



## GESTIÓN DE LA DISMINUCIÓN RÁPIDA EN PRODUCTIVIDAD DEL AGROECOSISTEMA TROPICAL \*

*Roberto García Espinosa, Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad, Montecillos,  
Texcoco, México 56230. [rogar@colpos.mx](mailto:rogar@colpos.mx)*

### **Rápido descenso en productividad, una característica de los agroecosistemas tropicales**

Epidemiológicamente, son poderosas fuerzas de selección las que determinan los tipos de vegetación en regiones enteras, tan fuertes como las edáficas, las climáticas o algunas otras. Si condicionan los tipos de vegetación, condicionan los tipos de cultivos y las prácticas agrícolas asociadas a ellos en los agroecosistemas construidos en sustitución de los ecosistemas naturales.

Debido a las condiciones climáticas, el parasitismo debería ser más agudo en los ecosistemas de bosque húmedo tropical si se lo compara con los ecosistemas en regiones templadas o frías del mundo. Sin embargo, los ecosistemas naturales en los trópicos no parecen sufrir epidemias devastadoras del tipo que colocan al sistema completo al borde de la extinción. Esto es debido, en la inmensidad del tiempo y del espacio, durante el proceso de evolución, estos sistemas han alcanzado lo que Maynard Smith y Price (4) denominan Estrategia Evolucionaria Estable (ESS, *Evolutionary Stable Strategy*), que puede ser definida como la mejor estrategia posible de los patrones de comportamiento hereditario a un nivel de sistemas específico. Esta estrategia, después de todo, no habría sido codificada genéticamente si careciera de valor de supervivencia, y se ha convertido en la mejor estrategia posible por la eliminación competitiva de todas las estrategias anteriores e inferiores. Cuando el ecosistema natural es reemplazado por agroecosistemas estos muestran un rápido descenso en la productividad, lo que es condicionado por alguno (o por todos) de los cuatro factores principales siguientes: 1. Pérdida de fertilidad del suelo, 2. Invasión de malas hierbas, 3. Ataque epidémico de insectos (pestes), 4. Ataque epidémico de enfermedades. Es importante enfatizar que uno de los factores menos estudiados y comprendidos trata con los patosistemas edáficos. Los parásitos envueltos, cuya función tiene lugar en el suelo, un cuerpo oscuro que no permite la observación directa de los fenómenos que tienen lugar allí, lo que hace muy difícil las evaluaciones críticas de los patrones de conducta relacionados con ellos. Sin embargo, Wellman (8) considera que algunos de los patógenos de las plantas originarios del suelo podrían ser perfectamente las razones que están detrás de la necesidad de abandonar la tierra en lo que es conocido como cultivo de desplazamiento o el tipo de agricultura de corte y quema en las regiones tropicales del mundo.

La ESS (Fig. 1) a la cual los sistemas naturales llegan bajo condiciones tropicales está caracterizada por una alta diversidad de especies una elevada diversidad genética para cada una de las especies y una elevada diversidad estructural, lo que hace posible una enorme cantidad de diversos nichos ecológicos entre los diferentes estratos de vegetación en la selva. Todos estos componentes hacen posible un comportamiento equilibrado de todos lo patosistemas presentes.

---

\*Extracto de: García E., R. (1996). Enfoque holístico en fitopatología: la búsqueda de agroecosistemas de productividad sostenida. *In*: ECOLOGÍA APLICADA A LA AGRICULTURA, TEMAS SELECTOS DE MÉXICO. Trujillo-A., J., de León-G., F., Calderón-A., R., Torres-L., P. (Eds.). Universidad Autónoma Metropolitana. pp 99-106.

En los procesos evolutivos, los ecosistemas naturales alcanzan niveles asombrosos de complejidad y desarrollan mecanismos sutiles e interacciones complejas entre las especies, responsables de mantener el equilibrio del ecosistema. Bajo condiciones tropicales, los suelos, por ejemplo, son extremadamente pobres en contraste con la exuberante vegetación. Todos los nutrientes parecen estar secuestrados en la vegetación para impedir su pérdida. De esta forma, todos los ciclos de nutrientes se cierran eficientemente por medio de una delicada red entre microorganismos y plantas en la cual las llamadas micorrizas son responsables de la translocación de nutrientes de la descomposición de los detritus orgánicos, directamente a las raíces de cualquier tipo de árbol, evitando la lixiviación de nutrientes.

No es sorprendente entonces que bajo la transformación del ecosistema natural a cualquier agroecosistema, se da una rápida pérdida de fertilidad del suelo, así como tampoco es asombroso que en la tentativa de "trasplante" de las tecnologías agrícolas desarrolladas bajo condiciones templadas el impacto de los patosistemas locales resulta ser devastador. Estas tecnologías agrícolas fueron desarrolladas para tratar con patógenos diferentes y más benignos, puesto que, bajo condiciones tropicales, la vida prosigue continuamente, p.ej., no hay una interrupción de los ciclos de vida de los parásitos, porque no hay un clima frío y hay una presencia continua de huéspedes disponibles.

### **Acercamiento holístico para tratar con el parasitismo de los cultivos bajo condiciones tropicales**

Las evidencias son abrumadoras: todos los intentos de transferencia de tecnología de técnicas agrícolas desarrolladas fuera de las regiones tropicales han tenido un elevado coste ecológico, económico y social, debido a su rotundo fracaso.

El tratamiento de los factores limitantes ecológicos para prevenir la rápida disminución en la productividad de los agroecosistemas tropicales debe ser tomada desde una aproximación holística y ecológica. Robinson (7) ha propuesto un símil con la ESS de ecosistemas naturales para los agroecosistemas que denomina Estrategia de Cultivos Estables (CSS, *Crops Stable Strategy*) que define como la mejor estrategia posible para la agricultura estable; debe ser necesariamente una estrategia artificial en el sentido que los patrones de comportamiento heredado del patosistema salvaje tiene que ser controlado externamente por el hombre. Consecuentemente la CSS debe ser un sistema coherente de los patrones de experiencia tanto heredados como adquiridos. Los patrones de comportamiento adquiridos son nuestros; son controlados por la experiencia y somos los que debemos hacer el aprendizaje. En otras palabras, en los agroecosistemas con CSS son una responsabilidad humana la gestión genética y del entorno ambiental del huésped. Desafortunadamente, todas las tecnologías desarrolladas en las regiones templadas y frías que han sido transferidas a los trópicos han demostrado no ser CSS.

Una aproximación ecológica y holística a los problemas de parasitismo en los agroecosistemas tropicales debería comenzar por buscar la CSS para estas regiones. Se debería tener en mente que el logro supremo de una CSS es un agroecosistema sostenible. Tal CSS existe en las regiones tropicales y debería ser el punto de partida en nuestros esfuerzos de investigación para el desarrollo regional. Tales sistemas, inevitablemente, deben contener elementos del ecosistema natural; de aquellos con ESS.

## Agroecosistemas con CSS en las regiones de bosque tropical lluvioso

Hay notables ejemplos en los trópicos de agroecosistemas con alta diversidad de especies, de elevada diversidad genética y estructural. Son ubicuos en todas las regiones tropicales del mundo. Ejemplos clásicos son las plantaciones de cacao del Sureste de México, en el Estado de Tabasco, donde existen bosquecillos de cacao realizados a partir de cientos de especies diferentes por hectárea, plantas y animales creciendo juntos y todos de utilidad para el agricultor. Otro bello ejemplo es el denominado sistema Popal (Fig. 2) o sistema Marceño del cultivo de maíz. Popal es el nombre de una *musaseae* (*Thalia geniculata*) que crece con total dominancia en las zonas de lagos poco profundos. Cuando llega el momento de la reducción de lluvia, p.ej. el comienzo de Febrero, y los niveles de agua descienden por debajo de los 10 cm de profundidad, los agricultores, (de la etnia Chontal, de confluencia Maya y Azteca), cortan la vegetación de popal con machetes. Entre 3 y 5 días después, cuando la vegetación comienza a secarse y los niveles de agua descienden todavía más debido a la fuerte insolación, el agricultor siembra la semilla de maíz. Deja caer 3 o 4 semillas en agujeros de 20 cm de profundidad hechos con una vara de madera puntiaguda dejando el agujero abierto. Hace agujeros a un metro de distancia en hileras separadas también un metro entre ellas. Una semana después de que el maíz ha sido plantado, cuando comienza a emerger (igual que las plantas de popal), le planta fuego a todo el sistema. Con el fuego el agricultor se libra de toda la vegetación indeseada, insectos, serpientes, y seguramente libera nutrientes de la vegetación quemada. Los brotes de maíz se queman un poco pero después el maíz crece sorprendentemente rápido. La quema del sistema y el período de inundación entre los ciclos de producción del maíz (8 meses aproximadamente) contribuyen probablemente a la reducción o eliminación de importantes patosistemas, quebrando sus ciclos de vida o parásitos. Las acumulaciones de agua aportan nutrientes procedentes de las áreas circundantes.

Los agricultores son depositarios de germiplasma de maíz seleccionado exclusivamente para crecer bajo estas condiciones de cultivo. Son variedades de ciclo corto (precocidad) pues sólo tienen de 3 a 4 meses de precipitaciones reducidas durante la estación seca para completar su ciclo, antes que la estación lluviosa se establezca. En otras palabras, parece que tienen un "paquete tecnológico" semblante al de la "revolución verde". Han seleccionado (mejorado) variedades, la fertilización del suelo, el control de malas hierbas, y el control de plagas y enfermedades. La diferencia es que en este sistema, los agricultores chontal han desarrollado un agroecosistema sostenible que produce anualmente entre 4 y 6 toneladas por hectárea en una región donde la producción de maíz tiene una producción media de 1.2 toneladas por hectárea, con la ventaja adicional que no utilizan ni maquinaria agrícola ni combustibles fósiles, sin mencionar los fertilizantes o pesticidas sintéticos. No es extraño que sea un sistema que todavía se practique a pesar de ser practicada en una tierra "marginal" (tierra que se evita para propósitos agrícolas porque se anega anualmente).

Otro agroecosistema que muestra CSS, también practicado por los Chontales en el Estado de Tabasco, es la rotación de Maíz – *Mucuna deeringiana* (localmente conocido como "Nescafé"). "Nescafé" es una legumbre tropical de crecimiento rápido y vigoroso que se planta al principio de la estación lluviosa (Mayo). Al final de su ciclo (Noviembre) es cortada con machete y dejada como mulch cubriendo la superficie del suelo en el cual es inmediatamente sembrado el maíz. El agricultor deja caer de 3 a 4 semillas de las variedades de maíz local en orificios de 20 cm de profundidad hechos con una vara de madera puntiaguda dejando el agujero abierto. Hace agujeros a un metro de distancia en hileras separadas también un metro entre ellas. Además del maíz, el agricultor también siembra semillas de calabaza a mayores distancias. El sistema fue observado por primera vez en 1975 en algunos bosquecillos de la Región de Chontalpa donde los ecosistemas originales habían sido devastados recientemente por uno de los mayores planes

gubernamentales de desarrollo rural, el llamado "Plan Chontalpa". Los agricultores señalaron que una vez que el ciclo de la legumbre finaliza, la siguiente cosecha de maíz se comporta como si fuera la primera cosecha de maíz tras el desbroce y quema de la selva. El sistema fue documentado y testado en el Colegio Superior de Agricultura Tropical, en Cárdenas, Tabasco (3).

En 1977 este sistema de rotación se encontró en la Región de Tamulté de las Sabanas en un área estimada de 1000 hectáreas. En 1986 la tierra plantada con la rotación Maíz - Mucuna cubría unas 4600 hectáreas. La cosecha media anual de maíz en este sistema es de 5 toneladas por hectárea y, de nuevo, debido al CSS, el sistema no requiere maquinaria, combustible fósil, fertilizantes o pesticidas químicos (2, 6).

Es importante apuntar que un sistema muy similar solía ser practicado sobre una enorme área (cinco millones de acres) en el sureste continental de los EE.UU., (5). Este sistema fue abandonado hacia el final de la Segunda Guerra Mundial, quizás debido a la abundancia de fertilizantes sintéticos de nitrógeno así como maquinaria y la disponibilidad de nuevos pesticidas. También fue abandonado porque, en esa época, no había una preocupación sobre la necesidad de desarrollar y preservar agroecosistemas sostenibles. Debido a los trabajos llevados a cabo en Tabasco, numerosos institutos de investigación han tomado este sistema como una materia importante de investigación como una respuesta a las preocupaciones por los riesgos medioambientales creados por la agricultura moderna.

### **Modulo de producción biotecnológica para la agricultura sostenible**

En 1975 en el Colegio Superior de Agricultura Tropical, en Cárdenas, Tabasco, un sistema de producción modular (módulo) comenzó a ser construido inspirado en los elementos que parecían ser responsables de la estabilidad de los ecosistemas naturales, p.ej., la elevada diversidad de especies y la alta diversidad genética y estructural. La meta del proyecto era tener un agroecosistema en el cual las plagas y enfermedades no causaran devastación. Podría ser considerado como el primer esfuerzo científico enfocado en el desarrollo de un agroecosistema sostenible en las ciencias de la agricultura moderna (1).

El módulo fue construido sobre cinco hectáreas de tierra cubierta por vegetación con 25 años de crecimiento secundario, conocida como "acahual", la vegetación que crece una vez que la selva original ha sido eliminada. Este pedazo de tierra en particular se anegaba anualmente. En la zona, en casi una hectárea el acahual ha sido retirado para cultivar maíz. En esa zona y debido a que el principal problema en el módulo era el exceso de agua, se construyó una zanja de drenaje de 100 metros de longitud, 10 metros de ancho y 6 metros de profundidad utilizando un enorme tractor (Caterpillar D8) en la parte central y ayudando a almacenar el exceso de agua en una zona mayor. Se conectaron drenajes secundarios a la principal. Todo el suelo procedente de esta excavación fue extendido alrededor de la zanja de drenaje principal, lo que volvió a ser un error, porque era subsuelo y durante un tiempo no pudo ser cultivado, hasta que tuvo suficiente contenido en materia orgánica y microorganismos. Se hizo un intento alrededor de la zanja de drenaje principal para construir un sistema de "chinanpas" (Fig. 3) empleando plantas comunes, pero el parasitismo fue tan intenso que se volvió imposible, hasta que las plantas comunes fueron sustituidas por plantas tropicales. Entonces, en vez de patatas, se plantó banana (*Musa paradisiaca*) o yuca (*Manihot sculenta*) o malanga (Taro, *Colocasia esculenta*); en vez de espinaca, la espinaca tropical, Chaya (*Nidusculus chayamansa*); y así sucesivamente. El área para "chinanpas" terminó cubierto por cultivos tropicales perennes de tal modo que puede ser denominado células de plantas tropicales. El daño de los patosistemas fue sutil en estas células. Con pocos cambios, transcurridos 20 años las células todavía pueden ser vistas.

Está reconocido que algunos de estos ecosistemas naturales con la red de productividad más alta son pantanos. En la parte central del módulo, en la zanja de drenaje, poco a poco se fue formando un pantano aunque la riqueza de las especies fue introducida artificialmente. Sin embargo, los bivalvos, que son filtros naturales del agua, fueron traídos de lagos de agua dulce cercanos; el jacinto de agua fue introducido para aportar materia orgánica para ser usada en los chinampas; los patos y varias especies de peces también fueron introducidos; todas especies con utilidad humana.

En algún lugar del módulo se estableció incluso una recolección de plantas medicinales tradicionales con más de 50 especies de plantas diferentes, para tratar los problemas de salud tan comunes en esas zonas como las mordeduras de serpiente.

Alrededor de la zona de chinampas se estableció un cultivo de rotación, usando alternativamente Mucuna, después maíz, luego arroz, y entonces nuevamente Mucuna.

Rodeando la zona de cultivos rotatorios anuales estaba la zona más grande del módulo y toda cubierta con acahual. Muchos de los árboles alcanzaban los 25 metros de altura, pero el número de otras especies de plantas más pequeñas era asombroso; haciendo muy difícil incluso atravesarlo caminando. Cada 20 metros se abrieron brechas de 1,5 metros de ancho y una media de 100 metros de longitud en las cuales se plantaron árboles silvestres y frutales, perteneciendo a 26 especies diferentes. Se plantaron en orden alfabético, de avocado a "zapote" (*Achras zapota*), uno cada 3 metros. Esto se hizo para evitar la expansión de parásitos; si un árbol de avocado era parasitado, el parásito necesitaba desplazarse unos 80 metros entre tantas especies dentro del "acaahual" que necesariamente deberían encontrar algún enemigo biológico para detenerlo, reduciendo por tanto los riesgos de epidemia dentro del sistema.

El tiempo ha demostrado que este acercamiento era correcto. Las células chinampa y el pantano en el medio, permanecieron por más de 20 años. Los árboles en algunas de las brechas crecieron fantásticamente, siendo casi imposible abrazarlos cuando tenían 10 años de edad (Fig. 4) y realmente imposible cuando tuvieron 20 años. Cuando el sistema tenía 21 años fue invadido por agricultores muy pobres guiados por políticos carentes de escrúpulos y la mayor parte de él fue destruido por el elevado precio de las maderas de calidad.

El parasitismo bajo las condiciones del bosque tropical húmedo es realmente devastador pero es posible tratarlo desde una aproximación ecológica. Afortunadamente, las razones ecológicas están comenzando a ser entendidas y aceptadas y para haber una tendencia general a apoyar la investigación y el desarrollo dirigidos por principios ecológicos. Los trabajos descritos más abajo pueden ser una guía de consulta para mirar y buscar los principios ecológicos pues documentan muchas lecciones valiosas para ser aprendidas de la naturaleza así como de culturas ancestrales (como la Chontales), las cuales son depositarias de la sabiduría que puede ayudar en el tratamiento adecuado y ecológico de los sistemas de producción agrícolas para las regiones de bosque tropical húmedo, cuyo conocimiento debería ser reconocido, respetado y extendido.

## Referencias

1. Gliessman, S.R. (2007). AGROECOLOGIA, THE ECOLOGY OF SUSTAINABLE FOOD SYSTEMS. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, Fla. 384 pp.



2. Granados-A., N; Garcia-E., R; Zavaleta-M., E.; Ferrera-C., R.; Castillo-M.,A.; Cid del Prado-V., I.; Rodriguez-G., P. (1990). Pérdidas de grano por fitopatógenos del suelo en maíz monocultivo y rotado con leguminosas de cobertura en Tabasco, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 8:135-144.
3. Maciel-I.,-D.; Garcia-E., R. (1986). Efecto de la siembra previa de tres leguminosas tropicales sobre el cultivo del maíz y sus fitopatógenos del suelo. *Rev. Mex. Fitopat.* 4:98-108.
4. Maynard-Smith J, Price G. R. (1973). The logic of animal conflict. *Nature* 246:15-18.
5. Piper C.V., Morse W.J. (1938). The velvetbean. *USDA Farmers' Bull.* 1276, USA.
6. Quiroga-M., R.; García-E., R.; Zavaleta-M., E.; Rodríguez-G., P. (1992). Impacto reducido del patosistema edáfico del maíz (*Zea mays* L.) en el sistema de rotación maíz-calabaza-frijol terciopelo (*Stizolobium deeringianum* Bort.) en Tabasco, México. *Rev. Mex. Fitopat.* 10:103-115.
7. Robinson, R.A. (1981). Ecological aspects of disease resistance. In: Staples R.C. and Toenniessen, G.H., eds. *PLANT DISEASE CONTROL, RESISTANCE AND SUSCEPTIBILITY*. John Wiley and Sons, New York. p. 235-258.
8. Wellman, F. L. (1972). *TROPICAL AMERICAN PLANT DISEASES*. Scarecrow Press Inc. New Jersey. 989 pp.



Figura 1.- Estrategia estable de cultivos



Figura 2.- Sistema popal de producción de maíz

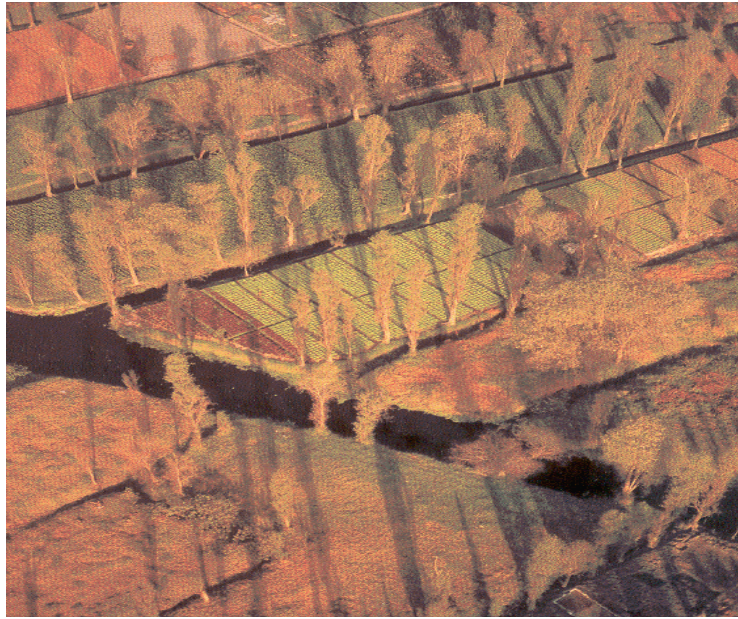


Figura 3.- El sistema Chinampas



Figura 4.- Vista general de una de las brechas plantada de árboles silvestres y frutales (26 especies diferentes) en orden alfabético. Los árboles tenían 10 años de antigüedad. No podían ser abrazados cuando llegaban a los 20 años. Sistema modular biotecnológico para agricultura sostenible, establecido en 1975

