

La Milpa Múltiple como Punto de Partida del Manejo de la Sucesión Secundaria¹

J. A. Caamal*, S. del Amo*

ABSTRACT

This study is part of a larger project on the management of different stages of secondary succession. The goal of this investigation is to undertake an artificial regeneration of tropical rain forest that will be both ecologically wise and economically viable. A comparison of the weed and crop production in a corn field and a polyculture was made. The results indicated that production was twice as high in the polycropped plots. It was also found that the sweet potato is efficient in controlling weeds. It was found that polyculture is an efficient and successful system for continuous production in the humid lowland tropical areas, as was well known by indigenous tribes.

INTRODUCCION

En el trópico mexicano la vegetación natural más importante en extensión es la vegetación secundaria (10, 26); incluye los campos de cultivo y ganaderos que han sido abandonados y también, las áreas selváticas originales que fueron tumbadas ya sea por diferentes intervenciones humanas, como la explotación forestal, o bien, por causas naturales (incendios forestales).

En términos generales, el manejo de los recursos naturales en el trópico sigue una secuencia que va desde la extracción de especies maderables, como primer paso, su posterior utilización agrícola y finalmente, el establecimiento de potreros (6, 24, 29, 37, 38).

Por tales circunstancias, desde hace varios años, se inició una serie de estudios encaminados a generar información sobre la regeneración de las selvas (23,

COMPENDIO

El presente estudio forma parte de un proyecto de investigación más amplio cuyo objetivo general es el manejo de la vegetación secundaria. Con estas investigaciones se pretende llegar a tener una regeneración artificial de la selva que tenga el doble propósito de ser ecológicamente sensata y económicamente viable. En este estudio se hace una comparación entre la producción de cultivo y el control de arvenses, entre un monocultivo y un policultivo. Los resultados indican una producción dos veces mayor en la milpa múltiple que en el monocultivo. Se detecta al camote como una especie eficiente para el control de malezas. Finalmente, se evidenció que el sistema de policultivo representa un sistema efectivo de uso del espacio cultivado y comprueba una vez más que la estrategia campesina de diversificación y uso intensivo del suelo, a la manera tradicional, constituye la alternativa viable de uso y manejo del suelo en las zonas bajas tropicales.

28) como punto de partida para el entendimiento del proceso de regeneración natural. Tal información es fundamental para el manejo racional de las selvas pues permitirá imitar los procesos de regeneración y sucesión y no actuar en contra de ellos.

En forma paralela, se hace necesario buscar alternativas para el manejo de las zonas cálido húmedas que partan del proceso de roza-tumba-quema y que permitan hacer un uso sostenido, más eficiente y a largo plazo, de los recursos, sin el deterioro del ecosistema (45). Como dice Romanini (42) "Los factores limitantes naturales dejan de existir cuando el hombre descubre la nueva posibilidad para explotar los recursos intensivamente, sin degradarlos".

Por estas razones es necesario no sólo buscar información básica sobre el crecimiento y la regeneración de la selva primaria —para su conservación y manejo— sino también estudiar formas de manejo de esta vegetación secundaria (acahuales) para incorporar estas tierras a la producción (2, 25).

Es evidente que la única alternativa posible que queda en México para la reforestación del trópico está en el manejo de la vegetación secundaria. Por otra parte, se sabe que las culturas antiguas mexicanas y sus actuales representantes utilizan, como parte de su estrategia de subsistencia, la vegetación secundaria

¹ Recibido para publicación el 23 de setiembre de 1986. Estudio realizado con el apoyo económico del Proyecto "Investigaciones sobre el Manejo de Especies de Zonas Cálido-Húmedas de México" PCECBNA 001077. CONACyT. Esta investigación forma parte del Programa Mab-México; proyecto SC 217/631/4

* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos Actualmente, Gestión de Ecosistemas A.C. Apartado Postal 19-182 03910 México, D.F.

Ante la importancia de buscar opciones para el uso del suelo en el trópico y debido a la ausencia de alternativas forestales viables, en el INIREB se vienen desarrollando, desde 1981, varias investigaciones encaminadas a intervenir en el proceso de la sucesión, guiándola y manejándola hacia etapas que posean especies de valor económico, a través de técnicas ya bien conocidas de enriquecimiento de especies, aclareo y eliminación de otras que no representen un papel ecológico predominante y que no sean potencialmente útiles. Con estas investigaciones se pretende lograr una regeneración artificial de la selva que tuviera el doble propósito de ser ecológicamente sensata y económicamente viable. En forma paralela, también es necesario reevaluar algunas técnicas de diferentes grupos étnicos del país, que, durante cientos de años, han encontrado la manera de hacer un uso ecológicamente sensato del suelo para producir alimentos y otras plantas útiles logrando explotar, conservar y preservar muchos de nuestros recursos tropicales (18, 34).

Las investigaciones conducidas con ese criterio tienen en común varias premisas que se consideran como indispensables para el manejo adecuado de este tipo de ecosistemas y que son: 1) utilización del acahual como un sustrato para la introducción de especies útiles, con el fin de manejar y acelerar el proceso sucesional hacia etapas más productivas; 2) conservación de la diversidad de especies; 3) mantenimiento hasta donde ello sea posible, de la estructura del estado sucesional correspondiente; 4) utilización de especies con distintas estrategias ecológicas para enriquecer la flora existente.

La principal meta de esta primera etapa de estudios es investigar, a través de proyectos piloto, las alternativas de manejo de la vegetación secundaria para lograr un uso sostenido de los recursos naturales tropicales. Para el desarrollo de este estudio se seleccionaron tres estados sucesionales distintos. El primero de ellos es la milpa*, por considerar que este es el estado inicial de la sucesión en donde el enriquecimiento debe empezar (9).

Debido a las condiciones socioeconómicas del campo en México, en este proyecto se visualiza la milpa como la unidad de autoconsumo, al menos, al inicio de su establecimiento, y el manejo de las otras etapas sucesionales como unidades que proveerán a los campesinos con excedentes para comercialización (3)

La milpa abandonada o barbecho constituye una etapa crucial en el establecimiento de la vegetación arborea. En México, al igual que en otras partes del mundo, existen varios tipos de barbecho, algunos producto de un mal manejo de la milpa y otros simplemente derivados de milpas abandonadas; estas formas de manejo afectarán las características del barbecho, el cual se ve influido por la composición de la milpa, los tocones, las semillas del suelo y la lluvia de semillas de origen externo. Estas formas de manejo del recurso suelo se practican en gran escala en el trópico húmedo de América Latina.

No obstante, en México subsisten en varios sistemas tradicionales de cultivo que diferentes grupos étnicos y campesinos practican con un milenario conocimiento empírico ecológico de su ambiente y de sus sistemas de producción (1, 16, 20, 24, 39). La base de esta agricultura es el sistema de roza-tumba-quema que constituye una trilogía operativa adaptada a las condiciones ecológicas del trópico húmedo ya que toma en consideración los procesos de regeneración de la selva, mediante los periodos de barbecho característicos de este tipo de agricultura (5, 31); sin embargo, es importante señalar que este sistema de manejo no es lo suficientemente elástico como para sostener a poblaciones mayores (8, 17, 41). Las tres razones más generalizadas de abandono de la milpa son: descenso de la fertilidad del suelo, invasión de arvenses* y aparición de plagas. La creciente presión poblacional ha contribuido a que la tasa de reemplazo de una milpa por otra nueva sea cada vez más acelerada, haciendo que los periodos de barbecho se acorten cada día más. En la actualidad, el promedio de barbecho para las zonas tropicales mexicanas es de cinco años. Conforme el suelo es más extensivamente usado, el banco de semillas del suelo crece y las barreras de la vegetación primaria —que aminora el nivel de la acción de las plagas— desaparecen, con el subsecuente problema de deforestación de grandes áreas.

En este trabajo se usó como base teórica la milpa lacandona descrita por Nations y Nigh (39) y se adapta a las condiciones locales de la zona de estudio en Uxpanapa, estado de Veracruz.

Los objetivos específicos de este estudio fueron: 1) situar a la milpa como punto de partida para el desarrollo de un sistema diversificado de cultivos; 2) mantener productivo este sistema agrícola de policultivo, en el tiempo y en el espacio; 3) evaluar el efecto de este tipo de manejo agrícola en la dinámica de las arvenses; 4) determinar el efecto que sobre los suelos

* El término "milpa" se usa en el contexto de parcela de cultivo, con varias plantas asociadas, en sistemas de producción del campesino con pocos recursos. Nota del Ed.

* Arvense = Dicese de la planta que crece espontáneamente en los sembrados. Nota del Ed.

tiene un sistema de manejo diversificado; 5) evaluar la producción de las diferentes especies cultivadas en la milpa múltiple; 6) comparar los resultados con los obtenidos en un monocultivo de maíz ya que este es el cultivo dominante en la zona, tanto para el cultivo en época de lluvias como para el cultivo de invierno.

Zona de estudio

El trabajo se realizó en el ejido Agustín Melgar, perteneciente al municipio de Hidalgotitlán en Uxpanapa, Ver. Se escogió la región de Uxpanapa, debido a que es una área representativa del destino de las zonas tropicales de México, después de haber sido objeto de un programa de colonización. En la actualidad y debido a las actividades desarrolladas por la Comisión del Papaloapan, el área de Uxpanapa comprende un mosaico de zonas en diferentes etapas de sucesión secundaria (35).

Localización geográfica

El Valle de Uxpanapa se localiza al SE del estado de Veracruz, casi colindando con los límites de Oaxaca, formando parte de la llanura costera del Golfo de México (Fig. 1).

Sus coordenadas son: $94^{\circ}25'$ y $94^{\circ}45'$ longitud oeste y $17^{\circ}10'$ y $17^{\circ}25'$ latitud norte. La altitud está dentro de los 100 y 200 msnm (19). El área de estudio carece de elevaciones de importancia, siendo el único accidente fisiográfico de poca elevación la Sierra de Tres Picos, situada al sur de la región (35).

Geología

La región está constituida por rocas de tipo sedimentario, calizas, lutitas y areniscas (48). El tipo de

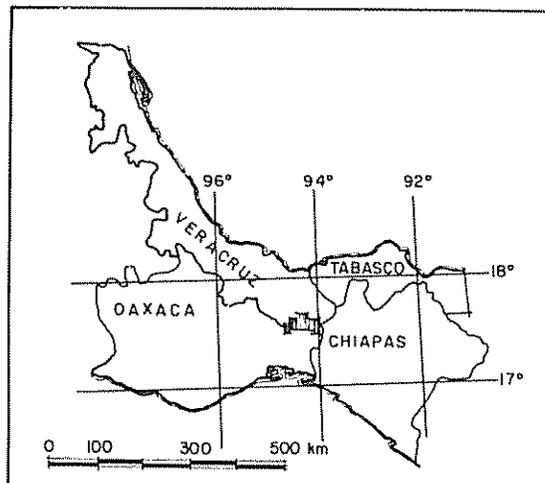


Fig. 1 Localización geográfica.

suelo predominante en la zona es el oxisol que tiende a desarrollarse a partir de rocas básicas cársicas.

Clima

El clima, según Soto (44), es Am (w) (i') g, es decir, cálido húmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 25°C , con poca oscilación térmica (entre 5 y 7°C). El mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano; esto es, una marcha de tipo Ganges.

La precipitación fluctúa entre los 2 000 y 3 000 mm anuales, presentándose una estación seca entre los meses de febrero y mayo, oponiéndosele una estación húmeda que se presenta entre los meses de junio y octubre. El mes más seco tiene precipitaciones de alrededor de 60 mm.

Hidrología

La región de Uxpanapa está ubicada en la cuenca del río Coatzacoalcos, teniendo como principales afluentes a los ríos Uxpanapa, Chalchijapa, Jaltepec y Chiquito. Otros afluentes son el Solosúchil y el río de las Cuevas, cercanos a la zona donde se realizó este estudio (35).

MATERIALES Y METODOS

Metodología

El estudio se realizó en un terreno de topografía irregular, clasificado como de tercera categoría por la población local, es decir, un terreno no apto para la producción agrícola. Este terreno estaba ocupado por vegetación secundaria de aproximadamente ocho años de edad; fue preparado con el sistema roza-tumba-quema antes de iniciar el experimento.

Es importante señalar que, en la localización del área experimental, las especies escogidas y el manejo que se dio a la milpa, se consultó permanentemente a los campesinos del lugar.

Tratamientos

El terreno, con una superficie de una hectárea, fue dividido en melgas (medida local) que equivalen a parcelas de 13 metros de ancho por un largo variable de 80 a 90 metros; esta es la forma de trabajar las parcelas en la zona. Se establecieron cuatro tratamientos en ocho melgas, es decir, dos melgas por tratamiento. Estos consistieron en:

1. Monocultivo de maíz.
2. Policultivo o milpa múltiple: maíz, calabaza, frijol,

- yuca, camote, chile tabaquero, tomate, papaya, ajonjolí, plátano, jicama, cacahuete, piña, achiote.
3. Milpa múltiple: mismos cultivos del punto 2, pero con la introducción de cuatro especies arbóreas de importancia económica: "solerilla" (*Cordia alliodora* Ruiz y Pav Cham), "ramón" (*Brosimum alicastrum* Sw.), "caoba" (*Swietenia macrophylla* King) y "cedro" (*Cedrela odorata* L.).
 4. Milpa múltiple: mismos cultivos del punto 2 pero con la introducción de dos árboles frutales: naranjo y limón.

En el Cuadro 1 se enlistan las distintas especies utilizadas.

Debido a que en los tratamientos tres y cuatro introdujeron especies arbóreas y frutales, cuyo éxito y dinámica no se pueden evaluar en los primeros dos años de establecimiento de la milpa, en este trabajo se incluyeron solamente los resultados del monocultivo y de la milpa múltiple (tratamientos 1 y 2). Caamal (9) informa sobre el análisis de varianza para los cuatro tratamientos e indica que no hay diferencia significativa entre policultivos en esta primera etapa en

cuanto a la dinámica de arvenses y producción de cultivos.

El hecho de manejar especies con diferentes ciclos de vida, con hábitos distintos de crecimiento y por lo tanto particulares épocas de siembra y cosecha conlleva la necesidad de hacer una planeación tanto de distribución espacial como temporal de las especies involucradas. Debido a ello se dividió cada melga de cada tratamiento en dos zonas a excepción hecha del monocultivo: una zona de cultivos anuales (6 m de ancho) y otra de cultivos perennes (7 m de ancho).

La distribución espacial seguida para el establecimiento de la milpa con los cuatro tratamientos citados se observa en la Fig. 2. La distribución temporal se señala en el calendario de fechas de siembra de el Cuadro 2.

El experimento se inició en mayo de 1982 y se finalizó en octubre de 1983.

Al iniciar el experimento, junio (1982), los cuatro tratamientos consistían únicamente en maíz, para

Cuadro 1. Especies cultivadas en la milpa*.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L	Achiote (2 vars. fruto "peludo" y "pelón")
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz y Pav.) Cham.	Solerilla
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr	Piña
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L	Papaya
Convolvulaceae	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam	Camote (blanco, rosado y morado)
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita maxima</i> L	Calabaza
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i> L	Calabaza
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Yuca
Graminae	<i>Zea mays</i> L	Maiz
Leguminosae	<i>Arachis hypogaea</i> L	Cacahuete Tuxpan 80
Leguminosae	<i>Pachyrhizus erosus</i> (L.) Urban	Jicama cristal
Leguminosae	<i>Phaseolus vulgaris</i> L	Frijol de pollo
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	Ramón
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano
Pedaliaceae	<i>Sesamum indicum</i> L.	Ajonjolí
Rutaceae	<i>Citrus limonia</i> L.O Buim. p	Limón
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Naranja
Solanaceae	<i>Capsicum annum</i> L.	Chile tabaquero
Solanaceae	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill	Tomate rojo

* Incluye, los árboles maderables y frutales

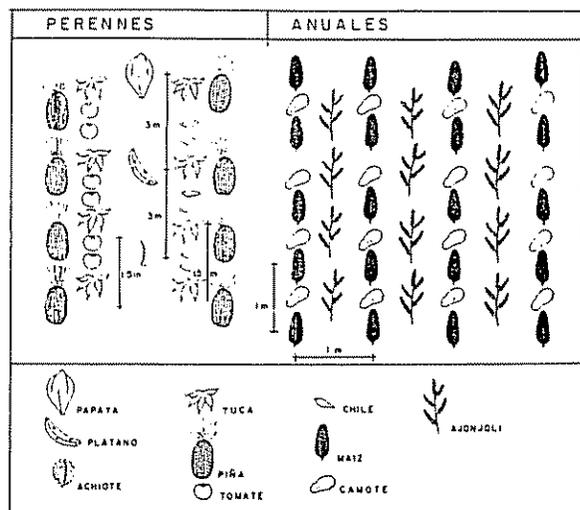


Fig 2. Distribución espacial de las especies.

poder posteriormente determinar los cambios debidos al manejo diferencial, al introducir las demás especies del policultivo. En el inicio del experimento en el monocultivo se sembraron únicamente dos zonas con maíz, las correspondientes a las anuales de los policultivos; cuando se introdujeron las demás especies del policultivo en los tratamientos 2, 3 y 4; se completó el tratamiento 1 con maíz.

Muestreo preliminar

Se hizo un primer muestreo de 10 cuadros de 1 m² cada uno, para determinar la metodología más eficiente para el muestreo de las malezas cuando toda la parcela estaba sembrada solamente con maíz, así como para evaluar el estado de las arvenses al inicio del experimento. Se establecieron cinco cuadros en las zonas sembradas con maíz y cinco en las zonas sin maíz y aún sin sembrar con otras especies. En cada cuadro se colectaron todas las plantas con raíz, identificándose las diferentes especies; se secaron y se registró su peso seco por especie y el total por cuadro.

El análisis de los datos de esta prueba preliminar permitió comprobar que no había diferencia significativa entre la biomasa de malezas presentes en las zonas de maíz y las zonas aún no sembradas; es decir, que al inicio del experimento y antes de que se establecieran los diferentes tratamientos, la milpa era una entidad homogénea, tanto en lo referente a la biomasa como al número de especies de las arvenses. Uhl *et al.* (47) informan sobre el mismo hecho en Brasil pero para el cultivo de yuca.

Cuadro 2. Calendario de siembra.

Fechas	Cultivos		
Mayo 1982	Maíz		
Julio 1982	Camote Yuca Plátano	Achiote Jícama Ajonjoli	Piña Cacahuete Calabaza Papaya
Agosto 1982	Calabaza (resiembra)		
Noviembre 1982	Especies maderables		
Diciembre 1982	Calabaza Chile (gordo) Tomate	Frijol Achiote (sustituyendo papaya) Maíz	
Enero 1983	Chile tabaquero y tomate		
Junio 1983	Maíz Calabaza Frijol	Ajonjoli Chile tabaquero Yuca	Piña Camote

Se aplicó la prueba de "t" de Student y los resultados fueron los siguientes:

Zona con maíz	Zona aún no sembrada
85.8	139.7
196.3	66
90.33	126.7
82.7	105.05
126	145.9

$$\bar{X} = 116.22 \quad S^2 = 2\,307.31$$

$$\bar{X} = 116.67 \quad S^2 = 1\,046.96$$

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}$$

$$t = \frac{116.2 - 116.67}{\frac{2\,037.31 + 1\,046.96}{5}} = 0.01$$

Valor en tablas = 4.60 al 0.01

No hay diferencia significativa entre la zona de anuales y perennes, al 0.01% de confianza.

Arvenses

Una vez establecidos los tratamientos y de acuerdo a la prueba anterior se planteó un muestreo sistemático de malezas cada 45 días. Aproximadamente, se hicieron cuadros de 1 m², tres para la zona de anuales y tres para la zona de perennes por melga, o sea, 12 cuadros por tratamiento distribuidos a lo largo de la parcela. En cada visita, el muestreo se hizo en una misma zona pero en un sitio diferente. Los datos se analizaron mediante pruebas de "t", comparando los valores obtenidos para el monocultivo y el policultivo.

Producción de cultivos

Para determinar la productividad de cada uno de los cultivos se obtuvo por separado el peso seco de las partes comestibles y el resto de la planta (biomasa comestible y biomasa no comestible). Esta determinación varió de acuerdo al tipo de cultivo, la parte útil del mismo y su distribución espacial en el terreno, ya que de esta última característica dependía que el muestreo se hiciera por área o por línea.

a) **Maíz.** Para la primera cosecha de este cultivo se muestrearon 2 cuadros de 5 x 5 m para cada trata-

miento. Para las otras cosechas se aumentó a 3 el número de cuadros. En cada cuadro se colectaron las matas enteras, con todo y raíz, y se pesaron en fresco tanto la parte vegetativa como la comestible (mazorcas). De cada cuadro se tomaron muestras de 1 kg a las cuales se les extrapoló el peso seco de las muestras. Este dato se extrapoló al total del peso fresco de cada cuadro de muestreo.

b) **Yuca.** De este cultivo se hizo un censo completo, es decir, todas las plantas de cada melga. Se pesó la planta entera y el tubérculo, y se obtuvo el peso total para toda la línea. También, se tomó una muestra de 1 kg de tallo y de tubérculo para secarlo y obtener el peso seco. Como en el caso anterior, el peso seco fue extrapolado a los pesos frescos.

c) **Tomate y chile.** Para el caso del tomate y chile, sembrados también en hileras, se realizó un procedimiento similar al de la yuca. Se cosecharon los tomates y chiles según se fueron produciendo y al dar su último "corte" se extrajo la planta con todo y raíz y se pesó. Posteriormente, se tomó 1 kg de la planta y de la parte comestible para determinar el peso seco.

d) **Ajonjolí.** Puesto que este cultivo se sembró intercalado en las hileras de maíz se pudo hacer un muestreo por área. Se establecieron 3 cuadros de 3 x 2 m dentro de cada zona de los policultivos donde estaba sembrado. Para la determinación de la biomasa vegetativa y la comestible, se procedió de la misma manera que en los casos anteriores.

e) **Camote.** Esta evaluación se realizó en la segunda cosecha de maíz mediante cuadros de 3 x 3 m localizados dentro de los cuadros de maíz de 5 x 5 m. Se colectaron guías y tubérculo, y se les dio el mismo tratamiento que a los anteriores.

f) **Plátano.** Esta especie se muestreó por individuo y sólo se consideró el peso fresco; también se tomaron los pesos frescos de pseudo tallo y hojas, después de que habían dado su producto. Por último, se obtuvo una muestra de 1 kg de peso fresco de las partes vegetativas y se determinó el peso seco.

g) **Piña.** Se colectaron por líneas y por melga. Solamente se determinó el peso fresco de la parte comestible (infrutescencia).

Muestreo de suelos

El suelo de la milpa es un oxisol. En el análisis general de los pozos que se hizo antes de la quema se observó un suelo de café a café oscuro, de textura arcillosa y con una densidad aparente cercana a 1.

El pH, de acuerdo con la clasificación de Moreno (37), va de muy fuertemente ácido a extremadamente ácido, lo que es común en regiones cálidas húmedas (36). La materia orgánica, en porcentaje, se encuentra en un rango de extremadamente rico a rico en las capas superiores (0-20 y 20-40 cm), nivel que disminuye conforme se avanza en profundidad, hasta llegar a ser extremadamente pobre, según Moreno (37).

El nitrógeno total, también en porcentaje, va de mediano a pobre, con valores más altos en las capas exteriores (0-20 cm). El fósforo presenta en este terreno niveles altísimos, valores que siguieron presentándose en los muestreos posteriores, y con alta variabilidad, según se trate de zonas planas o inclinadas. Una posible explicación puede ser el que la zona fue afectada por la explosión del volcán de Chichonal, en Chiapas, cuyas cenizas, ricas en fósforo, cubrieron el suelo y las plantas durante los meses de marzo y abril. El muestreo se efectuó durante el mes de mayo.

El Cuadro 3 incluye el análisis preliminar de suelo.

Durante el experimento se hicieron tres muestreos cada seis meses, tomándose muestras a 0-20 cm y de 20-40 cm de profundidad. Los resultados se analiza-

ron con anovas unidireccionales, con el fin de determinar diferencias entre épocas para cada tratamiento.

Datos climáticos. Debido a la ausencia de estaciones meteorológicas en la zona, se tomaron datos semanales de temperatura y precipitación en la milpa. La Fig. 3 presenta el climograma obtenido.

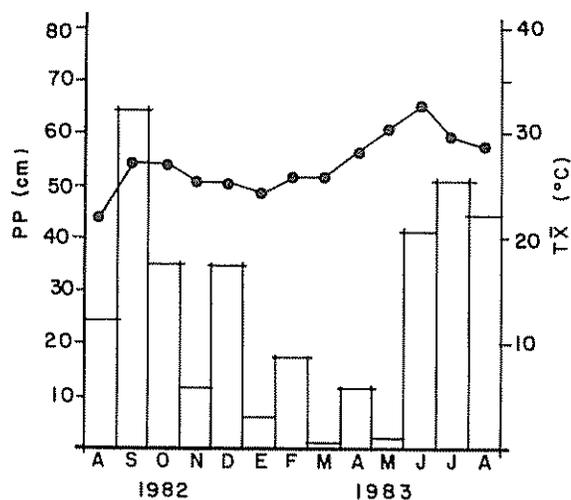


Fig. 3. Climograma.

Cuadro 3. Análisis de suelo.

Profundidad (cm)	Análisis Físicos					Pozo 2 Zona Inclinada	
	Color Seco	Color Húmedo	Arcilla %	Arena %	Limo %	Textura	Dens. Aprox. g/cm ³
0-20	Café	Café oscuro	48.16	29.12	22.72	Arcilla	0.886
20-40	Café	Café oscuro	48.16	29.12	22.72	Arcilla	0.912
40-60	Café	Café oscuro	48.16	29.12	22.72	Arcilla	0.905
60-80	Café	Café oscuro	48.16	27.12	24.72	Arcilla	0.961
80-100	Café	Café oscuro	52.16	29.84	28.0	Arcilla	0.966

Profundidad (cm)	Análisis Químicos								
	ph 1:2	CIC meg/100 g	M.O. %	N %	P ppm	Na meg/100 g	K meg/100 g	Ca meg/100 g	Mg meg/100 g
0-20	4.40	21.5	6.13	0.29	334	2.78	0.19	0.87	0.33
20-40	4.47	36.3	3.35	0.19	229	3.10	0.095	0.65	0.11
40-60	4.54	49.6	3.32	0.18	242	0.52	0.29	1.33	0.31
60-80	4.62	31.7	1.84	0.96	366	0.63	0.19	1.17	0.25
80-100	4.61	38.9	1.31	0.12	377	0.58	0.29	1.63	0.53

Cuadro 4. Biomasa promedio de arvenses por repetición, tratamiento y época (g/m²).

		1982			1983					
		AGO I	OCT II	NOV III	ENE IV	FEB V	ABR VI	JUN VII	AGO VIII	OCT IX
Monocultivo	1	69.10	99.96	82.50	36.50	23.05	93.60	18.36	182.63	71.33
	I ₁	2	69.86	104.10	105.16	66.93	350.40	10.36	163.60	47.13
		3	85.93	109.61	55.00	87.90	134.96	7.76	97.38	110.70
		4	42.68	158.40	84.60	26.56	63.90	10.00	75.63	117.06
	X		66.89	118.01	81.81	54.72	160.71	11.62	129.81	86.55
Policultivo	1	52.26	79.40	42.03	43.20	17.46	38.80	13.03	43.20	49.10
	I ₂	2	32.30	203.30	52.56	97.90	148.30	21.30	22.80	57.93
		3	106.06	186.60	79.86	72.52	44.03	21.50	55.40	17.76
		4	72.26	126.10	64.16	48.33	307.53	10.50	19.26	18.23
	X		65.72	148.85	59.65	65.48	107.30	16.58	35.16	35.75

RESULTADOS Y DISCUSION

Arvenses

En el Cuadro 4 se dan los valores de biomasa promedio por repetición, tratamiento y época

En el Cuadro 5 se da la lista de arvenses presentes en la milpa

Los resultados de las pruebas de t, (Cuadro 6) muestran diferencia significativa solamente para los meses de agosto y octubre de 1983. La causa de esto puede explicarse como un problema en el manejo del camote, el cual enmascara las posibles diferencias, en las zonas de anuales. En estas zonas no se pudo hacer un deshierbe efectivo mientras se establecía esta especie. Sin embargo, una vez que esta especie se estableció por completo, impidió el desarrollo de arvenses en

Cuadro 5. Especies de Arvenses presentes en la milpa*.

Familia	Nombre científico	Nombre común
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Quelite blanco
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Quelite cimarrón
Amaranthaceae	<i>Iresine celosia</i> L.	Pata paloma
Cannaceae	<i>Canna edulis</i> Kerr	Platanillo
Cariophyllaceae	<i>Drymaria</i> sp.	Rocio de la mañana
Compositae	<i>Mikania cordifolia</i> (L.F.) Willd.	
Compositae	<i>Neurolaena lobata</i> (L. R. Br.	Rabo faisán
Cucurbitaceae	<i>Mormordica charantia</i> L.	Cundeamor
Euphorbiaceae	<i>Acalypha arvensis</i> Poep. et End.	Tapón de burro
Graminae	<i>Leptochloa virgata</i> (L.) Beauv.	Pasto
Graminae	<i>Panicum laxum</i> Swartz	Gramma
Graminae	<i>Panicum trichoides</i> Swartz	Pasto
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i> L.	Verdolaga
Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i> L.	Diez del día
Solanaceae	<i>Physalis pubescens</i> L.	Tomatito de ratón
Solanaceae	<i>Solanum migrum</i> L.	Hierba mora

* Sólo están incluidas las más frecuentes.

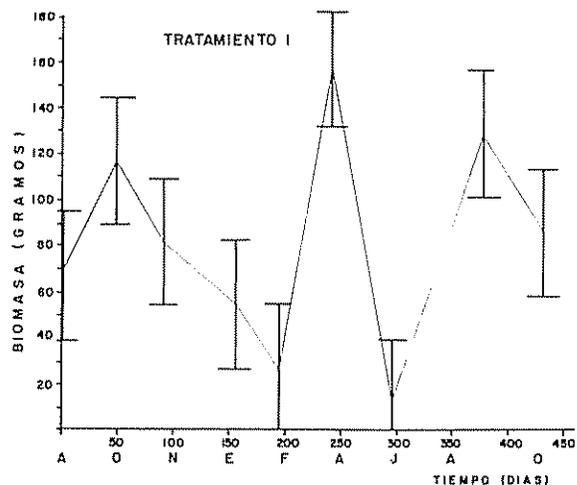


Fig 4 Biomasa de arvenses en el tiempo. Tratamiento I

la zona de anuales, como se puede apreciar en las Figs 4 y 5, durante los meses de junio, agosto y octubre del segundo ciclo.

Producción de cultivos

En el Cuadro 7 se dan las producciones obtenidas por las diferentes especies en los dos tratamientos. Los resultados están expresados con base en el área ocupada por cada tratamiento. En el Cuadro 8 se pueden observar los mismos datos pero extrapolados a 1 hectárea. En ambos cuadros se observa que los valores de producción de los policultivos, en estado fresco, son aproximadamente dos veces y media mayores que los del monocultivo.

Es pertinente aclarar que para tener una evaluación exacta de la eficiencia del policultivo sería deseable,

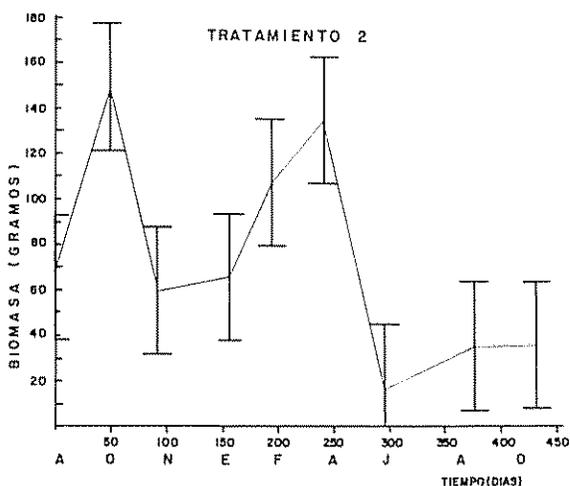


Fig 5. Biomasa de arvenses en el tiempo. Tratamiento II.

Cuadro 6. Prueba de "t" para muestreo de Arvenses (peso seco total g/m²) comparando el monocultivo y el policultivo para las distintas épocas.

Epocas		Valores de "t"
1982	Agosto	0.064
	Octubre	0.97
	Noviembre	1.69
1983	Enero	0.57
	Febrero	1.41
	Abril	0.28
	Junio	1.35
	Agosto	3.49*
	Octubre	2.59**

* Significativos al 0.05% Significativo al 0.1**

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}$$

Valor de "t" en tablas:
3.182 al 0.05
2.35 al 0.1

\bar{X}_1 = media de zonas anuales S_1^2 = varianza de monocultivo
 \bar{X}_2 = media de zonas perennes S_2^2 = varianza de policultivo

Datos analizados: promedio de tres cuadros de 1 m² para 4 parcelas (repeticiones) de monocultivo y policultivo.

como lo indican Hart (30) y Gleissman (20), conocer el rendimiento de cada una de las especies involucra-

Cuadro 7. Producción de cultivos por tratamiento (kg).

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II
Maíz	444.88	117.12
Ajonjolí	—	22.50
Camote	—	655.46
Yuca	—	184
Plátano	—	184.75
Achiote	—	18.2
Tomate	—	45.49
Chile	—	9.62
Piña	—	313.65
Total	444.88	1.553.49
		998.64*

NOTA: Los resultados están expresados en relación al área ocupada por cada tratamiento: 2080 m² aproximados, y de acuerdo a como se consumen en la zona (fresco o seco).

* Valores considerando el peso del camote y la yuca en estado seco (aproximadamente, la tercera parte del valor en estado fresco)

Cuadro 8. Producción de cultivos, extrapolada a una ha (kg).

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II	
Maiz	2 138 84	563 07	
Ajonjolí	—	121 15	
Camote	—	3 151 25	1 102 93*
Yuca	—	884 61	265 38*
Plátano	—	888 22	
Achiote	—	87 50	
Tomate	—	218 70	
Chile	—	46 25	
Piña	—	1 507 93	
Total	2 138 84	7 468 68	4 801 13*

* Valores considerando el peso del camote y la yuca en estado seco (aproximadamente la tercera parte del valor en estado fresco)

das en el policultivo en monocultivo; sin embargo, tales estudios estaban fuera de los objetivos y alcances de esta investigación.

En los Cuadros 9 y 10 se presentan los datos de la biomasa vegetativa de cada cultivo.

Análisis de suelo

Ante todo, se debe señalar que el terreno utilizado se caracterizó por ser muy accidentado y presentar elevaciones y hondonadas que pueden explicar algunos de los datos obtenidos

En el Cuadro 11 se da el resultado del análisis de varianza unidireccional para detectar diferencias entre

Cuadro 9. Biomasa vegetativa de cultivos (Peso seco en kg)*.

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II
Maiz	588 86	515 77
Ajonjolí	—	193 43
Camote	—	187 66
Yuca	—	46 76
Plátano	—	36 34
Achiote	—	35 68
Tomate	—	1 94
Chile	—	0 409
Total	588 86	1 017 98

* Los resultados están expresados en relación al área ocupada por cada tratamiento. (2080 m² aproximadamente) La biomasa vegetativa de la piña no fue determinada

Cuadro 10. Biomasa vegetativa de cultivos, extrapolada a 1 ha (peso seco en kg)*.

Especie	Tratamiento I	Tratamiento II
Maiz	2 839 96	2 479 70
Ajonjolí	—	929 99
Camote	—	902 22
Yuca	—	224 80
Plátano	—	174 7
Achiote	—	171 53
Tomate	—	9 32
Chile	—	1 96
Total	2 839 96	4 894 22

* Hay una subestimación de la biomasa vegetativa en algunos cultivos por la dificultad de determinarla: plátano, achiote; además de que el aporte constante de materia orgánica por medio de la caída de hojarasca de los anteriores cultivos, aparte de la yuca, no fue determinada Tampoco se obtuvo la biomasa vegetativa de la piña por ser cultivo perenne

épocas para cada tratamiento y diferencias entre tratamientos para cada época de muestreo.

En los resultados de diferencias entre los tratamientos para cada época de muestreo, no se presentaron diferencias significativas para ningún parámetro, con excepción del pH para la profundidad de 0-20 cm y el sodio y magnesio para la profundidad de 20-40 cm. Ambas, solamente para octubre de 1982, puesto que podría haber sido un fenómeno local.

Al no haber diferencia significativa entre tratamientos y al haber una más alta producción en los policultivos, se está apoyando la hipótesis de que los nutrientes están siendo eficientemente usados y que se encuentran en la parte aérea de los cultivos y no en el suelo (hay un eficiente reciclamiento). En el monocultivo son las arvenses las que están absorbiendo estos nutrientes.

Los resultados de diferencias entre épocas señalan variaciones en los niveles de cationes intercambiables y en otros parámetros, como la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico, aunque no de manera homogénea. Por otro lado, el manejo agrícola implica cambios en los parámetros edáficos en el transcurso del tiempo.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen en evidencia, primero, que una vez establecidos los cultivos se ejerce un control sobre las arvenses, lo cual coincide con los

Cuadro 11. Resultados del análisis de varianza para suelos.

a) Diferencias entre tratamientos para cada época de muestreo.		
(0 - 20 cm)		
Octubre 1982	Abril 1983	Octubre 1983
pH*	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro
20 - 40 cm		
Octubre 1982	Abril 1983	Octubre 1983
Na* Mg*	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro	No hubo diferencias significativas para ningún parámetro
b) Diferencias entre épocas para cada tratamiento		
0 - 20 cm		
Tratamiento I	Tratamiento II	
pH*	CIC**	
CIC**	M.O.*	
Na*	N*	
K*	Na*	
20 - 40 cm		
Tratamiento I	Tratamiento II	
pH*	CIC**	
CIC**	Na**	
K**	K*	
Mg**		

* Significativo al 5%

** Significativo al 1%

resultados obtenidos por varios autores (14, 16, 43, 46) y segundo, la alta producción obtenida en un cultivo de estas características, que, aunada a la diversidad de especies con diferentes ciclos de vida, permite recoger cosechas a lo largo de todo el año.

En lo referente al control de arvenses, es importante hacer notar que en el establecimiento de un policultivo se debe de pensar en sustituirlas con alguna especie de valor comercial; las funciones de equilibrio que desempeñan las arvenses en un monocultivo, es decir, su función como cubierta vegetal, su sustitución sería conveniente pues, abatiendo, de esta manera, se reduciría la posible erosión y disminuiría la pérdida de nutrimentos (13).

Por otra parte, también es importante considerar que algunas arvenses juegan un papel importante en la competencia, a través de las interacciones químicas que han sido producto de largos años de evolución, interacciones que se manifiestan en los sistemas tradicionales de cultivo múltiple (4, 21)

En el experimento realizado, la zona de anuales, además de estar constituida por maíz y ajonjolí, contaba también con el camote, el cual, además de producir una buena cosecha, cumple funciones de protección del suelo y control de arvenses. El camote tiene la ventaja de que puede permanecer en el terreno durante el período de descanso de las anuales y se recupera fácilmente por rebrotes (Fig. 6).

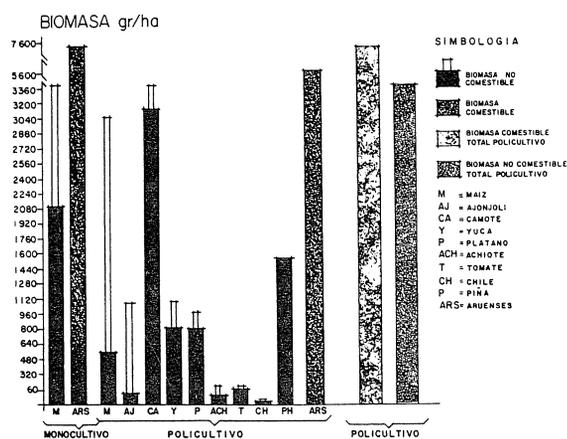


Fig. 6. Biomasa comestible y no comestible para el monocultivo y el policultivo, incluyendo las arvenses.

En el aspecto de producción de cultivos, resulta importante resaltar que el establecimiento de este tipo de cultivo múltiple, constituye una opción factible para elevar el nivel de autosubsistencia del campesino y diversificar su alimentación, además de que algunos de los productos de la milpa puedan producirse en excedente y comercializarse.

Por otra parte, se observa lo ya establecido por Hart (30) en un policultivo de maíz, yuca y frijol, donde se puede apreciar que el control de las arvenses y la modificación de la arquitectura de las plantas involucradas contribuye a la alta producción de los policultivos. El mismo autor señala que, en policultivos con un alto nivel de competencia interespecífica, la declinación de la producción de un cultivo resulta en un incremento en la producción de otro.

En cuanto a la rentabilidad del policultivo, es necesario señalar algunas características que, a primera vista, pueden parecer como no ventajosas. La primera de ellas es que el manejo de este sistema, en su inicio, implica una mayor cantidad de trabajo y cuidado (más mano de obra); también, requiere de una planeación mayor de las actividades agrícolas durante el año. Pero, por otro lado, constituye un sistema muy flexible que se puede ir adaptando a las necesidades locales, además de que en cualquier época del año habría disponibilidad de productos.

Por otra parte, es importante mencionar que no obstante que el terreno donde se desarrolló el experimento tiene un suelo poco productivo —según las gentes del lugar— y es clasificado como de tercera categoría en el Manual de Conservación de Suelo y Aguas de Chapingo, en ese terreno fue posible obtener cosechas de diferentes productos durante el ciclo.

Esto demuestra que el sistema de policultivo es adaptable a áreas degradadas y a suelos poco productivos. Esto implica que los requerimientos nutricionales de las especies también se diferencian, facilitándose de esta manera el uso integral del suelo. Es necesario resaltar el importante papel que juega el aporte de materia orgánica que hacen los cultivos.

Para finalizar, resulta evidente que este sistema de policultivos es adecuado para incorporar a la producción zonas con topografía accidentada y con condiciones de suelo no favorables.

No fue posible hacer el análisis económico de costo-beneficio en esta primera etapa; sin embargo, a través de encuestas hechas a los campesinos, se valoró la opinión de la comunidad del ejido respecto a esta experiencia. Los ejidatarios consideraron como un hecho relevante el que la producción haya sido alta en un terreno poco productivo y el que no hubo dependencia de fertilizantes y de otros insumos para el éxito del cultivo.

Es interesante señalar que algunos campesinos han iniciado sus cultivos múltiples en terrenos aluviales de los bajos del ejido, aplicando su particular concepción de la mezcla de especies. Este trabajo, hecho con los propios campesinos en sus ejidos, parece ser el camino más eficiente para acelerar el proceso de desarrollo de sistemas mejorados, como se ha experimentado en el CATIE (11, 12); además, este enfoque propicia un intercambio fluido de modificación y recomendaciones del sistema agrícola considerado. Por otra parte, este tipo de investigaciones promueve el conocimiento de los problemas reales del productor y el que los resultados sean representativos de una zona específica.

Resulta importante señalar lo indicado por Neugebauer (40) quien dice que la intensificación de la agricultura puede significar alejarse de la economía de subsistencia ya que, de esta manera, se puede establecer el paso de la milpa al huerto diversificado.

En cuanto a las ventajas y desventajas de los policultivos, ambas han sido revisadas por varios autores (7, 34); es importante aclarar que la mayoría de las experiencias de policultivo, o son tradicionales o son de tipo experimental, lo que hace que la evaluación de parámetros ecológicos, socioeconómicos y de rentabilidad, no han podido ser caracterizado a gran escala. Además, los campesinos tienden a asimilar aquellos sistemas de producción que han probado ser más eficientes.

Para finalizar, podemos concluir que:

- a) El sistema de policultivo representa un eficiente uso sostenido del espacio cultivado. Se obtienen producciones totales más altas, sembrando más especies por unidad de área, conservando de esta manera algunas de las características más importantes del ecosistema, como son la diversidad, estratificación, estructura y altos niveles de biomasa, además de que se protege el suelo de la erosión
- b) La alta diversidad de cultivos planteada en un comienzo, con objeto de obtener altas producciones, se puede combinar con el objetivo de mantener un gran contenido de materia orgánica (biomasa) en el sistema como un todo, además de que se pueden plantear nuevas y variadas distribuciones de las especies en el terreno.
- c) La alta producción de biomasa (materia orgánica) del policultivo es una característica que puede jugar, a largo plazo, un papel importante en la estabilidad productiva del agroecosistema, similar a lo que acontece en el ecosistema natural (32, 33, 46). Esto está estrechamente relacionado con el ciclaje de nutrimentos en el propio sistema. A largo plazo, tal estabilidad, habría que verificarla, en el transcurso del tiempo.

LITERATURA CITADA

- 1 ALCORN, J. 1983. El Te'lom huasteco: presente, pasado y futuro de un sistema de silvicultura indígena. *Biótica* (Méx) 8(3):315-325
- 2 AMO R, S. DEL. 1983. Investigaciones sobre el manejo de especies de zonas cálidas húmedas. Proyecto CONACyT PCECBNA 001077
- 3 AMO R, S. DEL. International Workshop of Rain Forest Regeneration and Management (1986, Guri, Venezuela). Management of secondary succession for the creation of useful rain forest in Uxpanapa, Veracruz, Mexico. A case study. An intermediary alternative between transformation and modification
- 4 ANAYA, A. 1981. Importancia de la alelopatía dentro de la ecología química. In *Temas selectos de fisiología celular*. Ed. por A. Peña. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México p. 69-99
- 5 ARIAS, R. 1980. La producción milpera actual en Yaxcabá, Yucatán. In *Seminario sobre producción agrícola en Yucatán*. México. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo p. 259-302
- 6 BARRERA, A.; GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUEZ-YANES, C. 1977. El manejo de las selvas por los mayas. *Biótica* (Méx) 2(2):47-61
- 7 BENE, J.; BEALL, H.; COTE, A. 1978. El bosque tropical: sobre-explotado y subutilizado. Bogotá, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal 51 p.
- 8 BRIENZA, S.; CHOJI, K.P.; DUBOUI, J. 1983. Considerações biológicas e económicas sobre um sistema de produção silvoagrícola rotativo na região do Tapajós. Belém, PA, EMBRAPA (Boletim de Pesquisa no. 50).
- 9 CAAMAL, A. 1985. Algunos aspectos ecológicos de un sistema agrícola de policultivo en una zona tropical húmeda. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México México 80 p.
- 10 CARABIAS, J. 1984. Recursos naturales y desigualdades. In *La desigualdad en México*. Ed. por R. Cordera; C. Tello. México, D.F., Siglo XXI.
- 11 CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 1980a. Informe de progreso 1979. Turrialba, Costa Rica. In *Agroecosistemas No. 26. Boletín Informativo No. 26*. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo.
- 12 CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. 1980b. Producción agropecuaria y forestal en zonas de ladera de América Tropical. Seminario Internacional. Turrialba, Costa Rica. In *Agroecosistemas No. 26. Boletín Informativo*. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo.
- 13 CHACON, J.C.; GLIESSMAN, S.R. 1982. The use of the "no weed" concept in traditional tropical agroecosystems of Southeastern Mexico. *Agro-Ecosystems* 8(1):1-11
- 14 CLARKE, W.C. 1976. Maintenance of agriculture and human habitats within the tropical forest ecosystem. *Human Ecology* 4(3):247-259
- 15 COLEGIO DE POSTGRADUADOS DE CHAPINGO, MEXICO. 1977. Manual de conservación de suelos y aguas. Ed. por Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.
- 16 CONKLIN, H.C. 1957. Hanunoo agriculture in the Philippines forestry development. Paper No. 11. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

- 17 COX, G.; ATKINS, M. 1979. Agriculture and ecology. San Francisco, Cal, Freeman
- 18 DELGADO, R.M.; AMO, R S DEL. 1984. Dinámica de poblaciones de *Apis mellifera* L. en una zona tropical húmeda. *Biótica (Méx.)* 9(4):351-365
- 19 EWELL, P I.; POLLMAN, P. 1980. Uxpanapa: reacomodo y desarrollo agrícola en el trópico mexicano. Ed. por Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 280 p
- 20 GLIESSMAN, S R. 1981. Algunos aspectos ecológicos de las prácticas agrícolas tradicionales en Tabasco, México. Aplicaciones para la producción. *Biótica (Méx.)* 5(3):93-101.
- 21 GLIESSMAN, S R. 1983. Allelopathic interactions in crop-weed mixtures: applications for weed management. *Journal of Chemical Ecology* 9(8):991-999
- 22 GOMEZ-POMPA, A. 1979. Antecedentes de las investigaciones botánico-ecológicas en la región del río Uxpanapa, Veracruz. México. *Biótica (Méx.)* 4(3):127-133
- 23 GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUEZ-YANLS, C.; AMO R, S DEL; BUTANDA, A. 1976. Investigaciones sobre regeneración de selvas. Ed. por Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología y Cía Edit Continental, S A México, D F
- 24 GOMEZ-POMPA, A. 1984. The use of the rain forest by the old Maya Seminary. Yale University Manuscript
- 25 GOMEZ-POMPA, A.; AMO R, S DEL; DELGADO R, M. 1984. Primera Reunión Internacional Médico-Militar (México, D F). Deterioro ecológico en el trópico mexicano
- 26 GOMEZ-POMPA, A.; DELGADO R, M. 1984. Destrucción de las selvas tropicales. Casa del Tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana (Méx.) 7(38):17-21.
- 27 GOMEZ-POMPA, A. 1985. IX Congreso Forestal Mundial (México, D F). La función protectora y los servicios de los bosques: el problema de la deforestación en el trópico. Documento básico
- 28 GOMEZ-POMPA, A.; AMO R, S DEL. 1985. Investigaciones sobre regeneración de selvas. II México, D F., Alhambra
- 29 HALFFTLER, G. 1980. Colonización y conservación de recursos en el trópico. Cuadernos de Divulgación. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. México. 31 p
- 30 HART, R D. 1974. The design and evaluation of a bean, corn and manioc polyculture cropping system for the humid tropics. Ph.D Thesis Florida, USA University of Florida. 158 p.
- 31 HERNANDEZ X, L. 1959. La agricultura. In Los recursos naturales del sureste. Parte II. Tomo 3o. Ed. por Instituto Mexicano de Recursos Renovables A C México, D F
- 32 JIMENEZ, A. 1982. Comparación de la producción de materia orgánica de un bosque caducifolio y el cafetal. In Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero. Ed. por A. Jiménez y A. Gómez-Pompa. México. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. p. 55-64.
- 33 JORDAN, C. 1977. The environmental consequences of intensive forestry and the removal of whole trees from forests: the situation in Latin America. Amazon Project. Athens, Georgia, Institute of Ecology, University of Georgia
- 34 LANGER, L. 1976. Intercropping in the tropics. M Agric Thesis College of Agriculture, St Paul.
- 35 MARQUEZ, W.; GOMEZ-POMPA, A.; MARQUEZ, T. 1981. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpanapa, Ver. México. No. 10. La vegetación y la flora. *Biótica (Méx.)* 6(2).
- 36 MILLAR, C E.; TURK, L M.; IOIH, H D. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. por Cía Edit Continental México, D F. 527 p
- 37 MORENO, H S. 1978. Dinámica social de la cultura del potrero en Panamá. *Tropical Ecology* 1(2):209-217
- 38 MYERS, N. 1980. Conversion of moist tropical forest. Washington, D C National Academy of Sciences.
- 39 NATIONS, J.D.; NIGH, R B. 1980. The evolutionary potential of Lacandon Maya sustained yield tropical forest agriculture. *Journal of Anthropological Research* 36(1):1-30
- 40 NEUGEBAUER, B. 1981. Agricultura intensiva y aprovechamientos forestales. In Alternativas para el uso del suelo en áreas forestales del trópico húmedo. Estudios del acuerdo sobre planificación y uso de recursos forestales tropicales, México-Alemania. Publ. Esp. no. 28. Tomo 3. México, D F, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. p. 57-66.
- 41 PALERM, A. 1980. Agricultura y sociedad en Mesoamérica. México, D F. Sría de Educ Públ; Diana. 195 p.
- 42 ROMANINI, C. 1979. Agricultura tropical en tierras ganaderas. Alternativas viables. México, D F. Instituto Nacional Indigenista. 103 p.
- 43 SANCHEZ, P.A. 1972. A review of soils research in tropical Latin America. Us Agency for International Development. North Carolina Agric. Experim. Station. 197 p.
- 44 SOTO, E., M. 1976. Estudio botánico y ecológico de la región del río Uxpanapa, Ver. México. No. 2. El clima. *Biótica (Méx.)* 1(2):1-18.
- 45 SPENCER, J.D. 1966. Agricultura trashumante en el sureste de Asia. In Agroecosistemas. Boletín informativo No. 26. Ed. por E. Hernández X. México. Colegio de Postgraduados de Chapingo.

- 46 STAVRAKIS, O s I Ancient maya agriculture and future development Agriculture and culture Manuscript
- 47 UHL, CH ; CLARK, K ; MURPHY, P 1981. Early plant succession after cutting and burning in the upper

Río Negro region of the Amazon basin Journal of Ecology 69(2):631-649.

- 48 WILLIAMS, L.G. 1983 Biomass and nutrient content in two successional stages of tropical wet forest in Uxpanapa, México Biotrópica 15(4):275-284.

Notas y Comentarios

Rompiendo la alianza hormigas-planta

Son conocidos los casos de asociación de ayuda mutua entre algunas plantas y ciertas hormigas, en que estas defienden a sus hospedantes poniendo en raya a predadores. Se conocen casos en acacias y en la granadilla (*Passiflora*) (Cf. Turrialba 34:172). Uno de los casos más notables es el de la hormiga *Crematogaster*, la que tiene una relación tan estrecha con el árbol mirtáceo *Leptospermum*, que no puede vivir sin su asociado. El árbol provee un buen coto de caza para alimentos, un fácil acceso a la luz solar para la incubación de las crías, y un hogar húmedo y seguro, libre de predadores. Por su parte, las hormigas eliminan las plantas que se cuelgan de las ramas del árbol, lo defiende de hongos e insectos, y aún alimentan a la planta con sus nutritivos excrementos.

Pero el arreglo no es todo dulzura y luz. Un intruso ha entrado a perturbar esta relación de ayuda mutua, y a reclamar también su parte y a tratar de dominar la situación. El culpable es una planta epífita tropical llamada *Dischidia* (Asclp.). J. S. Weir, de la Universidad de New England, Nueva Gales del Sur, Australia, y R. Kiew, de la Universidad de Pertanian, Malaysia, ha descubierto esta excéntrica historia en las selvas de Malaysia.

En las montañas de Genting, cerca de Kuala Lumpur, Weir y Kiew encontraron a *Dischidia astephana* incrustada en árboles de *Leptospermum*. Cuando diseccionaron los árboles y los examinaron mediante el microscopio, descubrieron las raíces de *Dischidia*, que penetraban profundamente dentro del árbol, a través de los pequeños agujeros perforados por las hormigas *Crematogaster*. Las raíces penetraban aún en la santidad del nido de las hormigas bastante dentro del tronco del árbol. Las hormigas a veces almacenaban las semillas de la epífita en el nido, donde las condiciones de humedad y oscuridad son ideales para la germinación.

Sobre la superficie del árbol, las hojas de la epífita, de forma jibada, se aprietan tan fuertemente que pa-

recen mangas de lunares. Los biólogos siempre han creído que estos "lunares" protegían a las hormigas que se situaban debajo de ellos. Se pensaba que las hormigas retornaban este favor al dejar sobre las hojas sus restos de alimentos y excrementos, aunque hay pocas pruebas de esto (Biol. J. Linn. Soc., vol. 27, p. 113). Así, parecía que *D. astephana* era parte de una sociedad planta-hormiga. Pero otra especie de *Dischidia*, que vivía en el mismo tipo de árbol en las mismas montañas, fallaba en la prueba hormiga-planta. *Dischidia parviflora* tenía unas hojas menos llamativas, en forma de lente, y no estaba adaptada tan obviamente a las hormigas. Sin embargo, Weir y Kiew encontraron que las raíces de *Dischidia parviflora* invadían el interior del árbol.

Así pues, ¿cómo se ordenaban entonces todos estos componentes? El árbol no obtiene nada de las dos especies de *Dischidia*. La hormiga no consigue nada, o muy poco, de *Dischidia*. *Dischidia*, sin embargo, consigue lo mejor que todos. Contrariamente a las reglas de una asociación normal hormiga-planta, la planta epífita explota a sus dos hospedantes: sus raíces y algunas de sus semillas piratean los detritus ricos en nitrógeno de las hormigas. Las hojas están bien situadas para sacar el mayor provecho de la luz solar y apropiarse de los nutrimentos del agua que se desliza por las ramas del árbol. Ellas pueden también absorber el dióxido de carbono exhalado por las hormigas dentro del árbol, y el amoníaco emitido por los microbios de la pudrición de la madera. Ambas especies de *Dischidia* obtienen tanto al haberse entrometido en el matrimonio *Crematogaster-Leptospermum*, que ellas raramente crecen sobre cualquier otra cosa en las montañas de Genting.

Hay lecciones importantes que aprender de este cuento. Es a veces bastante erróneo suponer que las plantas están destinadas a un propósito determinado. En este ejemplo, la forma de las hojas de *Dischidia* no tenía importancia... las raíces eran lo más importante. Pero el excéntrico caso de una planta epífita que esclaviza a un árbol y a sus socias hormigas es un tipo de relación nunca registrada antes. A.G.

Notas y Comentarios

Premio Nobel de Física de 1987

El premio Nobel de Física de 1987 ha sorprendido al mundo científico por ser el más rápido que se registra en la historia del galardón. Nadie niega el mérito de Georg Bednorz y Alex Müller de haber iniciado, con sus investigaciones sobre la superconductividad, una avalancha de pesquisas en todo el mundo por encontrar o combinar materiales capaces de conducir la electricidad sin resistencia a temperaturas del ambiente. Desde el momento en que publicaron un artículo en 1986, que describió cómo un compuesto de cerámica basado en óxido de cobre "superconducía" a temperaturas por encima del cero absoluto (0° Kelvin), cientos de físicos en Estados Unidos, Europa y Japón empezaron a trabajar con estas sustancias cerámicas.

La superconductividad es importante porque permite conducir la electricidad sin perder energía por la resistencia del material. Esto tiene interés, no solo para el transporte de grandes cantidades de electricidad, sino para producir fuerzas magnéticas sin consumir mucha energía (por ejemplo para trenes de levitación magnética), o para utilizar el llamado "efecto Meissner" para producir sistemas nuevos de sensores y transistores.

El obstáculo principal era que las combinaciones de metales que se probaban, en técnicas de "cocina", con diferentes combinaciones, no avanzaban más allá de los 23.3 K, temperatura obtenida en 1973 con una aleación de niobio (Nb) y germanio (Ge). En su primer intento exitoso, Bednorz y Müller empujaron la temperatura crítica a 35 K. La avalancha de investigaciones en el presente año ha provocado que este límite sea en la actualidad de 90 K, debidamente confirmado por otros investigadores (algunas cifras más altas deben esperar una confirmación para salir de la condición de "dudosa" con que se reciben estas cifras preliminares).

Estos avances van a permitir, por ejemplo, que las aplicaciones de la superconductividad se beneficien de

un cambio en el enfriamiento con helio (He) líquido, necesario para alcanzar temperaturas de 4K, a enfriamiento con nitrógeno (N) líquido a temperaturas de 77 K, porque el nitrógeno líquido sólo cuesta unos pocos centavos de dólar, mientras el helio líquido cuesta 5 dólares por litro. Esta baja en el precio sería suficiente para economizar, por ejemplo, unos 50 mil dólares en el costo anual de funcionamiento, en un hospital moderno, se usa un aparato de examen interno llamado "body scanner", que funciona con resonancia magnética nuclear.

Estos dos científicos alemanes, del Laboratorio de Investigaciones de la IBM, en Zurich, Suiza, anunciaron haber hecho mediciones en abril de 1986, de lo que ha llegado a llamarse "superconductividad a altas temperaturas". En realidad, la primera publicación que anunciaba este hallazgo apareció recién en setiembre de 1986, un año justo antes de que la Academia Sueca de Ciencias decidiera otorgarles el premio.

No se puede regatear este galardón a una investigación tan reciente. En el año transcurrido, cientos de investigadores han seguido la huella que abrieron Bednorz y Müller y están elevando la temperatura en que aparece la superconductividad, conforme prueban nuevos materiales no metálicos. Si no hubiesen señalado la ruta con nuevos materiales, la temperatura record seguiría siendo todavía 23.3 K.

La Academia Sueca procedió correctamente al honrar a Müller y Bednorz. Su descubrimiento provocó una perceptiva revolución en el pensamiento científico. No hay ninguna posibilidad de que alguien, pasado un tiempo refute su trabajo. La evidencia está allí para que cualquiera la note. Tan revolucionaria y visible es esta rotura de frente, que una verdadera histeria está cundiendo en la comunidad científica y un tropel de físicos están empeñados en seguir la ruta que se abrió con la investigación de estos dos científicos. A.G.