

Influencia de la Diversidad de Especies de Plantas en la Incidencia de Plagas dentro de Cultivos en Sistemas Agroforestales¹

HELIODORO ARGUELLO-ARIAS²

RESUMEN. La diversidad de especies ha sido un tema de gran controversia en relación a la estabilidad de los ecosistemas. En esta revisión de literatura se hace énfasis en sus efectos sobre sistemas agroforestales. Cabe anotarse que, aunque se ha discutido acerca de los posibles efectos de la diversidad de especies, son muy pocos los ejemplos que la práctica experimental ha podido mostrar con alguna claridad.

Se presentan las evidencias de los cambios al aumentar la diversidad y las hipótesis relevantes acerca del mecanismo responsable de las diferencias observadas en la abundancia de herbívoros en sistemas diversificados comparados con los menos diversos. También se presentan evidencias de los cambios al reducir la diversidad como una forma de relacionar el impacto de los disturbios.

Finalmente, se relacionan el hábitat y el control biológico, tomando ejemplos que confrontan la importancia de los enemigos naturales que controlan insectos herbívoros en hábitats poco disturbados en comparación con hábitats más disturbados. Y se concluye que, en los sistemas agroforestales (que poseen por lo menos un componente perenne), tiende a existir más poblaciones de herbívoros que en los sistemas de cultivos mixtos de plantas anuales y que, en el control biológico, es más importante la disponibilidad del alimento para las plagas que sus enemigos naturales. Sin embargo, los niveles de infestación tienden a ser más bajos que en sistemas no diversificados.

¹ El presente trabajo es el resultado de la revisión de literatura sobre el tema, realizada por el autor hasta 1986.

² Profesor asistente. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

INTRODUCCION

Según Van Emden y Williams (10), la diversidad en los ecosistemas se refiere, generalmente, a la característica de composición de especies, siendo la manera más simple de expresar la riqueza o número de especies por unidad de individuos.

Según Risch *et al* (9), en un contexto agrícola, la diversidad puede ser obtenida adicionando diferentes especies de plantas a monocultivos, ya sea por intercalado o dejando crecer "malezas" con el cultivo.

Según Murdoch (8), se han señalado tres líneas principales para soportar la idea de que más especies causan mayor estabilidad, a saber: 1) Sistemas Naturales contra sistemas artificiales; los sistemas naturales que, generalmente, son más diversos que los artificiales (como son los cultivos), son más estables. 2) Una comparación de sistemas naturales; en los trópicos, especialmente el trópico húmedo, es más diverso y más estable que las simples comunidades de las regiones templadas. 3) Modelos matemáticos; tiene lógica que un sistema con muchos eslabones es más estable que uno con pocos eslabones o lazos de retroalimentación. Por ejemplo, si un herbívoro es atacado por varios predadores, es más posible controlarlo que si, sólo, se presenta un predador y éste desaparece.

RESPUESTA DE LOS HERBIVOROS A LA DIVERSIFICACION EN SISTEMAS AGROFORESTALES

En una revisión sobre diversidad de agroecosistemas y control biológico, realizada por Risch *et al*. (9) encontraron que, en 150 estudios, las especies de herbívoros decre-

Cuadro 1. Número de especies herbívoros monófagos y polífagos más (+) o menos (-) abundantes en agroecosistemas diversificados, comparados con sistemas de monocultivos anuales y perennes.

Sistema	(+) Abundante	%	Sin cambio	%	(-) Abundante	%	Variable	%	Total
Anual									
Herbívoros monófagos	3.00		15.00		58.00		23.00		99.00
Herbívoros polífagos	16.00		2.00		11.00		12.00		41.00
Total anual	19.00	(13.6)	17.00	(12.1)	69.00	(49.3)	35.00	(25.0)	140.00
Perennes									
Herbívoros monófagos	12.00		1.00		34.00		4.00		51.00
Herbívoros polífagos	5.00		0.00		2.00		0.00		7.00
Total perennes	17.00	(29.3)	1.00	(1.7)	36.00	(62.1)	3.00	(6.9)	58.00
Total Herbívoros monófagos	15.00	(10.0)	16.00	(10.7)	92.00	(61.3)	27.00	(18.0)	150.00
Total Herbívoros polífagos	21.00	(43.8)	2.00	(4.2)	13.00	(27.1)	12.00	(25.0)	48.00

Fuente: Risch et al. (9), 1983.

cían un 53% en los sistemas más diversificados, 18% incrementaron, el 20% mostraron una respuesta variable y el 8% no mostraron cambio. De manera similar, De Loach (3) señala que muchos investigadores han reportado resultados de sus experimentos donde un incremento en la diversidad de los cultivos resulta en un alto incremento en el control de insectos plaga. Sin embargo, se han reportado unos pocos ejemplos en los cuales un incremento en la diversidad muestra un bajo control.

Según Risch et al (9), pocos estudios han explorado el mecanismo responsable de las diferencias observadas en la abundancia de herbívoros. El desarrollo teórico ha enfatizado en dos hipótesis trascendentales. La primera; hipótesis de predación, basada en que las poblaciones de enemigos naturales aumentarían en los sistemas diversificados y que estos enemigos podrían controlar mejor a los herbívoros. Esto ocurriría por un número de razones relacionadas con la interacción entre disponibilidad de alimento y poblaciones enemigas naturales. La segunda; es la hipótesis de la concentración de la fuente de alimento que está asociada a que especies de plantas pueden tener diferentes efectos sobre la habilidad de los herbívoros a encontrar y utilizar su planta huésped.

El Cuadro 1 anexo muestra los efectos de la Diversificación sobre especies de insectos plaga monófagos y polífagos. La mayoría de las especies polífagas (43%) tuvieron más alta población en los sistemas diversos que las especies monófagas (10%). Estos resultados sugieren que los patrones de disponibilidad del recurso fueron más importantes al afectar las poblaciones de insectos en sistemas diversificados que los enemigos naturales.

Cambios al reducir la diversidad

Según Van Enden y Williams (10) aunque, a menudo se observa el ataque de plagas como una consecuencia general de la reducción de la diversidad a través de los monocultivos, este fenómeno es sorprendentemente difícil de documentar con investigaciones rigurosas. Los ataques del chinche *Antestia sp.* en café de Uganda han sido atribuidos a la remoción de arbustos que proveían abrigo a los predadores, Graham y Tothill, citados por Van den Bosh y Telford (1), al discutir las causas de los brotes de insectos, recalcan las modificaciones ambientales sobre los enemigos naturales. En relación con el gusano de la yema del abeto, *Charistoneura fumiferana* (Clem.), ellos, al igual que otros, tienen el punto de

vista de que los recientes brotes de esta plaga se debieron principalmente a un cambio en la composición de los bosques en el este de Norteamérica. El gusano de la yema del abeto muestra una preferencia más definitiva por el bálsamo de Canadá que por el abeto que es su huésped. Las condiciones en bosques silvestres de la región indican que, antes de la llegada de la civilización, el bálsamo de Canadá fue un componente ocasional y sin importancia. Las prácticas del aclareo y los incendios forestales han favorecido grandemente la regeneración del bálsamo, de tal manera que, actualmente existen vastas áreas de bosques casi puros del huésped preferido por el gusano de la yema. Bajo tales condiciones de cantidades masivas alimenticias en un nuevo ambiente, que ha variado, aparentemente los enemigos naturales son incapaces de prevenir o controlar brotes y lo que más pueden hacer es alargar los períodos entre brotes. Graham y Torthill, citados por Van Den Bosh et al (1) señalan que causas básicas similares han favorecido los brotes de la palomilla gitana, *Porthetria dispar* L., el gusano de bolsa *Malacosoma disstria* Hbn., la chinche andadora, *Diaperomera femorata* (Say) y la catarinita de la papa, *Leptinotarsa decemlineata* (Say).

El uso indiscriminado de plaguicidas en campañas de control contra un determinado organismo plaga puede afectar seriamente el control natural que ejercen los organismos benéficos en otras plagas potenciales (6). En Chiapas, México, el uso de Malathion para reducir las poblaciones de moscas del mediterráneo, *Ceratitis capitata* en cafetales causó explosiones de la escama roja, *Salenaspilus articulatus* escama verde, *Coccus viridis* la mosca prieta, *Aerocanthus woglomi* y varios lepidópteros minadores y masticadores. Estos produjeron la defoliación de los árboles de sombrío en los cafetales, tales como *Inga sp.* y *Erythrina sp.* El fenómeno se explica al considerar que Malathion no sólo es efectivo contra *C. capitata* sino, también, contra los demás insectos presentes, incluyendo los benéficos, que suelen ser muy sensitivos a los compuestos tóxicos y que por ocupar un nivel trófico más alto, se reproducen más lentamente que los insectos fitófagos que

constituyen sus presas u hospederos. De manera igual, el uso de fungicidas cúpricos para el control de la roya del cafeto, *Hemileia vastatrix* ha causado explosiones de lepidópteros minadores, los que a su vez producen defoliaciones en árboles de sombrío, al succumbir con la roya los hongos entomopatógenos que contribuyen a la regulación de sus poblaciones.

EL HABITAT Y EL CONTROL BIOLÓGICO

Según Risch et al (19), algunos autores han argumentado que los enemigos naturales son, generalmente, más importantes al controlar insectos herbívoros en hábitats menos disturbados que sobre plantas en hábitats más disturbados.

La mayor importancia relativa de los enemigos naturales al controlar herbívoros en hábitats menos disturbados es comprobada por la literatura empírica sobre control biológico: O'Connor, citado por Van Den Bosch y Telford (1), trabajando con una hormiga depredadora *Oecophylla smaragdina* subnitida Emery, un enemigo del coreido *Amblypelta coccifaga* China, en las Islas Solomón, encontró que las colonias fueron eliminadas por otra hormiga, *Pheidole megacephala* (F.), en los lugares donde las plantaciones de coco recibían labores culturales de limpieza. Observó que durante la Segunda Guerra Mundial, cuando las plantaciones de coco desarrollaron un fuerte rastrojo inferior, fueron reocupadas por *Oecophylla*. Fue evidente que este tipo de rastrojo proporcionó un hábitat más favorable para el desarrollo de esta hormiga así como los medios para evitar que *Pheidole* se moviera de árbol a árbol. Con base en las conclusiones de O'Connor se colocaron frondas de las palmas entre los árboles de tal manera que la *Oecophylla* pudiera escapar de la depredación de *Pheidole*. Esta práctica dio por resultado un "extraordinario" restablecimiento de *Oecophylla* y el control subsecuente del coreido. Como consecuencia, O'Connor recomendó que debería usarse en las plantaciones de coco un cultivo de cobertura con un desarrollo propicio a entrecruzarse con el fin de incrementar el

control biológico de la plaga coreida:

Osburn y Mathis, citados por Muma (7), encontraron que el manejo de cultivos de cobertura tenía poco o ningún efecto sobre la infección de la roya de los cítricos, pero que las parcelas no laboradas soportaban más claramente la infección de la escama roja que parcelas laboradas. Estos investigadores reportan diferencias no significativas en temperatura, humedad y factores bióticos entre condiciones laboradas y no laboradas y citan un incremento en el vigor de los árboles en las parcelas laboradas como un posible factor crítico. Muma (7), reporta, también que el no laboreo produce bajas infestaciones de escamas púrpura, de escama transparente, *Parlatoria pergandei* (Comstock), de escama amarilla, *Aonidiella citrina* (Coquillet), de escarabajo rojo de los cítricos y del escarabajo seis-colores; pero una alta infección de la escama envolvente, *Lepidosaphes gloveri* (Packard), y del escarabajo plano *Brevipalpus phoenecis* (Geijskes), en la parcela laborada con limpias.

Hubbard, citado por Muma (7) realizando observaciones en sistemas estratificados, notó que árboles, como roble y palmeras, mantenían altamente protegidos los cítricos de las infestaciones de escamas y bajas infestaciones de la araña pequeña y roja. Yothers

y Mason; citados, también por Muma (7), confirman las anteriores observaciones y presentaron algunos datos sobre las infecciones de araña roja bajo condiciones de sombra en 4 rodales, pues encontraron menos de 1 escarabajo por unidad de área establecida sobre árboles no sombreados de Orlando, Florida.

En un estudio sobre integración de pinos, pasturas y ganado en el sur de Georgia, USA., Lewis *et al* (5) encontraron que los ataques del gusano de los conos fueron considerablemente menores sobre árboles plantados entre vegetación nativa que aquellos plantados en pasturas (ver Cuadro 2 anexo). En la primera área sólo se reportaron unos pocos árboles, cuya muerte se atribuyó a los insectos y la sobrevivencia de la plantación, a los 10 años fue del 89%.

La ganancia en peso de carne bajo pinos fue similar que sobre pasto bermuda. Durante algunos años se observaron ataques severos del chinche *Blissus leucopterus insularis* en la pastura abierta de *Paspalum dilatatum*. Sin embargo, ellos notaron que poca actividad de insectos ocurría bajo pinos, aun cuando las pasturas estuvieran adyacentes.

Myers, citado por Van Den Bosh y Telford (1), señala que el barrenador de los brotes de caoba *Hypsipyla* sp., en las Indias

Cuadro 2. Ocurrencia del gusano de los conos sobre *Pinus elliottii*, plantado a dos espaciamientos y con tres pasturas; comparado con pino plantado sobre campos de vegetación nativa no disturbada.

Edad de Plantación	Espaciamiento		Pasturas			Promedios	
	3.7 X 3.7	6.1 X 6.1	Bermuda %	Paspalum %	Bahía %	Pastura	Range
3.00	17.10	22.20	22.50	17.70	18.60	19.60	0.00
4.00	38.60	42.80	44.40	42.00	35.60	40.70	0.00
5.00	32.50	41.00	37.50	34.00	38.70	36.80	0.00
6.00	22.70	16.80	16.40	25.00	17.80	19.70	5.10
7.00	45.70	32.40	37.40	41.40	38.40	39.10	0.00
8.00	53.40	43.10	51.40	51.50	42.00	48.20	0.80
9.00	8.60	1.80	7.50	5.20	2.80	5.20	19.60
10.00	14.00	9.90	16.30	14.60	5.00	12.00	3.20

Range: campo de vegetación nativa no disturbada.

Fuente: Lewis *et al* (6), 1983.

Orientales produce una generación completa en los frutos caídos. En los bosques vírgenes, el acutí, o ñeque *Dasyprocta* sp., devora los frutos caídos y, por tanto, es un importante agente de control biológico mediante la destrucción de un número de larvas y la reducción de los complementos alimenticios para las que perduran. Evidentemente, los bosques en los cuales ha intervenido el hombre son inadecuados para el acutí y raras veces se encuentra en áreas civilizadas donde crezca la caoba.*

Tal como lo señalan De loach (3) y Risch *et al* (9), aunque existe una proporción notablemente mayor de investigadores que reportan resultados de campo donde un incremento en la diversidad de cultivos resulta en un mayor incremento del control de insectos plagas, existen, también, algunos ejemplos en los cuales sucede lo contrario, o, simplemente, el consumo realizado por insectos puede ser igual al que ocurre en monocultivos. Este fue el caso encontrado por Brown (2) y Ewel *et al* (4), quienes compararon una serie de comunidades tropicales, desde monocultivos de maíz hasta un huerto muy diverso y encontraron que el consumo foliar total realizado por insectos era similar en todas las parcelas, a pesar de que había diferencia entre las especies. Montagnini** manifiesta que, entre las causas de estos resultados contrastantes, está el tipo de especies elegidas para formar los policultivos e indican que, si varias especies son susceptibles a las mismas plagas, su asociación no disminuirá sino que aumentará el problema. Por ejemplo *Gliricidia sepium* puede ser hospedera del pulgón del maíz.

* El autor de esta revisión de literatura ha comprobado un hecho similar en plantaciones de *Cedrella odorata* en el Bajo Calima, Buenaventura, Colombia, donde se detectó un fuerte ataque de *Hypsipylla grandella* en los primeros estudios de la plantación sometida a limpias constantes. De tal manera que el leve progreso de la plantación obligó prácticamente a abandonarla. Sin embargo, años después se observó con sorpresa que los árboles de cedro siguieron creciendo en el rastrojo recuperándose notablemente del ataque de *Hypsipylla*.

** Comunicación personal:

Florencia Montagnini, Organización de Estudios tropicales (OTS). San José de Costa Rica 1985.

Con base en la revisión de literatura ya señalada, Risch *et al* (9) muestran en su cuadro resumen (ver Cuadro 1 anexo) de los efectos de la diversificación sobre los insectos herbívoros en sistemas de cultivos anuales y perennes, que no existe diferencia significativa entre la cantidad de poblaciones de herbívoros disminuidos en sistemas diversificados de plantas perennes o de plantas anuales. Sin embargo, las poblaciones de herbívoros fueron más altas en los sistemas de perennes diversificados (29%) que en los sistemas diversificados de anuales (14%).

Estos resultados sugieren que, en general, los patrones de disponibilidad de recursos son más importantes cuando afectan las poblaciones de insectos plaga en sistemas diversificados que sus enemigos naturales, ya que sólo observaron el 3% de las plagas monófagas en los sistemas de plantas anuales y, consistentemente los sistemas diversificados tenían poblaciones altas.

CONCLUSIONES

1. Existe una más alta proporción de estudios que revelan una menor incidencia de plagas en sistemas más diversificados.
2. Hay claras evidencias de que la disminución de la diversidad en agroecosistemas diversificados, por algunas prácticas agrícolas, causan explosión de poblaciones que muchas veces son plagas.
3. La hipótesis del efecto de los sistemas diversificados sobre la concentración de la fuente de alimento, que incide sobre la habilidad de los herbívoros de encontrar y utilizar su planta huésped parece ser el más importante efecto de control biológico en los sistemas agroforestales. Esto lo pone de manifiesto Risch *et al* (9), al encontrar que en los sistemas agroforestales (diversificados y con por lo menos un componente perenne) tienden a existir más poblaciones de herbívoros que en los sistemas de cultivos mixtos (diversificados con plantas anuales). De tal forma que es más importante en el control biológico la disponibilidad del alimento para las plagas

que sus enemigos naturales.

4. Independientemente de su función productiva, las especies diversificadoras de los agroecosistemas, ya sean anuales o perennes (sistemas agroforestales), introducen modificaciones ambientales de importancia para incrementar la efectividad de los enemigos naturales; estas pueden ser: 1) sirven como alimentos complementarios para los enemigos naturales. 2) Sirven como huéspedes alternativos para enemigos naturales. 3) Mejoran la sincronización de la plaga y el enemigo natural, entre otras.

LITERATURA CITADA

1. Bosch, R. Van Den y Telford, A.D. 1968. Modificación del ambiente y control biológico. In De Bach, P. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. México, Continental, pp. 545-579.
2. Brown, B.J. 1982. Productivity and herbivory in high and low diversity tropical successional ecosystems in Costa Rica. Ph.D. Dissertation, University of Florida. 292 p.
3. De Loach, C.J. 1982. The effect of habitat diversity on predation. In Tall timbers conference on ecological animal control by habitat management, Tallahassee, Florida, 1970, Tall timbers research station, pp. 223-241.
4. Ewel, J. et al. 1982. Leaf area, light transmission, roots and leaf damage in nine tropical plant communities. *Agro-Ecosystems* 7: 305-326.
6. Lewis, C.E. et al. 1983. Integration of pines, pastures, and cattle in South Georgia, USA. *Agroforestry systems* 1(4): 277-297.
7. Muma, M.H. 1971. Preliminary studies on environmental manipulation to control injurious insect and mites in Florida citrus groves. In: timbers conference on ecological animal control by habitat management, Tallahassee, Florida, 1970, Tall timbers research station, pp. 23-40.
8. Murdoch, W.W. 1975. Diversity, complexity, stability and pest control. *Journal of Applied Ecology* 12: 795-807.
9. Risch, S.J.; Andow, D. y Altieri, M.A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: Data, tentative conclusions, and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629. 1983.
10. Van Emden, H.F. y Williams, 1974. G.F. Insect stability and diversity in agroecosystems. *Annual Review Entomology* 19: 455-475.