar áreas de cultivo con distancias cortas al borde, no mayores de 100 m.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Arce, HG; Sánchez, LA; Slaa, J; Sánchez-Vindas, PE; Ortiz, MA; Veen, JW van; Sommeijer, MJ 2001. Árboles melíferos nativos de Mesoamérica Heredia, Costa Rica. Centro de investigaciones apícolas tropicales (CINAT), Universidad Nacional de Costa Rica. 207 p.
- Badilla, F; Ramirez, W 1991. Polinización de café por *Apis mellifera* L. y otros insectos en Costa Rica. Turrialba 41(3): 285-288.
- Burel, F. 1996. Hedgerows and their role in agricultural landscapes. Critical Reviews in Plant Sciences 15(2): 169-190.
- Chemas, A; Rico-Gray, V. 1991. Apiculture and management of associated vegetation by the Maya of Tixcacaltuyub, Yucatán, México. Agroforestry Systems 13: 13-25.
- Gallina, S; Mandujano, S; Gonzalez-Romero, A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, Mexico. Agroforestry Systems 33: 13-27.
- González, JC. 1993. Plantas melíferas de importancia económica Pan-  
kia (Boletín Informativo IBLL) 12 (4): 3-4
- Greenberg, R; Bichier, P; Sterling, J 1997. Bird population in rustic and planted shade coffee plantations of eastern Chiapas, Mexico. Biotropica 29: 501-514.
- Guharay, F; Monterrey, J; Monterroso, D; Staver, C. 2000. Manejo integrado de plagas en el cultivo del café. Turrialba, Costa Rica, CATIE 272 p. (Manual Técnico no 44)
- Heard, TA. 1999. The role of stingless bees in crop pollination. Annual Review of Entomology 44: 183-206
- Hill, CJ 1995. Linear strips of rain forest vegetation as potential dispersal corridors for rain forest insects. Conservation Biology 9(6): 1559-1566
- Hubbell, SP; Johnson, L K. 1977. Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community. Ecology 58: 949-963.
- Lagerlöf, J; Stark, J; Svensson, B. 1992. Margins of agricultural fields as habitats for pollinating insects. Agriculture, Ecosystems and Environmental 40: 117-124
- Llanderal, T; Somarriba, E. 1999. Tipologías de cafetales en Turrialba, Costa Rica. Agroforestería de las Américas 6(23): 30-32
- Moguel, P; Toledo, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. Conservation Biology 13(1): 11-21.
- Perfecto, I; Rice, RA; Greenberg, R; Van der Voort, ME. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. BioScience 46(8): 598-608
- Raw, A; Free, JB. 1977. The pollination of coffee (*Coffea arabica*) by honeybees. Tropical Agriculture 54 (4): 365-370
- Roubik, DW 1989. Ecology and natural history of tropical bees. New York. Cambridge University Press. 514 p
- Roubik, DW 1995. Pollination of cultivated plants in the tropics. FAO Agricultural Services Bulletin No. 118. 198 p.
- Roubik, DW 2000. Feral African bees augment Neotropical coffee yield. In International Symposium on Pollination (1998, Cardiff, Wales, UK). Proceedings. Eds. P.G Kevan, V.L Imperatriz-Fonseca IBRA, International Bee Research Association
- Townsend, GF 1982. Árboles melíferos de trópico. Unasylva 34 (135): 38-39
- Wille, A; Michener, C. 1973. The nest architecture of stingless bees with special reference to those of Costa Rica (Hymenoptera: Apidae). Revista de Biología Tropical 21: 9-278
- Zamora, N; Pennington, T. 2001. Guabas y Cuajiniquiles de Costa Rica (*Inga spp.*). Santo Domingo de Heredia, Editorial IN-BIO. 197 p.
- Zevallos, PA; Pérez, EE. 1990. Determinación del potencial melífero de los bosques secundarios de Pucallpa. Estudio preliminar. Pucallpa, Perú, UNALM/UT/CIID. 95 p
- Zucchi, R; Sakagami, SF; Camargo, IMF 1969. Biological observations on a neotropical parasocial bee *Eulaema nigrita*, with a review of the biology of Euglossinae. A comparative study. Journal of Science Hokkaido University Faculty Ser. VI Zoology 17: 271-380.