

ACTAS DEL SIMPOSIO CAFÉ Y BIODIVERSIDAD



1. Diversidad de artrópodos en los agroecosistemas cafeteros <i>Inge Armbrrecht e Ivette Perfecto</i>	11
2. ¿Se mantiene la diversidad de hormigas con el cambio de bosque mesófilo a cafetales? <i>Martha Patricia Ramos-Suárez, Helda Morales, Lorena Ruiz-Montoya, Lorena Soto-Pinto y Patricia Rojas-Fernández</i>	17
3. Composición y fenología de la comunidad de árboles en el cafetal con sombra de la hacienda La Luz, Volcán Mombacho, Nicaragua <i>Kimberly Williams-Guillén y Colleen M. McCann</i>	31
4. Apoyando el inventario y manejo de la diversidad biológica en cafetales de sombra salvadoreños. <i>Alex Monro & Ian Gauld</i>	39
5. Diversidad y abundancia de Quirópteros en plantaciones de café bajo sombra en Palajunoj, Quetzaltenango, Guatemala <i>Lemuel Valle y Lorena Calvo</i>	51
6. Evaluando el éxito de conservación: comunidades de aves a través de un gradiente de intensidad de manejo de café de sombra en Chiapas, México <i>Thomas Dietsch y Alexandre Mas</i>	53
7. Efectos del estrato de sombra sobre poblaciones de anfibios, reptiles y aves en plantaciones de café de El Salvador: implicaciones para programas de certificación <i>Oliver Komar & Juan Pablo Domínguez</i>	61
8. Sombra, medios rural y conservación en pequeñas fincas y cooperativas cafetaleras del occidente de El Salvador <i>Ernesto Méndez</i>	63
9. Agroquímicos: impacto ambiental y salud en cafetales <i>Jaime Mauricio Arana Flamenco</i>	71



1. DIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS EN LOS AGROECOSISTEMAS CAFETEROS

Inge Armbrecht^{1,2} e Ivette Perfecto²

¹Universidad del Valle, Departamento de Biología, Apartado Aéreo 25360, Cali, Colombia. c.e.: iarmbrec@umich.edu

²University of Michigan, School of Natural Resources and Environment. Dana Building, 430 East University, Ann Arbor, MI, 48109-1115. c.e.: perfecto@umich.edu

EL PROBLEMA

Mundialmente se reconoce que nuestro planeta está sufriendo la mayor crisis de biodiversidad conocidas en su historia. La tasa actual de extinción de especies biológicas es quizá de las más altas en toda la historia del planeta (Pimm 1998) y la única ocasionada por una sola especie: *Homo sapiens*. La alteración humana de los ecosistemas naturales tiene múltiples componentes. Sin embargo, una de las causas más importantes de la pérdida de especies biológicas es la expansión de la frontera agrícola y la intensificación de la agricultura (Swift *et al.* 1996), que conlleva la pérdida de los hábitat naturales para los organismos silvestres (Paoletti *et al.* 1992). La intensificación e industrialización de la agricultura han dado como resultado extensos monocultivos dependientes de altos insumos de agua, fertilizantes, herbicidas y pesticidas (Matson *et al.* 1997), que afectan negativamente a la biodiversidad silvestre.

IMPORTANCIA DE LOS ARTRÓPODOS

Los artrópodos, en especial los insectos, constituyen el 90% de las especies en los trópicos (Pimentel *et al.* 1992), siendo un componente importantísimo de los sistemas agrícolas, incluyendo los cafetales. Un aumento de la diversidad no es concomitante con un aumento de las plagas en un cultivo. Por ejemplo, si aumenta la diversidad de insectos en el agroecosistema, está aumentando, bien sea el número de especies cumpliendo diferentes funciones o la equitativa proporción de sus abundancias, es decir su equitatividad. El aumento de ambas variables (numero de especies y equitatividad) podría beneficiar al agricultor en general, pues un brote de una plaga es, en principio, un desequilibrio en el sistema en donde la diversidad baja. Los insecticidas y agroquímicos usados irracionalmente exacerbaban este desequilibrio (Van den Bosch 1978).

La biodiversidad en un cultivo se puede categorizar en dos grupos, la planeada y la asociada (Perfecto

et al. 1997; Vandermeer *et al.* 1998). La primera incluye las plantas o animales que el agricultor deliberadamente decide incorporar al sistema (ej. el cultivo), mientras que la segunda incluye otra biota que llega o se asocia sin que el agricultor lo haya planificado directamente, pero que influye en la productividad del sitio (Vandermeer *et al.* 1998), ej. malezas, plantas benéficas, plagas, depredadores, parásitos y microorganismos del suelo. La biodiversidad asociada de artrópodos en cultivos como cafetales puede promover funciones como el control de plagas. Este fenómeno conocido como "resistencia de asociación" (Andow 1991) es explicado por dos hipótesis: la "hipótesis de los enemigos" y la de "concentración de recursos" (Vandermeer 1989, Root 1973). La primera establece que puesto que los enemigos naturales (especialistas y generalistas) son más abundantes en los policultivos, estos enemigos reducen las plagas más en policultivos que en monocultivos. La segunda plantea que los herbívoros, sobretudo monófagos, tienden a encontrarse y permanecer más en las plantas hospederas cuando están concentradas, de modo que en los policultivos las plagas especializadas se alejan o repelen de su hospedero debido al efecto de las plantas asociadas y que la plaga no puede encontrar eficientemente a su hospedero por esta interferencia.

LOS CAFETALES Y LOS ARTRÓPODOS

El sistema de cafetales es quizás uno de los casos más ilustrativos de cómo la intensificación de la agricultura afecta negativamente a la biodiversidad tropical.

Los diferentes sistemas de cultivo del café se pueden ordenar constituyendo un gradiente de intensificación: el café tradicionalmente se cultivaba bajo un dosel de árboles de sombra, que podían ser los mismos que constituían el bosque original de la zona, al cual sólo se le retiraban las plantas bajas para reemplazarlas por plantas de café. Este sistema de sombra fue siendo reemplazado por un modelo que

sostiene plantaciones de café con muy poca o ninguna sombra (Perfecto and Vandermeer 1994, Perfecto *et al.* 1996). Al disminuir la sombra de árboles se reduce la complejidad estructural del cultivo, cambia el microclima de los cafetales y disminuyen la complejidad estructural y nichos ecológicos para aves, mamíferos, artrópodos, anfibios y otros (Gallina *et al.* 1996; Moguel y Toledo 1999).

Esta situación ha generado la atención de la comunidad científica, que se cuestiona cómo y por qué cambia la biodiversidad asociada de acuerdo al sistema y manejo de los cafetales. Perfecto *et al.* (1996) calcularon que cerca del 50% del área de producción de café para el norte de Latinoamérica había sido convertido a café moderno sin sombra, un proceso que comenzó en los años 50, pero que se dio diferencialmente en los diferentes países, desde el 15% en México hasta el 60% en Colombia.

ESTUDIOS SOBRE BIODIVERSIDAD DE ARTRÓPODOS ASOCIADOS A CAFETALES

En la literatura sobre biodiversidad de artrópodos en cafetales se registran numerosos estudios que implican artrópodos en general, pero principalmente hormigas, mariposas (diurnas y nocturnas), arañas, avispas, coleópteros y homópteros. Es difícil generalizar resultados dada la variedad de condiciones e hipótesis evaluadas en estos estudios, pero en general se ha encontrado que la diversidad estructural de la vegetación está asociada con una mayor diversidad de artrópodos.

Morón y López-Méndez (1985) reportaron, en cafetales mixtos con diversas especies de árboles de sombra en Soconusco, México, 27.000 artrópodos pertenecientes a 78 familias de insectos, arácnidos, miriápodos y ácaros solamente en el suelo. En este mismo sitio, Ibarra-Núñez (1990) encontró, en 37 muestreos en cafetos con aspiradora D-VAC, 258 familias y cerca de 40.000 individuos de artrópodos. Aunque los fitófagos predominaron en abundancia y variedad, el 42% del total de las especies fueron enemigos naturales. Al analizar datos de tres familias de arañas en tan sólo tres fincas cafeteras de Chiapas, tomados a lo largo de 11 años, Ibarra-Núñez y García-Ballinas (1998) encontraron 87 especies que representaron el 14% de las especies de todo México. El cultivo de café orgánico tuvo más abundancia de insectos benéficos.

Por cerca de una década de estudios en cafetales

de Costa Rica y México, Perfecto y sus colegas han estado encontrando repetidamente reducciones significativas de hormigas que forrajean en el suelo, a medida que la vegetación de sombra se simplifica tanto estructural como taxonómicamente (Perfecto *et al.* 1996 and 1997, Perfecto and Vandermeer en prensa). Estos investigadores han propuesto algunos mecanismos como responsables de estas diferencias, entre los que se cuentan: condiciones microclimáticas, disponibilidad de alimento, disponibilidad de sitios de nidificación e interacciones con otras especies (i.e. Perfecto and Vandermeer 1996). En discusiones se reta la visión generalizada de que los sistemas agrícolas (como el café) son "desiertos biológicos" para rescatar en cambio el gran potencial que pueden tener para la preservación de la fauna y flora si son adecuadamente manejados. Se sugiere por tanto que los agro-ecosistemas pueden ser compatibles con los objetivos conservacionistas.

Greenberg y colegas (2000) encontraron, en sus experimentos con aves en Guatemala, que el café de sombra soportaba mayor abundancia de insectos. Sin embargo, Wunderle and Latta (1996) reportaron el resultado contrario en cafetales de la República Dominicana, en donde la abundancia de insectos fue mayor en cafetales de sol. Esta abundancia (diferente a diversidad) puede significar mayor sustento para las aves. Moguel y Toledo (1999) revisaron exhaustivamente la literatura en México y encontraron no sólo que los cafetales tradicionales (de sombra) son de inmensa importancia para preservar una alta biodiversidad de varios taxa, incluyendo artrópodos, sino que las zonas cafeteras coinciden con regiones de altos endemismos y riqueza biológica en este país. De este modo, la importancia de estas plantaciones se ilustra no sólo a escala local, sino también a escala regional o biogeográfica. Otras revisiones de literatura sobre artrópodos en cafetales a nivel de Mesoamérica (Schroth *et al.* 2000) o a nivel mundial (Beer *et al.* 1998, Rao *et al.* 2000), no son concluyentes específicamente con el tema de la diversidad asociada a la presencia de sombra, pero evalúan ventajas y desventajas que puede tener el sombrío en los cafetales con respecto a los artrópodos asociados.

El tipo de sombra también puede tener un efecto en la abundancia y diversidad de artrópodos. Johnson (2000), en Jamaica, encontró que los artrópodos del dosel son diferentes a los encontrados en arbustos de cafetos, además son cuatro veces más abun-

dantes en este estrato (dosel). También los árboles de *Inga* sostenían cuatro veces más artrópodos que *Pseudalbizia*. El manejo (e.g. podas) influencia la abundancia de artrópodos, que es mayor en zonas no podadas. Ackerman *et al.* (1998), en una revisión de *Inga* concluyeron que el género tiene buen potencial para ser aprovechado en programas de manejo integrado de plagas, debido al tipo y canti-

dad de artrópodos que atraen sus nectarios extraflorales, reduciendo la necesidad de pesticidas y aumentando la biodiversidad asociada en el cultivo. Además de los estudios ya mencionados, otros también han encontrado que la calidad del hábitat cafetero influencia la abundancia y diversidad de artrópodos (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Otros estudios conocidos en cafetales con hormigas, en el cual el hábitat cafetero se tiene en consideración o se hace posible evaluarlo con la información suministrada por los autores.

País	Referencia	Grupo/tema foco	Hubo efecto por hábitat
México	Perfecto and Vandermeer en prensa	Hormigas atraídas a cebos	si
México	Armbrecht and Perfecto en prensa	Anidamiento en ramitas	si
Panamá	Roberts <i>et al.</i> 2000	Legionarias (<i>Eciton</i> y <i>Labidus</i>)	si
Costa Rica	Perfecto and Vandermeer 1994	Hormigas atraídas a cebos	si
Costa Rica	Perfecto and Vandermeer 1996	Relaciones competitivas	si
Costa Rica	Perfecto and Snelling 1995	Hormigas atraídas a cebos	si
Puerto Rico	Torres 1984*	Observación directa	si
México	Nestel and Dickschen 1990**	Dinámica de forrajeo	si
Colombia	Sadeghian 2000	Mesoorganismos suelo: hormigas	si
Colombia	Sossa and Fernández 2000***	Hormigas del suelo	?
Colombia	Armbrecht 2001	(estudio en ejecución), hojarasca	si

* La Tabla 1 de este estudio muestra una riqueza del agroecosistema comparable con la del bosque.

** Este estudio mostró aumento en la actividad forrajera en cultivos a plena exposición, debido a la hormiga de fuego *Solenopsis geminata* que es muy activa en lugares abiertos.

*** Aunque los autores contaron menos individuos en cafetales con sombra, en la tabla 10-2, el cafetal con sombra excede en nueve especies (30) al cafetal de sol y en dos especies más de otros himenópteros no Formicidae. El esfuerzo de muestreo se reporta como el mismo.

Tabla 2. Estudios que permiten evaluar la diversidad habitacional en cafetales con la diversidad (o abundancia) de artrópodos diferentes a las hormigas.

País	Referencia	Grupo/tema foco	Hubo efecto por hábitat
Colombia	Sadeghian 2000	mesorganismos suelo	si
Colombia	Molina 2000	Escarabajos coprófagos	si
México	Estrada <i>et al.</i> 1998	Coleópteros carroñeros	si
México	Nestel <i>et al.</i> 1993	Macro-coleópteros	si
México	Ibarra-Núñez 1995	Homoptera y hormigas	si
México	Mas 1999	Mariposas diurnas	si
México	Nestel and Dickschen 1994*	plaga: minador	no
Costa Rica	Rickets <i>et al.</i> 2001**	Polillas (mariposas nocturnas)	no
Costa Rica	Rojas <i>et al.</i> 1999	Saltahojas	si

* Efecto deseable para el agricultor ya que esta plaga no aumenta con la sombra (no se evalúa diversidad en este caso ya que se analiza una sola especie).

** No hubo efecto de la calidad de la matriz sobre la diversidad de palomillas, sino únicamente influencia de la cercanía a fragmentos de bosque.

Es evidente que la producción ha jugado un papel importante en la transformación del cultivo de café, y que a niveles muy altos de sombra no se logran los niveles máximos de producción (tampoco se requieren tantos insumos). Es también cierto que la diversidad biológica de artrópodos puede propor-

cionar recompensas económicas y sustentabilidad a los productores de café, aunque a veces no se percaten de ello. Es posible que los altos insumos (costos) que los monocultivos modernos requieren, sean en parte necesarios para reemplazar a las funciones que no desempeña la biodiversidad perdida en

el proceso de intensificación del cultivo de café, aunque esto debe ser examinado con rigor científico.

Es entonces deseable buscar una alternativa que sea beneficiosa, tanto para la diversidad de organismos biológicos, como para la producción. Se considera la posibilidad muy sugestiva que la diversidad está reduciendo los riesgos de aparición de plagas. ¿La pregunta es si la eliminación de la sombra en los últimos tiempos se relaciona con brotes de plagas e incremento de este tipo de problemas en cafetales?

Es por tanto de gran importancia que la investigación se dirija hacia la definición de un café ambientalmente amigable, que busque como conjugar los parámetros para obtener niveles aceptables de producción y al mismo tiempo recuperar la biodiversidad asociada, promocionando el café de sombra. Un paso simultáneo es hacer conocer estos esfuerzos por parte de la comunidad internacional y situar el mercado de café ambientalmente amigable como prioritario. Las medidas incluirían no solamente acciones a nivel del cultivo sino también en la protección de cuencas, reservas naturales, corredores, es decir, el manejo a escala de paisaje. La reducción de los insumos químicos, combinado con la preservación de cuencas traen beneficios como el mejoramiento de la calidad y cantidad de las aguas y la reducción de la erosión, lo que se traduce en sustentabilidad a largo plazo. La motivación por parte de fuerzas externas, sobre todo los países a los que se exporta el café, es de gran importancia en todo este proceso.

LITERATURA CITADA

- Ackerman, I., E.I. McCallie, and E.C.M. Fernández. 1998. *Inga* and insects: the potential for management in agroforestry, 117-139. In Pennington, T.D. and E.C.M. Fernández, eds., *The genus Inga: utilization*. The Royal Botanical Gardens, Kew. U.K.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* 36:561-586.
- Armbrecht, I and I. Perfecto. 2001. Diversidad y potencial de depredación de hormigas de hojarasca en un fragmento de bosque y dos cafetales de diferente calidad de hábitat en el sur de México, pp. 88. In Sánchez, P., A. Morales y H.F. López-Arévalo, eds., *Libro de Resúmenes. V Congreso Internacional de Manejo de Fauna Silvestre en la Amazonía y Latinoamérica*. Universidad Nacional de Colombia-Fundación Natura. Cartagena, Colombia.
- Armbrecht, I. (estudio en ejecución, resultados parciales). *Pérdida de diversidad y función de hormigas de hojarasca en un gradiente de intensificación de plantaciones de café en Colombia*. Dissertation doctoral, University of Michigan, Ann. Arbor.
- Beer, J., R. Muscheler, D. Kass, and E. Somarriba. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada, A.A. Dadda and P. Cammarano. 1998. Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *J. Trop. Ecol.* 14: 577-593.
- Gallina, S., S. Mandujano and A. González-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of central Veracruz, Mexico. *Agroforestry Systems* 33:13-27.
- Greenberg, R., P. Bichier, A. Cruz, C. MacVean, R. Pérez and E. Cano. 2000. The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations. *Ecol.* 81:1750-1755.
- Ibarra-Núñez, G. 1990. Los artrópodos asociados a cafetos en un cafetal mixto del Soconusco, Chiapas, México, Variedad y abundancia. *Folia Entomológica Mexicana* 79:207-231.
- Ibarra-Núñez, G., J.A. García and M.A. Moreno. 1995. Diferencias entre un cafetal orgánico y uno convencional en cuanto a diversidad y abundancia de dos grupos de insectos, pp. 115-129. In *Memorias Primera Conferencia Internacional IFOAM sobre café orgánico*. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Ibarra-Núñez, G., and J.A. García-Ballinas. 1998. Diversidad de tres familias de arañas tejedoras (Araneae: Araneidae, Tetragnathidae, Theridiidae) en cafetales del Soconusco, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 102:11-20.
- Johnson, M. D. 2000. Effects of shade-tree species and crop structure on the winter arthropod and bird communities in a Jamaican shade coffee plantation. *Biotropica* 32:133-145.
- Mas, A.H. 1999. *Butterflies as biodiversity indicators*

- and shade coffee certification in Chiapas, Mexico. M.Sc. Thesis University of Michigan, School of Natural Resources and Environment, Ann Arbor, Michigan, U.S.
- Matson, P. A.W J. Parton, A.G. Power, M.J. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277:504-509.
- Moguel, P., and V.M. Toledo. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13:11-21.
- Moron, M.A: and J.A. López-Méndez. 1985. Analysis of the necrophilic fauna of a coffee plantation in Soconusco Chiapas Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*. 63:47-60.
- Molina, J. 2000. Diversidad de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en matrices de la zona cafetera (Quindío-Colombia), pp. 29. In Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, eds., *Memorias Foro Internacional Café y Biodiversidad*. Agosto 10-12, Chinchiná, Colombia.
- Nestel, D. and F. Dickschen. 1990. Foraging kinetics of ground ant communities in different mexican coffee agroecosystems. *Oecologia*. 84:58-63.
- Nestel, D., F. Dickschen, and M. A. Altieri. 1993. Diversity patterns of soil macro-Coleoptera in Mexican shaded and unshaded coffee agroecosystems: an indication of habitat perturbation. *Biodiversity and Conservation* 2:70-78.
- Nestel, D., F. Dickschen, and M.A. Altieri. 1994. Seasonal and spatial population loads of a tropical insect: the case of the coffee leaf-miner in Mexico. *Ecological Entomology*. 19(2) 159-167.
- Paoletti, M.G., D. Pimentel, B.R. Stinner and D. Stinner. 1992. Agroecosystem biodiversity: matching production and conservation biology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 40:3-23.
- Perfecto, I. and J. Vandermeer. 1993. Distribution and turnover rate of a population of *Atta cephalotes* in a tropical rain forest in Costa Rica. *Biotropica* 25:316-321.
- Perfecto, I. and R. Snelling. 1995. Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations. *Ecological Applications*. 5:1084-1097.
- Perfecto, I. and J. Vandermeer. 1996. Microclimatic changes and the indirect loss of ant diversity in a tropical agroecosystem. *Oecologia*. 108:577-582.
- Perfecto, I., R.A. Rice, R. Greenberg and M.E. Van der Voort. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience* 46:598-608.
- Perfecto, I., J. Vandermeer, P. Hanson and V. Cartin. 1997. Arthropod diversity loss and the transformation of a tropical agroecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6:935-945.
- Perfecto, I. and J. Vandermeer. (In press). The quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. *Conservation Biology*.
- Pimm, S.L. 1998. Extinction, pp. 20-38. In. W.J. Sutherland, ed., *Conservation: Science and Action*. Blackwell Science Ltd. Oxford.
- Pimentel, D., U. Stachow, D.A. Takacs, H.W. Brubaker, A.R. Dumas, J.J. Meaney, J.A.S. O'Neil, D.E. Onsi, and D.B. Corzilius. 1992. Conserving biological diversity in agricultural/forestry systems. *BioScience* 42:354-362.
- Rao, M.R., M.P. Singh, and R. Day. 2000. Insect pest problems in tropical agroforestry systems: contributory factors and strategies for management. *Agroforestry Systems* 50:243-277
- Ricketts, T.H., G.C. Daily, P.R. Ehrlich and J.P. Fay. 2001. Countryside biogeography of moths in a fragmented landscape: biodiversity in native and agricultural habitats. *Conservation Biology* 15:378-388.
- Roberts, D.L., R.J. Cooper and L.J. Petit. 2000. Use of premontane moist forest and shade coffee agroecosystems by army ants in western Panama. *Conservation Biology* 14:192-199.
- Rojas, L., C. Godoy, P. Hanson, C. Kleinn and L. Hilje. 1999. (manuscript). *Diversity of hoppers (Homoptera: Auchenorrhyncha) in coffee plantations with different types of shade in Turrialba, Costa Rica*.
- Root, R.B. 1973. Organization of plant-arthropod associations in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43:95-124.
- Sadeghian, S., 2000. Diversidad de meso organismos del suelo en la zona cafetera, pp. 20 in Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, eds. *Memorias Foro Internacional Café y Biodiversidad*. Agosto 10-12, Chinchiná, Colombia.
- Schroth, G., U. Krauss, L. Gasparotto, J.A. Duarte-Aguilar, and K. Vohland. 2000. Pests and diseases in agroforestry systems of the humid tropics. *Agroforestry Systems* 50:199-241.
- Sossa, J. and F. Fernández. 2000. Himenópteros

- de la franja cafetera del departamento del Quindío, pp. 168-180 En Numa. C. and L.P. Romero, eds. *Biodiversidad y sistemas de producción cafetera en el departamento del Quindío*. Instituto Alexander von Humboldt. Dic. 2000. Bogotá, Colombia.
- Swift, M.J., J.Vandermeer, P.S. Ramakrishnan, J.M. Anderson, C.K. Ong and B.A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. pp 261-298. In H.A. Mooney, J.H. Cushman, E. Medina, O.E. Sala and E.D. Schulze, eds. *Functional Roles of Biodiversity: a global perspective*. John Wiley and Sons Ltd.
- Torres, J.A. 1984. Diversity and distribution of ant communities in Puerto Rico. *Biotropica* 16:296-303.
- Van den Bosch, R. 1978. *The pesticide conspiracy*. Doubleday and Company, Inc. Garden City, New York.
- Vandermeer, J. 1989. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
- Vandermeer, J., M. Van Noordwijk, J. Anderson, C. Ong, and I. Perfecto. 1998. Global change and multi-species agroecosystems» concepts and issues. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 67:1-22.
- Wunderle, J. and S.C. Latta. 1996. Avian abundance in sun and shade coffee plantations and remnant pine forest in the cordillera Central, Dominican Republic. *Omitología Neotropical* 7:19-34.