

# Diversidad de hormigas en sistemas agroforestales de café contrastantes, en Turrialba, Costa Rica <sup>1</sup>

Nadiejda Barbera<sup>2</sup>; Luko Hilje<sup>3</sup>; Paul Hanson<sup>4</sup>; John T. Longino<sup>5</sup>; Manuel Carballo<sup>3</sup>; Elias de Melo<sup>3</sup>

**Palabras claves:** Agricultura orgánica; *Erythrina poeppigiana*; índices de diversidad; *Pheidole radoszkowskii*; *Solenopsis geminata*.

## RESUMEN

En Mesoamérica, aunque las hormigas pueden alcanzar altos niveles de diversidad en cafetales tradicionales con sombra, se desconoce si otras prácticas como el manejo orgánico también las favorecen. Por lo tanto, se caracterizó la diversidad de hormigas presentes en un gradiente de sistemas agroforestales de café, desde totalmente orgánicos, hasta totalmente convencionales (alto uso de insumos químicos). Hubo diferencias claras en la composición, riqueza y diversidad de especies de hormigas entre los sistemas, alcanzándose los mayores valores en el sistema totalmente orgánico. Sin embargo, éstas se explican por las diferentes edades de los cafetales y su complejidad estructural, y no por su tipo de manejo (orgánico o convencional). Tanto la riqueza como la diversidad de especies de hormigas fueron mayores en el suelo y en los árboles de *Erythrina poeppigiana* que en los arbustos de café. *Solenopsis geminata* fue la especie de hormiga dominante en todos los sistemas, con excepción del sistema totalmente orgánico, donde predominó *Pheidole radoszkowskii*.

**Ant diversity in contrasting agroforestry coffee systems in Turrialba, Costa Rica**

## ABSTRACT

Even though ant species can reach high levels of diversity in traditional coffee plantations in Mesoamerica, it is unknown if other practices, such as organic management, also favor them. Therefore, ant species diversity was studied along a gradient of agroforestry coffee systems, ranging from fully organic to fully conventional (high use of agrochemical inputs). There were clear differences in terms of ant species composition, richness and diversity between systems, with the highest values being attained in the fully organic system. Nevertheless, these differences were due to different ages and structural complexity of the systems and not because of the type of management (organic or conventional). Both ant species richness and diversity were higher in the soil and on *Erythrina poeppigiana* trees than on the coffee plants. *Solenopsis geminata* was the dominant ant species in all systems, except the fully organic one, where *Pheidole radoszkowskii* dominated.

## INTRODUCCIÓN

La producción de café (*Coffea arabica*) mediante métodos orgánicos puede aportar beneficios económicos importantes, como resultado de su venta a precios preferenciales en los países desarrollados. Entre dichos métodos destaca la presencia de árboles de sombra en los cafetales, no solo por sus funciones productivas (p.ej., fuente de madera o frutas) y agronómicas *per se*, sino también por actuar como refugio para aves migratorias y como hábitats para insectos, los cuales alcanzan altos niveles de diversidad en plantaciones con sombra; p.ej., los órdenes Coleoptera (Nestel *et al* 1992), Homoptera (Rojas *et al* 2001) e Hymenoptera (Perfecto *et al* 1996, 1997). Entre este último grupo sobresalen las

hormigas, que son un grupo muy diverso en hábitos alimentarios, contribuyendo en procesos claves de los ecosistemas, incluyendo la regulación de las poblaciones de insectos herbívoros (Way y Khoo 1992).

Este último proceso ocurre gracias al hábito depredador de algunas especies, las cuales no solamente son generalistas, sino que comúnmente incluyen otros rubros en su dieta (Longino y Hanson 1995). Aunque se supone que las hormigas no son eficientes como agentes de control biológico de plagas, algunas evidencias demuestran que pueden serlo (Perfecto y Castiñeiras 1998).

<sup>1</sup> Basado en: Barbera, N. 2001. Diversidad de hormigas en sistemas agroforestales contrastantes de café, en Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, Costa Rica.

<sup>2</sup> M.Sc. en Fitoprotección, CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: nbarbera57@hotmail.com (autora para correspondencia).

<sup>3</sup> Profesores investigadores, CATIE. E-mails: lhilje@catie.ac.cr; mcarball@catie.ac.cr; eliasdem@catie.ac.cr

<sup>4</sup> Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

<sup>5</sup> The Evergreen State College, Olympia, Washington

Desde el punto de vista aplicado, es necesario conocer la funcionalidad de las hormigas en los agroecosistemas cafetaleros y sobre todo, de las especies que podrían actuar como agentes de control biológico, para así establecer recomendaciones acerca de su conservación o su incremento (Vandermeer *et al* 2002). En realidad, se desconoce si otros métodos orgánicos, además del uso de la sombra, podrían favorecerlas. Por lo tanto, en el presente estudio se caracterizó la diversidad de hormigas presentes en sistemas agroforestales contrastantes de café, incluyendo sistemas orgánicos, como fundamento para mejorar la conservación y aprovechamiento de las especies depredadoras en programas de manejo integrado de plagas (MIP).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre mediados de febrero y septiembre del 2001, en seis sistemas de café con *Erythrina poeppigiana* en el CATIE, en Turrialba: totalmente orgánico (TO), levemente orgánico (LO), medianamente orgánico (MO), medianamente convencional (MC), convencional (CN) y comercial (CM). El sistema TO correspondió a una plantación demostrativa de 4 ha de café (var. Caturra) de siete años de edad, con árboles de *E. poeppigiana* mayores de 6 m (Foto A). En este sistema, se hicieron aplicaciones de broza descompuesta, la descumbra de *E. poeppigiana* y la poda del café, así como el combate ocasional de malezas en forma manual. Los sistemas (tratamientos) LO, MO, MC y CN eran

parte de un experimento de 9 ha de café (var. Caturra) menor de un año de edad (Foto B). Estaba subdividida en siete tipos de tratamientos, incluyendo combinaciones de diferentes especies de árboles (de servicio, maderables y/o fijadores de nitrógeno), con varios niveles de insumos (convencionales y orgánicos). El sistema CM correspondió a una plantación comercial de café (var. Costa Rica 95) de 7 ha, cinco años de edad y también asociado con *E. poeppigiana* (Foto C). Este sistema fue manejado con descumbras, podas, fertilizaciones y aplicaciones ocasionales de herbicidas para combatir malezas. Todos los cafetales estaban ubicados en un radio de 1300 m, con distancias de 1 km entre las parcelas experimentales y los sistemas CM y TO, respectivamente, y de 300 m entre el CM y el TO.

En la parcela correspondiente a cada tratamiento (sistema) se eligieron al azar cinco estaciones de muestreo, donde en cada uno de tres hábitats (un arbusto de café, un árbol de *E. poeppigiana* y el suelo), se muestrearon las hormigas mediante trampas (cebo atrayente). La trampa consistió en un cuadrado de cartón absorbente (28 cm<sup>2</sup>), previamente sumergido en una solución de aceite con atún, la cual se colocó en el campo por 30 min. Los muestreos se realizaron en forma quincenal. Para cada fecha se hicieron tres repeticiones de cada muestreo, por lo que se contó con 270 muestras, subdivididas en 45 para cada uno de los seis sistemas estudiados; es decir, 15 por cada hábitat (café, *E. poeppigiana* y suelo).



Aspecto general de tres de los sistemas de producción de café estudiados en esta investigación: totalmente orgánico (TO) (A), convencional (CN) (B) y comercial (CM) (C) CATIE, Turrialba, Costa Rica. Fotos: N. Barbera

Los especímenes fueron identificados por uno de los autores (John Longino). Se contabilizó el número de individuos por cada especie, para graficar las curvas de abundancia de especies y calcular los índices de diversidad (Shannon-Wiener), equidad y similitud (Jaccard) para cada sistema y hábitat (Krebs 1989).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se capturaron 244215 individuos, pertenecientes a 19 especies, en los seis sistemas. De éstas, solamente siete estuvieron presentes en los seis sistemas estudiados: *Solenopsis geminata* (hormiga brava), *Pheidole radoszkowskii*, *P. cocciphaga*, *Tapinoma paratrachina*, *Wasmannia auropunctata* (hormiga de fuego), *Monomorium floricola* y *Brachymirmex* sp. Por su parte, *S. picea* apareció en cuatro de ellos, y las restantes en apenas uno (*Forelius* sp., *Camponotus* sp., *P. simonsi*, *Rogeria tonduzi*, *Pachycondyla obscuricornis* y *Cardiocondyla* sp.) o en dos sistemas (*Azteca* sp., *Odontomachus chelifer*, *Crematogaster curvispinosa*, *Gnamptogenis striatula* y *Ectatomma gibbum*). Las más abundantes fueron *S. geminata* (89%), *P. radoszkowskii* (7%), *P. cocciphaga* (3%), *T. paratrachina* (0,5%) y *W. auropunctata* (0,5%).

El sistema con mayor riqueza de especies fue el **TO** (Cuadro 1). Sin embargo, el número de individuos en cada sistema no coincidió con esta tendencia, ya que su mayor cantidad se observó en el sistema **CN**, y fue menor en los sistemas con más especies (**CM** y **TO**). El índice de diversidad de especies fue mayor para los sistemas **TO** y **CM**, ocupando el **TO** el primer lugar, no solo por su mayor riqueza de especies, sino sobre todo por su mayor equidad (menos contraste en la cantidad de individuos por especie). La mayoría de las especies no dominantes (11) aparecieron en **TO**, exceptuando a *G. striatula*, *Cardiocondyla* sp. y *E. gibbum*, y cinco de ellas (*Forelius* sp., *Camponotus* sp., *P. simonsi*, *R. tonduzi* y *P. obscuricornis*) fueron exclusivas de dicho sistema.

La explicación de estas tendencias en cuanto a la riqueza y diversidad de especies es que los sistemas **TO** y **CM** son los de mayor edad (siete y cinco años, respectivamente), en contraste con los sistemas en parcelas experimentales, menores de un año. La mayor riqueza en el **TO** posiblemente se explica por el mayor tamaño de los árboles de *E. poeppigiana*, así como sus anchos troncos cubiertos de abundantes líquenes y musgos, donde hay hendiduras y hoyos que proporcionan hábitats para las hormigas. Asimismo, la complejidad estructural y la composición florística del sotobosque aportaron microclimas, microhábitats y recursos (sitios de anidación, cantidad y calidad de alimento vegetal y animal, etc.) para especies con distintos hábitos. De hecho, en el sotobosque había muchas plantas de malanga (*Colocasia* sp.) y china (*Impatiens balsamina*), su composición florística era más o menos estable y nunca fue perturbada con la aplicación de herbicidas, como ocurrió en el **CM**.

Además, el valor de diversidad total del sistema **TO** se favoreció por la cantidad de especies de hormigas que visitan a *E. poeppigiana*. Por ejemplo, hubo cuatro especies (*Azteca* sp., *O. chelifer*, *Brachymirmex* sp. y *C. curvispinosus*) que no aparecieron en el café pero sí en *E. poeppigiana* (y dos de ellas también en el suelo), mientras que los números de individuos fueron siempre mayores en *E. poeppigiana* que en el café.

Las curvas de abundancia de especies en general mostraron un patrón análogo en todos los sistemas y hábitats, con la forma de una J invertida, la cual indica que unas pocas especies fueron muy abundantes (dominantes), otras ocuparon una posición intermedia, y la mayoría estuvo representada por pocos individuos. La especie dominante en la comunidad de hormigas en los cafetales fue *S. geminata*, con 86-96% del total de individuos (Cuadro 2), seguida por *P. radoszkowskii*. Los valores iguales o superiores al 90% se registraron en las

**Cuadro 1.** Especies, individuos e índices de diversidad y equidad de hormigas en seis sistemas de café en el CATIE, Turrialba, Costa Rica

	TO	LO	MO	MC	CN	CM
No. especies	16	8	8	9	9	12
No. individuos	10357	37443	39412	65889	72075	19039
Índice de diversidad (H)	1,68	0,38	0,28	0,22	0,42	0,55
Índice de equidad (E)	0,60	0,18	0,13	0,10	0,19	0,22

Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial

parcelas experimentales (**LO, MO, MC** y **CN**); y dentro de éstos, sus números fueron mayores en los sistemas convencionales (**MC** y **CN**) que en los orgánicos (**LO** y **MO**). *P. radoszkowskii* fue co-dominante, pero con valores bajos (3-10%), aunque en el sistema **TO** alcanzó el 46%, e incluso superó a *S. Geminata*. En las parcelas experimentales, los valores fueron de apenas 3-5%, y no hubo un contraste claro entre los sistemas convencionales y los orgánicos; los números fueron más parecidos entre los sistemas **MO** y **MC** que entre **LO** y **CN**.

*S. geminata* es común en áreas abiertas, monocultivos o cuando se elimina la sombra en los cafetales (Perfecto 1994; Perfecto y Vandermeer 1996). Por tanto, sus números fueron bajos en la parcela **TO**, la cual tenía árboles grandes de *E. poeppigiana*, de más de 6 m, y algunos de laurel (*Cordia alliodora*). Asimismo, el ambiente era muy húmedo, y el suelo siempre estaba húmedo y cubierto por un denso manto de hojarasca. Bajo estas condiciones, *S. geminata* queda en desventaja con respecto a *P. radoszkowskii* (Perfecto 1994), cuyos nidos generalmente se encuentran cerca de troncos muertos, en el suelo. Aunque *P. radoszkowskii* se encontró en todos los hábitats de todos los sistemas evaluados, la abundancia sobre el suelo en el sistema **TO** de ramas gruesas resultantes de las fuertes podas a *E. poeppigiana*, proporcionó microhábitats favorables para esta especie. Además, *S. geminata* es un competidor ineficiente, pues aunque sus individuos son muy móviles, su principal estrategia de alimentación es la protección y defensa de los recursos (Perfecto 1994). En cambio, *P. radoszkowskii* tiene mayor capacidad para localizar recursos que *S. geminata* (Perfecto 1994) y, aunque sus colonias no son tan grandes y abundantes como las de *S. geminata*, su capacidad de reclutamiento (atracción de miembros de la misma co-

lonia a sitios donde su trabajo es necesario) es mayor, lo cual le da una ventaja competitiva (Perfecto 1994, Perfecto y Vandermeer 1996).

Al considerar la composición de especies por hábitat, *S. geminata* y *P. radoszkowskii* fueron abundantes en los tres hábitats en todos los sistemas (Cuadro 3). En las parcelas experimentales (**LO, MO, MC** y **CN**), las cantidades de hormigas fueron mucho mayores en el suelo y en los árboles de *E. poeppigiana* que en los arbustos de café. La mayor abundancia de ambas especies en el suelo se explica por sus hábitos de anidación, mientras que su visita frecuente a los árboles de *E. poeppigiana* se relaciona con la presencia de nectarios extraflorales en el follaje. Aún en las parcelas experimentales, a pesar del pequeño tamaño de los arbolitos de *E. poeppigiana*, hubo suficiente follaje para ser atractivo para éstas y otras especies.

Al analizar la diversidad de especies por hábitat se encontró el 37% de las especies en el suelo, 36% en los árboles de *E. poeppigiana* y 27% en los arbustos de café. El mayor valor del índice de diversidad fue para *E. poeppigiana* en **TO** (superando al índice de diversidad del sistema **TO**), seguido por el suelo y el café del mismo sistema (Cuadro 4). Asimismo, en las parcelas experimentales, casi siempre la secuencia fue *E. poeppigiana*>suelo>café, excepto en **CN**, donde el suelo ocupó el primer lugar. Por el contrario, para el sistema **CM** fue el café el que ocupó el primer lugar, seguido por *E. poeppigiana* y el suelo.

En cuanto a la similitud de especies entre los sistemas, el índice de Jaccard reveló que los más parecidos entre sí fueron los sistemas orgánicos (**LO** y **MO**), así como los convencionales (**MC** y **CN**), todos en las parcelas experimentales (Cuadro 5). Asimismo, los sistemas más

**Cuadro 2.** Números absolutos y porcentuales de individuos de las cinco especies de hormigas más abundantes en seis sistemas de café en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Especie	TO		LO		MO		MC		CN		CM	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
<i>Solenopsis geminata</i>	1624	16	34235	91	36841	93	62956	96	64511	90	16397	86
<i>Pheidole radoszkowskii</i>	4741	46	1352	4	2106	5	2178	3	3834	5	1813	10
<i>Pheidole cocciphaga</i>	1396	13	1571	4	413	1	348	1	3535	5	199	1
<i>Tapinoma paratrachina</i>	779	8	165	0	22	0	102	0	23	0	246	1
<i>Wasmannia auropunctata</i>	801	8	2	0	4	0	6	0	3	0	319	2

Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial.

**Cuadro 3.** Números absolutos y porcentuales de individuos de las cinco especies de hormigas más abundantes en los diferentes hábitats (café, *Erythrina poeppigiana* y suelo) de seis sistemas de café en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	HÁBITAT	ESPECIE									
		<i>Solenopsis geminata</i>		<i>Pheidole radoszkowskii</i>		<i>Pheidole cocciphaga</i>		<i>Tapinoma paratrachina</i>		<i>Wasmannia auropunctata</i>	
		No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
TO	C	306	8	2808	75	103	3	62	2	306	8
	P	757	20	1443	38	335	9	110	3	453	12
	S	561	20	490	17	958	34	607	22	42	1
LO	C	2981	99	22	1	2	0	2	0	0	0
	P	10057	82	853	7	1155	9	144	1	0	0
	S	21197	96	477	2	414	2	19	0	2	0
MO	C	2950	96	122	4	0	0	0	0	0	0
	P	14144	90	1443	9	148	1	14	0	0	0
	S	19747	96	541	3	265	1	8	0	4	0
MC	C	6712	95	230	3	141	2	4	0	6	0
	P	25222	93	1521	6	141	1	86	0	0	0
	S	31022	98	427	1	66	0	12	0	0	0
CN	C	8028	94	443	5	29	0	0	0	3	0
	P	28878	91	1514	5	1148	4	8	0	0	0
	S	27605	86	1877	6	2358	7	15	0	0	0
CM	C	5507	78	1079	15	29	0	206	3	241	3
	P	4710	88	455	8	69	1	32	1	72	1
	S	6180	94	279	4	101	2	8	0	6	0

Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial Hábitats: C= café; P= *E. poeppigiana*; S= Suelo

**Cuadro 4.** Índices de diversidad (Shannon-Wiener) para las especies de hormigas, según los hábitats (café, *Erythrina poeppigiana* y suelo) en seis sistemas de café en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

SISTEMA DE PRODUCCION	HÁBITATS		
	Café (C)	<i>E. poeppigiana</i> (P)	Suelo (S)
Totalmente orgánico (TO)	0,98	1,76	1,62
Levemente orgánico (LO)	0,06	0,67	0,21
Medianamente orgánico (MO)	0,17	0,37	0,20
Medianamente convencional (MC)	0,25	0,27	0,14
Convencional (CN)	0,24	0,37	0,50
Comercial (CM)	0,74	0,48	0,30

disímiles fueron el **TO** y los otros dos sistemas orgánicos (**LO** y **MO**) Al considerar la similitud de especies según el hábitat, dentro de cada sistema, el índice de Jaccard reveló que los hábitats más parecidos entre sí fueron *E. poeppigiana*-suelo y café-suelo en el sistema **TO**, seguidos por *E. poeppigiana*-suelo en los sistemas **MO** y **CN** (Cuadro 6).

Hay reportes de que las dos especies dominantes, así como varias de las no dominantes pueden actuar como depredadoras de insectos en café u otros sistemas agrícolas (Longino y Hanson 1995; Perfecto y Castiñeiras 1998). Aunque las hormigas depredadoras normalmente son generalistas, quizás podrían depredar plagas importantes en sistemas agroforestales mesoamericanos, como la broca del café (*Hypothenemus hampei*) o el barrenador *Hypsipyla grandella*, que ataca a los cedros (*Cedrela odorata*) y caobas (*Swietenia spp.*) establecidos

en cafetales. Sin embargo, para ello posiblemente sería necesario optimizar los requerimientos de hábitat de dichas especies, de modo que incrementen sus poblaciones y puedan depredar a estas plagas de manera preventiva, antes de que causen un daño irreversible

**Cuadro 5.** Índices de similitud (Jaccard) para la composición de especies de hormigas, entre seis sistemas de café en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

	TO	LO	MO	MC	CN	CM
TO	-	0,41	0,41	0,47	0,47	0,65
LO		-	1,00	0,70	0,70	0,53
MO			-	0,70	0,70	0,53
MC				-	0,80	0,62
CN					-	0,75

Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial

**Cuadro 6.** Índices de similitud (Jaccard) para las especies de hormigas entre pares de hábitats (café, *Erythrina poeppigiana* y suelo) en cada uno de seis sistemas de café en el CATIE, Turrialba, Costa Rica.

	C - P	C - S	P - S
TO	0,69	0,78	0,88
LO	0,71	0,71	0,00
MO	0,28	0,28	0,75
MC	0,71	0,63	0,63
CN	0,57	0,44	0,75
CM	0,60	0,55	0,55

Sistemas: TO = totalmente orgánico; LO = levemente orgánico; MO = medianamente orgánico; MC = medianamente convencional; CN = convencional; CM = comercial Hábitats: C = café; P = *E. poeppigiana*; S = suelo.

## CONCLUSIONES

- *S. geminata* fue la especie dominante en todos los sistemas, con excepción del sistema totalmente orgánico, donde predominó *P. radoszkowskii*.
- Hubo diferencias claras en la composición, riqueza y diversidad de especies de hormigas, alcanzándose los mayores valores de estas variables en el sistema totalmente orgánico. Sin embargo, éstas se explican por la edad de los cafetales y su complejidad estructural, y no por su tipo de manejo, orgánico o convencional.
- Tanto la riqueza como la diversidad de especies fueron mayores en los árboles de *E. poeppigiana* y en el suelo que en los arbustos de café, lo cual reafirma la importancia de este árbol de sombra para favorecer la biodiversidad en cafetales.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Krebs, CJ 1989. Ecological methodology. New York Harper & Row 654 p
- Longino, JT; Hanson, PE 1995. The ants (Formicidae) *In* Hanson, PE; Gauld, ID The Hymenoptera of Costa Rica New York, Oxford University Press/The Natural History Museum 893 p
- Nestel, D; Dickschen, F; Altieri, M 1992. Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2: 70-78
- Perfecto, I. 1994. Foraging behavior as a determinant of asymmetric competitive interaction between two ant species in a tropical agroecosystem *Oecologia* 98: 184-192
- Perfecto, I; Castiñeiras, A. 1998. Deployment of the predaceous ants and their conservation in agroecosystems. *In* Barbosa, P. ed Conservation biological control New York Academic Press. p 269-289.
- Perfecto, I; Rice, RA; Greenberg, R; Van der Voort, M. 1996. Shade coffee: A disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8): 598-608
- Perfecto, I; Vandermeer, J. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia* 108: 577-583.
- Perfecto, I; Vandermeer, J; Hanson, P; Cartín, V. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem *Biodiversity and Conservation* 6: 935-945.
- Rojas, L; Godoy, C; Hanson, P; Kleinn, C; Hilje, L. 2001. Hopper (Homoptera: Auchenorrhyncha) diversity in shaded coffee systems of Turrialba, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53(2): 171-177
- Vandermeer, J; Perfecto, I; Ibarra Nuñez, G; Phillpot, S; Garcia Ballinas, A. 2002. Ants (*Azteca* sp) as potential biological control agents in shade coffee production in Chiapas, Mexico *Agroforestry Systems* 56 (3): 271 - 276.
- Way, MJ; Khoo, KC. 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology* 37: 479-503.