



Coffea canephora 3580
Coffea canephora 3753
Coffea canephora 3751
Coffea liberica
Coffea brevipes
Coffea sessiliflora
Coffea congensis
Coffea humilis
Coffea pseudozanguebariae
Coffea racemosa
Coffea stenophylla
Marker

2027
1330
983
564



**APORTES CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS EN SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

La Revista Tikalia es el órgano oficial de divulgación de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Su propósito es contribuir al desarrollo de las Ciencias Agrícolas mediante la publicación de artículos científicos y técnicos que reflejan los resultados de las investigaciones que realizan profesores y estudiantes de la Facultad; así como la publicación de artículos teóricos elaborados por científicos y técnicos de otras universidades e instituciones de investigación agrícola que se adecúen a las necesidades del desarrollo académico de la Facultad.

Los autores son responsables del contenido de sus artículos.



Órgano de divulgación de la
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Vol. XVI, No. 1



Guatemala
1998

Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Junta Directiva

Decano: Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
Secretario: Ing. Agr. Guillermo Méndez Beteta
Vocal I: Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
Vocal II: Ing. Agr. William Roberto Escobar López
Vocal III: Ing. Agr. Alejandro Hernández
Vocal IV: Br. Estuardo Enrique Lira Prera
Vocal V: P.A. Edgar Danilo Juárez Quim

Comité Editorial

Lic. David Pinto Díaz
Dr. Luis Mejía
Periodista Dennis Escobar Galicia

Editor: Raúl Figueroa Sarti.

Portada: Marcadores moleculares (RAPDs) en el análisis de variabilidad genética en el género *Coffea*. Amplificación de RAPDs por medio de electroforesis, donde se muestra la variabilidad genética en el género *Coffea*. Foto de Carlos Orozco Castillo.

Edición y Artes Finales: F&G Editores
Telefax: (502) 4740214
e-mail: fgeditor@guate.net

Impresión: Fotograbado Llerena
Telefax. (502) 2324372

Revista *Tikalía*
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Guatemala
Teléfono: (502) 4769770
Fax: (502) 4769770
Correo electrónico: comited.agro@usac.edu.gt

PRESENTACIÓN

Continuando con su línea editorial *Tikalía* reproduce en este número diversos artículos que son el resultado de investigaciones realizadas por ingenieros agrónomos en sistemas de producción agrícola o en recursos naturales renovables.

En primer lugar está el artículo del Ing. Mario Véliz dedicada a la distribución vertical y horizontal de epifitas en *Chaetoptelea mexicana* Liebm. El autor detalla con precisión la distribución y estratificación de la composición florística de las epifitas. Tómese en cuenta que dicho artículo le da continuidad a otros trabajos realizados por el autor, algunos de ellos publicados en números anteriores de *Tikalía*: epifitas de la comunidad de kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui), Vol. XIII, No. 2, julio-diciembre 1995; clave dicotómica para las familias de musgos de Guatemala, Vol. XIV, No. 1, enero-junio 1996; epifitas del Biotopo del Quetzal, Vol. XV, No. 1, enero-junio 1997.

El informe sobre el *HerBaDat*, constituye una descripción del sistema diseñado para el manejo de la información del herbario de la Facultad de Agronomía (Aguat). El sistema funciona en ambiente Windows, e incluye los programas que ejecutan diversas operaciones sobre la información contenida en el herbario.

El artículo de Gálvez y Marmillod está dedicado al aprovechamiento de bayal, nombre dado a diversas especies de *Desmoncus*. Los autores dirigen su interés a establecer la posibilidad de planificar correctamente la utilización del bosque. Además prestan atención a la diferenciación espacial de los rodales madereros de los destinados a la producción de recursos vegetales no maderables.

Orozco Castillo analiza en su artículo el uso de marcadores moleculares para la caracterización de germoplasma en café. Como resultado de la aplicación de marcadores moleculares se logró diferenciar claramente los materiales originados de Etiopía y los subgrupos *C. arabica* var. Típica y *C. arabica* var. Bourbón.

En patología vegetal se incluye el artículo de Alvarez Valenzuela sobre el control de *Plasmodiophora brassicae* en el cultivo de brócoli. Al autor presenta los resultados de una investigación para el control de dicho protozoo mediante la aplicación del solarizado, encalado y la combinación de ambos métodos. Entre las variables de respuesta estudiadas están la incidencia de la enfermedad en los diferentes períodos de exposición y tratamientos, respuesta a los tratamientos en diferentes épocas del año.

Finalmente se presentan los avances de la investigación dirigida a la caracterización agronómica de la jícama (*Pachyrrizus sp.*), en el valle de la capital de Guatemala.

Los editores

CONTENIDO

- 11** Estratificación de las epifitas en mescal (*Chaetoptelea mexicana* Liebm), *Ulmaceae* en el volcán de Acatenango
Mario Véliz
- 31** HerBaDat: sistema computarizado para el control del inventario de especímenes del herbario Aguat
Gustavo L. Baeza Larios
Juan José Castillo Mont
Paul R. Luttmann Ruggeri
Luis M. Reyes Chávez
- 55** Efecto del aprovechamiento maderero en bayal
Juventino Gálvez
Daniel Marmillod
- 79** Uso de marcadores moleculares para la caracterización de germoplasma en café (*Coffea arabica*)
Carlos Orozco Castillo
- 91** Control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en *Brassica oleracea*
Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela
- 111** Cultivo de jícama en el valle de la capital de Guatemala
Aníbal B. Martínez

RESÚMENES

Estratificación de las epifitas en mescal (*Chaetoptelea mexicana* Liebm, Ulmaceae) en el volcán de Acatenango, Guatemala. Mario Véliz.

La presente investigación sobre la distribución y estratificación de la Composición florística de las epifitas, ha permitido conocer atributos y variables de un componente estructural de nuestras comunidades vegetales, siendo el estrato epifito, tan frecuente y poco estudiado a nivel nacional.

La comunidad de mescal (*Chaetoptelea mexicana* Liebm) en donde se realizó el presente estudio, se distribuye de 1,600 a 2,000 msnm en el volcán de Acatenango, en jurisdicción de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez.

La composición florística en mescal encontrada, es de 10 especies y 4 familias epifitas, Bromeliaceae, Orchidaceae, Polypodiaceae y Piperaceae.

La estratificación vertical presenta baja diversidad en el fuste de mescal (2 especies), mientras que en las unidades muestrales por encima de 8.6 del suelo, existe alta diversidad. Se estableció un total de 412 plantas epifitas, siendo las especies más densas *Tillandsia ionantha*, *T. rodrigueziana* y *Encyclia ochracea*. Las mayores densi-

dades de epifitas se registran por encima de los 8.6 m del suelo (68.39% de la densidad total, 257 plantas). A nivel de la estratificación horizontal, el estrato a media sombra es la región más diversa, ya que cuenta con el 90% de la diversidad de epifitas y la mayor densidad y presencia de especies voluminosas como *T. guatemalensis* y *T. rodrigueziana*.

HerBaDat: el sistema computarizado para el control del inventario de especímenes del herbario Aguat. Gustavo L. Baeza Larios, Juan José Castillo Mont, Paul R. Luttmann Ruggeri, Luis M. Reyes Chávez.

El presente trabajo condensa el diseño y desarrollo de un sistema computarizado realizado con el objetivo de satisfacer la necesidad de agilizar el manejo de la información del inventario Aguat, proceso que se ha venido ejecutando en forma manual por el sistema de tarjetas, impidiendo así que el Aguat sea una fuente rápida y eficiente de información y consulta.

Debido a que el manejo de la información lo constituyen procedimientos susceptibles de automatizar, fue factible desarrollar un sistema que permite que el personal del herbario administre rápida y

eficientemente la información, y también que los usuarios realicen consultas de los especímenes preservados, con los más diversos criterios y en cuestión de pocos minutos.

El proceso consistió en la estructuración de la *base de datos* del Aguat y el diseño y elaboración del sistema administrador de la misma, al cual se le dio el nombre de **HerBaDat**. Este funciona bajo el sistema operativo Windows™, comprendiendo los programas que ejecutan diversas operaciones sobre la información, los cuales se organizaron en un sistema de menú fácilmente accesible para el usuario. **HerBaDat** cuenta además con manuales para el Usuario y el Administrador, que explican detalladamente su estructura y forma de operarlo.

Aprovechamiento maderero de bayal. Juventino Gálvez y Daniel Marmillod.

Bayal es el nombre dado desde el sur de México hasta Honduras a varias especies de *Desmoncus*, un género taxonómicamente aún confuso de *Arecaceae*. Es el único género de palmas en América tropical que se caracteriza por ser trepador y su fibra se utiliza en artesanía. En el área de San Miguel La Palotada, Petén, la poca floración y la gran variabilidad morfológica observada dentro y entre individuos

han impedido hasta la fecha diferenciar con seguridad varias especies, si es que las hay.

El bayal pertenece a la flora nativa de los bosques peteneros. La planta conforma una macolla no muy densa, cuyos tallos flexibles alcanzan las copas del estrato medio del bosque, apoyándose para ello en los árboles. Para agarrarse de los individuos sostenes, el bayal utiliza sus hojas, cuyo raquis termina en un apéndice que recuerda al arpón: un largo látigo armado de cachos revertidos.

En Petén, tradicionalmente ha existido antagonismos y recriminaciones entre distintos grupos sociales que hacen uso de los bosques. En el contexto de tales diferencias ¿es posible planificar correctamente la utilización del bosque? ¿se puede diferenciar en el espacio los rodales para la producción maderera de aquellos destinados a la producción de algún o algunos recursos vegetales no maderables, o más bien, fomentar la producción conjunta en el tiempo y en el espacio de los recursos vegetales maderables y no maderables?

Responder a tales preguntas en su dimensión biológica exige conocer la compatibilidad de temperamento de las especies de interés, y el impacto del aprovechamiento —que constituye la intervención más severa en el campo— de cada una sobre la población de las de-

más. El presente estudio trata de manera preliminar la posibilidad del manejo conjunto "especies madereras y bayal".

Uso de marcadores moleculares para la caracterización de germoplasma en café (*Coffea arabica*). Carlos Orozco Castillo.

Los marcadores moleculares permiten la detección de la variabilidad natural a nivel de ADN. Polimorfismos del ADN amplificados al azar (RAPD) fueron utilizados para detectar polimorfismo genético a nivel inter e intraespecífico en especies de café. Dendrogramas derivados de productos RAPD fueron consistentes con la historia conocida y evolución de *Coffea arabica*. Así también se diferenciaron claramente los materiales originados de Etiopía y los sub-grupos —*C. arabica* var. típica y *C. arabica* var. Bourbon—. Los análisis RAPD reflejan entonces las diferencias morfológicas entre los sub-grupos y el origen geográfico de los genotipos de café. Se identificaron además, productos amplificados específicos para especies y algunos de ellos, específicos para *C. canephora* fueron identificados en dos genotipos de *C. arabica*, Rume Sudan 510 y Catimor 5175. Este producto amplificado es indicador de flujo de genes entre especies y tiene implicaciones biológicas para la introgresión e hibridación selectiva en café. Estos

estudios demuestran la capacidad de la tecnología de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para la generación de marcadores genéticos en café, y su utilización en la caracterización de germoplasma en este cultivo.

Control del protozoo *Plasmodiophora brassicae* Woronin en *Brassica oleracea*. Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela.

Plasmodiophora brassicae Woronin es el protozoo incitante de la enfermedad conocida comúnmente como **hernia de las crucíferas**. Actualmente se encuentra disperso en siete departamentos de la Guatemala donde se cultivan hortalizas crucíferas, siendo particularmente dañino para el brócoli.

El solarizado es un proceso mediante el cual el suelo es expuesto al efecto de invernadero inducido por una cubierta plástica transparente y de aplicación hermética que entre sus principales efectos tiene el incremento de la temperatura del suelo, retención de la humedad, favorece la fertilidad del suelo y crea un microclima que favorece muy particularmente a los organismos de vida libre y nociva para los agentes patógenos.

Este artículo presenta los resultados de la evaluación del efecto del control de los métodos de solarizado, el encalado y la combinación de solarizado y encalado

sobre la hernia de las crucíferas, obteniéndose resultados positivos ya que se logra la erradicación del mismo de los campos infestados. Dicho estudio fue efectuado a lo largo de tres años en los municipios de Patzicía y El Tejar en el departamento de Chimaltenango. Entre las principales variables de respuesta

del estudio se consideró la incidencia de la enfermedad en los diferentes períodos de exposición y tratamientos, la respuesta a los métodos en diferentes épocas del año, así como el efecto de la combinación del solarizado con cal dolomítica.

BOTÁNICA

ESTRATIFICACIÓN DE LAS EPIFITAS EN MESCAL (*CHAECTOPTOLEA MEXICANA* LIEBM), ULMACEAE EN EL VOLCÁN DE ACATENANGO

Mario Véliz



I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA

Las poblaciones de mescal (*Chaectoptelea mexicana Liebm*), en el volcán de Acatenango, se les localiza en las hondonadas conocidas como del Duraznito y del Aguacate, en jurisdicción del municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez (3), a una altitud de 1,600 a 2,000 msnm.

Los suelos del área pertenecen a la serie Alotenango (Simmons, 8) y la textura dominante es franco arenosa, de color café grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en seco y negra (10YR 2/1) en húmedo; con niveles de materia orgánica de 7.23 a 36.38% (8).

Las hondonadas presentan una zona climática templada, con invierno benigno, semiseca y con invierno seco [B2 BCi (2)], siendo la zona de vida para

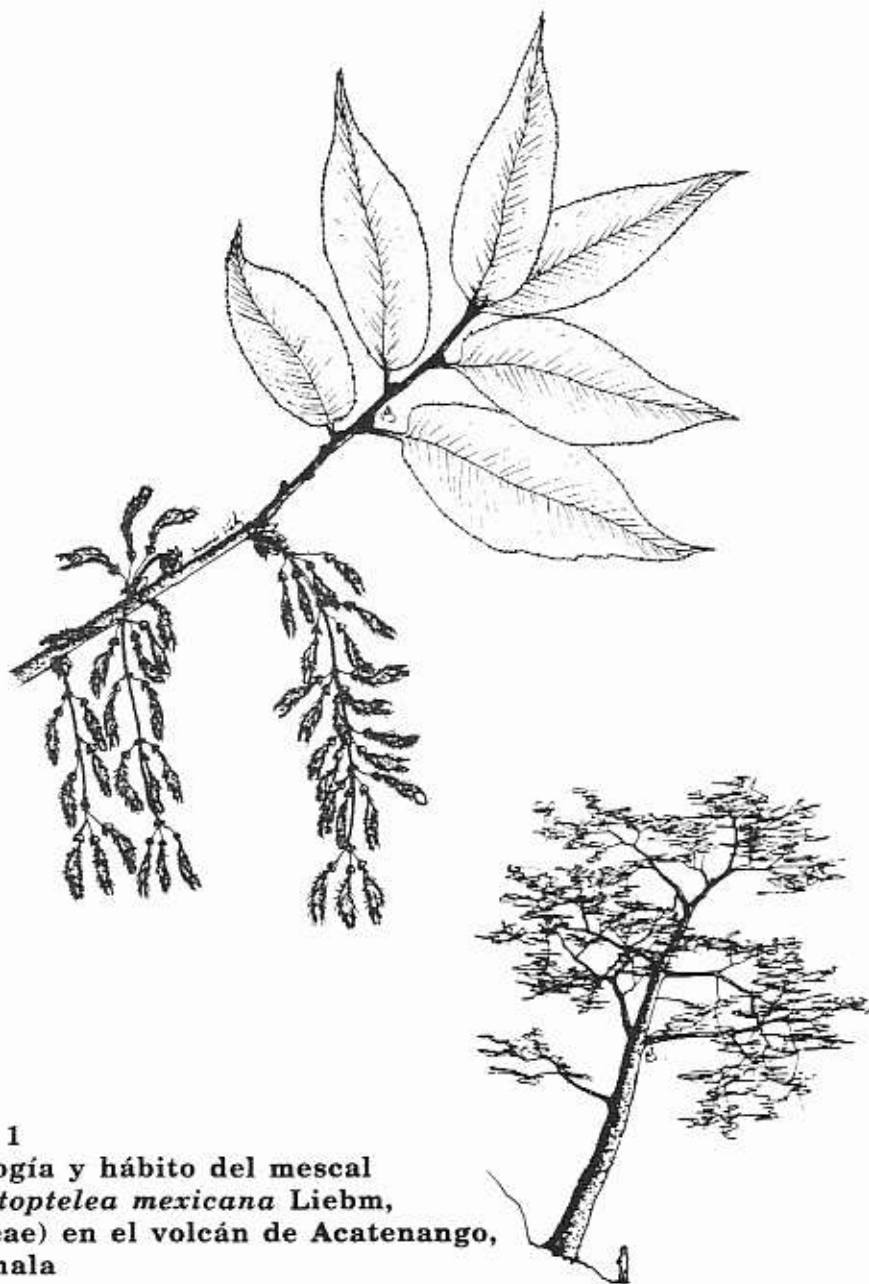


Figura 1
Morfología y hábito del mescal
(*Chaepoptelea mexicana* Liebm,
Ulmaceae) en el volcán de Acatenango,
Guatemala

estas regiones, el Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical [BhMBS (10)].

La vegetación existente dentro de las hondonadas se encuentra altamente disturbada, ya que es empleada como astillero municipal, observando frecuentemente especies como zapotillo cimarrón (*Clethra mexicana*), cerezo (*Prunus capuli*), carrito (*Prunus salasi*) y mano de león (*Oreopanax xalapensis*) (9,10).

II.

CARACTERÍSTICAS DEL MESCAL

El mescal o duraznillo es una especie arbórea nativa que se distribuye de 900 a 2,700 msnm, en los departamentos de Alta Verapaz, Zacapa, Sacatepéquez, Chimaltenango Sololá, Retalhuleu, Huehuetenango, Quetzaltenango y San Marcos, en Guatemala; además, en el suroeste de México; Honduras, Costa Rica y panamá (6).

Su sinónimo es *Ulmus mexicana* Planch in DC 1873.

El mescal es un gran árbol, usualmente de 10 a 25 m de alto, a menudo mayor, con una copa abierta; el fuste frecuentemente mayor de 75 cm de diámetro, la corteza es gris oscura, alguna veces, escamosa. Las hojas son deciduas, cortamente pecioladas, de lanceolado oblongas a oblongo ovaladas, comúnmente ovaladas, comúnmente de 5 a 9 cm de largo o más grandes, especialmente en los brotes jóvenes; de acuminada a largamente acuminada, obtusa a subcordada a la base, desigual y a menudo fuertemente aserrada, escabrosa, especialmente en el envés y usualmente muy rugosa al facto, algunas veces lisa

en el haz; los nervios laterales numerosos, prominentes en arriba; las flores son amarillentas, pistiladas o perfectas, en racimos laxos; los frutos, levemente estipitados, cerca de 5 mm de largo y de color verde pálido; los márgenes con largos pelos suaves y densos, el ápice del fruto es bidentado [(6) ver figura 1]

III.

EPIFITAS EN MESCAL

(*CHAEPTOPTOLEA MEXICANA* LIEBM 1850)

Composición florística del estrato epifito

Como puede observarse en el cuadro 1, la composición florística de epifitas encontradas en mescal, es de 4 familias y 10 especies, siendo Bromeliaceae la más diversa, con 4 especies (40%), Orchidaceae con 3 (30%), Polypodiaceae con 2 (20%) y Piperaceae con 1 especie (10%).

La riqueza encontrada en mescal es baja si se compara con la composición florística existente en la comunidad de kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) distribuida de 2,000 a 3,000 msnm dentro del mismo volcán, que cuenta con 47 especies (9,10).

Estratificación vertical del estrato epifito

Se tomó la información del fuste y de las diversas ramas presentes dentro del árbol soporte, considerando cada una de ellas como una unidad de muestreo, en el cuadro 2 se puede observar la distribución de las diferentes especies de epifitas en cada una de las unidades establecidas.

El fuste del árbol, con 87 cm de diámetro y 8.6 m de largo, se presentó como la región menos diversa ya que sólo cuenta con 2 especies de helechos: *Polypodium angustum* y *P. furfuraceum*, ambas especies son poco densas, distribuyéndose a lo largo del tronco del árbol.

La rama I, que se encuentra a 4 m del suelo, tiene una orientación N-E, encontrando 4 especies epifitas, contando con *Tillandsia ionantha*, *T. rodrigueziana*, *Encyclia ochracea* y *Polypodium furfuraceum* (ver figura 2).

La rama II, se encuentra a 4.3 m del suelo y tiene una orientación Norte, cuenta con 3 especies

Cuadro 1
DIVERSIDAD FLORÍSTICA DEL ESTRATO EPÍFITO
En *Chaetoptelea mexicana* Leibm, volcán de Acatenango, 1997

Familia / Especie	Porcentaje
I. POLYPODIACEAE	
1. <i>Polypodium angustum</i> (H&B ex Willd) Liebm	
2. <i>Polypodium furfuraceum</i> Schlt & Cham	20
II. PIPERACEAE	
3. <i>Peperomia quadrifolia</i> HBK	10
III. BROMELIACEAE	
4. <i>Tillandsia guatemalensis</i> L B Smith	
5. <i>Tillandsia ionantha</i> Planch	
6. <i>Tillandsia juncea</i> (R&B) Poir in Lam	
7. <i>Tillandsia rodrigueziana</i> Mez	40
IV. ORCHIDACEAE	
8. <i>Encyclia ochracea</i> (Lindl) Dressl	
9. <i>Nageliella angustifolia</i> (Booth ex Lindl) Ames & Correll	
10. <i>Oncidium cavendishianum</i> Batem	30
	100

Fuente: Mario Véliz 1997.

de epifitas, siendo éstas *Polypodium furfuraceum*, *Tillandsia ionantha* y *T. rodriguesiana*, siendo la unidad muestral menos diversa (ver figura 3). En la rama III, ubicada a 6.0 m del suelo y con orientación noroeste, tiene 6 especies de epifitas, encontrándose, *Polypodium angustum*, *Tillandsia juncea* y *Encyclia ochracea*, edemas de las tres especies presentes en

Cuadro 2
DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS EPÍFITAS

En *Chaetoptelea mexicana* Liebm, Ulmaceae, volcán de Acatenango

Especie	Rama						Frec. %	
	Fuste	I	II	III	IV	V		VI
<i>Polypodium furfuraceum</i> Schlt & Planch	x	x	x	x	x	x	x	100
<i>Polypodium angustum</i> (H&B ex Willd) Liebm	x	—	—	x	—	x	x	57.14
<i>Tillandsia ionantha</i> Planch	—	x	x	x	x	x	x	85.71
<i>Tillandsia rodriguesiana</i> Mez	—	x	x	x	x	x	x	85.71
<i>Tillandsia guatemalensis</i> L B Smith	—	—	—	—	x	x	x	42.86
<i>Tillandsia juncea</i> (R&B) Poir in Lam	—	—	—	x	x	x	x	57.14
<i>Encyclia ochracea</i> (Lindl) Dressler	—	x	—	x	x	x	x	71.43
<i>Nageliella angustifolia</i> (Booth ex Lindl) Ames & Correl	—	—	—	—	—	x	x	28.56
<i>Oncidium cavendishianum</i> Lindl	—	—	—	—	—	—	x	14.28
<i>Peperomia quadrifolia</i> HBK	—	—	—	—	—	x	—	14.28
Total	2	4	3	6	6	9	9	

Referencia: x= Presencia — =Ausencia.

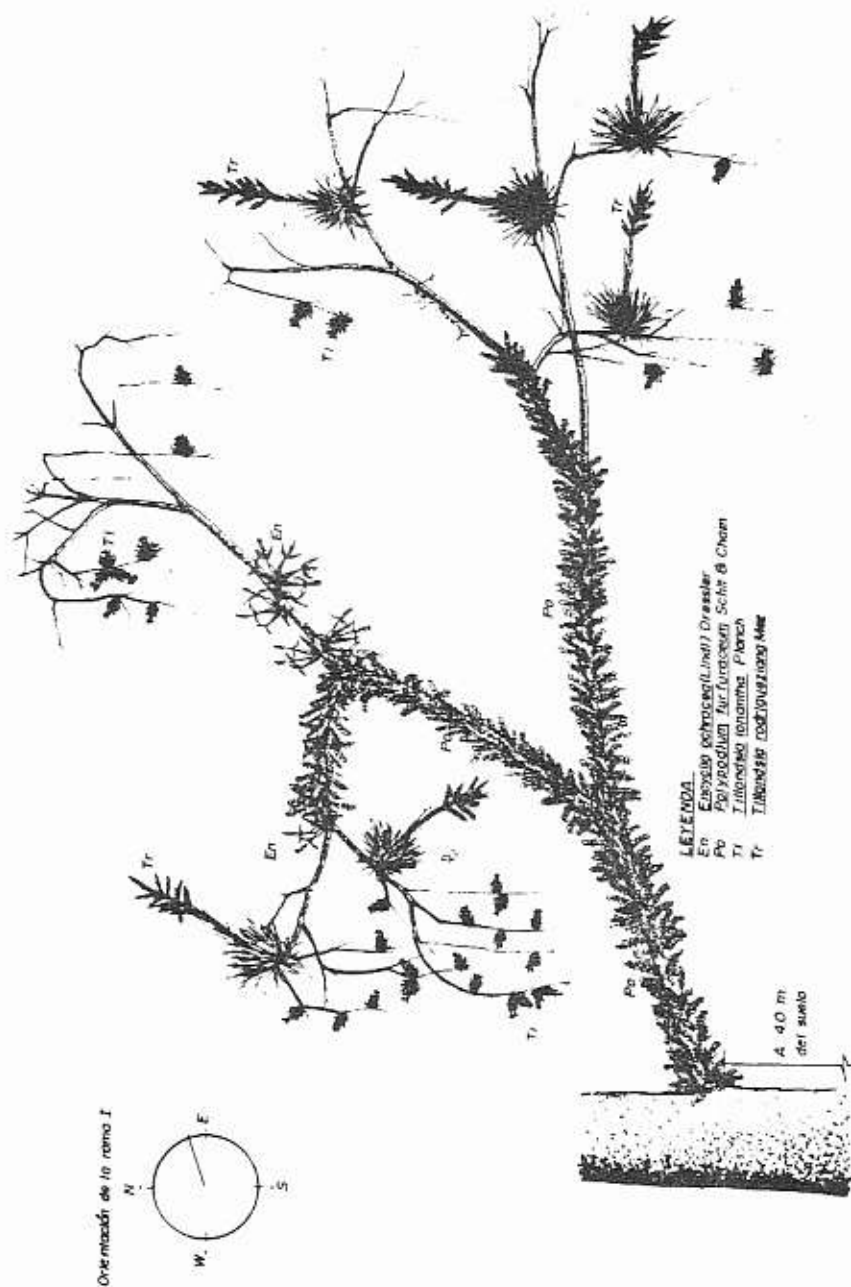


Figura 2
Diversidad florística y distribución del estrato epifito en la rama I en mescal

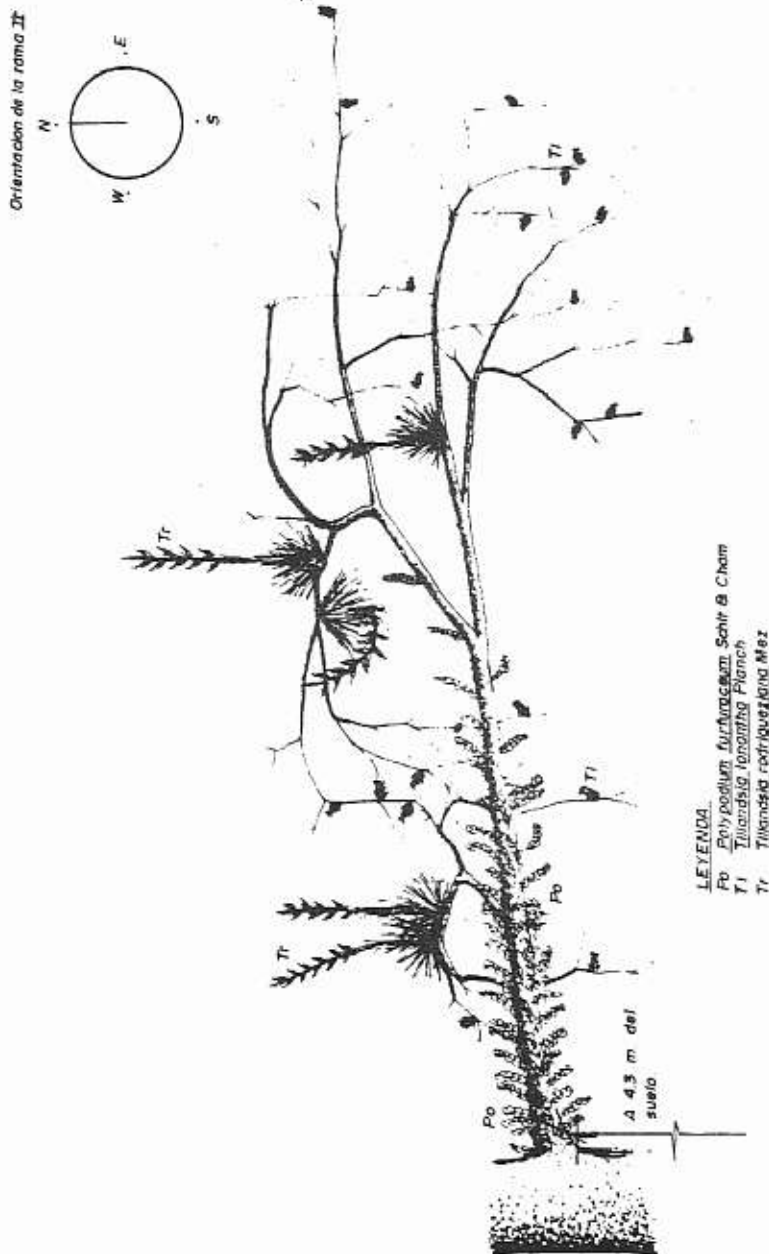


Figura 2
Diversidad florística y distribución del estrato epífita en la rama II en mescal

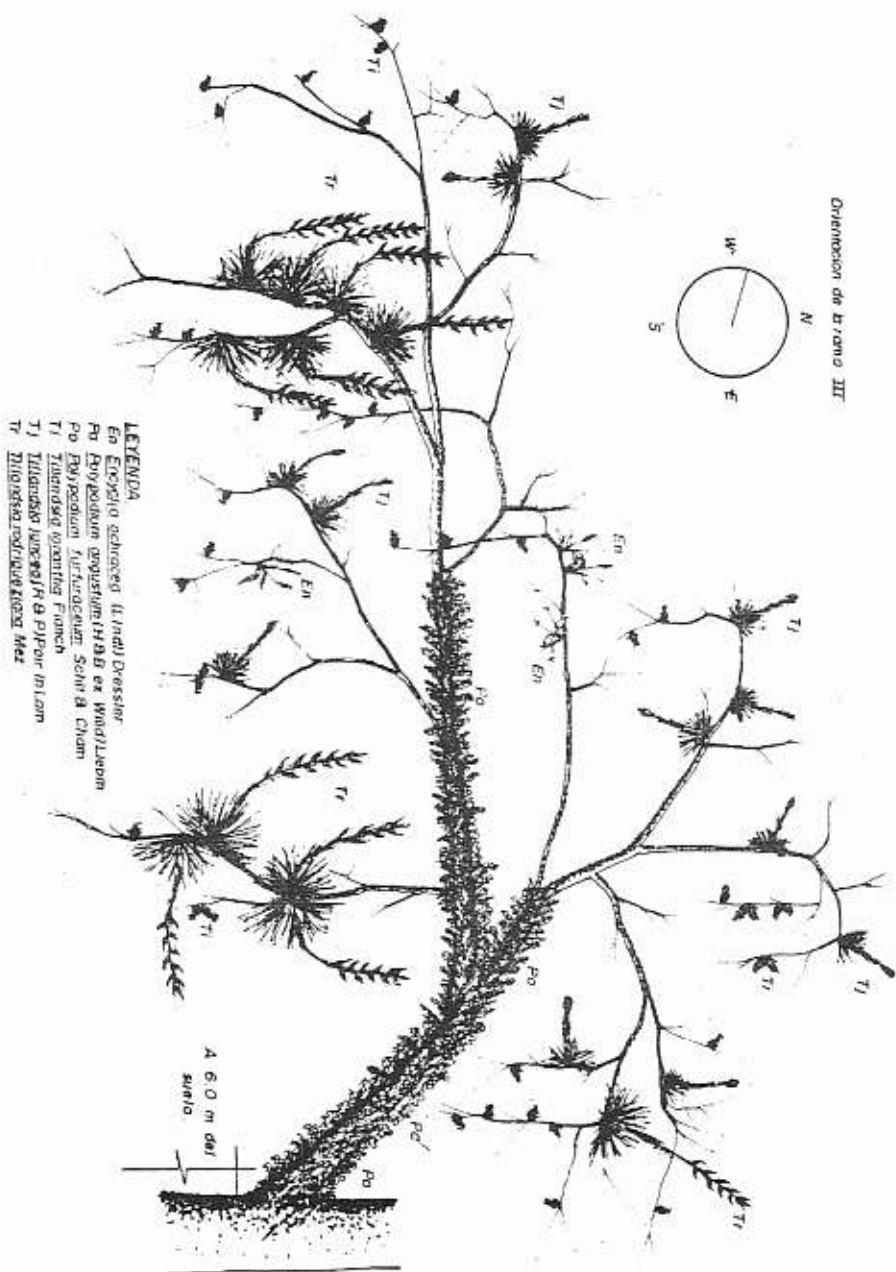


Figura 4
 Diversidad florística y distribución del estrato epifito en la rama III en mescal

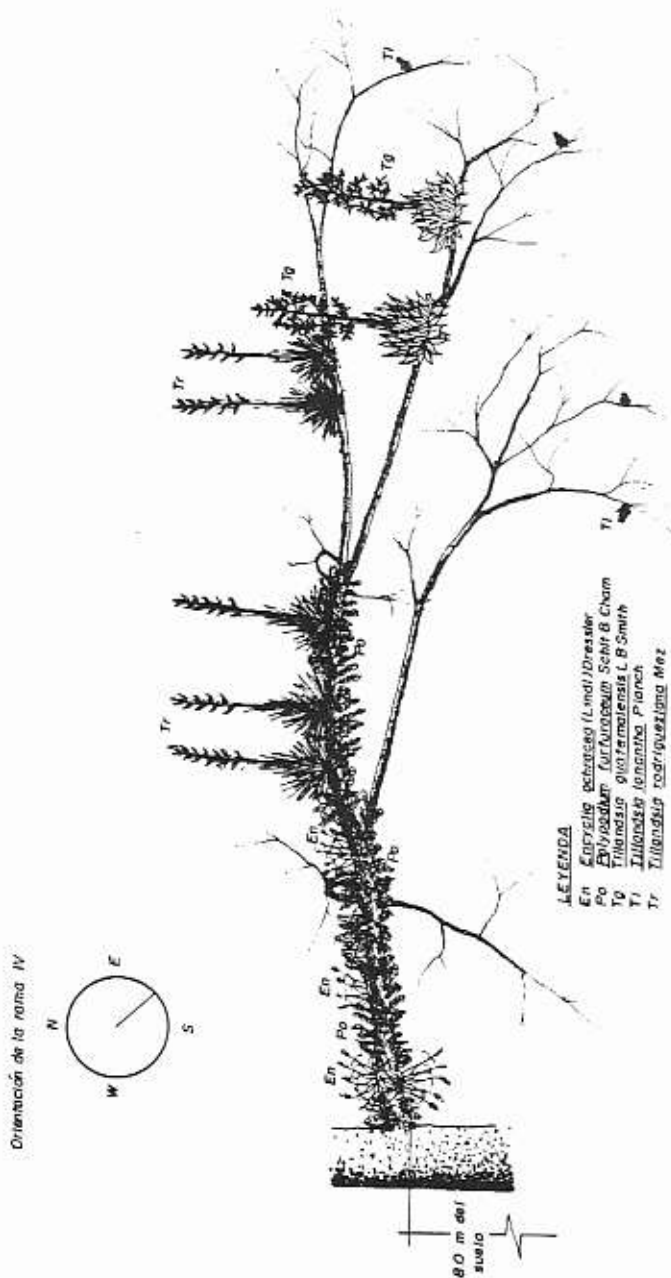


Figura 5
 Diversidad florística y distribución del estrato epifito en la rama IV en mesal

la rama II (ver figura 4). La rama IV, tienen una orientación Sur-este y está a 8.0 m del suelo, también cuenta con 6 especies de epifitas como la rama III, pero *Polypodium angustum* se encuentra ausente y *Tillandsia guatemalensis* es la nueva especie presente que difiere de las unidades anteriores (ver figura 5).

Las ramas V y VI, las más alejadas del suelo, encontrándose por encima de 8.6 m de altura, son las más ya que ambas cuentan con 9 especies, ambas comparten la presencia de *Nageliella angustifolia*, especie ausente en las unidades anteriores de inferior altura. En el caso de la rama V, tiene una orientación Norte, y es la única unidad que cuenta con *Peperomia quadrifolia*; la rama VI no cuenta con la especie anterior, pero dentro de su composición cuenta con *Oncidium cavendishianum*, especie de orquídea ausente en las demás unidades; además, la orientación de la rama es Sur-este (ver figuras 6 y 7).

Comparación de la composición florística del estrato epifito en mescal

Basado en el Coeficiente de Comunidad de Sørensen y el método aglomerativo de unión promedio de Sokal y Mickener (5), se estableció la ordenación jerárquica entre las diversas unidades muestrales (ramas y fuste), estableciendo la mayor similitud entre las ramas III y IV, con un coeficiente de 0.90, fusionándose a este núcleo las ramas I y II con un coeficiente de 0.86, los coeficientes altos obedecen a la similitud florística y la baja diversidad de las unidades muestrales, ya que las especies comunes son *Polypodium furfuraceum*, *Tillandsia ionantha*, *T. rodrigueziana* y *Encyclia ochracea*; las unidades

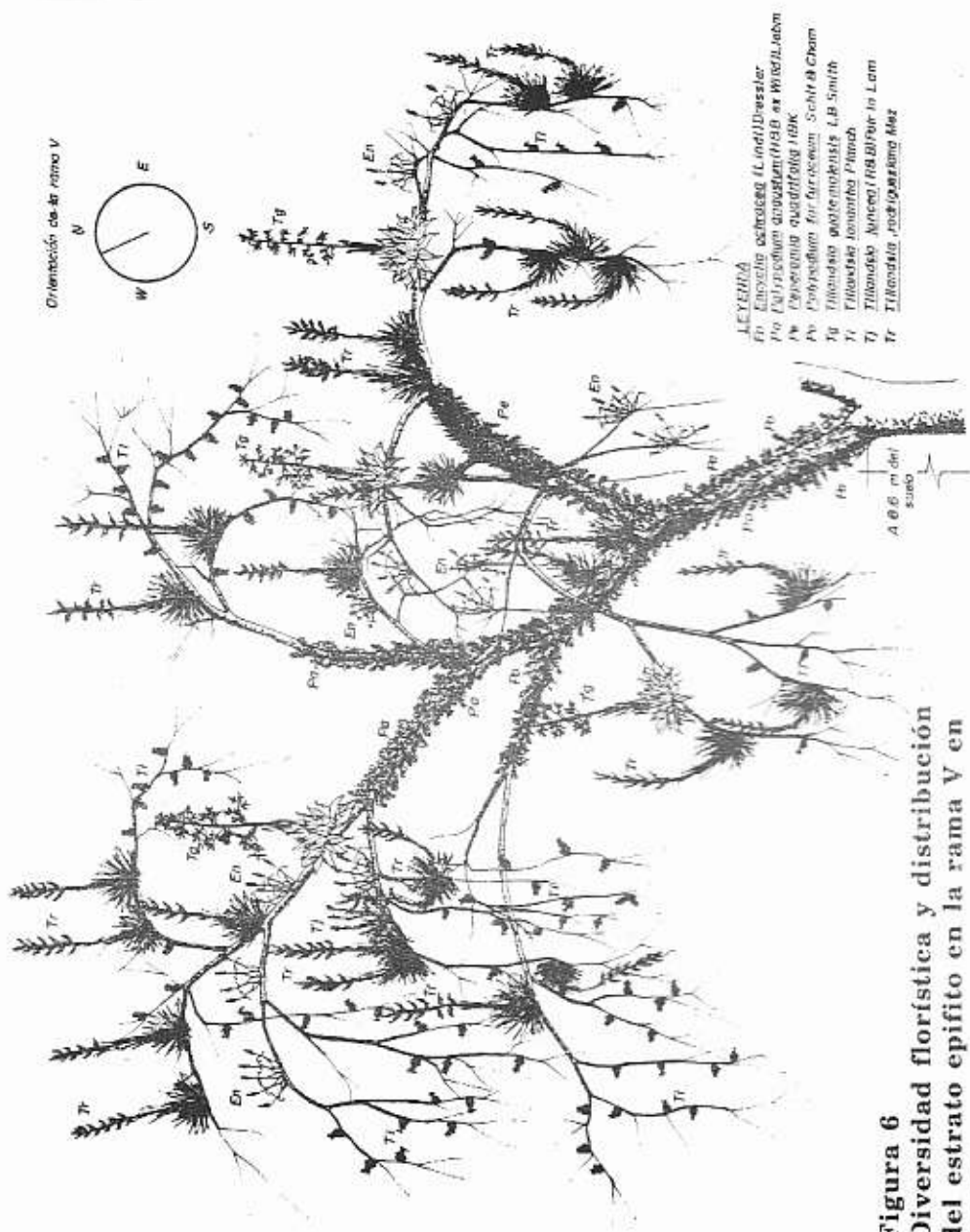


Figura 6
Diversidad florística y distribución
del estrato epifito en la rama V en
mescal

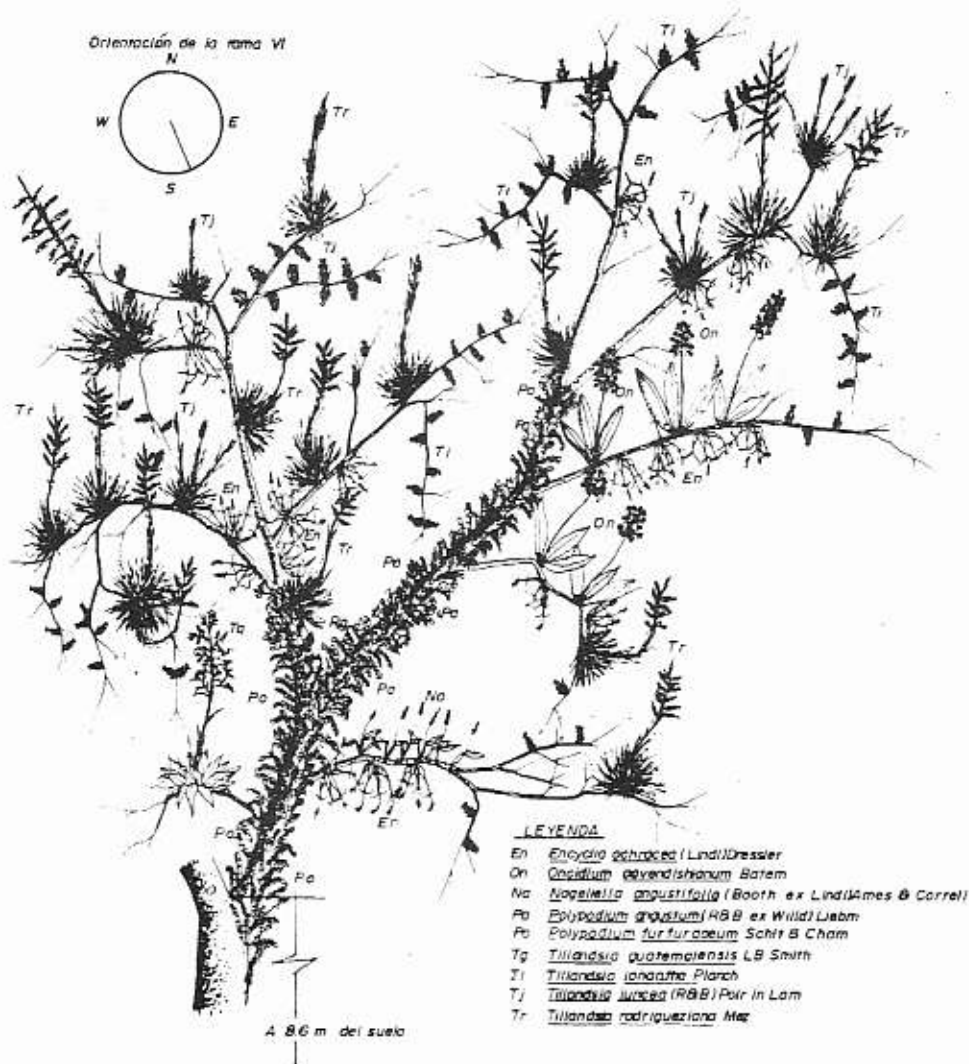
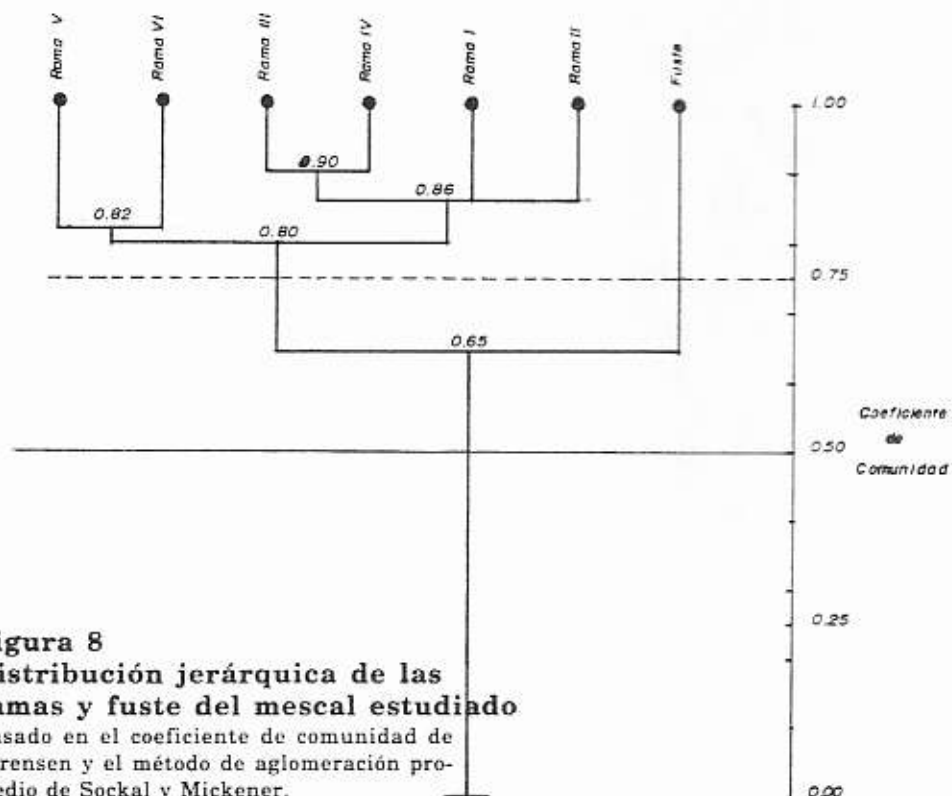


Figura 7
Diversidad florística y distribución
del estrato epifito en la rama VI en mescal

muestrales de este grupo se distribuyen de 4.0 a 8.0 m de altura (ver figura 8).

El segundo núcleo, con un coeficiente de 0.82, lo conforman las ramas V y VI, ubicadas por encima de 8.6 m del suelo, este núcleo cuenta con 8 especies comunes, siendo *Polypodium furfuraceum*, *P. angustum*, *Tillandsia ionantha*, *T. rodrigueziana*, *T. juncea*, *T. guatemalensis*, *Encyclia ochracea* y *Nageliella angustifolia*. *Peperomia quadrifolia* y *Oncidium cavendishianum* son especies propias de este núcleo (ver figura 8).



El fuste es la unidad maestra con menor similitud en relación con las ramas (I-VI), ya que su coeficiente de comunidad es de 0.65, estando presente solamente los helechos *Polypodium furfuraceum* y *Pangustum*; este comportamiento del fuste de mescal, con relación a la baja diversidad, es normal, ya que según Lüttge [1989] basado en estudio de forófitos en bosques lluviosos de África del Este, permito establecer que en los fustes de arboles existe cerca del 20% de la diversidad de epifitas y en las regiones más alejadas del suelo, existe mayor riqueza florística, contando hasta con el 80% de la diversidad del estrato epifito.

Frecuencias y densidades del estrato epifito

Polypodium furfuraceum es la especie más frecuente (100%), encontrándose en todas la unidades muestrales. *Tillandsia ionantha* y *T. rodrigueziana* son las especies en segundo orden de frecuencias, ambas cuentan con un 85.71%. Por parte de la familia Orchidaceae, *Encyclia ochracea* es la especie en tercer orden de frecuencia con 71.43%. *Polypodium angustum* y *T. juncea* cuentan con 57.14% de frecuencia. Las especies más difíciles de observar por su baja frecuencia son *Peperomia quadrifolia* y *Oncidium cavendishianum* ambas con el 14.28%.

Se observa que la familia Bromeliaceae con sus especies del género *Tillandsia* ejercen dominio con su alta frecuencia, ocupando el 48.73% de la totalidad de frecuencias; en segundo plano, la familia Polypodiaceae ocupa el 28.18% y en tercer plano Orchidaceae con el 20.52% de las frecuencias. La familia Piperaceae es la menos frecuente, con solamente el 2.56% (ver cuadro 2).

En relación con densidades poblacionales solamente fueron consideradas las familias Bromeliaceae y Orchidaceae, por su facilidad para el conteo en cada unidad muestral; *Polypodium* y *Peperomia* no se consideraron debido a su hábito procumbente y al sinnúmero de ejes caulinares que dificultan el establecimiento de la densidad de cada especie. Los resultados obtenidos se observan en el cuadro 3. *Tillandsia ionantha* es la especie más densa en mescal, ya que cuenta con 230 plantas, en segundo plano se encuentra *T. rodrigueziana* con 82 plantas; mientras que una planta de *T. ionantha* tiene 6 cm de diámetro, las de *T. rodrigueziana* y *T. guatemalensis* tiene un diámetro por planta que oscila entre 40 a 55 cm, ello implica una mayor área basal y

Cuadro 3
DENSIDADES DE ORCHIDACEAE Y BROMELIACEAE
ENCONTRADAS COMO EPIFITAS EN MESCAL

Especie	Rama							Frec. %
	Fuste	I	II	III	IV	V	VI	
BROMELIACEAE								
<i>Tillandsia guatemalensis</i>	—	—	—	—	2	4	1	7
<i>Tillandsia ionantha</i>	—	28	21	38	4	69	70	230
<i>Tillandsia juncea</i>	—	—	—	12	—	2	3	17
<i>Tillandsia rodrigueziana</i>	—	6	5	19	5	19	28	82
ORCHIDACEAE								
<i>Encyclia ochracea</i>	—	5	—	4	6	15	24	54
<i>Nageliella angustifolia</i>	—	—	—	—	—	11	6	17
<i>Oncidium cavendishianum</i>	—	—	—	—	—	—	5	5
Totales	—	39	26	73	17	120	137	412

Referencias:

Rama I, a 4 m del suelo

Rama III, a 6 m del suelo

Rama V, a 8.3 m del suelo

Rama II, a 4.3 m del suelo

Rama IV, a 8 m del suelo

Rama VI a 8.3 m del suelo

biomasa. A nivel de la familia Orchidaceae, *Encyclia ochracea* es la más densa, con 54 plantas. Las plantas con menor densidad son *Tillandsia guatemalensis* y *Oncidium cavendishianum* con 7 y 5 plantas respectivamente. En total se estableció la presencia de 412 plantas entre orquídeas y gallos (*Tillandsia spp.*).

A nivel general, la familia Bromeliaceae cuenta con el 81.55% de la densidad total (412 plantas), mientras que Orchidaceae solamente ocupa el 18.45% de la densidad.

Se observa a nivel de las diversas unidades muestrales (ramas), que las densidades de epifitas se van incrementando al encontrarse estas más alejadas del suelo, ya que por encima de 8.6 m del suelo (ramas V y VI) existen 257 plantas, equivalentes al 62.38% de la densidad total presente en el forófito; además, es la región más diversa (ver cuadro 3).

Estratificación horizontal del estrato epifito

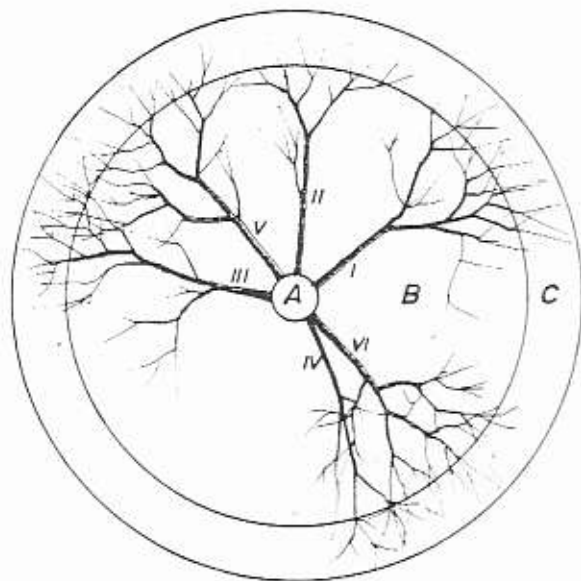
Basado en Lüttge (4), podemos estratificar horizontalmente la distribución de las epifitas, por su tolerancia a la sombra, por lo tanto, se cuenta con tres estratos bien definidos, siendo éstos:

El estrato "A" (tolerante a la sombra), conformado por el fuste del mescal, y como ya se indicó, es el menos diverso y cuenta solamente con dos especies del género *Polypodium*. (ver figura 9)

El estrato "B" (tolerancia a media luz), conformado por las ramas del árbol, siendo la región con mayor diversidad y densidad de epifitas, se cuenta en este estrato con el 90% de las especies (9). Los helechos del género *Polypodium* se encuentran presentes hasta cerca de la región media de las ramas. Acá se encuentran las especies más voluminosas y de mayor fito-

masa, tal es el caso de *Tillandsia rodrigueziana* y *T. guatemalensis* (ver figura 9).

El estrato "C" (tolerancia al sol), presenta solamente una especie, *Tillandsia ionantha*, una especie pequeña, pero con alta densidad (230 plantas), ubicada en los ápices de ramas. Lüttge (4) indica que cerca



DIVERSIDAD

1. *Encyclia ochracea* (Lindl) Dressler
2. *Neogellettia angustifolia* (Booth ex Lindl) Ames & Correll
3. *Oncidium cavendishianum* Batem
4. *Peperomia quadrifolia* HBK
5. *Polypodium angustum* (R&B ex Willd) Liebm
6. *Polypodium furfuraceum* Schr & Cham
7. *Tillandsia guatemalensis* LB Smith
8. *Tillandsia ionantha* Planch
9. *Tillandsia lincea* (R&B) Pair in Lam
10. *Tillandsia rodrigueziana* Mez

Estratos

horizontales Especies

A = Fuste:	5,6
B = Ramas:	1,2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10
C = Ápices de ramas:	8

Ramas: I, II, III, IV, V, VI

Figura 9

Distribución horizontal de la diversidad florística del estrato epifito del mescal estudiado

del 4% de la diversidad epifítica se localiza en los ápices de las ramas.

En términos generales, el análisis de la información obtenida del estrato epifito en mescal (*Chaetoptelea mexicana Liebm*), ha permitido conocer el comportamiento de la diversidad a nivel de las diversas unidades muestrales establecidas, al igual que la estratificación horizontal, basada en la tolerancia de las epifitas a la sombra, encontrando que la mayor densidad y diversidad se encuentra en las regiones a media luz además que, a medida que las unidades muestrales se encuentran más lejanas del suelo, mayor es la densidad y diversidad del estrato epifito en mescal.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMES, O; CORRELL, D. 1952. Orchids of Guatemala. EE.UU., Chicago Natural History Museum. v. 26 no. 1-2.
2. GUATEMALA, INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1978. Atlas climatológico de la República de Guatemala. esc. 1:1,000,000 color.
3. 1965. Mapa topográfico; hoja topográfica Chimaltenango, no. 2059 IV. Guatemala. esc. 1:50,000 color.
4. LÜTTGE, U. 1989. Vascular plants as epiphytes: Evolution and ecophysiology. Germany. 270 p.
5. MATTEUCCI, S.D.; COLMA, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Ed. por Eva Chesneau. Washington D.C., Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Serie Biológica. Monografía no. 22 169 p.

6. STANDLEY, P. ET. AL. 1958-1977. Flora of Guatemala. Chicago, EE.UU., Chicago Natural Museum. Fieldiana Botany. vol 24 part III-IV.
7. STOLZE, D.B. 1976-1983. Ferns and ferns allies of Guatemala. EE.UU. Field Museum History. vol. 29 part II.
8. VELIZ PÉREZ, M.E. 1989. Caracterización de la comunidad de kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larrea-tegui) en el volcán de Acatenango, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 122 p.
9. -----, 1996. Diversidad florística del volcán de Acatenango. Guatemala. Boletín Balám 3(1) p 10.
10. ----- 1997. Las orquídeas (*orchidaceae*) del volcán de Acatenango. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Revista Ciencia y Tecnología. Año 2 no. 2 p 29-78.

INFORMÁTICA

HERBADAT: SISTEMA COMPUTARIZADO PARA EL CONTROL DEL INVENTARIO DE ESPECÍMENES DEL HERBARIO AGUAT

Gustavo L. Baeza Larios
Juan José Castillo Mont
Paul R. Luttmann Ruggeri
Luis M. Reyes Chávez



INTRODUCCIÓN

A lo largo de su existencia, el Aguat ha cumplido con la función de coleccionar y preservar especímenes selectos de la flora de Guatemala, contando actualmente con más de 8,000 especímenes. Este creciente número de especímenes almacenados requiere de un sistema de inventario eficaz y eficiente que satisfaga las necesidades de información de sus usuarios. Sin embargo, actualmente se emplea el sistema manual de tarjetas para almacenar y administrar la información, lo cual es un proceso lento y tedioso particularmente cuando se trata de buscar información específica de los especímenes del herbario.

La situación anterior hizo necesaria la búsqueda de soluciones que simplificaran el manejo de la información, para lo cual se recurrió a la informática o ciencia del tratamiento automático y racional de la información. Con las herramientas provistas por

esta ciencia, fue concebido el diseño y desarrollo de un sistema computarizado para el control del inventario de especímenes. Para ello se emplearon los sistemas FoxPro® versión 2.6 para Windows™ (sistema administrador de bases de datos) y Windows 3.11 para *Trabajo en Grupos*™ (sistema operativo), así como el equipo de cómputo instalado en el herbario.

A lo largo de todo el proceso se consideraron las opiniones de los usuarios ordinarios del herbario, así como del personal encargado del mismo, para poder establecer los criterios que permitieran estructurar la base de datos del Aguat y diseñar y desarrollar el sistema para su administración, en concordancia con las necesidades reales, actuales y futuras de información.

El sistema desarrollado se denomina *HerBaDat*, el cual actualmente se está instalando en la computadora del herbario. El siguiente paso, o implementación final, es ahora responsabilidad del personal del herbario, y consiste en la alimentación de la base de datos que fue estructurada en este trabajo, con la información del inventario. Solo hasta entonces el herbario Aguat podrá convertirse en un centro eficiente de información, cumpliendo así con uno de los objetivos para los que fue establecido.

I. MATERIALES Y MÉTODOS

Investigaciones preliminares

Previo al diseño del sistema se realizaron diferentes actividades de investigación y recopilación de información, con el objeto de obtener los criterios

HerBaDat es propiedad de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Microsoft, MS, MS-DOS, FoxPro, Excel y Word son marcas registradas y Windows es una marca comercial de Microsoft Corporation. IBM y PC son marcas registradas de International Business Machines Corporation. dBASE III y QuattroPro son marcas registradas de Borland International, Inc. Pentium es una marca comercial de Intel Corporation. WordPerfect es una marca registrada de WordPerfect Corporation. Las marcas comerciales de otros productos que aparecen en este documento son propiedad de las respectivas compañías productoras.

necesarios para satisfacer la demanda de información de los usuarios. Estas actividades fueron:

CONSULTAS AL LIBRO DE REGISTROS DEL HERBARIO. La revisión se hizo en los registros de los años 1992-1994; con el objeto de conocer el número promedio de personas que visitan el herbario anualmente, así como su procedencia y motivos de la visita. Esta información proporcionó un valioso fundamento para el diseño según se describe posteriormente.

ENCUESTA PRELIMINAR. A través de ella se solicitaron opiniones, comentarios y sugerencias sobre el sistema, a determinado número de usuarios, a todos los docentes de la Subárea de Ciencias Biológicas de esta Facultad, y a los docentes e investigadores que se encontraban participando en programas de investigación relacionados con el herbario.

VISITAS A INSTITUCIONES CON SISTEMAS COMPUTARIZADOS DE MANEJO DE INFORMACIÓN. Se investigó la operación de otros sistemas computarizados de manejo de información, esencialmente en lo concerniente al tipo de información almacenada, forma de administración del sistema, y criterios para elaborar consultas. Se pudo visitar los sistemas de las siguientes instituciones (los sistemas del extranjero se consultaron mediante internet, cuya dirección se incluye):

- El Centro de Datos para la Conservación, del Centro de Estudios Conservacionistas (CDC/CECON), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- El herbario Charles B. Graves del Connecticut

- College, New London, EUA. (<http://www.herbarium.conncoll.edu>).
- El herbario del Departamento de Biología de la Universidad de Texas A&M, EUA. (<http://www.csdl.tamu.edu/flora/biolherb/tamuhome.htm>).
 - El herbario Jepson de la Universidad de California en Berkeley, EUA. (<http://ucjeps.berkeley.edu>).
 - El Jardín Botánico de Missouri, EUA. (<http://www.mobot.org>).

Selección de la información a procesar

Para decidir qué información de cada espécimen era relevante y necesitaba ser almacenada en la base de datos del herbario, se contó con la opinión del personal del mismo y de los usuarios encuestados. Se determinó conjuntamente la información que debe llevar cada registro que se ingresa al sistema, y la parte de ésta que puede mostrarse al usuario ordinario.

Diseño de la base de datos

El diseño de la base de datos del Aguat se hizo luego de haberse definido la información que debía ser almacenada. Esta información se guarda en forma tabular (columnas y renglones) en varios archivos de datos con el objeto de organizar la información económicamente de manera que se le permita a cada tabla operar tan independientemente como sea posible. A diferencia de colocar toda la información en una sola tabla, la utilización de varias tablas permite evitar la duplicación innecesaria de datos en varios registros (por ejemplo, almacenar el nombre Guate-

mala en todos los registros de los especímenes colectados en dicho departamento), lo cual a su vez permite economizar espacio en el disco duro y minimizar la comisión de errores al tener que repetir el ingreso o modificación de información en múltiples registros.

Para decidir los tipos de información que se colocarían en archivos separados, primero se determinó cuál era el grupo principal de información y qué grupos de información eran relativamente independientes unos de otros. También se consideró qué tipo de ordenamiento daría los mejores resultados en cuanto a optimizar el uso de los recursos del sistema. Una vez determinado lo anterior, se crearon los archivos de datos con la estructura necesaria para almacenar la información (número de campos, tamaño, características, etc.) y se establecieron los vínculos entre el archivo principal y los archivos secundarios para formar la estructura de la base de datos.

Diseño y elaboración de la aplicación o sistema administrador de la base de datos del Aguat

Una vez diseñada la base de datos, el siguiente paso consistió en diseñar la aplicación o conjunto de programas cuya tarea sería la de ejecutar diversas operaciones sobre la información de los archivos, esencialmente, el ingreso, modificación, eliminación, ordenamiento, búsquedas y presentación de la misma. En este proceso se tomó también en cuenta la opinión de las personas encuestadas, así como la del personal del Aguat, especialmente para decidir los resultados que el sistema debía producir.

El diseño de la aplicación comprendió en primer lugar la definición de las operaciones que se

ejecutarían sobre la información. Luego se elaboraron los programas que ejecutarían dichas operaciones (ingreso, modificación, eliminación, ordenamiento, búsquedas, presentación en pantalla e impresión), así como las operaciones de mantenimiento del sistema. También se diseñaron ventanas para controlar y visualizar los efectos de las operaciones, siendo estas, ventanas de manejo de datos y de presentación de datos, así como ventanas de alerta que presentan mensajes de precaución o advertencia al usuario cuando éstas se ejecutan. Posteriormente, se diseñó y elaboró un sistema de ayuda, que está accesible al usuario durante la realización de casi cualquier operación, el cual maneja las solicitudes de ayuda del usuario.

Al haber concluido la programación de las opciones principales, éstas se organizaron en un sistema de menú, para que estuvieran fácilmente accesibles con sólo seleccionarlas con el *ratón*. Paralelamente, se definió un mecanismo de seguridad para proteger la información de alteraciones no deseadas.

Finalmente, se procedió a ingresar información de tipo permanente a los archivos de datos secundarios respectivos. Esta información incluyó los nombres de los principales países del mundo, las subdivisiones de los países del continente americano, los municipios de la República de Guatemala y los taxa del sistema de clasificación para plantas con flores de Arthur Cronquist [1981]. También se ingresaron datos de prueba de varios especímenes del herbario, los cuales sirvieron para la depuración de la aplicación. La aplicación elaborada constituye el **Sistema Administrador de la Base de Datos**, al cual se bautizó como *HerBaDat*.

Elaboración de los manuales de HerBaDat

Antes de hacer las pruebas preliminares de HerBaDat, se elaboraron los manuales tanto para el usuario ordinario como para el administrador o responsable del sistema. El *Manual del usuario* está dirigido al usuario ordinario con ningún conocimiento de un sistema de tal naturaleza y contiene la descripción del sistema y las opciones para realizar consultas. El *Manual del administrador* está dirigido al personal del herbario encargado de manejar la información, y contiene todos los detalles técnicos de HerBaDat, las formas de ingresar, modificar y eliminar información, así como la descripción para ejecutar las tareas de mantenimiento.

Depuración de HerBaDat y sus manuales

La depuración fue un proceso en el cual se ejecutaron con ayuda de los manuales, todas las tareas que HerBaDat permite realizar. Esto se hizo con el objeto de detectar y corregir errores e imperfecciones tanto en la aplicación como en los manuales. En este proceso también se contó con la participación de los usuarios y personal del herbario.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Investigaciones preliminares

Mediante las consultas al libro de registros del herbario se determinó que si bien la mayoría de servicios del Aguat se prestan a usuarios de esta

Facultad, los usuarios provenientes de fuera representan un porcentaje significativo (18.5%), lo cual es indicador de la importancia que reviste el herbario, tanto dentro como fuera de la Universidad de San Carlos. En cuanto a los motivos por los cuales los usuarios visitaron el herbario, un 40% corresponde a consultas sobre determinadas especies, lo cual resalta la necesidad de contar con un sistema rápido y eficiente para la administración de la información.

En la encuesta preliminar un 98% de los usuarios manifestó que sí era necesario contar con un sistema computarizado para el manejo de la información allí almacenada. Las principales formas de realizar consultas que sugirieron los usuarios en la encuesta fueron: por nombre científico, familia, nombre común, localidad de colección, usos y otros. Los usuarios también sugirieron que se incluyera la fotografía del espécimen, así como que el sistema fuera sencillo de utilizar, que fuera accesible a los usuarios en general, y que contara con manuales a disposición de los usuarios.

Durante las visitas a otros sistemas de manejo de información, se estableció que éstos varían mucho en su formato, adaptándose cada uno a las necesidades o criterios particulares de la institución respectiva. Un aspecto importante que se pudo apreciar fue que debe existir un riguroso método de validación de la información a ingresar, para evitar errores e inconsistencias a la hora de hacer búsquedas. Por otro lado, se pudo observar que el uso de la interfase gráfica de Windows hace sencilla la operación, pues las opciones están disponibles con solo hacer un clic sobre las mismas.

Información a almacenar en la base de datos, y su estructura

La información que se determinó era necesario almacenar en la base de datos se puede apreciar en la Figura 1. Una vez definido el tipo de información, se establecieron los grupos a colocar en una tabla o archivo principal, y en otras tablas diferentes o archivos secundarios. Se consideró que el grupo principal de información alrededor del cual se centraría la actividad del sistema, lo constituye la información inherente a los especímenes (entre la que se incluye el nombre científico, nombres comunes, descripción, localidad, sitio de colección, y otros); los grupos independientes que podían separarse en otras tablas por las razones ya mencionadas son: a) los nombres de países, departamentos y municipios; b) los nombres de los taxa utilizados en el sistema

The screenshot shows a web-based data entry form titled "Hojea la Base de Datos". The main entry is for *Chamaedorea tuerckheimii* (Dammer) Burret, with ID 000104. The form is organized into several sections:

- Common Name:** "no hay datos" (no data).
- Family:** "Arecaceae".
- Country:** "CUBA".
- Department:** "Ato Verapaz".
- Municipality:** "Cuba".
- Coordinates:** Lat. 15° 21' 05" N, Lon. 090° 22' 05" O, Alt. 1450 m.
- Site of Collection:** "no hay datos".
- Herbarium:** "Boque número".
- Description:** "Tallo en floración, inclinado e ligeramente curvado hasta los 40 cm de altura".
- Use:** "no hay datos".
- Observations:** "no hay datos".
- Historical:** "En L. M. Bailey, Holttum".
- Collection Details:**
 - Col. 1: O.R. Hodel
 - Col. 2: J.J. Castillo M
 - Col. 3: (empty)
 - No. de colección: 000104
 - Fecha: 17 May. 1990
 - Det. 1: J.J. Castillo M
 - Fecha: 17 May. 1990
 - Det. 2: (empty)
 - No. especímenes: 1
- Buttons:** "Ver foto", "Ver folioletos", "Orden de reg.", "Nombre científico", "Localidad", "Imprimir", "Primero", "Anterior", "Siguiente", "Último", "Salir".
- Footer:** "Hojea 297.107" and "* Sitio de la biblioteca municipal".

Figura 1. La ventana *Hojea la Base de Datos*, con información de un espécimen

de clasificación taxonómico; y c) los nombres de los colectores y determinadores de los especímenes. De esta forma, la información en los archivos dependientes se debe ingresar solamente una vez, y cada vez que se necesite utilizar en un registro de especímenes, HerBaDat proveerá la forma de seleccionarla sin tener que teclearla nuevamente.

Desarrollo del sistema HerBaDat y sus manuales

Luego de concluida la versión preliminar de HerBaDat se inició el proceso de depuración.

Los evaluadores fueron de características muy diversas, lo cual permitió obtener un amplio rango de puntos de vista sobre el sistema y la forma como se presentó la versión inicial. Estos fueron en su mayoría estudiantes de la Facultad de Agronomía (73%), seguidos de docentes e investigadores de dicha Facultad (17%), docentes e investigadores de otras unidades académicas de la USAC (3%), y profesionales de instituciones ajenas a la USAC (7%). El 63% de dichos evaluadores ha visitado el herbario más de 10 veces en un año, por lo que se infiere que la mayoría se encuentran familiarizados con los servicios que éste presta.

Por otro lado, el 87% de los evaluadores manifestó utilizar regularmente una computadora en su hogar o trabajo, mientras que el resto indicó lo contrario. De los primeros, el 19% se autocalifica como principiante en el uso de la computadora, 58% como intermedios, 19% como avanzados, y sólo un 4% como expertos. También de dicho grupo, la mayoría ha trabajado en el ambiente de Windows (84.61%), quienes están familiarizados con las versiones 3.1 ó

3.11 (73%), y con aplicaciones para procesamiento de palabras y hojas electrónicas, tales como MS-Word® (69%), MS-Excel® (46%), WordPerfect® (50%), y QuattroPro® (54%); y sólo un 12% ha trabajado con FoxPro. Todo lo anterior permite inferir que de los usuarios que visitan el herbario, la mayoría está familiarizada con una computadora, y con el trabajo en el ambiente de Windows, por lo que el sistema no será visto como algo extraño o intimidatorio.

En los resultados de la evaluación al sistema, el 96% de los evaluadores lo calificó utilizando términos como claro, novedoso, comprensible, práctico, fácil, y sencillo; sólo un 4% se refirió a él como complicado o difícil de manejar. En lo que respecta al *Manual del usuario*, el 94% expresó los términos favorables mencionados, mientras que sólo un 6% lo encontró difícil de entender por el lenguaje técnico, la presentación de los temas, y la forma de explicar los procedimientos.

Estos resultados se consideran satisfactorios, pues indican que más de la mitad de las personas que no están familiarizadas con el uso de una computadora se consideran en capacidad de utilizar el sistema y sus manuales, lo cual significa que el mismo será de gran utilidad para los usuarios en general, tanto conocedores, como neófitos en un sistema de dicha naturaleza.

La versión final de HerBaDat con sus manuales fue concluida en septiembre de 1997, luego de realizadas las correcciones pertinentes. Una copia conteniendo datos de 100 especímenes se encuentra instalada en la computadora del herbario, la cual servirá al personal del mismo para familiarizarse con HerBaDat antes de instalar la versión final que

se encuentra contenida en los discos de instalación (con archivos de datos en blanco).

HerBaDat funciona tanto en Windows 3.1 ó 3.11 como en Windows 95. La descripción general del sistema y de los manuales se presenta en la siguiente sección (para una descripción detallada, refiérase a los manuales en la sección de Apéndices del informe final de tesis).

Descripción general de HerBaDat

CATEGORÍAS DE USUARIOS. Con el objeto de regular el acceso a la información y proteger aquella que es de interés exclusivo del personal del herbario, se establecieron tres categorías de usuarios, según las cuales el sistema proporciona acceso a información y opciones específicas de trabajo. La categoría de un usuario es identificada cuando se realiza el ingreso al sistema y se le proporcionan los datos personales (vea la sección *Ingreso al sistema* para mayor información). Estas categorías se describen a continuación.

Usuario ordinario. Un usuario ordinario es cualquier persona que consulta el sistema sin ser miembro del personal del herbario. El usuario ordinario tiene acceso a todos los menús exceptuando el de *Administración*. Los criterios para realizar consultas, así como la información que el sistema proporciona como resultado de las mismas generalmente son suficientes para satisfacer las necesidades de información de un estudiante de Agronomía o una carrera relacionada.

Usuario registrado. El usuario registrado es generalmente una persona que es miembro del personal del Aguat, o bien que por alguna circunstancia en particular, el *Administrador del sistema* le ha

conferido dicha categoría. Esta categoría se adquiere al registrar sus datos personales y una contraseña en el archivo de personal del herbario, los cuales son revisados cuando se ingresa al Sistema. Un usuario registrado también tiene acceso a todos los menús, excepto al de *Administración*; sin embargo, también tiene acceso a toda la información almacenada en el Sistema, sin ninguna restricción.

Administrador del Sistema. El *Administrador del sistema* es un tipo especial de usuario registrado, y se usa esta categoría para designar tanto al *Administrador de datos* (quien normalmente es el curador del herbario) como al *Administrador de la base de datos* (quien es el encargado de implementar técnicamente las decisiones del *Administrador de datos*). Al tener esta categoría, se tiene acceso a todos los menús y todas las opciones del Sistema, así como a toda la información.

INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA.

Todos los archivos de HerBaDat se encuentran contenidos en forma comprimida en dos disquetes de instalación, los cuales contienen un programa ejecutable para realizar de forma automática la instalación de los mismos al disco duro de la computadora donde se desea instalar. Para el procedimiento detallado y requerimientos de instalación, por favor refiérase al *Manual del administrador*, en la sección de Apéndices del informe final de tesis.

INGRESO AL SISTEMA. La forma de ingresar al sistema depende de la versión de Windows que se esté utilizando, por lo que a continuación se presentan separadamente los procedimientos para ingresar con la versión 3.1 ó 3.11 y con la versión 95.

Si se usa la versión 3.1 ó 3.11, primero se debe iniciar Windows y luego abrir el grupo de programas de HerBaDat en la ventana del *Administrador de programas*, haciendo doble clic con el ratón sobre éste. La ventana del grupo de programas se abre y muestra el icono de HerBaDat (ver la Figura 2). Haga doble clic sobre el icono, lo cual dará inicio a la rutina de ingreso.

Si está trabajando con Windows 95, una vez que éste ha iniciado haga clic en el botón **Inicio** de la barra de tareas para desplegar el menú Inicio; seleccione la opción *Programas* para desplegar la carpeta de los programas disponibles para el usuario, luego localice el programa HerBaDat y haga clic sobre él para iniciar la rutina de ingreso.

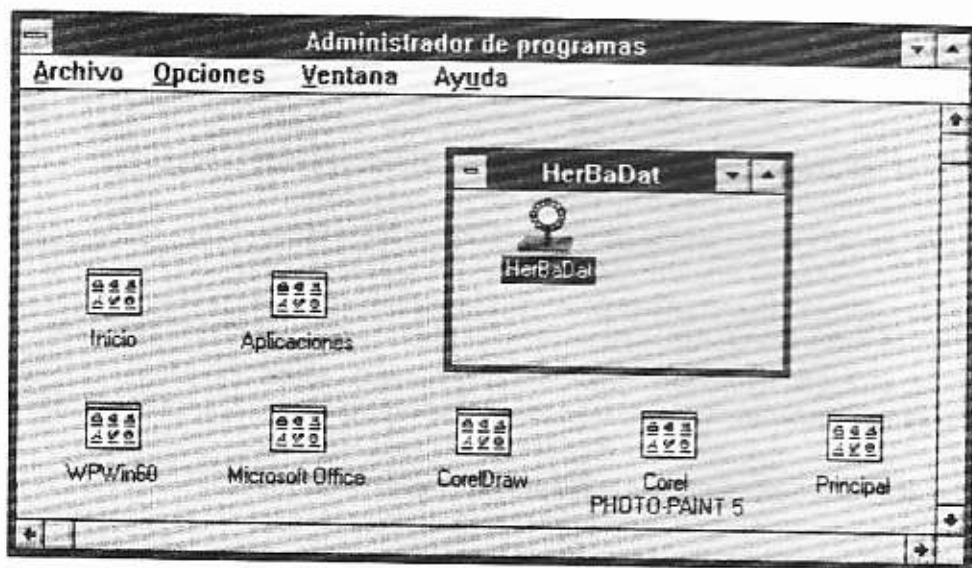


Figura 2. La ventana del *Administrador de Programas* de Windows (3.1 ó 3.11) con el grupo de programas de HerBaDat abierto

La rutina de ingreso se detiene al aparecer la *Ventana introductoria* (ver Figura 4). Esta ventana le da la bienvenida al sistema, identificándolo y proporcionando información útil antes de iniciar la sesión de trabajo. También presenta opciones para tomar el tutorial de Windows, ver una introducción a HerBaDat, o bien, continuar la rutina de ingreso para iniciar la sesión de trabajo.

Para continuar el ingreso, seleccione la opción *Iniciar la sesión de trabajo con HerBaDat*. La ventana introductoria se cerrará y luego se desplegará la ventana de ingreso de datos, que es el siguiente paso de la rutina de ingreso. Ingrese los datos que se solicitan y luego haga clic sobre el botón Continuar. La ventana se cerrará y permanecerá la ventana principal, con la identificación del sistema y las

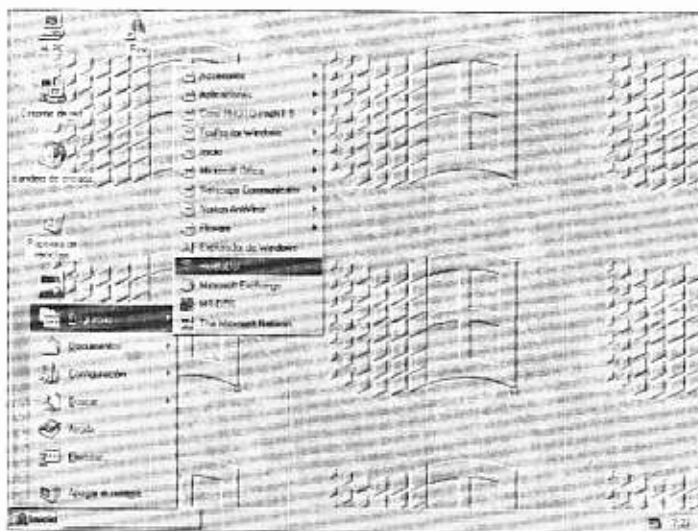


Figura 3. El escritorio de Windows 95 mostrando la carpeta de programas con el programa HerBaDat seleccionado

opciones disponibles en la barra de menú (ver Figura 5). En este momento se puede empezar a trabajar con HerBaDat, mediante la selección de opciones en la barra de menú.

Tareas que se pueden realizar con HerBaDat

Todas las tareas que se pueden realizar con HerBaDat se encuentran accesibles mediante el sistema de menú, el cual comprende la barra de menú, las carpetas del menú, los menús propiamente dichos y las opciones de menú. La barra de menú contiene cuatro carpetas: Sistema, Consultas, Administración y Ayuda (ver Figura 5). Al hacer clic en cualquiera de ellas se desplegará el menú respectivo, el cual es un listado de opciones las cuales representan las tareas que pueden realizarse con HerBaDat. Cuando una de ellas es elegida, se inicia la ejecución de la tarea respectiva.



Figura 4. La ventana introductoria de HerBaDat

LAS TAREAS DEL MENÚ SISTEMA

- **Configurar.** Presenta un submenú con opciones para cambiar los colores del monitor y realizar la instalación y/o configuración de las impresoras del equipo de cómputo.
- **Control de Impresión.** Abre la ventana del Administrador de Impresión de Windows, en la que se puede monitorear la impresión de un documento.
- **Imprimir.** Inicia la impresión de un documento el cual dependerá de la ventana que se encuentre abierta. Este documento puede ser una hoja de registro de espécimen, un listado con los resultados de una consulta al sistema, las estadísticas del herbario, la etiqueta de un espécimen, o un reporte del archivo de usuarios.



Figura 5. La ventana principal de HerBaDat

- **Salir de HerBaDat.** Abre una ventana que se solicitará confirmar su deseo de salir de HerBaDat. Si se selecciona *Cancelar*, permanecerá en el mismo; si selecciona *Aceptar*, se darán por terminadas las tareas que se estaban ejecutando y se efectuará la salida del sistema.

LAS TAREAS DEL MENÚ CONSULTA

- **Hojear.** Abre la base de datos, la ordena en base a nombre científico, y despliega la información del primer registro en una ventana de presentación (ver Figura 1). En ésta se puede ver la información registro por registro, o bien localizar alguno en particular en base al nombre científico, familia o número de registro. También es posible imprimir la hoja de registro del espécimen en pantalla.
- **Imágenes.** Abre una ventana de presentación en la cual despliega las imágenes que se encuentran almacenadas en el sistema, junto con el nombre científico, familia y nombres comunes.
- **Estadísticas.** Abre una ventana de presentación desplegando las estadísticas de la base de datos en cuanto al número de especímenes, especies, familias y muestras almacenadas en el mismo, así como la fecha de la última actualización. Es posible imprimir un reporte de las mismas desde dicha ventana, el cual puede contener el resumen, un listado de familias o bien el detalle de las especies por cada familia.
- **Taxa.** Permite realizar búsquedas de taxá superiores a familia, en base a familia o a división.
- **Buscar especímenes.** Abre una ventana de diálogo para realizar búsquedas con diferentes criterios simultáneos. En este diálogo se deben

construir las condiciones de búsqueda y combinarlas en un listado, para luego pedir al sistema que realice la búsqueda. Los resultados se despliegan en una ventana de presentación, desde la que se puede imprimir un reporte de la búsqueda, así como observar la hoja de registro de cada espécimen que la satisface.

LAS OPCIONES DEL MENÚ ADMINISTRACIÓN

- **Manejo de datos.** Abre el submenú para ingreso y modificación de datos en los archivos de la base de datos. En este submenú se presentan las opciones para modificar los archivos de colectores y determinadores; especímenes; países, departamentos y municipios; taxa; y personal del Aguat.
- **Utilitarios.** Abre el submenú de programas utilitarios el cual presenta opciones para el mantenimiento del sistema como lo son la reconstrucción de los archivos de índice, renovación del archivo de usuarios y el reporte del archivo de usuarios.

LAS OPCIONES DEL MENÚ AYUDA

- **Contenido.** Muestra en la ventana Ayuda un listado descriptivo de los temas principales de la ayuda.
- **Buscar ayuda acerca de...** Permite buscar información sobre un tema en base a palabras clave.
- **Glosario.** Muestra el glosario de la ayuda.
- **Tutorial de Windows.** Inicia el tutorial del sistema operativo Microsoft Windows, en el que se aprenden los fundamentos del manejo de dicho sistema.

- **Introducción a HerBaDat.** Inicia una lección demostrativa con los fundamentos de HerBaDat, explicando con cierto detalle cómo está conformado el sistema, qué tareas puede realizar, y cómo comunicarse con el mismo.
- **Acerca de FoxPro.** Presenta una ventana con la información de la versión y configuración de FoxPro, así como el usuario registrado y el número de serie del producto.
- **Acerca de HerBaDat.** Presenta información especial del sistema, como lo es la identificación, nombres del autor, asesores y colaboradores; *software* utilizado en el desarrollo, año de la edición y entidad propietaria del mismo.

Los manuales del sistema

EL MANUAL DEL USUARIO. El manual del usuario está dirigido a una persona con poco conocimiento de un sistema administrador de bases de datos. Aún si tuviera poco o ningún conocimiento del sistema operativo Windows, el manual contiene una sección que le indica cómo emplear la interfase de Windows para comunicarse con HerBaDat. Su contenido describe detalladamente la forma de ingreso al sistema, la forma de comunicarse con el mismo y cómo éste responde a las solicitudes del usuario. También se describen con detalle todas las tareas a las que tiene acceso un usuario tanto ordinario como registrado.

EL MANUAL DEL ADMINISTRADOR. En este manual se presentan los procedimientos de instalación y configuración del sistema, así como todos los aspectos técnicos del mismo y la descripción detallada de las tareas de administración. La información de este

manual se complementa con la del *Manual del Usuario*, la cual se asume que el administrador conoce previamente.

Perspectivas de la implementación final del Sistema

HerBaDat ha pasado ya por las fases de diseño y desarrollo, las cuales delimitan los objetivos del presente trabajo. El sistema se encuentra instalado y funcionando en la computadora del Herbario Aguat; sin embargo, actualmente contiene sólo 100 registros de especímenes, que fueron utilizados en las fases ya concluidas.

La fase de implementación final, es decir, el ordenamiento e ingreso al Sistema de toda la información existente en el Aguat, queda ahora bajo la responsabilidad de las autoridades del mismo. Esta fase se encuentra bien encaminada, pues actualmente se está dando un proceso de reordenamiento del inventario del herbario, promovido por sus autoridades. Esto permitirá establecer con certeza la información con que se cuenta y los recursos que se necesitan para el manejo adecuado de la misma.

Es indispensable entonces que se respalde dicha línea de renovación y modernización en el Aguat, por parte de las autoridades superiores de esta Facultad. Solo así se llegará a experimentar en su totalidad la capacidad de HerBaDat para el manejo de la información, convirtiéndose entonces el Aguat en una entidad que satisfaga completamente las necesidades de información de sus usuarios, y que continúe destacando a nivel nacional e internacional, como hasta ahora lo ha hecho.

CONCLUSIONES

HerBaDat en el sistema computarizado para el manejo de la información del Herbario Aguat, que ha sido diseñado y desarrollado de acuerdo a los requerimientos y necesidades de los usuarios y personal del mismo.

El Sistema es sencillo de operar, para lo cual se cuenta con el *Manual del Usuario* y el *Manual del Administrador*, como herramientas que facilitan el aprendizaje de la utilización del Sistema.

- HerBaDat está en capacidad de agilizar el manejo (almacenamiento y recuperación) de la información del inventario de especímenes del Herbario Aguat, y de contribuir en convertir al mismo en una entidad moderna que satisfaga la creciente demanda de información sobre la flora de Guatemala.
- El Sistema desarrollado es una herramienta que contribuirá a fortalecer la docencia e investigación en la Facultad de Agronomía, haciendo fácilmente accesible la información contenida en el inventario de especímenes preservados del Aguat.
- El Sistema HerBaDat y sus manuales se encuentran a disposición de las autoridades del herbario Aguat para su implementación final.

RECOMENDACIONES

A las autoridades del Herbario Aguat y de esta unidad académica se recomienda lo siguiente:

- Incrementar el personal en el herbario para agilizar el proceso de reordenamiento del inventario:

- Designar una persona como Administrador de HerBaDat, y darle los recursos para que se capacite en los detalles técnicos de HerBaDat, así como en el uso de FoxPro® 2.6 para Windows™.
- Contratar y capacitar personal para ingresar a HerBaDat todos los datos de los especímenes comprendidos en el inventario del Aguat.
- Adquirir nuevo equipo de cómputo, de acuerdo a las siguientes especificaciones *mínimas*:
 - Computadora IBM o compatible con las siguientes características: microprocesador Pentium® de 166 ó 200 Mhz; 16 Mb. de memoria RAM; disco duro de 4 GB; monitor a color SVGA o UVGA resolución 0.28; unidad de disquete de 3.5", 1.44 Mb; unidad de disco compacto 24X.
 - Impresora láser o de inyección de tinta, a colores con las siguientes características: velocidad de impresión mínima de 4 ppm; 4 Mb. de memoria; resolución mínima de 720 dpi; *scanner* a color de página completa y resolución mínima de 600 dpi.
 - Unidad de cartucho para copias de respaldo (*tape backup*) de 150 Mb.
- Una vez implementado el sistema, difundir el uso del mismo impartiendo cursos de capacitación a estudiantes y personal docente y de investigación.

. BIBLIOGRAFÍA

- CASTILLO MONT, J.J. 1987. El herbario de la Facultad de Agronomía "Aguat". *En* Seminario Mesoamericano de Etnofarmacología (1, 1987, Guatemala, Guatemala); Seminario Nacional de Medicina Tradicional (3., 1987, Guatemala, Guatemala). Memorias. Guatemala, CEMAT. p. 89-91.
- CASTILLO MONT, J.J. 1994. Los herbarios y su función. Boletín de recursos fitogenéticos. (Gua) No. 2:2-3.
- CRONQUIST, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. New York, Columbia University Press. 1262 p.
- DATE, C.J. 1990. An introduction to database systems. 5 ed. Saratoga, Calif., EE.UU., IBM. v.1, 854 p.
- MICROSOFT CORPORATION (EE.UU.). 1993. Microsoft Fox-Pro®; Relational database management system for Windows™; Developer's guide. Redmond. p.irr.
- 1993. Choosing the right database tool; a Microsoft white paper. Redmond. 25 p.
- SLATER, L.C.; ARNOTT, S.E. 1994. Using FoxPro 2.6™ for Windows™. Special ed. Indianapolis, Que Corporation. 1240 p.

SILVICULTURA

EFECTO DEL APROVECHAMIENTO MADERERO EN BAYAL

Juventino Gálvez
Daniel Marmillod



INTRODUCCIÓN

El departamento de Petén en Guatemala sustenta uno de los complejos forestales más extensos de Centroamérica (20,000 km² en la Reserva de la Biosfera Maya). Desde décadas, se extrae de estos bosques productos maderables y no maderables con fines de mercadeo: madera, principalmente de caoba (*Swietenia macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*); chicle, látex cocinado de chicozapote y materia prima para la goma de mascar (*Manilkara zapota*); "allspice" o jamaica, especia producto de la fruta de la pimienta gorda (*Pimenta dioica*); follaje de xate (*Chamaedorea elegans*) y jade (*Ch. oblongata*), y con tendencias crecientes, fibra de tallos de bayal (*Desmoncus spp.*). Para usos locales, es común además la cosecha de hojas de guano (*Sabal sp.*), escobo (*Cryosophylla argentea*) y otras especies de usos medicinal, alimenticio, en curtiembre, etc.

A pesar de esta tradición de uso diversificado del bosque, las prácticas de aprovechamiento son hoy todavía eminentemente extractivas, sin consideración efectiva por la sostenibilidad de la cosecha. A manera de ejemplo, Barrera [1994] opina que las cuotas de extracción del chicle —un recurso exportado desde hace más de cien años— han sido determinadas exclusivamente por la demanda del mercado, sin tomar en cuenta condición ni abundancia del recurso. Para decidir “sangrar” un individuo de chicozapote, el único criterio realmente aplicado por el cosechador sería la capacidad del árbol por producir algo de látex [Barrera, 1994], aun si los “chicleros” han desarrollado conocimientos empíricos para no matar los árboles que cosechan [Balam y García, 1997].

Esta problemática se torna más difícil de encarar en la medida en que cada producto es aprovechado por un grupo humano distinto, que no muestra en su labor extractiva particular sensibilidad ecológica ni respeto para los demás productos del bosque de interés comercial. Así, los xateros, recolectores de hojas de xate, tienen pésima opinión del impacto de la extracción maderera sobre las poblaciones de *Chamaedorea spp.* y afirman comúnmente: “Los madereros matan al bosque”. Por su lado, los chicleros, unidos en un sindicato desde 1949, impulsan un proyecto de ley para, entre otros, impedir la tala del chicozapote con fines madereros [Reining y Heinzman, 1992]. Además de las razones de índole biológica, la situación conflictiva entre recolectores de productos no maderables y extractores de madera tiene profundas raíces sociales. Mientras la venta de hojas de xate constituyó y sigue siendo la alcancía tradicional de la gran mayoría de los campesinos residentes del norte de Petén [Reyes, 1995], y la

producción de bloques de chicle generó toda una cultura del bosque en este departamento y más ingresos que cualquier otra actividad hasta 1970¹ [Reining y Heinzman, 1992], la explotación maderera ha sido el dominio reservado de la clase pudiente guatemalteca, sin impactos tangibles sobre la economía rural local.

La posibilidad de acceso legal a los recursos naturales del norte de Petén cambió con el establecimiento de la Reserva de la Biósfera Maya. En su ley de creación [1990], el Estado guatemalteco introdujo, entre otras alternativas de uso de la tierra, el otorgar concesiones comunitarias, como herramienta para autorizar a las comunidades a manejar los recursos agrícolas, ganaderos y forestales dentro de la zona de uso múltiple de la reserva. Esta circunstancia motivó el inicio de una colaboración para la consolidación de la Reserva entre el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) de Guatemala y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), a través de sus proyectos Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central —más conocido como Olafo— y Producción en Bosques Naturales (PBN). Las acciones se orientaron en particular a demostrar que para conservar los recursos naturales de la reserva, es esencial involucrar a las poblaciones allí asentadas; hipótesis simplificada de trabajo: mediante modificaciones a su sistema de producción, que incluyen mejoras a las técnicas productivas tradicionales y la adopción de nuevas prácticas de manejo del bosque, los agricultores generan mayores ingresos familiares y su interés para conservar el bosque aumenta [Detlefsen y Carrera, 1997].

Para fines experimental y demostrativo, las dos

1. De acuerdo con datos de Cuarentena Vegetal del Ministerio de Agricultura de Guatemala, para 1991 y 1992, el xate produjo anualmente alrededor de US\$ 400,000 en divisas [SEGEPLAN, 1992]. Para 1994, la exportación de chicle significó un poco más de US\$ 1,700,000 [Sandoval, 1997].

instituciones decidieron en un inicio dar apoyo a la comunidad de San Miguel La Palotada, una pequeña aldea de 35 familias ubicada unos 35 km al norte de la ciudad de Flores, cuyos miembros estaban anuentes en su gran mayoría a manejar los recursos del bosque en forma comunal (unas 5,500 ha) y los agrícolas a nivel familiar (unas 1,500 ha).

La comunidad contaba con chicleros, xateros, pimenteros y artesanos de bayal, quienes tradicionalmente habían cosechado su producto en el bosque. La posibilidad de cosechar además madera de estas selvas constituía sin duda una esperanza económica para las familias de la aldea, pero planteaba el problema de la viabilidad de un uso diversificado del ecosistema duradero en el tiempo. Dados los antagonismos seculares y recriminaciones mutuas entre grupos de cosechadores, ¿cómo planificar correctamente la utilización del bosque? ¿Diferenciar en el espacio rodales para la producción maderera de aquellos destinados a la producción de algún o algunos recursos vegetales no maderables, o más bien, fomentar la producción conjunta en el tiempo y en el espacio de los recursos vegetales maderables y no maderables?

Responder a esta pregunta en su dimensión biológica exige conocer la compatibilidad de temperamento de las especies de interés, y el impacto del aprovechamiento —que constituye la intervención más severa en el campo— de cada una sobre la población de las demás. El presente estudio trata de manera preliminar la posibilidad del manejo conjunto “especies madereras y bayal”.

I. ANTECEDENTES FORESTALES

El bayal

Bayal es el nombre dado desde el sur de México hasta Honduras a varias especies de *Desmoncus*, un género taxonómicamente aún confuso de *Arecaceae*; 61 especies han sido descritas, pero probablemente se reducen a sólo siete [Henderson, citado por Listabarth, 1994]. Es el único género de palmas en América tropical que se caracteriza por ser trepador y su fibra se utiliza en artesanía. En el área de San Miguel La Palotada, la poca floración y la gran variabilidad morfológica observada dentro y entre individuos han impedido hasta la fecha diferenciar con seguridad varias especies, si es que las hay. En la región, Lundell [1937] mencionaba la presencia de tres.

El bayal pertenece a la flora nativa de los bosques peteneros. La planta conforma una macolla² no muy densa, cuyos tallos flexibles alcanzan las copas del estrato medio del bosque, apoyándose para ello en los árboles. Para agarrarse de los individuos sostenes, el bayal utiliza sus hojas, cuyo raquis termina en un apéndice que recuerda al arpón: un largo látigo armado de cachos revertidos (garfios).

En el bosque, la base de las macollas no es muy grande, y su diámetro es por lo general inferior a 40 cm, pudiendo alcanzar excepcionalmente cerca de 1 m. El número de tallos por macolla raramente sobrepasa 8 (máximo 17). Los tallos, con un diámetro medio de 16 mm (rango 8-40 mm), presentan mayormente largos inferiores a 25 m, aunque se encontró uno que medía más de 45 m. Las dimensiones dadas muestran la variabilidad del bayal en los bosques

2. Putz [1983] ha mostrado que *Desmoncus isthmus* es una palma con hábito de crecimiento clonal, mediante un sistema rizomático que se extiende sin límites. Por lo tanto, un conjunto de tallos de bayal que parecen pertenecer a una sola planta es botánicamente hablando un clon compuesto de varios individuos, aun si ellos estuviesen unidos por conexiones persistentes y funcionales. Para facilitar la comunicación, se usa indistintamente en el presente estudio los términos planta o macolla (formalmente: conjunto de vástagos nacidos de la base de un mismo pie [Font Quer, 1985]) para designar a un clon, cualquier sea su estado de desarrollo morfológico (único individuo, clon en un estado precoz, clon en un estado tardío, ...), en apego al significado popular, mas no a las definiciones botánicas.

de la zona de estudio; observaciones de campo indican de forma preliminar que los rangos suelen ser más estrechos según los tipos de bosque [Marmillod *et al.*, 1995].

El tallo provee la materia prima utilizada por los artesanos. Ellos mismos van a los lugares de mayor abundancia del recurso para extraer los tallos que consideran utilizables, los cuales cortan y bajan de los árboles en un proceso repetitivo de pelar (para eliminar las espinas) y jalar hasta que caigan al suelo. Eliminan luego la parte apical y juntan las varas cosechadas en pares de manojos, que ellos mismos cargan o arrastran hasta su taller. En este lugar, los artesanos preparan la fibra propiamente dicha, rajando las varas y removiendo la parte carnosa interior. La intensidad del rajado depende del artículo que será producido: para tejer un sillón, la vara se raja en cuatro partes (fibra gruesa), mientras que para producir una canasta, la vara será dividida de manera más fina (fibra delgada). Cualquier sea el producto final, los artesanos no aprovechan tallos menores de 5 m de largo, que consideran inmaduros.

Para concebir el aprovechamiento sostenible del recurso, es necesario tomar en cuenta básicamente las existencias cosechables y el crecimiento del producto. Mientras que para las madereras son bien conocidos los métodos y variables a medir para generar la información requerida, las especies no maderables están lejos de ser convenientemente estudiadas y constituyen dasométricamente una variedad de casos particulares. Dado el marco de un manejo a largo plazo de las especies —y quien dice manejo dice viabilidad financiera de la operación—, la identificación de herramientas prácticas, rápidas en el proceso de medir/estimar, constituye un paso

previo esencial a cualquier diagnóstico o evaluación técnica productiva.

Para auscultar con fines productivos la estructura de la población silvestre de bayal —diferenciando por lo menos las subpoblaciones juvenil y productiva—, Gálvez [1996], adaptando una recomendación original de Chinchilla [1994], propone una clasificación de los estados de desarrollo productivo de las especies peteneras basada en el tamaño del tallo mayor de cada macolla:

- *regeneración*: planta cuyo tallo más largo es inferior a 1 m (diferenciar entre regeneración de semilla y de rizoma);
- *juvenil*: planta cuyo tallo más largo es mayor a 1 m e inferior a 5 m;
- *adulto en crecimiento*: planta cuyo tallo más largo es mayor o igual a 5 m y que cuenta al menos un tallo de dimensiones inferiores;
- *adulto en reposo*: planta compuesta solamente por tallos mayor o iguales a 5 m.

La diferenciación y denominación de los estados *adultos en crecimiento y en reposo* es aún tentativa, ya que ensayos de campo muestran que más del 50% de las plantas en reposo producen tallos retoños en un lapso de hasta siete meses después de la observación. El interés productivo de la diferenciación se sustenta en diferencias de dinámica de las plantas en respuesta a la cosecha: tentativamente, el crecimiento de las adultas en reposo “explosionaría” después del aprovechamiento de parte de sus tallos, produciéndose retoños que crecen más de 5 m en cuatro meses —aun si todos los tallos utilizables habían sido cosechados—, mientras que las adultas en crecimiento serían afectadas por la cosecha.

Para estimar las existencias de producto cosechable en la población, Marmillo *et al.* [1995] observan que el diámetro del tallo no es factor que considere el artesano para preparar la fibra y que, por otro lado, no es posible estimar objetivamente el largo de un tallo de bayal en el bosque; por lo tanto, proponen calcular el largo utilizable de caña de bayal por unidad de superficie, con base en un conteo del número de tallos aprovechables de cada individuo de la muestra. Para tal fin, determinaron que el largo promedio útil del tallo maduro aprovechable es de 9,77 m.

LOS BOSQUES DE LA COMUNIDAD DE SAN MIGUEL LA PALOTADA. Según el sistema de Holdridge, el área de San Miguel pertenece a la zona de vida "Bosque húmedo subtropical cálido", con temperatura media anual de 23 °C, precipitación media anual de 1,530 mm y una época seca con lluvias esporádicas de febrero a mayo (precipitaciones mensuales < 45 mm).

La región se ubica en la amplia plataforma sedimentaria terciaria de Yucatán, desarrollada sobre formaciones calcáreas de origen marino. La concesión de San Miguel se encuentra casi exclusivamente en el paisaje fisiográfico de colinas bajas, en donde alternan mesetas onduladas de pedregosidad mediana con zonas colinares de fuertes pendientes y más piedras. Los suelos, con pH entre 8.0 y 8.4, son bien drenados en las cimas y vertientes de las colinas (rendzinas), pero con drenaje deficiente en los bajos de los valles (pellic vertisols) [Collinet, 1997].

Los bosques de la comunidad son siempre verdes —una minoría de las especies pierde la totalidad de sus hojas durante la estación seca— y todos han sido

aprovechados más de una vez en el pasado. El dosel superior cierra entre 15-25 m, aunque árboles emergentes superan esta altura. El conjunto de árboles con $dap \geq 10$ cm muestra en promedio una abundancia de 527 individuos por ha y una dominancia de 24.8 m^2/ha [Pineda, 1966]. El número de especies de este conjunto es mayor a 120 y por lo menos unas 35 familias botánicas son representadas.

La distribución del número de individuos por clase diamétrica muestra la típica forma en "J" invertida de los bosques tropicales, pero con un marcadamente pequeño número de árboles gruesos —únicamente 6 individuos por ha alcanzan 60 cm dap y más—. Esta condición y la baja altura de la vegetación explican que el volumen maderero de los individuos con $dap \geq 25$ cm sea de sólo 39.1 m^3/ha .

A pesar de que más de cien especies arbóreas están presentes, los bosques son dominados por unas diez, que conforman el 50% de la masa forestal (*Pouteria durlandii*, *Brosimum costaricanum*, *Dendropanax arboreus*, *Pseudolmedia spuria*, *Sebastiania longicuspis*, *Spondias mombin*, *Manilkara zapota*, *Pouteria campechiana*, *Vitex gaumeri* y *Pouteria amygdalina* representan 48% de la abundancia y 55% de la dominancia). Esta situación de homogeneidad pudiera aparecer sumamente favorable en términos silviculturales, si todas estas especies tuvieran un valor comercial, lo que no es el caso para ninguna, excepto el chicozapote, y todavía gracias a su látex.

En un país como Guatemala donde abundaron y aún abundan caoba y cedro, la demanda para otras especies sigue siendo muy baja. Tomando en cuenta las condiciones actuales de mercado, las especies arbóreas de San Miguel que pueden considerarse para una producción maderera son las siguientes:

1. *Primarias maderables protegidas* (PMP) de uso en artesanía fina, extremadamente valiosas y demandadas, por lo que son protegidas por ley (*Dalbergia tucurensis*, *Platymiscium dimorphandrum*).
2. *Primarias maderables* (PM) de uso en ebanistería, muy valiosas y cotizadas en el mercado nacional e internacional (*Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*);
3. *Secundarias maderables* (SM) actualmente comerciales, pero con poca demanda y precios muy inferiores a las anteriores (*Pseudobombax ellipticum*, *Calophyllum brasiliense*, *Astronium graveolens*, *Aspidosperma stegomeres*, *Aspidosperma megalocarpon*, *Terminalia amazonia*, *Pithecellobium arboreum*, *Vatairea lundellii*, *Lonchocarpus castilloi*).

Entre las demás especies arbóreas se diferencian a su vez dos grupos:

1. *Primarias no maderables protegidas* (PnoM) (*Manilkara zapota*, *Pimienta dioica*).
2. *Terciarias* (Ter), que comprenden todas las especies que hoy en día no tienen valor comercial alguno.

La subpoblación de las especies comerciales por su madera (grupos 1, 2 y 3 anteriores) no es muy importante: 27.3 individuos por ha, apenas un 5% del número total de árboles con $dap \geq 10$ cm, con un área basal de 2.3 m²/ha. Su volumen (6.4 m³/ha para el conjunto de individuos con $dap \geq 25$ cm) es más significativo en comparación con el volumen total, pero no son más que 3.3 árboles aquellos individuos aprovechables por ha —con un volumen de 3.4 m³/ha [Pineda 1966]—.

Silviculturalmente, este cuadro indica una esca-

sez de individuos de futura cosecha, aguda en el caso de la mayoría de las especies; esta situación exigirá necesariamente la ejecución de intervenciones silviculturales.

En estos bosques, el bayal está presente por todos lados —aunque con diferencias relacionadas con la profundidad y el drenaje del suelo—, con un número promedio de 214 plantas por ha. 68% de ellas son plantas de regeneración, 16% juveniles y solamente 15% adultas (en crecimiento y en reposo juntas). El largo promedio de tallos aprovechables es de 890 m/ha (Pineda 1996).

II. EL APROVECHAMIENTO MADERERO EXPERIMENTAL

En 1994, con la obtención de la concesión comunitaria (7,060 ha), miembros de la aldea e investigadores de Olafo-PBN seleccionaron dentro de la unidad de manejo forestal un cuartel piloto de 42.5 ha, rico todavía en caoba, para dar inicio a un intenso proceso de capacitación dirigido a los campesinos y técnicos, sobre aprovechamiento mejorado del bosque y comercialización de sus productos. El plan de manejo de la unidad [CATIE, 1994] establecía además que esta zona se convertiría en un área experimental de evaluación permanente que permitiera fortalecer y/o reorientar las decisiones que se van tomando conforme se intervienen estos bosques. Es en este contexto que previo al aprovechamiento maderero se instalaron dentro del cuartel 21 parcelas permanentes de control de crecimiento e impactos silviculturales (PPC) de 0.25 ha cada una, elegidas

de manera casual dentro de estratos espaciales y de intensidad planeada de la cosecha.

El aprovechamiento ejecutado en este primer cuartel, denominado Yarché-1, se planificó con la finalidad de causar el mínimo impacto al ecosistema.

Las labores realizadas previamente al aprovechamiento fueron: censo comercial en el que se consideraron diámetros mínimos de corta de 60 cm para el grupo de especies primarias maderables y 40 cm para el grupo secundarias maderables; identificación y marcación de árboles semilleros; levantamiento topográfico para facilitar la construcción de las redes de caminos, eliminación de lianas en los individuos a tumbar y ubicación, medición y marcación de árboles de futura cosecha con el fin de reducir riesgos de daños al momento de la tala.

Los aspectos más relevantes durante la ejecución misma del aprovechamiento fueron: caída dirigida hacia posiciones adecuadas en relación a un camino o pista de arrastre, habilitación y apertura de caminos y pistas de arrastre, considerando facilidades topográficas y la ubicación de los individuos a cosechar.

Cuadro 1
SUPERFICIE AFECTADA POR LAS DISTINTAS
ACTIVIDADES DEL APROVECHAMIENTO MADERERO
(COSECHA DE 5.6 M³/HA EN UN CUARTEL DE 42.5 HA)

Ambientes	(N)	área (m ²)	% del área del cuartel	% del área afectada
Claros de tumba	62	21,325.5	5.02	61.5
Pistas de arrastre	27	9,181.7	2.16	26.4
Caminos principales	2	2,895.6	0.68	8.3
Patios de acopio	4	1,336.5	0.31	3.8
Total		34,739.3	8.17	100.0

La red de caminos fue habilitada y construida con motosierra al igual que los patios de acopio; la corta, el desrame y el troceo fueron realizados también con motosierra. El arrastre de la madera se hizo con bueyes, excepto cuando la troza superaba los 50 cm de diámetro, donde se utilizó tractor agrícola.

El plan operacional establecía dejar en pie como semilleros 1 de cada 5 árboles de caoba y cedro y 3 de cada 10 árboles de las especies secundarias, cifras que resultaron levemente modificadas por razones ligadas al estado de sanidad de los individuos marcados para cosechar.

La superficie afectada por las distintas actividades ligadas al aprovechamiento maderero fue de 3.5 ha, equivalentes a un 8.2% del área del cuartel. El mayor efecto fue provocado por los claros de tumba, los cuales representan el 61.5% del área afectada; los 2874 m de pistas de arrastre y los 827 m de caminos principales constituyen juntos el 35% de esta misma área (cuadro 1).

III. IMPACTO DEL APROVECHAMIENTO SOBRE EL BAYAL

Dispositivo experimental

A pesar de la poca magnitud de la extracción maderera, su ejecución creó suficientes microsítios de perturbación para establecer un experimento orientado a responder a las siguientes preguntas:

¿Cuál es el impacto del aprovechamiento maderero sobre la abundancia y estructura de la población de bayal?

¿Cómo reacciona el bayal en las nuevas condiciones microambientales creadas por el aprovechamiento maderero?

Para tal propósito, se instalaron dos dispositivos experimentales. El primero, para caracterizar la evolución de la población del bayal en el tiempo, coincide con las 21 PPC, subdivididas en 25 cuadrados de 100 m² cada uno. En cada cuadrado se diagnosticó el efecto de las labores de extracción maderera y se contó las plantas de bayal por estado de desarrollo productivo y el número de tallos aprovechables por macolla, en dos momentos de tiempo (preaprovechamiento (noviembre 1993), postaprovechamiento (abril 1995)). El segundo, para estudiar el crecimiento de bayal en sitios de perturbación provocados por el aprovechamiento, cuenta con 97 plantas ubicadas en diferentes condiciones relativas de iluminación³. Desde marzo hasta diciembre 1995 se hicieron observaciones mensuales de cada planta, para determinar el crecimiento de los tallos⁴ y la dinámica de desarrollo de las plantas.

Impacto del aprovechamiento maderero sobre la abundancia y estructurade la población de bayal

Para controlar el efecto del aprovechamiento maderero, se hizo un análisis comparativo entre las poblaciones de dos conjuntos de cuadrículas de 100 m², diferenciados por la presencia de perturbación directa después del aprovechamiento: el primer grupo de 411 (4.11 ha) sin perturbación alguna y el segundo de 114 (1.14 ha) con perturbación directa provocada por la tala o construcción de pistas y patios de acopio.

3. Utilizamos para estimar la condición de iluminación el índice propuesto por Clark y Clark [1987]: 5 = copa completamente expuesta (sin copas vecinas dentro del cono invertido de 90° que incluye la copa del árbol); 4 = plena luz de arriba (se estima que 90% de la copa recibe luz vertical directa); 3 = alguna luz de arriba (se estima que 10-90% de la copa recibe luz vertical directa); 2.5 = luz lateral alta; 2.0 = luz lateral moderada; 1.5 = luz lateral baja; 1.0 = ninguna luz directa.

4. Durante los análisis comparativos, agrupamos los tallos en los siguientes tipos: retoño = tallo con largo 100 cm; tierno = tallo con largo > 100 cm y < 500 cm; maduro = tallo con largo ≥ 500 cm.

En condiciones no influenciadas por los madereros y durante nuestro periodo de observación, la población de bayal tendió a disminuir naturalmente (cuadro 2). El corto tiempo entre las evaluaciones (menos de 2 años) no permite saber si la merma es temporal y asociada a contingencias climáticas —durante los últimos meses de 1994 y primeros de 1995 se registró un período especialmente seco durante el cual fue observado un decaimiento general y pérdida de vitalidad de los individuos del sotobosque—, pero es evidente una disminución significativa de plantas de regeneración y adultas.

Dos factores pueden conducir a la disminución observada: la mortalidad evidentemente, pero también un cambio de estado de desarrollo de los individuos conjuntamente con una disminución de la tasa

Cuadro 2
EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE
DESMONCUS SPP. EN SITIOS NO AFECTADOS
POR EL APROVECHAMIENTO MADERERO EN YARCHÉ-1
(plantas/ha con base en una muestra de 4.11 ha).

Estados de desarrollo	Situación	
	noviembre 1993	abril 1995
Regeneración con tallo mayor de 0.5 m	221.8	166.4 **
Regeneración establecida + juveniles	82.4	85.3 ns
adultas en crecimiento	51.2	39.7 *
adultas en reposo	43.8	30.4 *
plantas establecidas	177.4	155.4 *

Significancia (t): *95% **99%

de reclutamiento. Muere un número importante de individuos de regeneración no establecidos, mientras que otros crecen y se transforman en juveniles. Las plantas adultas en reposo desaparecen sólo si mueren todos sus tallos, existiendo la posibilidad de su regeneración después de algún tiempo. Al contrario, si de las adultas en crecimiento desaparecen los tallos maduros pero sobreviven los jóvenes, solamente ocurre un cambio hacia un estado de desarrollo inferior. Frente a cualquier situación, la clase juvenil aumentaría o permanecería constante, como es el caso.

En los micrositios perturbados por el aprovechamiento maderero (cuadro 3) abundaban más individuos jóvenes en comparación con la población de bayal en sitios no afectados. A pesar de la intervención, estos sitios presentan cierta estabilidad en la abundancia a nivel general, resultando diferencias

Cuadro 3
EVOLUCIÓN DE LA POBLACIÓN DE *DESMONCUS*
***SPP* EN SITIOS ESTRICTAMENTE PERTURBADOS**
POR EL APROVECHAMIENTO MADERERO EN YARCHÉ-1
 (plantas/ha con base en una muestra de 1.14 ha).

Estados de desarrollo	Situación	
	pre-aprovechamiento	post-aprovechamiento
Regeneración con tallo mayor de 0.5m	316.4	190.0ns
Regeneración establecida + juveniles	108.6	132.8ns
adultas en crecimiento	40.5	39.0ns
adultas en reposo	42.8	11.8*
plantas establecidas	191.9	146.6ns

Significancia (t): *95% **99%

significativas solamente en el grupo de las plantas más viejas, con un 72% de reducción.

Este resultado parece coincidir con la explicación anterior. Macollas completas o algunos de sus tallos fueron eliminados por las operaciones de aprovechamiento, pero los rizomas de estas plantas que yacen enterrados mantuvieron su capacidad de regeneración. Las mejores condiciones de iluminación en los sitios perturbados pudieron conducir a una rápida recuperación de la población a sus niveles originales, aunque con una proporción menor de plantas en reposo y un leve aumento de juveniles, la clase de futura cosecha.

Es importante notar que, respecto al origen de las plantas jóvenes, 83% de la regeneración y 30% de las juveniles no emergen de una semilla, sino de una base rizomática preexistente de individuos alguna vez adultos. Tallos recién emergidos en condiciones de perturbación —principalmente de alta iluminación— pueden crecer 25 cm por mes —2-3 veces más que bajo dosel—, lo que resultará en plantas juveniles al transcurrir unos dos o tres meses.

Con base en el periodo de observación, no es posible detectar una diferencia significativa de comportamiento entre poblaciones de bayal creciendo en bosques sin o con aprovechamiento maderero.

Crecimiento del bayal en diferentes condiciones de iluminación

La dinámica de cambio que experimentaron las 97 plantas en su estado de desarrollo se detalla en el cuadro 4. Las plantas de regeneración y las adultas en reposo mostraron la mayor dinámica —solamente 43 y 33 por ciento de ellas, respectivamente, se

mantuvieron en su estado inicial—. Las adultas en reposo resultaron ser las más inestables —aunque nuestra muestra era reducida (6 plantas)—, hecho que muestra de manera preliminar la temporalidad de dicho estado. Al inverso, las adultas en crecimiento experimentaron el menor porcentaje de cambio.

Al relacionar los estados de desarrollo productivo finales de las plantas y su dinámica estructural —o sea los cambios ocurridos en la composición de tallos de cada planta durante 0.7 año— con los estados de desarrollo iniciales de estas plantas, no se encontró dependencia alguna (Gálvez 1996). Esto indica que la rebrotación, cambio en los estados de desarrollo y muerte de tallos, no depende del estado inicial de la planta. Al contrario, se encontró dependencia significativa (χ^2 al 95%) entre el estado de desarrollo productivo final y la condición de iluminación inicial de la planta (cuadro 5). Además, existen dependencias

Cuadro 4
DINÁMICA DE CAMBIO EN
LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE
DESMONCUS SPP. DURANTE UN PERÍODO DE 0.7 AÑOS

	Situación (en por ciento [%] del estado inicial)			
	regeneración	juvenil	Adulta en crecimiento	Adulta en reposo
Estado inicial (n)	14	39	38	6
Regeneración	43			
Juvenil	57	64	8	
adulta en crecimiento		33	84	67
adulta en reposo		3	8	33
Estado final (n)	6	36	49	6

significativas entre esta variable ambiental y el número final de tallos de cada planta, la ocurrencia de rebrotación y el cambio de tamaño de tallos retoños hacia tiernos.

La dependencia encontrada entre la condición de iluminación y las variables analizadas coincide con las tendencias que se expresan en los coeficientes de correlación (Spearman con 95% de confianza) entre las mismas variables (cuadro 6). En todos los casos, la variación explicada por este factor ambiental no supera el 50%. Las variables "nuevos retoños" y "cambio de retoños a tiernos" tienen los coeficientes más altos (0.38 y 0.48 respectivamente). Otros caracteres intrínsecos que se asocian significativamente con variables de crecimiento son el diámetro basal de la planta y el número inicial de tallos.

Cuadro 5
RELACIÓN ENTRE VARIABLES DESCRIPTIVAS DE LA CONDICIÓN ESTRUCTURAL DE PLANTAS DE *DESMONCUS SPP.* Y DIFERENTES CONDICIONES DE ILUMINACIÓN (CON X² AL 95% DE CONFIANZA)

	Condiciones de iluminación				Total	Dependencia (x ² al 95%)
	2	2.5	3	4		
Variable de referencia						
Número de plantas	16	36	21	24	97	
Tallos iniciales	35	96	48	65	244	
Variables evaluadas						
Tallos finales	34	115	70	99	318	*
Nuevos retoños	13	33	25	48	119	*
Retoños muertos				3	3	ns
Cambio retoño-tierno	4	28	13	44	89	*
Cambio tierno-maduro	1	13	7	18	39	ns
Tiernos muertos	2		1		3	ns
Maduros muertos	2	2	2	3	7	ns

La importancia de la iluminación sobre crecimiento y capacidad de rebrote del bayal lo refuerzan evaluaciones del crecimiento en longitud de tallos individuales pertenecientes a plantas en distintos estados de desarrollo (cuadro 7). La tasa de crecimiento, variable dependiente, expresa el incremento medio mensual y abarca distintas etapas de crecimiento del tallo. En relación con el tamaño inicial del tallo, sólo los retoños (≤ 1 m) mostraron un crecimiento significativamente menor (prueba de F al 95%) a los restantes, es decir tiernos (1 - 5 m) y maduros (≥ 5 m). En cuanto a la iluminación, únicamente las tasas de crecimiento de los individuos expuestos a iluminación lateral baja (2.0 de Clark y Clark) es significativamente menor. Una prueba de contrastes ortogonales entre la condición de iluminación (4) contra (3+2.5+2) y (4+3) contra (2+2.5), resultó en diferencias significativas entre las tasas de crecimiento mensual de los tallos. ¡A más luz mejor crecimiento!

Cuadro 6
RELACIÓN ENTRE VARIABLES ESTRUCTURALES DE
DESMONCUS SPP. E ILUMINACIÓN (COEFICIENTES DE
CORRELACIÓN SPEARMAN SIGNIFICATIVOS AL 95% DE CONFIANZA)

Variables independientes	Variables dependientes		
	condición de iluminación	diámetro basal	número de tallos iniciales
nuevos retoños	0.38	0.26	ns
cambio de retoños a tiernos	0.48	0.42	0.32
retoños muertos	ns	ns	0.24
cambio de tiernos a maduros	0.28	0.33	ns
tiernos muertos	ns	ns	ns
maduros muertos	ns	ns	ns

Cuadro 7

CRECIMIENTO LONGITUDINAL DE LOS TALLOS DE *DESMONCUS SPP.* EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO Y LA ILUMINACIÓN INICIALES (PRUEBA DE F PARA TASAS DE CRECIMIENTO BAJO TRANSFORMACIÓN ANGULAR [Y = $\text{ARCOS}(X)$] Y DUNCAN AL 95% DE CONFIANZA)

Tamaño inicial	(n)	crecimiento		Duncan [95%]	Iluminación inicial	(n)	crecimiento		Duncan [95%]
		medio	(cm/mes)				medio	(cm/mes)	
Tierno	79	21		a	4	32	25		a
Maduro	17	20		a	3	25	20		a
Retoño	33	12		b	2.5	54	18		a
					2	18	6		b

El patrón de crecimiento de los tallos y la dinámica de desarrollo de las macollas que surgen de nuestros resultados, inducen a pensar que el rizoma del bayal mantiene conexiones funcionales entre tallos, y aun si estos últimos son dañados por el aprovechamiento maderero, el clon está en capacidad de reaccionar y volver a desarrollar sus vástagos. La posibilidad de reacción se incrementa con mayor luz recibida.

CONCLUSIONES

Independientemente de las ideas preconcebidas, el presente estudio muestra que puede ser factible idear una producción conjunta “madereras y no maderables”. Sin embargo, este concepto general tendrá que ser validado caso por caso —o mejor dicho pareja por pareja—, donde “madereras y no maderables” tendrán nombres y apellidos, y, dependiendo

del temperamento de cada una, se evaluará afinidades y posibilidades de manejo conjunto.

En este marco, el presente estudio subraya la imperiosa necesidad de contar con sólidos conocimientos ecológicos sobre las especies no maderables de interés. Hacerlas producir de manera duradera en el tiempo y desarrollar una silvicultura diversificada no es romanticismo.

BIBLIOGRAFÍA

- BALAM, M. y GARCIA, B. 1997. El sindicato único de chicleros y laborantes de la madera en El Petén, Guatemala. *En*: VILLALOBOS, R. y OCAMPO, R. Productos no maderables del bosque en Centroamérica y el Caribe. Actas de la consulta sobre la Situación de los productos forestales no madereros, 17-21 de julio de 1995. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En prensa.
- BARRERA, A. 1994. La extracción de chicle y la conservación del chicozapote (*Manilkara zapota*) en las selvas de Quintana Roo. *In*: SNOOK, L. y BARRERA A. Contribuciones al manejo integral de las selvas de Quintana Roo. Memorias del taller Madera, chicle, caza y milpa, 9 de julio de 1992, Chetumal, México. Mérida, México, Instituto de Investigaciones Forestales y Agropecuarias Sureste. Pp. 47-64.
- CLARK, D.; CLARK, D. 1987. Análisis de la regeneración de árboles del dosel en bosque muy húmedo tropical: aspectos teóricos y prácticos. *En*: CLARK, D.; DIRZO, R.; FETCHER, N. (eds). Ecología y ecofisiología de plantas en los bosques mesoamericanos. Revista de Biología Tropical (C.R.) 35(supl. 1):40-45.

- CATIE. 1994. Plan de manejo forestal para la Unidad de Manejo San Miguel, El Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 47 p. (Documento de trabajo CATIE-Olafo 9).
- CHINCHILLA, M. 1994. Caracterización de las poblaciones de bayal (*Desmoncus spp.*), con fines de aprovechamiento artesanal, en la unidad de manejo forestal de San Miguel, San Andrés, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos. 134 p.
- COLLINET, J. 1997. Potencialidades y limitantes de algunos suelos en San Miguel La Palotada, Guatemala, Petén. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En prensa.
- DETLEFSEN, G. y CARRERA, F. 1997. Manejo de bosques naturales latifoliados. En: CUARTO CONGRESO NACIONAL FORESTAL DE GUATEMALA; memorias. Guatemala, Colegio de Ingenieros Agrónomos. En prensa.
- FONTQUER, P. 1985. Diccionario de botánica. Barcelona, España, Labor. 1244 p.
- GALVEZ, J. 1996. Elementos técnicos para el manejo forestal diversificado de bosques naturales tropicales en San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 163 p.
- LISTABARTH, C. 1994. Pollination and pollinator breeding in *Desmoncus*. Principes (EE.UU.) 38(1):13-23.
- LUNDELL, C.L. 1937. The vegetation of Petén. Washington, USA, Carnegie Institution. 244 p.
- MARMILLOD, D.; OCAMPO, R.; ROBLES, G.; CHINCHILLA, M. 1995. La evaluación de recursos no maderables en el marco del manejo diversificado de bosques tropicales: las experiencias de CATIE-OLAFO en América Central. En: KÖHL, M.; BACHMANN, P.; BRASSEL, P.; PRETO, G. (eds). The Monte Verità

- Conference on Forest Survey Designs. "Simplicity versus Efficiency" and Assessment of Non-Timber Resources. Birmensdorf, Suiza, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Pp. 132-140.
- PINEDA, P. 1996. Diseño y aplicación de un inventario forestal diversificado (productos maderables y no maderables) en Petén. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 71 p. + anexos.
- PUTZ, F. 1983. Developmental morphology of *Desmoncus isthmus*, a climbing colonial, cocosoid palm. *Principes (EE.UU.)* 27(1):38-42.
- REINING, C. y HEINZMAN, R. 1992. Productos no maderables de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Flores, Guatemala, Fundación Conservación Internacional / ProPetén. 163 p.
- REYES, R. 1995. Caracterización y evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de producción de la concesión comunitaria de San Miguel, Petén, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 139 p. + anexos.
- SANDOVAL, C. 1997. Productos no maderables del bosque en Guatemala y organizaciones gubernamentales. En: VILLALOBOS, R. y OCAMPO, R. Productos no maderables del bosque en Centroamérica y el Caribe. Actas de la consulta sobre la Situación de los productos forestales no madereros, 17-21 de julio de 1995. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. En prensa.
- SECRETARÍA GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN ECONÓMICA. 1992. Plan de desarrollo integrado de Petén: documento de actualización sobre estudios de xate. Santa Elena Petén, Guatemala, SEGEPLAN. 137 p.

GENÉTICA MOLECULAR

USO DE MARCADORES MOLECULARES PARA LA CARACTERIZACIÓN DE GERMOPLASMA EN CAFÉ (*COFFEA ARABICA*)

Carlos Orozco Castillo



INTRODUCCIÓN

La producción comercial de café está basada en dos especies *Coffea arabica* y *C. canephora*. La alta calidad está asociada con *C. arabica*, la cual representa alrededor del 73% de la producción mundial y casi toda la producción de Latinoamérica. *C. canephora* (café robusta) es considerado de baja calidad; sin embargo es cultivado a gran escala en la parte central y occidental de África, lo cual representa el 80% de su producción total. *C. canephora* es cultivado también en algunos países de Asia, por ejemplo Indonesia. Se considera a *C. canephora* como una importante fuente de genes de resistencia a enfermedades, los cuales han sido transferidos a *C. arabica*, a través de hibridación interespecífica tanto natural o artificial.

C. arabica es la única especie tetraploide ($2n = 4x = 44$) en el género *Coffea*, y es originario del

suroeste de Etiopía y el sur-este de Sudán, África. Es una planta autógama que exhibe herencia disómica y se considera un alotetraploide segmentado [Charrier y Berthaud 1985]. *C. canephora* es una planta alógama, debido a su sistema de incompatibilidad.

La distribución geográfica de café ha sido influenciada por el hombre. El café *arabica* fue introducido al continente americano desde Yemen, vía Java y Holanda a principios del siglo XVIII. La evidencia histórica sugiere que la población base se derivó de unas pocas plantas. La base genética del café de América es considerada entonces reducida y representa sólo una pequeña proporción del potencial genético dentro de la fuente genética disponible en el ámbito mundial. La naturaleza autógama de *C. arabica*, unido a la perspectiva histórica de su limitada base genética, ha promovido varias expediciones de colecta. Al respecto, se han establecido algunas colecciones vivas, como también colecciones *in vitro* en diferentes países. En ambos casos, se necesita establecer de manera acuciosa y exacta el nivel de variación genética, para evitar las duplicaciones y establecer colecciones puras. Estas colecciones debieran ser representativas de la variabilidad genética disponible en *C. arabica* y ser una fuente de germoplasma que sea accesible a los mejoradores del café.

El desarrollo de la biología molecular ha permitido el uso de procedimientos basados en el análisis de ADN para el análisis de variabilidad genética. Welsh y McClelland [1990] y Williams *et. al.* [1990] reportaron una nueva técnica basada en la amplificación al azar de secuencia de ADN aleatorio, utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con *primers* (iniciadores) arbitrarios. Esta técnica ha sido utilizada para identificación de cultivares [Hu y

Quiros, 1991], relaciones fitogenéticas [Heun y Helentjaris, 1993, Orozco Castillo *et. al.* 1996], y mapeo genético [Welsh *et. al.*, 1991]. RAPDs (pofimorfismos del ADN amplificados al azar) han sido particularmente relevantes en cultivos perennes, por ejemplo han sido usados para la identificación de clones en banano y cacao [Kaemer *et. al.*, 1992; Wilde *et. al.* 1992], diferenciación de poblaciones [Chalmers *et. al.* 1992], y mapeo genético [Roy *et. al.*, 1992]. El presente estudio demuestra que la amplificación de polimorfismo de ADN al azar (RAPDs) puede ser usado para la caracterización de germoplasma en café, estimación de relaciones inter e intra específicas, y la detección de introgresión genética.

I.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético

Los genotipos estudiados están representados por 22 materiales de *C. arabica*, un híbrido interespecífico (Híbrido de Timor), tres accesiones de *C. Canephora* y una accesión de *C. liberica* (cuadro 1).

TÉCNICAS DEL ADN. La extracción de ADN fue realizada como se describe

Cuadro 1
GENOTIPOS DE
CAFÉ ESTUDIADOS
Y SU PAÍS DE ORIGEN

<i>Especies y accesión</i>	País de origen
<i>Coffea arabica</i>	
1. N-39	Tanzania
2. RS-510	Sudan
3. Blue Mountain	Jamaica
4. Típica	Guatemala
5. Pache	Guatemala
6. Mundo Novo	Brasil
7. Caturra	Brasil
8. Pacas	El Salvador
9. Anacafé M-87	Guatemala
10. Catuai	Brasil
<i>Coffea arabica</i>	
11. ET6 A2 16695	Etiopía
12. ET25 A4 16712	Etiopía
13. ET41 A7 16725	Etiopía
14L E711 CA7 16700	Etiopía
15. E719 A3 16708	Etiopía
16. ET27 AF 16714	Etiopía
17. ET47 A4 16729	Etiopía
<i>Coffea canephora</i>	
18. Robusta 3751	Indonesia
19. Robusta 3753	Indonesia
20. Robusta 3580	Congo
Híbridos	
21. Híbrido de Timor	Indonesia
22. Catimor 8660	Brasil
23. Catimor 5175	Portugal
24. Catimor 11670	Colombia
25. Catimor 12870	Brasil
26. Catimor 8667	Brasil
<i>Coffea liberica</i>	
27. Anon	Guatemala

en Orozco Castillo [1995]. Los iniciadores de 10 oligonucleótidos utilizados en el estudio se indican en el cuadro 2. Análisis de hibridación de ADN fueron realizados y su procedimiento se describe también en Orozco Castillo [1995].

Análisis de datos

Se utilizaron estimadores de heredabilidad basados en el número de productos amplificados compartidos [Nei y Li, 1979]. Análisis *cluster* fueron también desarrollados con el programa estadístico Genstat 5.

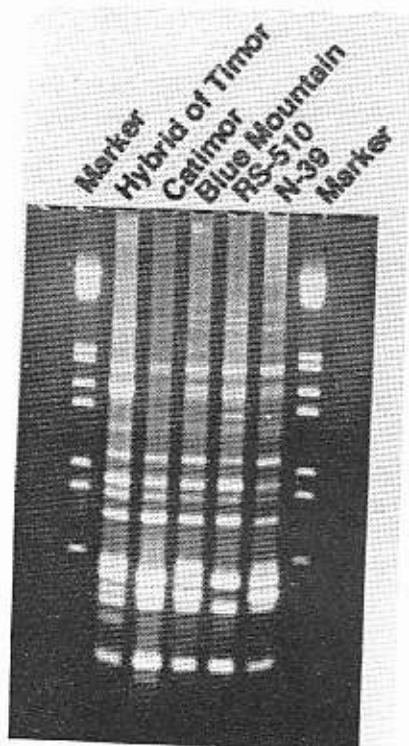


Figura 1. Productos amplificados RAPD de cuatro accesiones de *C. arabica* e híbrido de Timor con el iniciador SC10-33

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El nivel de polimorfismo detectado con marcadores RAPD fue ensayado primeramente en cinco genotipos de *C. arabica*, los cuales fueron: Blue Mountain, RS 510, N39, Catimor e Híbrido de Timor. De los 30 iniciadores RAPD usados, 25 detectaron polimorfismo con un promedio de tres loci polimórficos por iniciador. Un ejemplo del polimorfismo detectado con el iniciador SC10 33 se muestra en la figura 1. Posteriormente el análisis se extendió a 22 genotipos adicionales (cuadro 1).

Los productos amplificados RAPD generados se pueden clasificar en dos clases: constantes (monomórficos) y variables (polimórficos). Estas diferencias

pueden ser examinadas y establecer relaciones sistémicas [Hadrys *et. al.* 1992]. Considerando sólo los productos variables, la relación entre especies y accesiones dentro de especies fue examinada por medio de análisis *cluster* (Figura 2).

Puede observarse una clara separación de las dos especies diploides *C. liberica* y *C. canephora* de los genotipos de *C. arabica*. Estos últimos genotipos forman tres grupos distintos: germoplasma de líneas de Etiopía, Bourbon y Típica. Históricamente el café de Yemen (*C. arabica*) dio origen a dos tipos distintos: Bourbon y Típica, los cuales fueron introducidos a América del Sur a través de la Isla de la Reunión. Existen diferencias morfológicas entre estos dos grupos, teniendo el Bourbon un tipo de crecimiento más compacto y vertical y generalmente de mayor rendimiento. Los análisis RAPD reflejan entonces diferencias morfológicas entre los subgrupos de *C. arabica*.

Para facilitar la presentación de los datos (variables y constantes), se utilizó un método gráfico alternativo denominado «Mapa de Bandas» [Powell *et. al.* 1991]. El mapa de bandas (Figura 3) examina las relaciones entre genotipos y productos amplificados derivados de RAPD. En esta gráfica, la presencia de un producto amplificado es representada por un cuadro lleno y el orden de los

Cuadro 2
INICIADORES USADOS
PARA LA DETECCIÓN DE
POLIMORFISMO EN CAFÉ

Primer	Secuencia de bases
SC10-04	5' TACCGACACC 3'
SC10-15	5' GCTCGTCAAC 3'
SC10-20	5' ACTCGTAGCC 3'
SC10-22	5' CTAGCGCTCG 3'
SC10-25	5' CGGAGAGTAC 3'
SC10-30	5' CCGAGAGTAC 3'
SC10-33	5' TCGCCATAGC 3'
SC10-35	5' GTCGGGACAG 3'
SC10-36	5' TCACCGAACG 3'
SC10-37	5' GCCAATCCTG 3'
SC10-38	5' GACCCCGGCA 3'
SC10-44	5' CCAGGAAGCC 3'
SC10-47	5' ATAGCTCGCC 3'
SC10-49	5' CCACGAGCAT 3'
SC10-50	5' ACGCGCTGGT 3'
SC10-55	5' GGGAGACGTA 3'
SC10-56	5' CCAGCGTCRA 3'
SC10-57	5' GCTGGAAGCG 3'
SC10-63	5' CCTTGCGCTT 3'
SC10-64	5' CCAGGCGCAA3'
SC10-66	5' AGTGGGCGCA 3'
SC10-69	5' GACGCTCTCC 3'
SC10-70	5' TTGGCCGCGA 3'
SC10-71	5' CTGGCGTAGT 3'
SC10-73	5' TCGGCCCTCG 3'
SC10-74	5' CGCGACTTGG 3'
SC10-75	5' ACCCAGCCAC 3'
SC10-77	5' AGATAGCGGG 3'
SC10-78	5' TCGGAGCGGT 3'
SC10-84	5' TGTGGGCATG 3'

genotipos es exactamente aquel generado por el dendrograma de los genotipos basados en análisis *cluster* [Digby y Kempton, 1987]. Entonces los genotipos que comparten un producto amplificado común están ubicados más cerca uno del otro. El reordenamiento de los productos esta basado sobre frecuencias relativas. Las ventajas de este tipo de presentación de datos ha sido descrita previamente [Powell *et. al.* 1992]. La caracterización de cultivares [Klein-Lankhorst *et. al.* 1991], ha sido demostrada con este procedimiento. Similares inferencias pueden derivar-

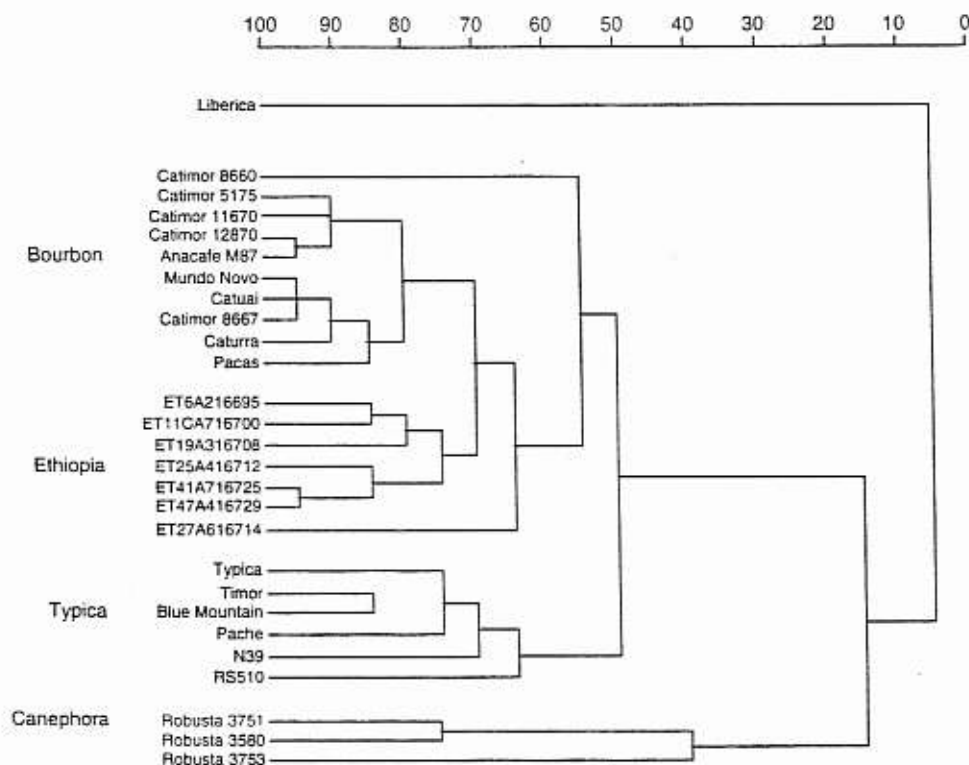


Figura 2. Dendrograma de las accesiones de café listadas en el cuadro 1

se de los datos presentados en la figura 3. Por ejemplo, los productos amplificados 20 y 22 están presentes en seis accesiones representativas todas del grupo Típica de *C. arabica*. Estos productos son entonces un marcador de identificación de este grupo. El «mapa de bandas» es entonces un método conveniente para examinar genomas con el propósito de localizar productos amplificados que son útiles desde el punto de vista taxonómico.

En café, como en otros cultivos, es importante la detección de productos amplificados RAPD que sean específicos para determinadas especies. Tanto la hibridación natural como la artificial son factores relevantes en la evolución y mejoramiento de este cultivo.

Un número de marcadores fueron específicos para especies, pero por otra parte, algunos iniciadores RAPD detectaron loci presentes tanto en *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, pero en una baja frecuencia. Por ejemplo, el producto 31 (Figura 3) está presente en los tres genotipos de *C. canephora* y en dos genotipos de *C. arabica* (RS-510 y Catimor 5175). Este producto fue detectado con el iniciador SC10-30, el cual se observa en la figura 4a. Para confirmar con otro método molecular la identidad de este producto 0.2-kb de *C. canephora* en RSS10 y



Figura 3. Mapa de bandas de productos amplificados que mostraron polimorfismo en 27 genotipos de café

Catimor 5175, el mismo fue extraído, identificado con fósforo radioactivo (^{32}P -dCTP) y usado para hibridizar membranas Southern de los productos amplificados. La figura 4b muestra claramente que el producto identificado radioactivamente hibridiza con *C. canephora*, RS-510 y Catimor 5175, pero no con N39. Este producto indicador de especies es también indicador de flujo de genes a nivel interespecífico en café.

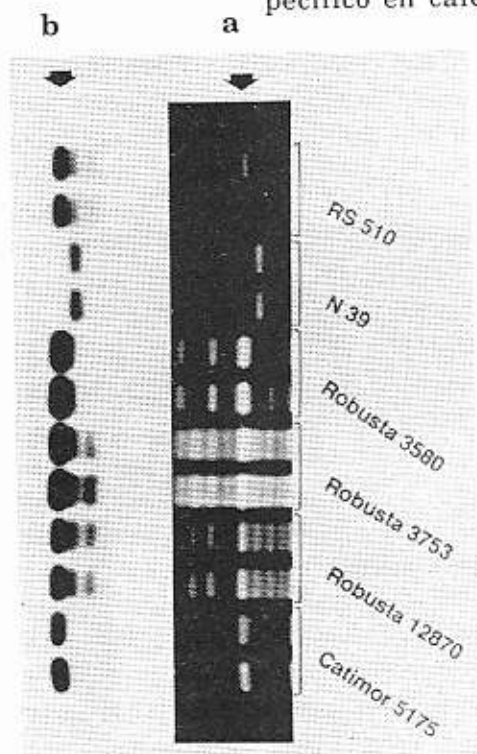


Figura 4.

a. Productos amplificados de RS510, N39, Robusta 3753, 3751, 12870 y Catimor 5175, generados con el iniciador SC10-30. b. La banda señalada fue usada para hibridizar una membrana "Southern" de fragmentos amplificados generados por SC10-30.

El genotipo RS-510 fue identificado en semilla colectada de café silvestre que crece en el sur-este de Sudán [Thomas, 1942]. A diferencia del material colectado en las tierras altas del sur-oeste de Etiopía, RS-510 fue derivado de poblaciones puras silvestres de *C. arabica* que no han sido sujetas a la acción del hombre [Charrier y Berthaud, 1985]. Por lo tanto, esta área de Sudán es una de las pocas regiones donde *C. arabica*, *C. canephora* y *C. liberica* coexisten en forma natural [Charrier y Berthaud, 1985]. RS510 es también una de las mejores fuentes de resistencia a la enfermedad del fruto causada por el hongo *Colletotrichum coffeanum* [van der Vossen y Walyaro, 1980]. Los materiales de Catimor fueron derivados de cruces segregantes entre Caturra e Híbrido de Timor. Híbrido de Timor es el resultado de hibridación natural entre *C. arabica* y

C. canephora [Rodríguez, 1975], y es un donador importante de genes de resistencia a la enfermedad del fruto y la roya del café (*Hemileia vastatrix*). Las accesiones de Catimor fueron producidas mediante retrocruzas entre Caturra con Híbrido de Timor, con selección para resistencia a las anteriores enfermedades, en cada etapa de retrocruzamiento [van der Vossen, 1985]. Tanto RS-510 como Catimor 5175 están caracterizados por el producto 0.2-Kb derivado de *C. canephora* y ambos genotipos de *C. arabica* son conocidos por poseer los genes de resistencia a la enfermedad del fruto y en el caso de Catimor 5175, contiene los genes de resistencia a la roya del café. Es posible entonces que este producto amplificado este asociado con los genes de resistencia a estas enfermedades.

III. CONCLUSIONES

1. Los marcadores RAPD tienen la capacidad para diferenciar entre los grupos de *Coffea arabica* (Tipos Bourbón y Típica), y proveen una herramienta molecular para examinar la distribución genética del género *Coffea*.
2. Introgresión genética tanto de forma natural como artificial, proveniente de *C. canephora*, fue detectada a nivel molecular en los genotipos de *C. arabica* RS510 y Catimor 5175 respectivamente. Esto es posible que este asociado con introgresión selectiva de genes de resistencia a la enfermedad del fruto y la roya del café.
3. Los resultados demuestran que los marcadores RAPD tienen el potencial para complementar los

métodos convencionales y biotecnológicos para la caracterización de germoplasma y el mejoramiento del café.

BIBLIOGRAFÍA

- CHALMERS KJ, SPRENT JI, SIMONS AJ, WAUGH R., POWELL W. 1992. Patterns of genetic diversity in a tropical tree legume (*Gliricidia*) revealed by RAPD markers. *Heredity*. 69:465-472
- CHARRIER A. BERTHAUD J. 1985. Botanical classification of coffee. In: Clifford MN, Wilson KC (eds) *Coffee: Botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Croom Held Ltd Publishers, Beckenham, UK, pp. 13-47
- DIGBY, PGN, KEMPTON RA. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall, London.
- FEINBERG AP, VOGELSTEIN B. 1984. A technique for radiolabelling DNA restriction endonuclease fragments to high specific activity (Addendum). *Anal Biochem*. 137:266-267.
- HANDRYSH, BALICKM, SCHIERWATER B. 1992. Applications of random amplified polymorphic DNA (RAPD) in molecular ecology. *Mol Ecol*. 1:35-63.
- HEUN M, HELENTJARIS T. 1993. Inheritance of RAPDs in F1 hybrids of corn. *Theor Appl Genet*. 85:961-9698.
- HU J, QUIROS CF. 1991. Identification of broccoli and cauliflower cultivars with RAPD markers. *Plant Cell Rep*. 10: 505-554.
- KAEMMER D, AFZA R, WEISING K, KAHL G, NOVAK, FJ. 1992. Oligonucleotide and amplification fingerprinting of wild species and cultivars of banana (*Musa spp.*). *Biotechnology*. 10:1030-1035.

- KARTHA KK, MROGINSKI LA, PAHL K, LEUNG NL. 1981. Germplasm preservation of coffee (*Coffea arabica* L.) by in vitro culture of shoot apical meristems. *Plant Sci Lett.* 22:301-307.
- KEMPTON R, MCNICOL J. 1990. Graphical methods for multivariate data. Scottish Agricultural Statistics Service.
- KLEIN-LANKHORSTR, RIETRELD P, MACHIELS B, VEUKEUK R, WEIDE R, GEBHARDT C, KOORNEEF M, ZABEL P. 1991. RFLP markers linked to the root knot nematode resistance gene Mi in tomato. *Theor Appl Genet.* 81:661-667.
- NEI M, LI W-H. 1979. Mathematical model for studying genetical variation in terms of restriction endonucleases. *Proc Natl Acad Sci USA.* 74:5267-5273.
- OROZCO CASTILLO C., Chalmers KJ, Waugh R, Powell W (1994) Detection of genetic diversity and gene introgression using RAPD markers. *Theor Appl Genet* 87: 934-940.
- OROZCO CASTILLO, C A 1995. Molecular diversity and Evolutionary Studies in the Genus *Coffea*. PhD Thesis. University of Edinburgh, Edinburgh, United Kingdom. 214 pp.
- OROZCO CASTILLO, C. 1997. PCR Assays Confirm Genetic Relationships in the Genus *Coffea*. *Plant Cell Reports*. In process.
- POWELL W, PHILLIPS MS, MCNICOL JW, WAUGH R. 1991. The use of DNA markers to estimate the extent and nature of genetic variability in *Solanum tuberosum* cultivars. *Ann Appl Biol.* 118:423-432.
- ROY A, FRASCARIA N, MACKAY J, BOUSQUENT J. 1992. Segregating random amplified polymorphic DNA (RAPDs) in *Betula alleghamiensis*. *Theor Appl Genet.* 85:173-180.

- THOMAS AS. 1942. The wild arabica coffee of the Boma Plateau Anglo-Egyptian Sudan. *Empire J Exp. Agric.* 10:207-212.
- VOSSENHAM VAN DER. 1985. Coffee selection and breeding. In: Clifford MN, Wilson KC (eds) *Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage*. Crom Held, Beckenham, UK. pp. 48-96.
- VOSSENHAM VAN DER, WALYARO DJ. 1980. Breeding for resistance to coffee berry disease in *Coffea arabica* L. II. Inheritance of the resistance, *Euphytica*. 29:777-791.
- WELSH J, MCCLELLAND M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Res.* 18: 7213-7218.
- WILDE J, WAUGH R, POWELL W. 1992. Genetic fingerprinting of *Theobroma* clones using Randomly Amplified Polymorphic DNA markers. *Theor Appl Genet.* 83:871-877.
- WILLIAMS JGK, KUBELIK AR, LIVAK KJ, RAFALSKI JA, TINGEY SV. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18:6531-6535.

PATOLOGÍA VEGETAL

CONTROL DE *PLASMODIOPHORA* *BRASSICAE* WORONIN EN *BRASSICA OLERACEA*

Gustavo Adolfo Alvarez Valenzuela



INTRODUCCIÓN

Plasmodiophora brassicae Woronin es el protozoo incitante de la enfermedad conocida comúnmente como **hernia de las crucíferas**; fue inicialmente detectado en la región del valle de Almolonga del departamento de Quetzaltenango, a finales de la década de los sesenta y a partir de ese entonces se ha ido diseminando por toda la región del altiplano central de Guatemala y actualmente se encuentra disperso en siete departamentos de la república donde se cultivan hortalizas crucíferas. Es particularmente dañino en el cultivo de brócoli. Este protozoo es un parásito obligado de las crucíferas, entre sus principales características etiológicas destacan: su adaptabilidad a suelos ácidos, no soporta pH mayor a 7.2, además presenta capacidad de supervivencia en el suelo hasta por 20 años, es de fácil dispersión y difícil control con productos químicos —en la actualidad

no se conoce ningún producto que incluya en su espectro a dicho patógeno—. Hasta hace poco dicho organismo era clasificado como un hongo.

El solarizado es un proceso mediante el cual el suelo es expuesto al efecto de invernadero inducido por una cubierta plástica transparente y de aplicación hermética que entre sus principales efectos tiene el incremento de la temperatura del suelo, retención de la humedad, favorece la fertilidad del suelo y crea un microclima que favorece muy particularmente a los organismos de vida libre y nociva para los agentes patógenos.

Dada a la importancia de la presencia de *P. brassicae* en Guatemala, se ha evaluado el efecto del control de los métodos de solarizado, el encalado y la combinación de solarizado y encalado sobre la hernia de las crucíferas, obteniéndose resultados positivos ya que se logra la erradicación del mismo de los campos infestados. Dicho estudio fue efectuado a lo largo de tres años en los municipios de Patzicía y El Tejar en el departamento de Chimaltenango. Entre las principales variables de respuesta del estudio se consideró la incidencia de la enfermedad en los diferentes períodos de exposición y tratamientos, la respuesta a los métodos en diferentes épocas del año, así como el efecto de la combinación del solarizado con cal dolomítica.

Entre los resultados obtenidos se destaca que: *P. brassicae* puede ser erradicado al utilizar el solarizado, se obtiene similar efecto si se utiliza simple o combinado con cal dolomítica, y el período de exposición del solarizado no debe ser menor a ocho semanas. Entre otros resultados se obtuvo que la cal dolomítica tiene efectos supresores en *P. brassicae*, y que además no es eficiente en época seca.

I. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en tres fases: durante 1994 la primera; la segunda a fines de 1995 y principios de 1996; y la tercera en 1996.

El estudio fue apoyado logística y económicamente por varias instituciones entre las que destacan: la FAUSAC, Tecnología Alternativa (ALTERTEC), el Comité de Brócoli de la Asociación Gremial de Exportadores (AGEXPRONT), el proyecto MIP-ICTA-CATIE, el proyecto IPM-CRISP y las empresas Olefinas que proporcionó el plástico, Promoagro que proporcionó la cal dolomítica y Agriplan que proporcionó los terrenos y mano de obra en la segunda y tercera fases.

Primera fase

Ésta fue desarrollada en el municipio de Patzicía, Chimaltenango, por M. A. López Q., como su tesis de grado; fue desarrollada en un terreno con un historial de alta incidencia de la enfermedad y que debido a la hernia tenía 20 meses de no ser cultivado con crucíferas.

En esta fase se comparó el efecto del solarizado, el encalado y dos productos químicos sobre el control de la hernia durante el período de invierno de mayo a octubre de 1994.

OBJETIVO. Comparar el efecto de métodos físicos y químicos sobre el control de *P. brassicae*.

HIPÓTESIS. Por lo menos uno de los tratamientos aplicados es más eficaz en el control de *P. brassicae*.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL. Se empleó un diseño completamente al azar con siete tratamientos y cuatro repeticiones, cada unidad experimental bruta constaba de 24 m² y una parcela neta de 15 m cuadrados.

Los tratamientos evaluados fueron:

1. Solarizado ocho semanas.
2. Encalado con cal dolomítica a razón de 3.787 tm/ha.
3. PCNB a razón de 40 g/m².
4. Dazomet en dosis de 48 g/m².
5. Combinación de solarizado-PCNB a razón de 40 g/m².
6. Combinación de solarizado-encalado con 3.787 tm/ha.
7. Testigo absoluto.

En el cuadro 1 se muestran los distintos tratamientos evaluados en las tres fases.

Las variables de respuesta fueron:

1. Incidencia de la enfermedad expresada en porcentaje.
2. Rendimiento expresado en kg/ha.
3. Diámetro promedio de las inflorescencias expresado en cm.

En el cuadro 2 se muestran en forma resumida las variables de respuesta para cada una de las fases.

El análisis de la información se realizó mediante análisis de varianza y prueba de contrastes ortogonales y por correlaciones; asimismo se efectuó un análisis económico de los tratamientos evaluados.

Segunda fase

Esta se desarrolló en el municipio del Tejar, departamento de Chimaltenango por H. L. Paz K.

como su tesis de grado. Fue desarrollada en los terrenos de la empresa AGRIPLAN en un terreno con amplio historial de cultivo de brócoli y de alta incidencia de la hernia.

En esta fase se evaluó el efecto de reducir el período de solarizado en la incidencia de la hernia en la etapa final de invierno e inicio de verano durante los meses de octubre 1995 a marzo de 1996.

Objetivos

GENERAL. Determinar la eficiencia de los métodos del solarizado y encalado, para el control de la hernia de las crucíferas *P. brassicae* en el cultivo del brócoli.

ESPECÍFICOS

1. Determinar si el uso del encalado aumenta la eficiencia del solarizado en el control de *P. brassicae*.
2. Determinar el período mínimo de exposición al solarizado, con mayor control de la hernia de las crucíferas.
3. Determinar el período mínimo de la combinación de solarizado - encalado que presenta un mejor control *P. brassicae*.
4. Determinar la eficiencia del encalado al aumentar el pH del suelo, para el control de *P. brassicae*.

Hipótesis

1. El encalado aumenta la eficiencia del solarizado en el control de *P. brassicae*.
2. Existe un período mínimo de exposición del

- solarizado que presenta un mejor control de *P. brassicae*, dentro del rango estudiado.
3. Existe interacción entre el encalado y el solarizado en el control de la hernia de *P. brassicae*.

Metodología experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones, con un área neta de 40 m² para cada unidad experimental, Los tratamientos evaluados fueron:

1. Solarizado-encalado* de 8 semanas
2. Solarizado-encalado de 6 semanas
3. Solarizado-encalado de 4 semanas
4. Solarizado-encalado de 2 semanas
5. Solarizado de 8 semanas
6. Solarizado de 6 semanas
7. Solarizado de 4 semanas
8. Solarizado de 2 semanas
9. Encalado con cal dolomítica a razón de 4.5 tm/ha
10. Testigo.

(*) La cantidad de cal dolomítica fue la misma para todos los tratamientos que la incluyen.

En el cuadro 1 se muestran un síntesis comparativa de los tratamientos evaluados en las tres fases.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: incidencia de la enfermedad expresada en porcentaje y rendimiento expresado en kg/ha.

En el cuadro 2 se muestra una síntesis comparativa de las variables respuesta de cada una de las fases evaluadas.

El análisis de la información se realizó mediante análisis de varianza y prueba de medias para las

variables evaluadas, análisis económico a cada uno de los tratamientos evaluados.

Cuadro 1
TRATAMIENTOS EVALUADOS PARA EL CONTROL
DE *P. BRASSICAE* WORONIN EN EL CULTIVO DE
***BRASSICA OLERACEA* VAR. *ITÁLICA* PLENK**

Tratamientos	fase I	fase II	fase III
Solarizado 8 semanas	XX	XX	XX
Solarizado 6 semanas	—	XX	XX
Solarizado 4 semanas	—	XX	XX
Solarizado 2 semanas	—	XX	XX
Solarizado-encalado 8 semanas	XX	XX	XX
Solarizado-encalado 6 semanas	—	XX	XX
Solarizado-encalado 4 semanas	—	XX	XX
Solarizado-encalado 2 semanas	—	XX	XX
Encalado	XX	XX	XX
Dazomet	XX	—	XX
PCNB	XX	—	—
Solarizado-PCNB	XX	—	—
Testigo	XX	XX	XX

Referencias: (XX) se aplicó. (—) no se aplicó.

Cuadro 2
VARIABLES RESPUESTA EVALUADAS
EN EL CONTROL DE *P. BRASSICAE* WORONIN

Variables respuesta analizadas	fase I	fase II	fase III
Incidencia de la enfermedad	XX	XX	XX
Rendimiento en kg/ha	XX	XX	XX
Diámetro promedio de floretes	XX	—	XX
Peso promedio de floretes	—	—	XX
Días a la cosecha	—	XX	XX
Días de cosecha	—	XX	XX

Tercera fase

Fue desarrollada en la misma finca que la anterior por J. O. Samayoa J. como parte de su tesis de grado. Dicha investigación se realizó utilizando otra sección del terreno con similar índice de infestación del hongo, con la diferencia que se evaluó en una época donde las condiciones climáticas eran diferentes, se llevó a cabo durante los meses de marzo a agosto de 1996.

OBJETIVOS

General

Determinar la eficiencia del solarizado y el encalado, simples y combinados, durante la época seca (marzo-abril), para el control de *P. brassicae* en brócoli.

Específicos

1. Encontrar el período de solarizado o solarizado-encalado que permitan el control del patógeno en época seca y que sea económicamente factible su uso.
2. Determinar si los tratamientos combinados son más eficientes que los simples.
3. Determinar el efecto del encalado sobre la incidencia de la enfermedad y el rendimiento del cultivo.

Hipótesis

1. En época seca el solarizado o solarizado-requieren menor período de exposición para el control de *P. brassicae* debido a que la intensidad

de radiación solar es mayor que en época húmeda.

2. El solarizado en combinación con encalado es más eficiente que el solarizado simple para el control de *P. brassicae* debido a que hay un efecto aditivo entre ambos métodos.

Metodología experimental

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 11 tratamientos y 3 repeticiones, cada unidad experimental constó de 30 m².

Los tratamientos evaluados fueron:

1. Solarizado - encalado* de 8 semanas
2. Solarizado - encalado de 6 semanas
3. Solarizado - encalado de 4 semanas
4. Solarizado - encalado de 2 semanas
5. Solarizado 8 semanas
5. Solarizado 6 semanas
7. Solarizado 4 semanas
8. Solarizado 2 semanas
9. Encalado con cal dolomítica a razón de 5.26 tm/ha
10. Dazomet a razón de 48 gr/m²
11. Testigo

(*) La cantidad de cal dolomítica fue la misma para todos los tratamientos que la incluyen.

En el cuadro 1 se puede apreciar una síntesis comparativa de los tratamientos de las tres fases.

Las variables de respuesta evaluadas fueron:

1. Incidencia de la enfermedad expresada en porcentajes
2. Rendimiento expresado en kg./ha
3. Diámetro promedio de los floretes expresados en cm.

4. Peso promedio de los floretes expresados en kg.
5. Días a la cosecha
6. Cantidad de floretes cosechados por ha.

En el cuadro 2 se observan las variables respuesta evaluadas en cada una de las fases del estudio.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales los mejores tratamientos fueron aquellos en que se aplicó el solarizado por un período de 8 semanas y la combinación de solarizado-encalado con período de exposición de 8 y 6 semanas. Los tratamientos de encalado fueron eficientes cuando su aplicación fue realizada en época lluviosa, no así en época seca.

Incidencia de la enfermedad

El tratamiento de solarizado encalado a un período de 8 semanas fue el mejor tratamiento en las tres fases de la investigación ya que no tuvo incidencia de la enfermedad, el segundo mejor tratamiento lo constituyó el Solarizado de 8 semanas. El resto de tratamientos muestran en todos los casos incidencia de la enfermedad, el tratamiento del encalado simple mostró cierto grado de eficiencia cuando se le aplicó en época lluviosa no así en época seca. En el cuadro 3 se observan los resultados de la incidencia de la hernia en cada una de las fases y tratamientos.

Según se observa en el cuadro 2 en las tres fases se tuvo incidencia de la enfermedad en el tratamiento testigo, en este tratamiento se observa que en la fase

tres (época seca) hay una disminución del inóculo dado a que las condiciones de campo eran desfavorables para su expresión por las condiciones propias de poca humedad en el suelo, mas sin embargo a lo largo del cultivo se manifestó en los diferentes tratamientos.

RENDIMIENTO. Al estudiar la variable de rendimiento en forma global en las tres fases se observa una tendencia sostenida en cuanto al tratamiento testigo, que es el que menor cantidad produce asimismo se observa que los tratamientos de solarizado, encalado y su combinación muestran mayor rendimiento por área; tendiendo a incrementarse al aumentar el período de exposición. Este último está

Cuadro 3
INCIDENCIA DE LA HERNIA DE LAS CRUCÍFERAS EN LOS
DIFERENTES TRATAMIENTOS Y EN CADA UNA DE SUS FASES

Tratamientos	fase I	fase II	fase III
	Incidencia %	Incidencia %	Incidencia %
Solarizado 8 semanas	0	0.42	0
Solarizado 6 semanas	—	0.63	1.02
Solarizado 4 semanas	—	1.50	3.73
Solarizado 2 semanas	—	6.41	0.51
Solarizado encalado 8 semanas	0	0	0
Solarizado encalado 6 semanas	—	0.21	0
Solarizado encalado 4 semanas	—	1.47	1.74
Solarizado encalado 2 semanas	—	5.47	2.56
Encalado	0	0.21	6.87
Dazomet	90	—	2.27
PCNB	95	—	—
Solarizado PCNB	0	—	—
Testigo	99	63.04	16.60

Referencias: (—) Variable no estudiada en esa fase.

directamente relacionado con la época de aplicación, ya que los mayores rendimientos se obtienen en la época lluviosa. Los tratamientos con mayor rendimiento son los que incluyen un periodo de solarizado de 8 semanas de exposición. En el cuadro 4 se muestran los rendimientos obtenidos en cada una de las fases del ensayo.

Al realizar los análisis de varianza se determinó que en las tres fases existían diferencias altamente significativas, en la primera fase se realizaron contrastes ortogonales, y según dicho análisis se puede deducir que el tratamiento de solarizado encalado de 8 semanas es superior a los demás tratamientos, asimismo indican que los tratamientos que incluyen métodos físicos son mejores a los químicos y al testigo. Otro contraste indica que el uso de Dazomet produjo mayor rendimiento que el PCNB.

Cuadro 4
RENDIMIENTO DEL BRÓCOLI DURANTE
LA EVALUACIÓN DEL CONTROL DE *P. BRASSICAE*

Tratamientos	fase I kg/ha	fase II kg/ha	fase III kg/ha
Solarizado 8 semanas	20227	18705	20250
Solarizado 6 semanas	—	18557	17980
Solarizado 4 semanas	—	17023	16810
Solarizado 2 semanas	—	15938	15839
Solarizado encalado 8 semanas	25795	20079	17873
Solarizado encalado 6 semanas	—	19024	17041
Solarizado encalado 4 semanas	—	17867	16691
Solarizado encalado 2 semanas	—	16595	15534
Encalado	19242	18549	12706
Dazomet	19545	—	11546
PCNB	15378	—	—
Solarizado PCNB	22500	—	—
Testigo	16162	14932	13890

Al comparar los rendimientos obtenidos en las tres fases del estudio y sus pruebas de medias se obtienen diferencias altamente significativas en las tres fases siendo los mejores tratamientos los que incluyen al solarizado y solarizado-encalado a un período de exposición de 8 semanas. Además puede observarse que los rendimientos varían con respecto a la región de estudio, como puede apreciarse en las fases II y III sus rendimientos son similares entre sí pero ambos son distintos a los de la primera fase que se realizó en Patzicía.

DIÁMETRO DE FLORETES. Al analizar dicha variable en las fases I y III se observa que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos, siendo ésta una variable que es más una expresión fenotípica de la variedad y que no está influida por factores de manejo.

PESO PROMEDIO DE FLORETES. Esta variable fue analizada en la fase III y se pudo determinar que no existe relación directa con el rendimiento general, ya que en este caso el mayor peso promedio fue alcanzado por el tratamiento de solarizado de 6 semanas y en dicho caso el rendimiento por área ocupó el segundo lugar.

DÍAS DE COSECHA Y DÍAS A LA COSECHA. Estas variables fueron obtenidas y analizadas en las fases II y III, ya que en la primera fase se pudo observar que había una marcada diferencia de períodos de cosecha en función de los tratamientos; sin embargo no se registró en esa oportunidad.

En las dos últimas fases pudo observarse que los tratamientos con solarizado de 8 semanas

iniciaban su cosecha con más precocidad y además el período del mismo era más corto relativamente. En el cuadro 5 se pueden observar los días a la cosecha y duración de la misma en cada uno de los tratamientos evaluados en la segunda fase.

En cuanto a la tercera fase se pudo realizar un análisis más completo, ya que se tomaron variables más específicas como porcentaje de cosecha en cada corte y número de plantas cosechadas, en el cuadro 6 se muestran los resultados de dicho análisis, pudiéndose observar que los tratamientos que incluyen el solarizado de 8 semanas fueron los que produjeron más plantas cosechadas, asimismo se pudo observar que el tratamiento de solarizado simple de 8 semanas acumuló el 69% de la cosecha en los tres primeros cortes, muy contrastante con el testigo que

Cuadro 5
DÍAS A LA COSECHA Y DURACIÓN DE LA
MISMA EN LA FASE II DE LA EVALUACIÓN
DEL CONTROL DE *P. BRASSICAE* WORONIN

Tratamientos	fase II	
	Días a la cosecha	Días de cosecha
Solarizado 8 semanas	76	13
Solarizado 6 semanas	77	14
Solarizado 4 semanas	78	17
Solarizado 2 semanas	81	17
Solarizado encalado 8 semanas	76	13
Solarizado encalado 6 semanas	76	13
Solarizado encalado 4 semanas	77	16
Solarizado encalado 2 semanas	78	18
Encalado	76	13
Testigo	81	18

acumuló el mayor porcentaje de cosecha (63%) en los dos últimos cortes. En este caso también puede observarse el efecto del encalado en época seca, ya que el tratamiento de solarizado-encalado reacciona un poco más lento que el solarizado simple, ya que en los dos primeros cortes acumula un 35% de la cosecha, siendo la mayor cosecha durante el tercer y cuarto corte, asimismo el encalado simple se comporta muy similar al testigo en cuanto a esta variable lo que evidencia que el encalado en época seca no es eficiente. Similar efecto pudo observarse con el Dazomet.

Cuadro 6
DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS
COSECHADAS DURANTE LA TERCERA FASE

Tratamientos	% de cosecha por fecha de corte					total de plantas cosechadas
	1	2	3	4	5	
Solarizado 8 semanas	25.8	19.1	24.1	21.0	9.9	423
Solarizado 6 semanas	13.1	18.9	24.2	26.0	17.7	396
Solarizado 4 semanas	10.3	17.0	25.6	28.8	18.3	399
Solarizado 2 semanas	9.1	14.6	22.9	29.5	24	363
Solarizado encalado 8 semanas	16.1	19.5	29.3	24.4	10.7	410
Solarizado encalado 6 semanas	16.4	20.1	24.5	24.5	14.3	383
Solarizado encalado 4 semanas	5.8	19.3	23.3	32.7	18.8	382
Solarizado encalado 2 semanas	4.4	10.3	26.6	29.0	29.5	386
Encalado	0.6	5.0	8.2	35.8	50.3	340
Dazomet	2.4	9.7	13.8	26.9	47.1	297
Testigo	9.1	13.6	14.2	25.0	38.0	352

Análisis económico

Al realizar una comparación de costos y beneficios en las tres fases se pudo determinar que los tratamientos con mayor rentabilidad son aquellos que incluyen al solarizado. En el cuadro 7 pueden observarse los rendimientos y el precio de venta por kg. Esto es complementario al cuadro 8 donde se presenta un análisis de costos variable y beneficios netos obtenidos en cada uno de los tratamientos en las tres fases. Puede constatarase asimismo que los mayores beneficios se obtienen cuando se aplica la técnica del solarizado en cualquiera de sus períodos de exposición.

Cuadro 7
RENDIMIENTOS Y PRECIOS
DE VENTA DEL BRÓCOLI

Tratamientos	fase I		fase II		fase III	
	Rend. Kg/ha	Pv / q/kg	Rend. Kg/ha	Pv / q/kg	Rend. Kg/ha	Pv / q/kg
Solarizado 8 semanas	20227	1.32	18705	1.41	20250	1.21
Solarizado 6 semanas	—	—	18557	1.41	17980	1.21
Solarizado 4 semanas	—	—	17023	1.41	16810	1.21
Solarizado 2 semanas	—	—	15938	1.41	15839	1.21
Solarizado encalado 8 semanas	25795	1.32	20079	1.41	17873	1.21
Solarizado encalado 6 semanas	—	—	19024	1.41	17041	1.21
Solarizado encalado 4 semanas	—	—	17867	1.41	16691	1.21
Solarizado encalado 2 semanas	—	—	16595	1.41	15534	1.21
Encalado	19242	1.32	18549	1.41	12706	1.21
Dazomet	19545	1.32	—	—	11546	—
PCNB	15378	1.32	—	—	—	—
Solarizado PCNB	22500	1.32	—	—	—	—
Testigo	16162	1.32	14932	1.41	13890	1.21

Cuadro 8
ANÁLISIS DE COSTOS
VARIABLES Y BENEFICIOS NETOS

Tratamientos	fase I		fase II		fase III	
	C.V	BN	C.V	BN	C.V	BN
Solarizado						
8 semanas	5201.91	21498.08	4231.58	22142.81	3910.80	16340.41
6 semanas	—	—	4130.96	22034.51	3829.30	17926.50
4 semanas	—	—	4030.33	19972.64	3747.90	16592.20
2 semanas	—	—	3929.70	18543.74	3666.50	15498.69
Solarizado y encalado						
8 semanas	7722.16	26327.90	7638.61	20673.16	7638.60	14011.93
6 semanas	—	—	7537.99	19286.75	7537.90	13081.71
4 semanas	—	—	7437.36	17755.59	7437.30	12758.91
2 semanas	—	—	7336.73	16063.50	7336.20	11459.94
Encalado	3438.32	21961.45	4121.31	22032.81	4121.30	11252.96
Dazomet	9719.10	16080.96	—	—	26102.17	-12131.34
PCNB	4474.16	15825.86	—	—	—	—
Solarizado PCNB	9125.10	20574.90	—	—	—	—
Testigo	550.97	20784.06	428.57	20616.17	428.60	16378.30

CONCLUSIONES

1. El solarizado es un método eficiente para el control de la hernia de las crucíferas *P. brassicae* Woronin en el cultivo del brócoli, en la región de Chimaltenango.
2. El período de solarizado de mayor eficiencia para el control de *P. brassicae* Woronin es de ocho semanas de exposición.
3. El encalado como enmienda al suelo para elevar el pH si controla a *P. brassicae* Woronin pero es ineficiente cuando se le aplica en época seca.

4. La combinación de solarizado-encalado es la más eficiente en el control de *P. brassicae* Woronin ya que se combinan dos métodos con diferentes principios y que no interfieren sino que se potencializan en su efecto.
5. El período de exposición de la combinación solarizado-encalado más eficiente para el control de *P. brassicae* Woronin es de 8 semanas.
6. El método de solarizado simple de 8 semanas es más rentable para el control de *P. brassicae* Woronin dado a que erradica el inóculo del campo a un menor costo y un mayor beneficio demostrados en dos fases del estudio.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- AGRIOS G. N. 1995. Fitopatología. México, D.F., Limusa. 838p.
- AINSWORTH, G. C., 1995. Dictionary of the fungi. 8ª ed Commonwealth Mycological Institute. Cambrian News Ltd. Great Britain. 700 p.
- ALVAREZ V., G. A.; SAMAYOA J., J. O. 1997. Control del hongo *Plasmodiophora brassicae* Woronin utilizando los métodos de solarizado, encalado y su combinación en el cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* var itálica Plenck) en la región del altiplano central de Guatemala. En VIII Congreso Nacional Manejo Integrado De Plagas (1997, Guatemala) AGMIP, p. 20 -22.
- ALVAREZ V., G. A.; BARRIENTOS, G., M., LOPEZ Q., M. A. 1996. Métodos de control de la hernia de las crucíferas *Plasmodiophora brassicae* Woronin en brócoli *Brassica oleracea* var itálica. En Seminario Manejo integrado de plagas en cultivos no tradicionales de exportación. (1996 Guatemala) V. Salguero ed. IPM-CRSP. p. 47.

- ALVAREZ V., G. A.; PAZ K., H., L. 1996. Períodos de solarizado, encalado y sus combinaciones para el control de la hernia de las crucíferas *Plasmodiophora brassicae* en brócoli *Brassica oleracea* var itálica. En Seminario Manejo integrado de plagas en cultivos no tradicionales de exportación. (1996 Guatemala) V. Salguero ed. IPM-CRSP. p. 49.
- CARRANZA BAZINI, H.; MORALES, R.; SALGUERO, N V. 1995. Distribución geográfica e incidencia de la hernia del brócoli, *Plasmodiophora brassicae* Woronin en Guatemala. En Manejo integrado de plagas en brócoli; (1995, Guatemala). V. Salguero ed. Guatemala, MIP-ICTA-CATIE-ARF. p. 49-61.
- GALLARDO P., N. R. 1975. Determinación de las condiciones ecológicas del valle de Almolonga, para el desarrollo del hongo *Plasmodiophora brassicae*, responsable de la hernia de las crucíferas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 51 p.
- GODINEZ F. R. A. 1976. Ensayo del control de la hernia del repollo *Plasmodiophora brassicae*, con diferentes aplicaciones de cal hidratada en el valle de Almolonga, Quetzaltenango.. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 55 p.
- LOPEZ Q., M. A. 1995. Evaluación de métodos de control de la hernia de las crucíferas *Plasmodiophora brassicae*, en el cultivo de brócoli *Brassica oleracea* var. itálica en Patzicía, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 58 p.
- PAZ K., H. L. 1996. Evaluación de cuatro períodos de solarizado y sus combinaciones, para el control de la hernia de las crucíferas *Plasmodiophora brassicae* Woronin, en brócoli *Brassica oleracea* var. itálica Plenck en el Tejar, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala,

Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 48 p.

SAMAYOA J. J. O. 1997. Evaluación del solarizado y encalado en época seca para el control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin, en brócoli *Brassica oleracea* var. itálica Plenck en El Tejar, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 62 p.

SAMAYOA J. J. O. ALVAREZ V. G. A. 1997. Evaluación de solarizado y encalado en época seca para el control de *Plasmodiophora brassicae* en el cultivo del brócoli. En VIII congreso nacional Manejo integrado de plagas (1997, Guatemala) AGMIP. p. 17 - 19.

AVANCES DE INVESTIGACIÓN

CULTIVO DE JÍCAMA EN EL VALLE DE LA CAPITAL DE GUATEMALA

Aníbal B. Martínez



INTRODUCCIÓN

En 1996 se inició el proyecto de investigación sobre el cultivo de jícama (*Pachyrrizus sp.*), con una caracterización en diferentes sitios geográficos de cultivares provenientes de varios países.

Uno de los sitios de observación fue el Centro Experimental de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos, ubicado en la ciudad capital de Guatemala, a una altitud de 1502 msnm. En este lugar se identificó al cultivar EC-236 (*Pachyrrizus erosus*), proveniente de Morelos, México; mejor adaptado a las condiciones naturales de la región.

Con el objeto de observar el comportamiento de las características agronómicas de dicho cultivar, el 8/5/1997 se estableció una unidad experimental, para lo cual se sembró semilla cosechada en diciembre de 1996.

METODOLOGÍA

La unidad experimental consistió en una parcela de 12 surcos, separados un metro; en cada surco se sembraron 14 semillas separadas a un metro cada una. Los datos se tomaron en 10 surcos y en cada surco a 12 plantas. Los dos surcos extremos y las dos plantas extremas de cada surco, sirvieron de borde.

Para evaluar las características diámetro y peso de la raíz tuberosa, la unidad experimental se adaptó a un diseño de bloques al azar, en el cual cada surco constituyó una repetición y en cada repetición se establecieron tres tratamientos consistentes en cuatro plantas distribuidas al azar en las 12 de cada surco. Los tratamientos fueron:

- Diámetro y peso de la raíz durante el período de inicio y final de la floración.
- Diámetro y peso de la raíz durante el período de inicio y final de vaina verde.
- Diámetro y peso de la raíz durante el período de inicio y final de maduración fisiológica de la semilla.

En el caso de las características días al inicio de botón floral, días a plena flor abierta, días a formación de vaina verde y días a madurez fisiológica de la semilla, la observación se hizo en cada una de las plantas que presentaban la etapa fisiológica correspondiente.

Para cada característica se identificaron los máximos y mínimos valores, rangos, medidas aritméticas, y coeficientes de variación. Para el diámetro y el peso de raíz se hizo un análisis de varianza, y un análisis de correlación. Así:

Diámetro de raíz / Peso de raíz

Diámetro y peso de raíz / Días de desarrollo a partir del inicio de engrosamiento de raíz.

RESULTADOS

El cuadro 1 muestra la secuencia del desarrollo del cultivar EC-236 y la variabilidad del mismo en cada una de las atapas fenológicas, expresada en una varianza alta en todos los períodos fenológicos; así como bajos coeficientes de variación que demuestran uniformidad en el manejo y condiciones ambientales de la unidad experimental.

En el cuadro se observa que el período más largo es el estado de vaina verde, con una duración de 110 días, mientras que el período de maduración fisiológica de la semilla dura 49 días, siendo el periodo más corto.

El tiempo total del cultivo, desde la siembra hasta la madurez fisiológica de la semilla, tarda de

Cuadro 1
ESTADÍSTICOS DEL DESARROLLO DEL CULTIVAR EC-236

	botón floral	flor abierta	vaina verde	semilla madura
Días a inicio	77	84	104	218
Días a final	139	152	214	267
Rango (días)	62	68	110	49
Media	100.8	103.9	119.3	233.3
S ²	108.7	168.7	86.7	305.4
s	10.4	13.0	9.3	17.5
CV	0.10	0.13	0.08	0.08

218 a 267 días, existiendo un rango de 49 días entre las plantas precoces y las tardías. Esto permitirá iniciar la selección de plantas que deriven en líneas precoces con tamaño comercialmente aceptable.

En el cuadro 2 encontramos que la raíz inicia su engrosamiento a los 92 días después de la siembra, en el período de flor abierta y alcanza su máximo diámetro y peso en el período de maduración fisiológica de la semilla. En 118 días la raíz puede llegar a pesar 2760 gramos y medir 22 cm de diámetro. Es importante indicar que durante el período previo a la floración se observó la presencia de módulos de nitrificación, desapareciendo estos al inicio de engrosamiento de la raíz.

El contenido de azúcar en la raíz no varió durante el período de engrosamiento, ya que los grados brix

Cuadro 2
DESARROLLO DE LA RAÍZ DEL CULTIVAR EC-236
1997

	08/06	08/21	09/05	09/25	10/15	11/10	12/08
Días	96	105	122	142	155	186	214
Díametro de raíz (cm)							
Mínimo	1.1	3.9	5.7	8.4	9.1	17.2	17.0
Máximo	5.2	7.3	11.2	14.8	18.5	20.1	22.0
Media	4.4	5.2	8.6	11.5	14.6	17.6	20.5
Peso de raíz (gr)							
Mínimo	6.7	28.4	75.0	251.5	267.4	245.0	1870.0
Máximo	68.6	143.4	416.3	910.0	1298.2	1952.1	2760.0
Media	27.8	70.5	236.3	412.2	937.3	1098.0	2302.0

de las raíces pequeñas al inicio de la formación de la misma fue similar a las raíces grandes cosechadas al final; oscilando en un valor de 6.2 grados brix.

La cosecha de semillas se hizo en las 40 plantas finales del tratamiento, durante el período de madurez fisiológica de la semilla, obteniéndose una producción por planta de 266 gramos, o sea un posible rendimiento de 2,628 Kg/Ha.

CONCLUSIÓN Y PERSPECTIVAS

El cultivar EC-236, en un ciclo de cultivo, mostró buena adaptación a las condiciones ecológicas del valle de la ciudad capital de Guatemala. Presenta variabilidad en su ciclo vegetativo y uniformidad en el tamaño de raíz tuberosa, independiente de la variabilidad del ciclo, en los diferentes periodos fenológicos de la planta.

Lo anterior ofrece la perspectiva de utilizar este cultivar comercialmente, aprovechando la variación natural de su ciclo para producir raíz continuamente durante un periodo de 145 días, a partir del estado de vaina verde hasta la cosecha de semilla; obteniéndose raíces desde un libra en la etapa de vaina verde, hasta raíces de 6 libras al momento de cosechar la semilla.

Otra perspectiva que ofrece este cultivar es la selección de líneas precoces con iguales ventajas de producción y menor rango de cosecha.

BIBLIOGRAFÍA

- MARTÍNEZ, ANÍBAL. 1997. Evaluación preliminar de cultivares de Jicama (*Pachyrrizus sp.*) en el valle de la ciudad de Guatemala. Guatemala. Rev. Tikalía. Vol. XV, No. 2 p. 99.

Los autores

Gustavo Adolfo Alvarez

Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular I Subárea Protección de Plantas, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos.

Gustavo L. Baeza Larios

Ingeniero Agrónomo. Egresado de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos.

Juan José Castillo Mont

Ingeniero Agrónomo. Catedrático en la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos.

Juventino Gálvez Ruano

Ingeniero Agrónomo. Plan de Acción Forestal para Guatemala.

Daniel Marmillod

Trabaja para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza.

Anibal Bartolomé Martínez

Profesor-investigador de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Paul R. Luttmann Ruggeri

Ingeniero Agrónomo. Egresado de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos.

Carlos Orozco Castillo

Ingeniero Agrónomo. Egresado de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos.

Luis M. Reyes Chávez

Ingeniero Agrónomo. Catedrático en la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos.

Mario Véliz

Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, Coordinador y Curador del Herbario BIGUA. Docente e investigador de la Escuela de Biología, Fac. CC.QQ y Farmacia, USAC Guatemala.

¿POR QUÉ EL NOMBRE *tikalía*?

El nombre de esta revista dedicada a la ciencia y la tecnología agrícolas se debe a que Tikal fue un centro clásico de la antigua cultura maya, establecida otrora sobre una base constituida por la producción agrícola.

Las evidencias obtenidas por diversos mayistas muestran que en los asentamientos iniciales de aquel pueblo, las tierras bajas de lo que ahora es Petén, se desarrollaron sistemas de producción agrícola basados en el maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), piloy (*Phaseolus coccineus*), y otras especies cultivadas y forestales.

Se ha estimado que en el período clásico Tikal llegó a tener una población de 50 mil a 70 mil habitantes, dentro de un radio de seis kilómetros al alrededor de la ciudad, o sea una área aproximada de 120 kms². Una densidad poblacional de tal magnitud requería sustentarse en sistemas de producción agrícola sumamente intensivos, los cuales incluyeron una infraestructura especializada, constituida por terrazas, riego y drenajes. Como consecuencia de lo anterior, se dice que la agricultura y el manejo de los Recursos Naturales Renovables de aquella zona alcanzaron un alto grado de desarrollo.

Por haber sido Tikal un sitio histórico-geográfico privilegiado durante el florecimiento maya, y por estar actualmente la Facultad de Agronomía orientada al estudio y manejo de los Sistemas de Producción Agrícola y de los Recursos Naturales Renovables —actividades primigeniamente conocidas por los mayas— es que esta revista, dedicada a difundir la ciencia y la tecnología, ha sido denominada con el nombre de *TIKALIA*.



CONTENIDO

Estratificación de las epifitas en mescal (*Chaetoptelea mexicana* Liebm), *Ulmaceae* en el volcán de Acatenango

HerBaDat: sistema computarizado para el control del inventario de especímenes del herbario Aguat

Efecto del aprovechamiento maderero en bayal

Uso de marcadores moleculares para la caracterización de germoplasma en café (*Coffea arabica*)

Control de *Plasmodiophora brassicae* Woronin en *Brassica oleracea*

Cultivo de jícama en el valle de la capital de Guatemala

Facultad de Agronomía
Universidad de
San Carlos de Guatemala

