



tiikalia

INFORMACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA
Volumen XIII, No. 1 **Enero- junio 1995**



Sistemas de Producción Agrícola
Recursos Naturales Renovables



Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala



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 adecuen 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. XIII, No. 1



Guatemala
1995

**Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala**

Junta Directiva

Decano: Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
Secretario: Ing. Agr. Marco A. Estrada Muy
Vocal I: Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
Vocal II: Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
Vocal III: Ing. Agr. Carlos Roberto Motta
Vocal IV: Br. Gabriel Amado Rosales
Vocal V: Br. Augusto Saúl Guerra G.

Comité Editorial

Ing. Agr. Mario A. Méndez
Dr. José de Jesús Castro Umaña
Ing. Agr. Hugo Cardona
Periodista Dennis Escobar Galicia

Edición y Artes Finales: F& G Editores
Tel. 740214

Impresión: Fotograbado Llerena
Tel. 24372 / 512723

Revista Tikalia
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Guatemala
Teléfono: (502-2) 769770
Fax: (502-2) 769770
Correo electrónico: UARAGON@Mayamail

PRESENTACIÓN

La Universidad, por su misión específica (enseñanza, investigación y extensión), tiene una responsabilidad fundamental en la construcción de una sociedad moderna en la que se beneficien todos los seres humanos. Tiene un compromiso con el pasado, el de preservar la memoria, y otro con el futuro, el de funcionar como vanguardia.

Por el hecho de ser centro de creación y reproducción de los nuevos avances científicos y tecnológicos, la Universidad tiene la obligación de divulgarlos y hacerlos accesibles para la sociedad en su conjunto. En consecuencia la divulgación científica es una misión impostergable de la Universidad.

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) está consciente de la divulgación científica. Es por ello que hace todos los esfuerzos porque su revista *Tikalía* se convierta en una publicación de calidad que divulgue estudios de Sistemas de Producción Agrícola y de los Recursos Naturales Renovables.

En el presente año *Tikalía* arriba a su trece aniversario. Desde que sus fundadores le dieron vida, las autoridades administrativas y los profesores investigadores de la FAUSAC están tratando de mejorar su forma y su contenido, así como también su periodicidad. La tarea no ha sido nada fácil, en virtud de los problemas económicos y a la carencia de divulgadores científicos. Empero en la medida en que madura el propósito de su creación (contribuir al desarrollo de las ciencias agrícolas),

Tikalía se convierte en una de las pocas publicaciones que en Guatemala divulga el quehacer científico de los investigadores y profesores de las ciencias agrícolas.

La presente *Tikalía* aparece con algunas innovaciones y su edición se realizó con mayor cuidado a fin de divulgar con responsabilidad los conocimientos científicos.

Esperamos que esta nueva *Tikalía* satisfaga las exigencias de los lectores y le exhortamos a unirse a los esfuerzos, contribuyendo con artículos científicos, críticas y sugerencias.

Los editores, una vez más, nos comprometemos a redoblar esfuerzos en la tarea titánica de mantener con vida esta publicación que contribuye al cumplimiento de los principios que rigen a la FAUSAC.

Es de resaltar el apoyo que el Ing. Agr. Efraín Medina Guerra, Decano de la FAUSAC 1991-1995, brindó al Comité Editorial para mejorar la edición de la revista *Tikalía*.

CONTENIDO

ETNOBOTÁNICA

- Caracterización y evaluación de cuatro poblaciones de
Neurolaena lobata (L.) R. Br., con fines de domesticación 7
Pablo Arturo Moreno Arreaga
Fernando Rodríguez Bracamonte
Ernesto Carrillo

- Algunas sapotáceas de Petén, Guatemala 33
César Azurdia
Edgar Martínez
Helmer Ayala

ENTOMOLOGÍA

- Fluctuación poblacional de las especies de áfidos
(*Aphididae*: homóptera) y su distribución en la
planta de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *italica*) 47
José Cerón Hernández
Víctor E. Salguero Navas
Samuel Córdoba Calvillo

FITOGENÉTICA

- Comparación del centro de origen y domesticación
de las especies cultivadas de *Phaseolus* 67
José Vicente Martínez Arévalo

CIENCIA DEL SUELO

**Evaluación de la fertilidad de dos suelos del
Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá
Suchitepéquez, Guatemala**

83

Milton R. Tobías Vásquez

José J. Chonay Pantzay

Hugo A. Tobías V.

Tesis de grado presentadas en la FAUSAC en 1994

103

ETNOBOTÁNICA

CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE CUATRO POBLACIONES DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR., CON FINES DE DOMESTICACIÓN

Pablo Arturo Moreno Arreaga
Fernando Rodríguez Bracamonte
Ernesto Carrillo



Resumen

Tres Puntas [*Neurolaena lobata* (L.) R. Br.], es una planta nativa, con gran valor en medicina natural y tradicional, reportada como antimalárica y anti-diabética. La Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y la Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales, entre otros, la han considerado como una de las cinco de mayor importancia y utilidad en la atención primaria en salud y para el desarrollo de una agroindustria de plantas medicinales.

En el presente artículo se exponen los resultados de una investigación destinada a caracterizar *in situ* y evaluar *ex situ* cuatro poblaciones naturales, determinando su variación intra e inter-poblacional. Para ello se utilizó el procedimiento estadístico de análisis de grupos, y análisis estadístico a través de un ANDEVA, bajo un diseño experimental de un completo al azar y un completo al azar combinado. Las poblaciones estudiadas, en su lugar de origen, fueron: La Unión, Zacapa; Morales, Izabal; Chajmafc, Alta Verapaz y Coatepeque, Quetzaltenango. Las tres primeras, ubicadas en el Litoral del Atlántico y la última, ubicada en el Litoral del Pacífico de la República de Guatemala. Las localidades, donde fueron evaluadas estas cuatro poblaciones, fueron: Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), de la Ciudad Universitaria, Guatemala y en el municipio de Coatepeque, Quetzaltenango.

Entre los principales resultados obtenidos, puede indicarse que las poblaciones de Coatepeque, y Chajmafc, Verapaz, son bastante homogéneas, tanto *in situ*, como *ex situ*. Entre tanto la población de Morales, presentó cierta influencia sobre la población de La Unión. Interpretándose este hecho, como una respuesta genética propia e intrínseca de la especie, en donde puede explicarse la variabilidad relativa.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala el uso de plantas medicinales, ha sido una importante práctica dentro de la atención primaria en salud —principalmente dentro de las comunidades rurales— formando parte de una gran riqueza cultural y de conocimientos que llevan inmersos aspectos históricos, que confirman la relación estrecha de nuestros pueblos con la naturaleza a la que pertenecemos.

Entre las muchas especies nativas con que se cuenta, y son utilizadas, en Guatemala está la conocida con el nombre vernáculo de “tres puntas” [*Neurolaena lobata* (L.) R. Br.], que posee un gran valor dentro de la medicina tradicional para el tratamiento de diversas enfermedades. Para ella se reporta, como uso más común, la de ser un antimalárico.

El propósito de esta investigación, fue hacer una caracterización de cuatro poblaciones de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., para conocer su variación inter e intra-poblacional. Dichas poblaciones fueron evaluadas *in situ*, a través de un análisis de agrupamiento; y *ex situ* en dos localidades contrastantes, pero afines al hábitat de la especie, por medio de un análisis de varianza.

Se eligieron cuatro poblaciones representativas de la distribución geográfica que posee la especie, en la república de Guatemala, considerando a la vez, la adaptación que han presentado a las diferentes localidades naturales.

Dentro de esta caracterización, también se realizó una descripción de la estructura morfológica floral, así como una descripción general del componente ambiental de las poblaciones naturales. Considerando, de esta manera, los primeros ensayos agronómicos para determinar la forma de su cultivo, que permita la realización de estudios posteriores, lo más completos posible, a nivel fitoquímico y farmacológico, que consideren los componentes biológicos y la variación estudiada, para su aplicación en análisis más detallados, que redunden en la producción y mejoramiento de la especie.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

Neurolaena lobata (L.) R. Br., ha sido considerada como una de las especies silvestres medicinales de gran importancia; encontrándose dentro del listado nacional como una de las cinco prioritarias y que está siendo objeto de estudio por su potencial industrial [PNUD, 1991], con base en sus propiedades fitoquímicas y farmacológicas. Así fue como se consideró, dentro del proyecto “Utilización de plantas medicinales y aromáticas para el desarrollo de una industria farmacéutica basada en plantas” (US/

GUA/84/282), administrado por la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y ejecutado por la Comisión Nacional para el Aprovechamiento de Plantas Medicinales (CONAPLAMED), durante los años 1989 a 1991 [PNUD, 1991]. También fue considerada dentro de otros proyectos relevantes, tal es el caso del denominado "Desarrollo agrotecnológico de cinco especies silvestres medicinales con potencial para la exportación" con fondos de la Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos (USAID) administrados por la Gremial de Exportadores de Productos No Tradicionales (GEXPRONT), ejecutado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) y por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), para los años 1992 y 1993 [GEXPRONT, 1992].

En los proyectos mencionados se reporta una breve información referente a aspectos de exploración de áreas, para conocer la distribución de la especie a nivel nacional, indicando las zonas de vida y una descripción de los hábitats donde crecen naturalmente, las poblaciones. Además incluyen aspectos relacionados con las técnicas de propagación de la especie, alcanzados a través de pruebas y ensayos experimentales, tanto sexuales como asexuales; todo con fines de domesticación.

Se señala que todas las poblaciones exploradas, se encontraron formando parte de una vegetación secundaria; en general, zonas altamente húmedas, algunas muy cercanas a riachuelos y arroyos. Por otra parte se menciona que la época de floración y fructificación (según las poblaciones exploradas y colectadas), es de diciembre a abril, siendo enero y febrero los de mayor floración y marzo y abril para su fructificación [GEXPRONT, 1992].

1. Resultados reportados

Para la exploración y colecta de germoplasma, se reportan las poblaciones que fueron muestreadas en dichos proyectos [PNUD, 1991; GEXPRONT, 1992], las cuales pueden observarse en el Cuadro 1.

Para la tecnología de propagación sexual, puede mencionarse que las primeras "pruebas" realizadas en 1991 [PNUD, 1991], con los aquenios colectados en esa fecha, no tuvieron mucho éxito pues no germinaron en sustrato de arena. En nuevas pruebas realizadas en marzo de 1992 [GEXPRONT, 1992], (utilizando material de tres poblaciones colectadas y como sustratos arena, broza y suelo), se determinó que la mejor respuesta a la germinación fue la de la población colectada más recientemente, con un sustrato de suelo, teniendo un 51% en tiempo promedio de veinte días.

Con base en dichas pruebas, se menciona [GEXPRONT, 1992] que se

Cuadro 1
EXPLORACIÓN Y COLECTA DE GERMOPLASMA
DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR.

Localidad	Fecha de exploración	Altitud (msnm)	Zona de vida	Nombre vernáculo
Cubilhuitz, Alta Verapaz	Oct.-1990	230	bmh-S (c)	Tres puntas
La Unión, Zacapa	Feb.-1991	880	bh-S (t)	Tres puntas
El Rodeo, Escuintla	Abr.-1992	700	bmh-S (c)	Tres puntas
Chajmafc, Alta Verapaz	Abr.-1992	300	bmh-S (c)	Mano de lagarto
Chicacao, Suchitepéquez	May.-1992	1,100	bmh-S (t)	Mano de lagarto
La Reforma, San Marcos	May.-1992	1,100	bmh-S (t)	Árnica
Uaxactún, Petén	Jun.-1992	185	bh-S (c)	Mano de lagarto
Sayaxché, Petén	Jun.-1992	130	bmh-S (c)	Mano de lagarto
Morales, Izabal	Jul.-1992	50	bmh-S (c)	Tres puntas
Coatepeque, Quetzaltenango	Jul.-1992	500	bmh-S (c)	Árnica

Fuente: "Domesticación de cinco especies medicinales silvestres, con potencial para Exportación" GEXPRONT-FAUSAC-ICTA. 1992.

efectuó un ensayo experimental, utilizando aquenios de una sola población, cosechados inmediatamente después de su maduración, en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, de una colección de material procedente de La Unión, Zacapa. Los resultados obtenidos indican que los factores evaluados —sustrato mineral igual a suelo con textura limosa, y riego a las unidades experimentales de 12 cc. diarios—, fueron determinantes para la germinación de los aquenios, siendo su mejor tiempo de germinación a las tres semanas de sembradas. En el análisis de estos resultados, se señala que el tamaño de los aquenios es muy pequeño, por lo que requieren de un espacio aéreo en el suelo muy reducido; además necesita de tasas de humedad elevadas, para que los aquenios entren en contacto con tal humedad, y considerando también, una evaporación fuerte, superficialmente, del sustrato (lugar donde deben colocarse los aquenios para su buena germinación).

Para la tecnología de propagación asexual, se menciona [PNUD, 1991] que se realizaron "pruebas" con esquejes provenientes de las poblaciones exploradas en 1991, cuyos resultados indicaron la posibilidad de propagar esta especie en forma vegetativa, pues los esquejes respondieron positivamente. Estos resultados fueron verificados, a través de nuevas pruebas en 1992 [GEXPRONT, 1992], con materiales provenientes de las poblaciones exploradas; sin embargo, estos resultados indican que la eficiencia en el enraizamiento de los esquejes, se vio altamente afectada por la desecación de los materiales vegetativos colectados, pues fueron

transportados desde distancias considerables y bajo condiciones inadecuadas.

En el mismo estudio [GEXPRONT, 1992] se efectuó un ensayo experimental con esquejes provenientes de la colección de la población de la Unión, Zacapa, en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizando la siembra simultáneamente al corte de los materiales. Los factores evaluados fueron porción vegetativa de la planta de esquejes apicales y medios, herbáceos y uso de sellador en la parte apical del esqueje (para evitar mayor transpiración) y como sustrato se utilizó suelo más arena [PNUD, 1991: 1]. Los resultados obtenidos indican que tales factores fueron determinantes para la eficiencia en el enraizamiento. Según indica el análisis de estos resultados, el momento de corte y siembra simultánea es importante, debiéndose considerar el estado biológico de las plantas, siendo más eficiente el momento antes de la floración, con edad de los materiales conocida (18 meses).

Ensayos preliminares sobre la tecnología de cultivo, realizados dentro del proyecto de 1992 [GEXPRONT, 1992], indican que esta especie es muy plástica, pues se adaptó sin mayores problemas en campos de cultivo, tanto del Centro Experimental de Agronomía (CEDA) de la FAUSAC, ubicados en la ciudad de Guatemala a una altura de 1,490 msnm; como en los campos del Centro Experimental CATBUL, de la Finca Bulbuxyá, ubicada en el sur-occidente del país a una altura de 300 msnm, propiedad de la FAUSAC. Dentro de algunos datos importantes, que hay que anotar, está que es posible hacer semilleros para la germinación de los aquenios, para luego transplantar a bolsas de almácigo las plántulas obtenidas cuando posean una altura entre los 2 a 5 cm. de altura, para darles mantenimiento durante uno o dos meses en viveros y, finalmente, deben ser sembradas en campo definitivo al poseer una altura entre los 10 a 15 cm.

El ciclo biológico de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., está entre aproximadamente 10 y 12 meses, iniciando la germinación de los aquenios en los meses de marzo y abril, y llegando a su madurez, como ya se anotó, entre enero y marzo; lo cual la coloca como una de las especies con mejores expectativas para su cultivo, pues se puede obtener mayor cantidad de material en menor tiempo.

Finalmente, se recomienda en dichas investigaciones, que la integración del conocimiento agronómico, fitoquímico y farmacológico, debe ser obligada, para plantear nuevas alternativas, a corto plazo, en la medicina natural, que es el principal lineamiento de esta investigación.

II. METODOLOGÍA

1. Caracterización

Se efectuaron dos estudios de caracterización sobre variables de tipo morfológicas, cuantitativas y cualitativas, de cuatro poblaciones de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br.; tres de ellas ubicadas en el litoral del Atlántico y una, ubicada en el litoral del Pacífico de la República de Guatemala, correspondiendo a zonas donde la especie crece naturalmente. Se determinó su variación morfológica intra e inter-poblacional, al momento de la floración, en su lugar de origen, así como su variación fenológica durante un ciclo biológico de las cuatro poblaciones bajo estudio, evaluadas en dos localidades de condiciones contrastantes.

Se seleccionaron las poblaciones estudiadas, basados en su distribución geográfica, su propia abundancia en dichas regiones y consecuentemente, a su adaptación a dichos ambientes, según algunos pre-muestreos realizados [GEXPRONT, 1992]; correspondiendo tres de ellas al litoral del Atlántico (Chajmaic, Alta Verapaz; Morales, Izabal y La Unión, Zacapa), y una al litoral del Pacífico (Coatepeque, Quetzaltenango), de la República de Guatemala. Permitiendo de esta forma un estudio preliminar y comparativo sobre el comportamiento de las poblaciones en ambos litorales.

1.1. CARACTERIZACIÓN *IN SITU*

Se realizaron visitas a las cuatro poblaciones naturales, con el fin de determinar la variación de los componentes morfológicos en el momento de la floración, efectuando la toma de datos a un número mínimo de plantas, determinado por la estabilización de la desviación estándar, muestreadas al azar. Para el efecto, se utilizó el descriptor que contuvo los caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos, que fueron analizados a través de métodos estadísticos, referidos a medidas de tendencia central.

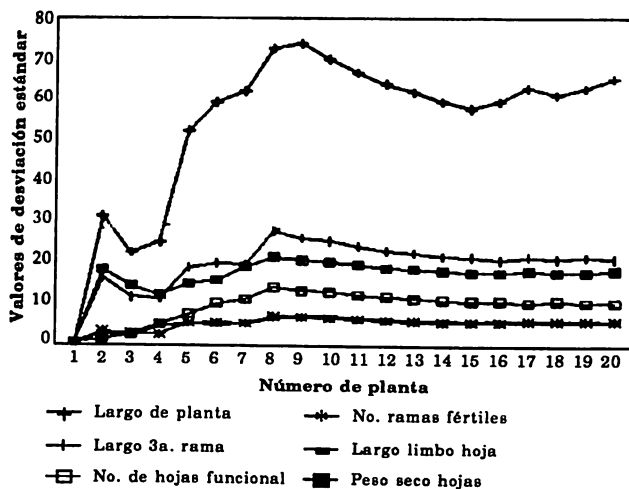
Poblaciones naturales evaluadas

Las poblaciones evaluadas se localizan en los municipios La Unión, Zacapa; Morales, Izabal; Coatepeque, Quetzaltenango y Chajmaic, Alta Verapaz.

Determinación del tamaño mínimo de la muestra (número de plantas)

El número de plantas muestreadas en cada lugar de origen, fue determinado por la estabilización de la curva de la desviación estándar para las variables altura de la planta, número de ramas fértiles, largo

Figura 1
CARACTERIZACIÓN IN SITU DE NEUROLAENA LOBATA (L.) R. BR.
CURVAS DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA
POBLACIÓN NATURAL DE LA UNIÓN, ZACAPA



de la tercera rama, largo del limbo de las hojas, número de hojas funcionales, y peso seco de las hojas, todas consideradas al momento de la floración.

La Figura 1 muestra las curvas para la población natural de La Unión, Zacapa; en donde la variable "altura de la planta", presenta valores de desviación estándar más elevados, así como una tendencia de la curva menos uniforme respecto a las otras variables analizadas, las cuales presentaron, valores menores y una mayor uniformidad en sus respectivas curvas.

En tal sentido, pudo estimarse que el número mínimo de plantas, es de aproximadamente 12 para la población natural de La Unión, Zacapa, aunque con 10 plantas, el tamaño de la muestra hubiera sido de un nivel mín. 10 aceptable.

Por otra parte, la población natural de Morales, Izabal (Figura 2), muestra que las variables "altura de planta" y "largo de la tercera rama", presentaron valores de desviación estándar más elevados en relación a las otras variables. El número mínimo, pudo estimarse en 10 plantas, como nivel aceptable.

Para la población natural de Coatepeque, Quetzaltenango (Figura 3), puede apreciarse que únicamente la variable "altura de la planta" presentó, también, valores de desviación estándar elevados, respecto a

Figura 2
CARACTERIZACIÓN IN SITU DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR.
CURVAS DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA
POBLACIÓN NATURAL DE MORALES, IZABAL

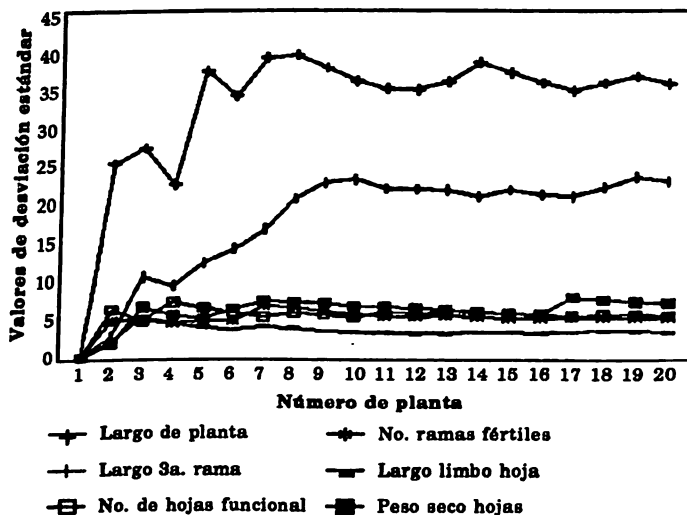


Figura 3
CARACTERIZACIÓN IN SITU DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR.
CURVAS DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA
POBLACIÓN NATURAL DE COATEPEQUE, QUETZALTENANGO

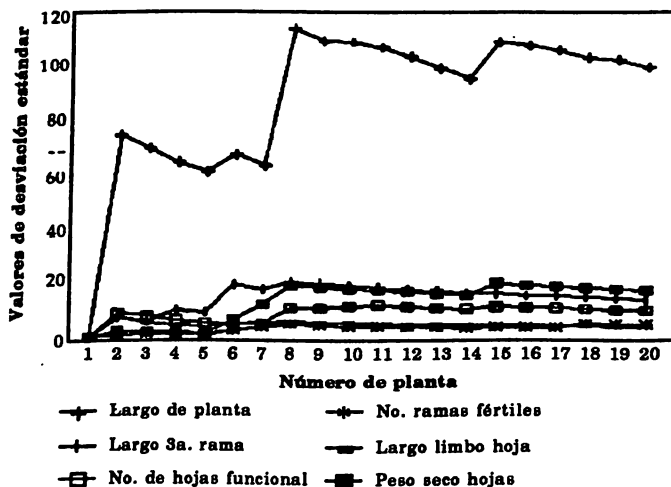
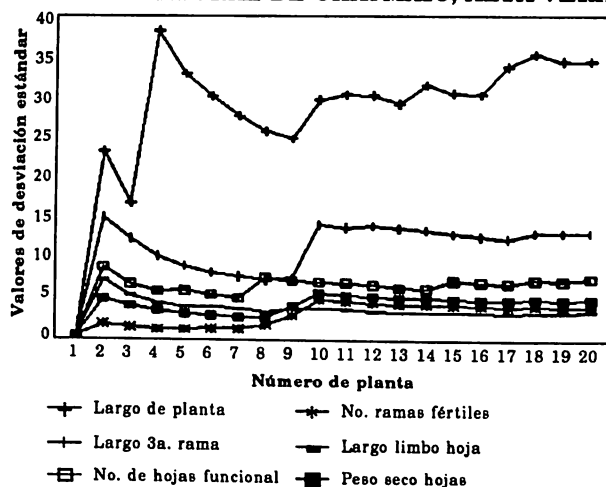


Figura 4
CARACTERIZACIÓN IN SITU DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR.
CURVAS DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA
POBLACIÓN NATURAL DE CHAJMAÍC, ALTA VERAPAZ



las otras variables. El número muestral de plantas pudo estimarse en 10.

Finalmente, en el análisis realizado para la población natural de Chajmaïc, Alta Verapaz (Figura 4), puede observarse que las variables "altura de la planta" y "largo de la tercera rama", tuvieron los valores de desviación estándar más altos en relación a las otras variables. El nivel mínimo aceptable de plantas muestreadas fue de 10.

En resumen, puede indicarse que tanto la población natural de Coatepeque, Quetzaltenango (Figura 3) como la de Chajmaïc, Alta Verapaz (Figura 4), nos indican que se presentó una mayor heterogeneidad en sus valores de desviación estándar para la variable "altura de la planta", pues la suavización de sus curvas, fue más abrupta que las otras poblaciones.

Análisis de agrupamiento

Con la información recabada a través de las boletas de campo, que contenían las variables de los descriptores, se elaboraron matrices básicas de datos, las cuales fueron sometidas a análisis con de un paquete estadístico, que se encuentra en la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Dicho agrupamiento fue considerado a través del coeficiente de distancia "Manhattan distance", como una técnica simultánea, bajo el procedimiento de ligamiento promedio. Posteriormente se construyeron los fenogramas que consideraron la distancia de similitud entre las diferentes plantas muestreadas, para cada población y también para todas las poblaciones, para determinar el grado de similitud intra e inter-poblacional.

De manera general, puede indicarse que se consideró un rango del 50%, estimado con la diferencia entre las distancias calculadas de los coeficientes de similitud máximo y mínimo de los agrupamientos, con la intención de que quedaran contenidas el mayor número de plantas muestreadas en cada población.

Fórmula para el coeficiente de distancia

$$\text{Manhattan Distance} = \sum_{i=1}^p |X_{ij} - X_{ik}|$$

Donde:

X_{ij} = El valor del carácter i para la unidad taxonómica j .

X_{ik} = El valor del carácter i para la unidad taxonómica k .

Componente ambiental

- a) **Suelo.** Se tomaron muestras mixtas por población, a las que se les efectuó un análisis químico con el método de solución extractora "Carolina del Norte", y de textura con "Boyukos", en el Laboratorio de Suelos "Ing. Salvador Castillo", de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- b) **Planta.** Se tomaron muestras de material vegetativo de la especie, con las que se efectuaron análisis químicos de macroelementos y microelementos, por el método de digestión seca, en el Laboratorio de Suelos "Ing. Salvador Castillo", de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- c) **Vegetación acompañante.** Se herborizaron las especies que acompañaban a Tres Puntas [*Neurolaena lobata* (L.) R. Br.], para su determinación botánica, utilizando la *Flora de Guatemala*, en el herbario AGUAT de la FAUSAC.
- d) **Zonas de vida.** Se colectó la información relacionada con la descripción de las zonas de vida de cada una de las poblaciones bajo estudio.

1.2. CARACTERIZACIÓN EX SITU, DE LAS CUATRO POBLACIONES BAJO ESTUDIO, EVALUADAS EN DOS LOCALIDADES

Se montó un diseño experimental en los campos del CEDA, FAUSAC, Guatemala y otro en la Finca Las Casas, Coatepeque, Quetzaltenango,

con plántulas procedentes de propagación sexual del material colectado en la caracterización *in situ*, las que se mantuvieron en bolsas de almácigo en un vivero, después de ser trasplantadas del lugar de germinación.

Se tomaron datos a lo largo del ciclo biológico para las cuatro poblaciones; para el efecto, se consideró el descriptor que fue utilizado en la caracterización *in situ*.

Para el procedimiento estadístico, se consideró un análisis de varianza del diseño experimental para cada localidad evaluada, con lo que se determinó la variación intra-poblacional; además se consideró un análisis de varianza combinado, para ambas localidades, con lo que se determinó la variación inter-poblacional.

Diseño experimental

a) Factores considerados

Los factores considerados en el diseño experimental son los indicados en el Cuadro 2.

Cuadro 2
FACTORES CONSIDERADOS EN EL DISEÑO EXPERIMENTAL
PARA LA EVALUACIÓN EX SITU

Mod. Factor	Factor	
	Localidades	Poblaciones
1	CEDA, FAUSAC, Guatemala	Chajmaic, Alta Verapaz
2	Finca Las Casas, Coatepeque, Quetzaltenango	Morales, Izabal
3		La Unión, Zacapa
4		Coatepeque, Quetzaltenango

b) Modelos estadísticos

- 1) Diseño completo al azar (variación intra-poblacional por cada localidad):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

donde

Y_{ij} = Variable respuesta

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i...ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto del error experimental

- 2) Diseño completo al azar con arreglo combinatorio 2×4 ; y 3 repeticiones (variación inter-poblacional para ambas localidades):

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Variable respuesta

μ = Efecto de la media general

A_i = Efecto de la i...ésima modalidad del factor A

B_j = Efecto de la j...ésima modalidad del factor B

AB_{ij} = Efecto de la interacción del factor A con el factor B

E_{ijk} = Efecto del error experimental

1.3. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES CUALITATIVAS

Se realizó una descripción de las variables de tipo cualitativo, pues las mismas no presentaron variación, ni al interior de las poblaciones, ni entre las mismas, tanto en la caracterización *in situ* como en la *ex situ*.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la caracterización *in situ* los resultados se obtuvieron con base en las variables consideradas en el Cuadro 3; efectuándose un análisis de grupo inter-poblacional, como a continuación se describe.

1. Variación inter-poblacional

En un análisis de agrupamiento realizado para las cuatro poblaciones estudiadas, considerando las 80 plantas muestreadas (Figura 5), para determinar la variación inter-poblacional, se pudo observar una clara conservación de las características fenotípicas a nivel poblacional. Así tenemos, que la población de Coatepeque (Po3), agrupó a la mayor parte de sus plantas muestreadas, guardando su propia identidad dentro de la población; exceptuando las plantas 8 y 15, que se separaron totalmente de la población y de las otras tres poblaciones, pues sus características presentaron los valores más altos entre todas las poblaciones, para las variables número de ramas primarias; altura de la planta; diámetro del tallo principal; número de ramas fértiles; largo de la tercera, cuarta, quinta y penúltima rama; largo del tercer entrenudo; largo del peciolo de la hoja; largo del lóbulo derecho de la hoja; número de hojas funcionales; y peso seco de hojas, tallos, y flores. Uniéndoseles a todas las poblaciones en una distancia aproximada de 1.53 unidades.

Cuadro 3
NOMBRES DE LAS VARIABLES DE LA MATRIZ DE DATOS
CARACTERIZACIÓN *IN SITU* DE CUATRO POBLACIONES
DE *NEUROLAENA LOBATA* (L) R. BR.

Variable	Nombre de la variable
X-1	Número de ramas primarias
X-2	Altura de la planta
X-3	Diámetro de tallo principal
X-4	Altura primera rama
X-5	Número de ramas fértiles
X-6	Largo de la tercera rama
X-7	Largo de la cuarta rama
X-8	Largo de la quinta rama
X-9	Largo de la última rama
X-10	Largo de la penúltima rama
X-11	Largo del tercer entrenudo
X-12	Largo del cuarto entrenudo
X-13	Largo del quinto entrenudo
X-14	Largo del peciolo de la hoja
X-15	Largo del limbo de la hoja
X-16	Largo lóbulo central la hoja
X-17	Largo lóbulo izquierdo de la hoja
X-18	Largo lóbulo derecho de la hoja
X-19	Ancho medio de la hoja
X-20	Número de hojas funcionales
X-21	Largo pedúnculo inflorescencia terminal
X-22	Largo pedúnculo de inflorescencia axilar
X-23	Largo del raquis inflorescencia terminal
X-24	Largo pedicelo 2º orden inflorescencia
X-25	Largo pedicelo 3er. orden inflorescencia
X-26	Largo pedicelo 4º orden inflorescencia
X-27	Ancho medio de inflorescencia terminal
X-28	Largo medio de inflorescencia terminal
X-29	Grosor de inflorescencia terminal
X-30	Largo del involucro
X-31	Número de series de filarios
X-32	Largo medio del filario basal
X-33	Ancho medio del filario basal
X-34	Número nervaduras filario basal
X-35	Largo medio del filario superior
X-36	Ancho medio del filario superior
X-37	Número nervaduras filario superior
X-38	Largo medio de flósculos
X-39	Peso seco de hojas
X-40	Peso seco de tallos
X-41	Peso seco de flores

Se formó un nuevo grupo de plantas provenientes de las poblaciones de La Unión, Zacapa (Po1), con los materiales 5, 6, 17 y 19; y de Morales, Izabal (Po2), con las plantas 1 y 2, que presentaron parecido fenotípico para las variables: número de ramas primarias; altura de la planta; altura de la primera rama; largo de la tercera, cuarta, quinta, última y penúltima rama; largo del peciolo de la hoja; largo del limbo de la hoja; largo del lóbulo central y derecho de la hoja; largo del pedicelo del tercero y cuarto orden en la inflorescencia y peso seco de hojas, tallos y flores. Este grupo nuevo de plantas, se unió a la población de Chajmaic, Alta Verapaz (Po4), en aproximadamente 0.85 unidades, la cual agrupó a la mayor parte de plantas muestreadas; incluyendo a las plantas 9 y 15 de Morales, Izabal, pues su parecido fenotípico se presentó para las variables: largo de la tercer rama; largo del lóbulo central de la hoja; ancho medio de la hoja; número de hojas funcionales; largo del pedúnculo de la inflorescencia terminal; largo del pedicelo del cuarto orden de la inflorescencia y grosor de la inflorescencia terminal.

Entre tanto, la población de Morales, Izabal (Po2), guardó identidad fenotípica entre sus materiales; incluyendo, la planta 14 de Chajmaic, Alta Verapaz (Po4). Además quedó inmerso, dentro de esta población, un gran grupo de plantas de La Unión, Zacapa (Po1), unidas en 0.635 unidades de distancia aproximadamente. En resumen, este gran grupo, conformado por la población de Morales (Po2) y una parte de La Unión (Po1), se unió con la población de Chajmaic, A.V. (Po4), a una distancia de 0.90 unidades.

Finalmente, se formó un nuevo grupo reducido de plantas 1, 7, 8, 9 y 16, pertenecientes a La Unión, Zacapa (Po1), y la planta 10 de Chajmaic, A.V. (Po4), presentando características fenotípicas distintas al resto de materiales de donde provinieron. Las variables que las agruparon fueron altura de la planta; largo del limbo de la hoja; largo del pedúnculo de la inflorescencia terminal y peso seco de hojas y flores. Uniéndose, en aproximadamente 1.17 unidades a las poblaciones de La Unión, Zacapa; Morales, Izabal; Coatepeque, Quetzaltenango; y Chajmaic A.V.

En resumen, con base en los resultados anteriores, puede concluirse que la población de Coatepeque, Quetzaltenango (Po3), ubicada en el litoral del Pacífico, costa sur-occidental de la República, guarda su propia identidad fenotípica (exceptuando las plantas 8 y 15, que se presentaron fuera de tipo), lo que puede indicarnos su propia adaptación en estos ambientes, sin la influencia de tipos poblacionales de la especie, pues se presentó muy particularmente homogénea. Similar caso sucede, con la población de Chajmaic, Alta Verapaz (Po4), ubicada en el litoral del Atlántico de la República, cuya identidad fenotípica al interior de su población fue bastante marcada.

La población de La Unión, Zacapa (Po1), fue la que expresó una

condición de influencia inter-poblacional, pues un gran número de plantas quedaron incluidas dentro de la población de Morales, Izabal (Po2); mientras que otros grupos de esta misma población se formaron como nuevos grupos que estuvieron fuera de tipo. Esto puede explicarse por la cercanía geográfica —que implica condiciones ambientales parecidas—, que se da entre ambas poblaciones; en cuyo caso, es válido decir que la dispersión de la especie en su orden de adaptación, para el litoral Atlántico de la costa nor-oriental determina una influencia fenotípica.

En síntesis, puede afirmarse que de acuerdo a las poblaciones muestreadas y evaluadas, en la caracterización *in situ* se presentó una mayor influencia inter-poblacional, en el litoral Atlántico de la República (Morales, Izabal; La Unión, Zacapa y Chajmaic, Alta Verapaz) pues pueden tener mejor dispersión en dichas áreas, originando una mezcla de formas y/o tipos, que da como resultado una mayor diversidad, presentándose a la vez una mayor heterogeneidad entre las poblaciones. Por otro lado, la única población muestreada en el litoral Pacífico (Coatepeque, Quetzaltenango) mostró bastante homogeneidad intra e interpoblación, debiendo entenderse así, pues no hubo otra población con la cual compararla en este litoral, además de considerar la poca distribución que tiene en dichas regiones [GEXPRONT, 1992].

2. Descripción de los componentes ambientales

Como puede observarse en el Cuadro 4, geográficamente *Neurolaena lobata* (L.) R. Br. se encuentra tanto en el litoral del Atlántico (Costa Norte), como el litoral del Pacífico (Costa Sur), de la República de Guatemala, con alturas que van desde el nivel del mar hasta los 900 metros.

En cuanto a zonas de vida, la población de La Unión, Zacapa, presenta un “bosque húmedo subtropical, templado [bh-S (t)]”, en comparación con el resto de poblaciones que son de “bosque muy húmedo subtropical, cálido [bmh-S (c)]”, lo que indica la adaptación que posee la especie en ambientes húmedos, aunque, las zonas altamente húmedas son las más comunes para su distribución. En consecuencia, una precipitación pluvial entre los 1,200 a 3,200 mm.; una temperatura media anual entre los 18.5 a 26.6°C, para una biotemperatura que oscile entre los 20 a 24°C, pueden ser las condiciones climáticas adecuadas para la adaptación, crecimiento y desarrollo de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br.

Las condiciones edáficas, de acuerdo a las cuatro poblaciones muestreadas en este estudio, presentaron diferencias en cuanto a sus clases de textura, encontrándose suelos franco arcillosos, franco arenosos y arcillosos, en los cuales puede darse una distribución de la especie, aunque se observa, que comúnmente se desarrolla en suelos arcillosos.

Cuadro 4
DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE CUATRO
POBLACIONES NATURALES DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR.

Condiciones ambientales	Población			
	La Unión Zacapa	Morales Izabal	Coatepeque Quetzaltenango	Chajmaic Alta Verapaz
Ubicación geográfica				
Latitud Norte	14°57'	15°28'	14°42'	15°45'
Longitud Oeste	89°17'	88°49'	91°51'	89°50'
Precipitación pluvial media anual (mm)	1,200	3,200	3,200	3,200
Biotemperatura media anual (°C)	20	24	24	24
Altura (msnm)	880	50	300	250
Zona de vida	bh-S(t)	bmh-S(c)	bmh-S(c)	bmh-S(c)
Suelo				
Textura	Arcilloso	Franco arcilloso	Franco arenoso	Arcilloso
pH	4.6	6.6	6.0	5.6
Materia orgánica (%)	1.57	5.74	1.70	7.70

Además, pueden presentar rangos de pH entre 4.6 a 6.6 (de ácidos a medianamente ácidos), siendo más común un pH arriba de 5.6; únicamente la población de La Unión, Zacapa, fue la que presentó suelos ácidos. Por su parte, el contenido de materia orgánica (M.O), puede presentar rangos entre 1.70 a 7.70%, observándose que un contenido medio del 4% puede ser conveniente; así, fueron las poblaciones de Chajmaic, Alta Verapaz y Morales, Izabal, las que presentaron mayores valores por ser las áreas menos perturbadas.

Con base en las poblaciones muestreadas y en las condiciones en que se efectuó el estudio, se presenta en el Cuadro 5 una breve descripción de los nutrientes, según la relación suelo-planta. Tal cuadro muestra que para la mayoría de elementos puede existir una relación directa entre su disponibilidad en el suelo y el contenido de los mismos en las plantas.

Así se tiene que el nitrógeno (N) fue mejor aprovechado por las plantas de la población de Morales, Izabal, debido a su disponibilidad en el suelo, tomando como fuente el contenido de materia orgánica (5.74%); sin embargo, en el caso de la población de Chajmaic, Alta Verapaz, tal

Cuadro 5
DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES
RELACIÓN SUELO-PLANTA
CARACTERIZACIÓN *IN SITU* DE CUATRO POBLACIONES
DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR.

	La Unión Zacapa	Morales Izabal	Coatepeque Quetzaltenango	Chajmaic Alta Verapaz	Medias
Suelo					
Macroelementos (meq/100ml)					
P	0.30	0.30	15.00	0.30	4.00
K	30	330	273	70	176
Ca	0.62	14.25	6.24	11.54	8.16
Mg	0.21	4.21	2.72	2.00	2.28
Microelementos (ppm)					
Cu	1.0	2.0	2.5	1.0	1.6
Zn	1.0	5.5	1.5	3.0	2.8
Fe	9.0	11.0	58.5	5.5	21.0
Mn	1.5	31.5	26.0	35.5	26.6
Planta					
Macroelementos (%)					
N	1.86	1.92	1.87	1.81	1.86
P	0.07	0.11	0.13	0.12	0.11
K	0.91	1.22	0.90	0.66	0.92
Ca	0.80	1.20	0.90	1.20	1.00
Mg	0.30	0.60	0.50	0.50	0.50
Microelementos (ppm)					
Cu	30	45	20	25	30
Zn	45	100	40	65	63
Fe	120	100	315	100	159
Mn	130	160	135	75	125

suficiencia de materia orgánica en el suelo (7.70%), no fue aprovechada por la planta, debido —probablemente— a las condiciones de pH en el suelo. En tal sentido puede deducirse que esta especie sólo toma del suelo el nitrógeno que necesita.

En el caso del fósforo (P) sucedió algo similar. Sus niveles de

suficiencia en los suelos de la población de Coatepeque, Quetzaltenango, fueron de 15 meq/100ml; pero la absorción de este elemento por las plantas, no se diferenció del resto de poblaciones, cuyo contenido en el suelo fue mucho menor (0.30 meq/100ml); lo cual permite deducir también, que "Tres puntas" sólo absorbe lo que necesita.

El potasio (K), el calcio (Ca) y el magnesio (Mg), tuvieron una marcada correspondencia entre la disponibilidad en el suelo y su absorción en las plantas; pues donde existió mayor suficiencia de estos elementos en el suelo, hubo mayor contenido de los mismos en las plantas.

Tres Puntas, mostró tener un alto potencial para el consumo de micronutrientes, especialmente hierro (Fe) y zinc (Zn), manteniendo una relación directa entre sus disponibilidades en el suelo y su absorción por las plantas.

Finalmente, el Cuadro 5, muestra en forma general los valores medios de que el suelo debe disponer y que las plantas pueden absorber, para que "Tres puntas" [*Neurolaena lobata* (L.) R. Br.], pueda crecer y desarrollarse sin muchas restricciones, por lo que puede indicarse que, si se desea cultivar esta especie, deben considerarse estas condiciones; aunque, como puede observarse en estos resultados, *Neurolaena lobata* (L.) R. Br. presenta un amplio rango de adaptación a diferentes condiciones edáficas.

En el muestreo de la vegetación acompañante de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., se reporta que todas las especies acompañantes de Tres puntas, para las cuatro poblaciones muestreadas, corresponden a tipos entre herbáceas y arbustivas; propias de una vegetación secundaria, las cuales están formando parte de una sucesión ecológica; encontrándose ubicadas, principalmente, en laderas donde ha sido eliminado el bosque primario. En tal sentido puede decirse que, de las 21 familias reportadas, para cualesquiera de las especies determinadas en esta investigación, pueden ser consideradas como especies indicadoras, si se desea encontrar a Tres puntas, pues las mismas cohabitan naturalmente bajo las mismas condiciones ambientales; misma aplicación que puede deducirse si se desea cultivar.

Las especies que se listan a continuación, por su abundancia, fueron consideradas como las dominantes.

La Unión, Zacapa

1. *Baccharis trinervis* (Lam.) Persoon; [Asteraceae]
2. *Centrosema pubescens* Benth; [Fabaceae]
3. *Cephaelis tomentosa* (Aubl) Vahl; [Rubiaceae]
4. *Diodia sarmentosa* (Swartz); [Rubiaceae]
5. *Hyptis verticillata* Jacq; [Lamiaceae]
6. *Miconia* sp.; [Melastomataceae]

7. *Rubus rosaefolius* J.E. Smith; [Rosaceae]
8. *Solanum* spp.; [Solanaceae]
9. *Stipa ichu* (Ruiz & Pav.) Kunth; [Poaceae]
10. *Vismia camparaguey* Sprague & Riley; [Guttiferae]

Coatepeque, Quetzaltenango

1. *Acalypha macrostachya* Jacq; [Euphorbiaceae]
2. *Ageratum* sp.; [Asteraceae]
3. *Boehmeria Pavonni*; Weed. [Urticaceae]
4. *Cyperus acicularis* (Scharad) Steud; [Cyperaceae]
5. *Desmodium* sp.; [Fabaceae]
6. *Eupatorium morifolium* Mill.; [Asteraceae]
7. *Hyptis scandens* Epling. [Lamiaceae]
8. *Iresine nigra* Uline & Bray; [Amaranthaceae]
9. *Jussiaea* sp.; [Oenotheraceae]
10. *Melanthera nivea* (L.) Small; [Asteraceae]
11. *Piper auritum* HBK.; [Piperaceae]
12. *Piper umbellatum* L.; [Piperaceae]
13. *Scleria pterota* Presl; [Cyperaceae]
14. *Tripogandra grandiflora* (Donn. Smith) Woodson; [Commelinaceae]
15. *Verbesina* sp.; [Asteraceae]
16. *Vernonia leiocarpa* DC. in DC.; [Asteraceae]

Morales, Izabal

1. *Carnutia grandifolia* (Schlecht. & Cham.) Schauer in DC. [Verbenaceae]
2. *Conostegia xalapensis* (Bonpl) D. Don; [Melastomataceae]
3. *Eupatorium* sp.; [Asteraceae]
4. *Hyptis verticillata* Jacq; [Lamiaceae]
5. *Paspalum* sp.; [Poaceae]
6. *Solanum* sp.; [Solanaceae]
7. *Stachytarpheta cayennensis* (L. Rich) Vahl; [Verbenaceae]

Chajmaic, Alta Verapaz

1. *Acalypha macrostachya* Jacq; [Euphorbiaceae]
2. *Arthrostemma ciliatum* Ruiz & Pavón; [Melastomataceae]
3. *Cecropia peltata* L.; [Moraceae]
4. *Conostegia xalapensis* (Bonpl) D. Don; [Melastomataceae]
5. *Heliconia bihai* L.; [Heliconiaceae]
6. *Kohleria spicata* HBK; [Gesneriaceae]
7. *Maranta* sp.; [Marantaceae]
8. *Perymenium grande* Hemsl; [Asteraceae]
9. *Phenax hirtus* (Suartz) Wedd. in DC; [Urticaceae]

10. *Piper tuberculatum* Jacq; [Piperaceae]
11. *Scleria pterota* Presl.; [Cyperaceae]
12. *Solanum* spp.; [Solanaceae]
13. *Spermacoe confusa* Rendle; [Rubiaceae]
14. *Stachytarpheta cayennensis* (L. Rich) Vahl; [Verbenaceae]
15. *Verbesina scabriuscula* Blake; [Asteraceae]

3. Variación inter-poblacional combinada

Con el fin de determinar la variación inter-poblacional, se realizó un análisis de varianza combinado sobre las cuatro poblaciones estudiadas, evaluándolas en dos localidades: Coatepeque, Quetzaltenango y Guatemala, Guatemala. Utilizando las mismas variables analizadas *in situ*, citadas en el Cuadro 3. Los resultados de dicho análisis de varianza, nos determinan la variación inter-poblacional, considerando, los niveles de significancia que se presentaron para las poblaciones, localidades y la interacción entre poblaciones y localidades, como fuentes de variación y los coeficientes de variación, que se resumen a continuación.

La significancia presentada para las poblaciones existió para muy pocas variables: X-19, X-21, X-22, X-24, X-28, X-29, X-34, X-37, X-40 y X-43, equivalentes al 20.40% del total que fueron consideradas, pudiéndose determinar que sobre dichas variables recae la variación inter-poblacional.

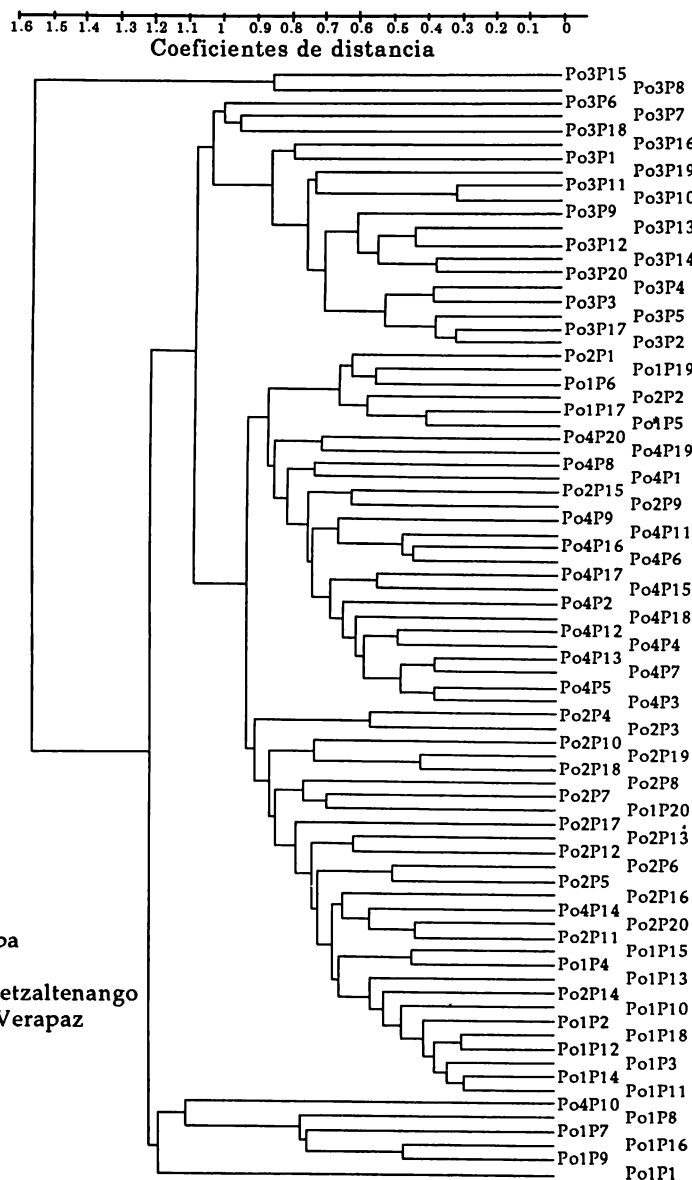
Para las localidades, el 73.47% de las variables presentaron significancia, pudiéndose determinar que el efecto de "localidad" en función de las condiciones ambientales que poseen cada una de ellas, fue crucialmente diferente e importante para el crecimiento y desarrollo de *Neurolema lobata* (L.) R. Br.

Para las localidades, el resto de variables no presentó significancia: X-1, X-3, X-9, X-10, X-30, X-33, X-35, X-36, X-38, X-39, X-44, X-46, X-47 y X-49, equivalentes al 26.53% del total de variables consideradas, por lo que puede determinarse que hubo cierto grado de adaptación e independencia en cada una de ellas.

Para la interacción entre poblaciones y localidades, solamente el 10% del total de variables consideradas presentó significancia (X-28, X-34, X-37, X-40, X-43), confirmando que sobre dichas variables puede interpretarse la variación interpoblacional de la especie.

Los valores de los coeficientes de variación presentados sobre las variables altura de la primera rama, largo de la última y penúltima rama y largo del pedúnculo de las inflorescencias axilares pueden interpretarse como una respuesta genéticamente propia e intrínseca de dichas variables, condición propia de una variación que no podemos

Figura 5
ANÁLISIS DE GRUPOS DE CUATRO POBLACIONES NATURALES
DE NEUROLAENA LOBATA (L.) R. BR.
CARACTERIZACIÓN IN SITU



Po = Población

P = Planta

Po1 = La Unión, Zacapa

Po2 = Morales, Izabal

Po3 = Coatepeque, Quetzaltenango

Po4 = Chajmaic, Alta Verapaz

Cuadro 6
ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO DE CUATRO POBLACIONES
DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR. EVALUADAS EN DOS
LOCALIDADES CARACTERIZACIÓN *EX SITU*. W= 0.05

Var. Dep.	Nombre de la variable	C.V.	Significancia fuente de variación		
			Pob.	Loc.	Pob-Loc
X-1	Número de ramas primarias	15.75	N.S.	N.S.	N.S.
X-2	Altura de la planta	8.75	N.S.	0.0001**	N.S.
X-3	Diámetro de tallo principal	14.21	N.S.	N.S.	N.S.
X-4	Altura primera rama	45.75	N.S.	0.0001**	N.S.
X-5	Número de ramas fértiles	14.96	N.S.	N.S.	N.S.
X-6	Largo de la tercera rama	18.11	N.S.	0.0147*	N.S.
X-7	Largo de la cuarta rama	16.69	N.S.	0.0052*	N.S.
X-8	Largo de la quinta rama	15.98	N.S.	0.0043*	N.S.
X-9	Largo de la última rama	34.76	N.S.	N.S.	N.S.
X-10	Largo de la penúltima rama	27.65	N.S.	N.S.	N.S.
X-11	Largo del tercer entrenudo	16.30	N.S.	0.0001**	N.S.
X-12	Largo del cuarto entrenudo	17.06	N.S.	0.0001**	N.S.
X-13	Largo del quinto entrenudo	15.58	N.S.	0.0001**	N.S.
X-14	Largo del peciolo de la hoja	14.37	N.S.	0.0001**	N.S.
X-15	Largo del limbo de la hoja	11.05	N.S.	0.0001**	N.S.
X-16	Largo lóbulo central la hoja	11.89	N.S.	0.0001**	N.S.
X-17	Largo lóbulo izquierdo de la hoja	14.43	N.S.	0.0001**	N.S.
X-18	Largo lóbulo derecho de la hoja	16.21	N.S.	0.0001**	N.S.
X-19	Ancho medio de la hoja	17.15	0.0046*	0.0061*	N.S.
X-20	Número de hojas funcionales	7.06	N.S.	0.0001**	N.S.
X-21	Largo pedúnculo de inflorescencia terminal	17.77	0.0048*	0.0075*	N.S.
X-22	Largo pedúnculo de inflorescencia axilar	27.24	0.0034*	0.0027*	N.S.
X-23	Largo del raquis inflorescencia terminal	17.50	N.S.	0.0005*	N.S.
X-24	Largo pedicelo 2º orden de inflorescencia	9.99	0.0307*	0.0006*	N.S.
X-25	Largo pedicelo 3er. orden de inflorescencia	11.34	N.S.	0.0001**	N.S.
X-26	Largo pedicelo 4º orden de inflorescencia	20.48	N.S.	0.0015*	N.S.
X-27	Ancho medio de inflorescencia terminal	14.69	N.S.	0.0029**	N.S.
X-28	Largo medio de inflorescencia terminal	10.25	0.0363*	0.0114*	0.0211*

sigue...

...continuación

Cuadro 6

**ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO DE CUATRO POBLACIONES
DE *NEUROLAENA LOBATA* (L.) R. BR. EVALUADAS EN DOS
LOCALIDADES CARACTERIZACIÓN *EX SITU*. W= 0.05**

Var. Nombre de la variable Dep.	C.V.	Significancia fuente de variación		
		Pob.	Loc.	Pob-Loc
X-29 Grosor de inflorescencia terminal	12.13	0.0032*	0.0074*	N.S.
X-30 Días a germinación	0.00	N.S.	N.S.	N.S.
X-31 Porcentaje de germinación	1.72	N.S.	0.0001**	N.S.
X-32 Largo del involucro	9.24	N.S.	0.0049*	N.S.
X-33 Número de series de filarios	0.00	N.S.	N.S.	N.S.
X-34 Largo medio del filario basal	12.36	0.0411*	0.0006*	0.0411*
X-35 Ancho medio del filario basal	0.00	N.S.	N.S.	N.S.
X-36 Número nervaduras filario basal	0.00	N.S.	N.S.	N.S.
X-37 Largo medio del filario superior	5.29	0.0411*	0.0006*	0.0411*
X-38 Ancho medio del filario superior	0.00	N.S.	N.S.	N.S.
X-39 Número nervaduras filario superior	0.00	N.S.	N.S.	N.S.
X-40 Largo medio de flósculos	6.54	0.0411*	0.0006*	0.0411*
X-41 Días a brote	4.21	N.S.	0.0006*	N.S.
X-42 Días a inicio ramificación.	4.17	N.S.	0.0745*	N.S.
X-43 Días primeras inflorescencias	0.41	0.0001*	0.0013*	0.0053*
X-44 Peso fresco de hojas	38.56	N.S.	0.0360*	N.S.
X-45 Peso fresco de tallos	39.99	N.S.	0.0006*	N.S.
X-46 Peso fresco de flores	40.56	N.S.	N.S.	N.S.
X-47 Peso seco de hojas	34.44	N.S.	N.S.	N.S.
X-48 Peso seco de tallos	35.98	N.S.	0.0283*	N.S.
X-49 Peso seco de flores	46.12	N.S.	N.S.	N.S.

manejar, pues hay que recordar de nuevo que estadísticamente los coeficientes de variación son útiles para comparar la variabilidad relativa, independientemente de las unidades de la determinación, dentro de un análisis de varianza. En tal sentido, son estos caracteres, como parte de cada unidad muestral (planta), los que nos indican la variabilidad genética existente entre las poblaciones, de una manera independiente.

4. Descripción de las variables cualitativas

En relación a las variables cualitativas, contenidas en los descriptores, que fueron tomados a través de las boletas de caracterización,

tanto *in situ* como *ex situ*, se puede decir que ninguna de ellas presentó variación entre y dentro de las poblaciones.

Así tenemos que *Neurolaena lobata* (L.) R. Br. presenta un crecimiento ascendente; con tallos y hojas de color verde pálido; con hojas de márgenes aserrados, ápice acuminado y base decurrente; presenta inflorescencias de tipo corimbo-panicular, con presencia de hojas reducidas (parecidas a brácteas) en sus pedúnculos, raquis y pedicelos, y con involucros de tipo filarial; cuyos filarios, tanto basales como apicales, son de color verde pálido, de textura puberulenta, de ápices redondeados y base acutada; con flósculos de color amarillo naranja, en donde los lóbulos de la corola son de tipo tubular.

IV. CONCLUSIONES

1. De la variación inter-poblacional de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., según el análisis de grupos, puede concluirse que las poblaciones de Chajmaic, Alta Verapaz y Coatepeque, Quetzaltenango, presentaron bastante homogeneidad, al interior de cada una de ellas, pues no presentaron mezclas de formas y/o tipos con las otras poblaciones. No obstante, la población de Morales, Izabal, influyó sobre la población de La Unión, Zacapa, pues esta última, quedó incluida en los grupos formados por ambas localidades, pudiéndose determinar una mezcla de formas y/o tipos entre ambas poblaciones.
2. Las condiciones ambientales, en donde *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., crece y se desarrolla sin mayores restricciones, son zona de vida de bosque muy húmedo, subtropical, cálido; esto implica, condiciones de temperatura media anual entre los 25°-27°C, con una precipitación pluvial media anual entre los 2,500-3,200 mm. y con alturas menores de 500 metros sobre el nivel del mar. Los suelos deben poseer una textura entre franco a franco-arcilloso, con pH arriba de 5.6; en cuanto a la disponibilidad de nutrientes en el suelo y su absorción por las plantas. Tres puntas, guarda una relación directa, aunque preferiblemente, deben poseer buena suficiencia en cuanto a los microelementos.
3. Del análisis de varianza combinado, para determinar la variación inter-poblacional en las localidades evaluadas, puede concluirse que se presentó un efecto por localidad, pues la gran mayoría de caracteres presentaron significancia para las localidades, interpretándose como un efecto ambiental, siendo la localidad de Coatepeque, Quetzaltenango, según la prueba de medias efectuada, la de mejor respuesta.

4. En consecuencia puede concluirse que las poblaciones naturales de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., no presentan variación, ni dentro, ni entre las mismas, para sus características morfológicas referidas a su ciclo biológico.

BIBLIOGRAFÍA

PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (Gua.). 1991.

Utilización de plantas medicinales y aromáticas para el desarrollo de una industria farmacéutica basada en plantas. Guatemala. 45 p.

PROYECTO DE PLANTAS MEDICINALES GEXPRONT/FAUSAC/ICTA/AID. 1992.

Desarrollo agrotecnológico de cinco especies silvestres medicinales con potencial industrial. Guatemala. 55 p.

Publicaciones: CARACTERIZACIÓN DE ALGUNOS CULTIVOS NATIVOS DE GUATEMALA

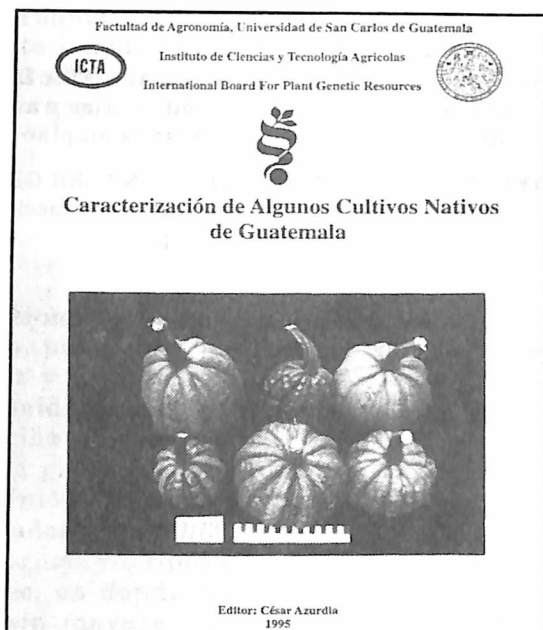
Editor: César Azurdia Pérez
Publicado por: Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, e International Board of Plant Genetic Resources.

Este documento contiene resultados de investigaciones sobre algunos cultivos nativos de Guatemala, realizadas por estudiosos que, a lo largo de 13 años, han identificado materiales genéticos promisorios desde el punto de vista agronómico y nutricional.

El editor justifica la publicación indicando que «Guatemala es reconocido como un país que contiene alta diversidad genética en cuanto a flora, debido a la posición geográfica que ocupa así como a su compleja topografía».

Agrega que el conocimiento de los recursos fitogenéticos puede contribuir a mejorar la situación alimentaria de la población Guatemalteca.

El contenido incluye caracterizaciones de bleado (*Amaranthus* spp.), chipilín (*Crotalaria longirostrata*), hierba mora (*Solanum americanum* y *S. nigrescens*), ayote (*Cucurbita* spp.), chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), güicoy (*Cucurbita* spp.), pepitoria (*Cucurbita argyrosperma*), chile (*Capsicum* spp.), miltomate (*Physalis Phyladelphica*) y tomatillo (*Lycopersicon esculentum* var. *ceraciforme*).



ALGUNAS SAPOTÁCEAS DE PETÉN, GUATEMALA

César Azurdia
Edgar Martínez
Helmer Ayala



Resumen

Considerando la importancia que tienen los frutales tropicales desde el punto de vista económico, nutricional y ambiental, es que la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, están colaborando en el desarrollo del proyecto de investigación "Diversidad, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de especies de frutales nativos de América tropical: Parte I, Sapotáceas".

El presente artículo es el resultado de una gira de exploración, al departamento de Petén en el norte de Guatemala, realizada como parte de tal proyecto, en el mes de marzo de 1995. Se estudiaron árboles de sapotáceas ubicados en dos composiciones florísticas de Petén; la de la región norte constituida por selva alta perennifolia; y la de la región sur, constituida por las llamadas sabanas.

En cada una de las regiones se ubicaron las especies de interés, haciéndose para el efecto recorridos tanto en áreas en donde existen comunidades humanas como en áreas de reserva o áreas protegidas.

Como resultado de tal exploración se colectaron 44 muestras pertenecientes a cuatro especies, de las cuales se realiza su caracterización en este artículo. Las especies en cuestión son: *Pouteria sapota*, *Manilkara zapota*, *Chrysophyllum cainito* y *Pouteria campechiana*.

Finalmente se plantean algunas consideraciones de carácter general sobre la distribución de la vegetación y las sapotáceas en Petén.

INTRODUCCIÓN

Sapotaceae es una familia tropical que cuenta con especies que producen frutos comestibles tales como el zapote (*Pouteria sapota*), chicozapote (*Manilkara zapota*), caimito (*Chrysophyllum cainito*), entre las más importantes. Dada su importancia como fuente alternativa para la diversificación de la agricultura así como para la exportación, se hace necesario el conocimiento de los diferentes materiales genéticos existentes en el país, para que de esta manera se pueda identificar materiales genéticos promisorios con fines de selección para el desarrollo de programas de incremento de dichos cultivos. Además, el conocimiento de la distribución de la variabilidad genética y de la interacción hombre-planta en estas especies, proporciona las bases necesarias para desarrollar programas de utilización y conservación de este germoplasma.

El departamento de Petén resulta interesante en un estudio de diversidad genética de plantas cultivadas, por dos razones. Primera, su riqueza florística dada por la alta diversidad florística como resultado de los tipos de vegetación presentes dentro de su área; y segunda, la riqueza cultural de la que es poseedora gran parte de su población, auténtico remanente de la cultura maya. El presente escrito es el resultado de una gira de exploración realizada durante el mes de marzo de 1995 por personal del proyecto denominado "Diversidad, conservación y uso sostenible de los Recursos Genéticos de frutales nativos de América Tropical: Parte I, Sapotáceas", desarrollado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Resultados más completos se presentarán en el informe final, el cual comprenderá todo el país.

I. METODOLOGÍA

Se estudiaron árboles de sapotáceas ubicados en las dos composiciones florísticas típicas de Petén, la de la región norte, constituida por selva alta perennifolia y la de la región sur, constituida por las llamadas sabanas. En cada una de estas regiones se trató de ubicar las especies de interés, haciéndose para el efecto recorridos tanto en áreas en donde existen comunidades humanas como en áreas de reserva o áreas protegidas. En el primero de los casos se estudiaron materiales genéticos sometidos a cultivo, mientras que en el segundo, materiales genéticos estrictamente en estado silvestre. En cada punto de muestreo se obtuvo información referente a las condiciones del suelo, vegetación presente, características del tallo, fruto y semilla del árbol frutal de interés. Se colectaron por lo menos 10 frutos por cada árbol con la ayuda de una persona experta

en ascender árboles. En algunas localidades se tomó información de tipo etnobotánico con la ayuda de una boleta.

II. RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

Se colectaron en total 44 muestras pertenecientes a cuatro especies, a saber, 27 de *Pouteria sapota*, 6 de *Manilkara zapota*, 9 de *Chrysophyllum cainito* y 2 de *Pouteria campechiana*. Los detalles de los lugares de recolección se muestran en el Cuadro 1. Además, se colectaron muestras de herbario de algunas otras especies de sapotáceas silvestres que pueden tener algún interés antropogénico debido a que su fruto es comestible, tales como *Pouteria amygdalina* y *Chrysophyllum mexicanum*. A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos para cada una de las especies en estudio.

1. Zapote, zapote mamey (*Pouteria sapota*)

Esta especie es probablemente nativa del sur de México, la península de Yucatán, Guatemala, Belice, norte de Honduras y posiblemente extendiéndose a la costa Atlántica de Nicaragua [Pennington, 1990]. Éste es un árbol que se ha considerado como parte de la selva alta, sin embargo, su presencia en dicho tipo de vegetación es sumamente restringida, ya que se le puede encontrar en forma ocasional en aquellas áreas protegidas del norte de Petén.

De acuerdo a Lundell [1937], el zapote requiere para su desarrollo suelos profundos, lo cual probablemente es el factor determinante para su escasez en la parte norte del lago Petén Itzá. Además, se pudo observar que en aquellas áreas en las cuales se le encuentra, el zapote no produce regeneración natural a diferencia de chicozapote y canistel (*P. campechiana*). De acuerdo con los habitantes del área, esta falta de regeneración se debe a que las semillas que caen al suelo son devoradas por las manadas de jabalíes que abundan en el área. La escasez de zapote en este tipo de vegetación es confirmada por Aguilar y Aguilar [1992], quienes reportan no haber encontrado árboles de zapote en los bosques del área de Tikal.

Los especímenes estudiados bajo condiciones silvestres fueron los árboles más viejos y voluminosos de todos los estudiados en Petén (Cuadro 2). El diámetro del tallo a la altura del pecho (DAP) varió desde 50 a 86 cm y la altura de 34 a 55 metros. Los frutos pesaron de 508 gramos a 992 gramos y sus semillas de 45 a 104 gramos; el número de semillas por fruto varió en promedio de 1.17 a 1.4. Los árboles de zapote son más frecuentes alrededor o en las localidades en donde se encuentran comunidades humanas asentadas, es decir, son árboles que han sido plantados

Cuadro 1
SITIOS DE RECOLECCIÓN DE SAPOTÁCEAS EN PETÉN

No. entrada	Sitio	Municipio	Especie	Alt (msnm)	Long	Lat
PE 1	Jobonpiche	San José Petén	<i>P. sapota</i>	220	89°22'	17°05'
PE 2	Yarché	San Andrés	<i>M. zapota</i>	240	89°50'	17°15'
PE 3	Yarché	San Andrés	<i>P. campechiana</i>	240	89°50'	17°15'
PE 4	Chapayal	San Andrés	<i>P. sapota</i>	180	89°58'	17°20'
PE 5	Corozal	San Andrés	<i>P. sapota</i>	220	89°58'	17°18'
PE 6	San Miguel					
	La Palotada	San Andrés	<i>P. sapota</i>	268	89°59'	17°15'
PE 7	Rancho					
	Los Niños	San Andrés	<i>P. campechiana</i>	200	89°55'	17°02'
PE 8	Paxcamán	Flores	<i>P. sapota</i>	175	89°40'	16°50'
PE 9	Paxcamán	Flores	<i>P. sapota</i>	175	89°40'	16°50'
PE 10	Finca Cocos					
	Macanché	Flores	<i>M. zapota</i>	179	89°58'	16°58'
PE 11	Finca Cocos					
	Macanché	Flores	<i>M. zapota</i>	179	89°58'	16°58'
PE 12	Aldea El Naranjo	Flores	<i>P. sapota</i>	200	89°35'	16°58'
PE 13	Sitio Arq. Yaxha	Flores	<i>M. zapota</i>	173	89°20'	17°04'
PE 14	Área Urbana	Melchor de Mencos	<i>C. cainito</i>	150	90°25'	16°35'
PE 15	Salida poblado	Melchor de Mencos	<i>P. sapota</i>	150	90°25'	16°35'
PE 16	El Cruzadero	Melchor de Mencos	<i>P. sapota</i>	225	89°10'	16°45'
PE 17	Finca Josuna	Dolores	<i>P. sapota</i>	225	89°10'	16°45'
PE 18	Finca Josuna	Dolores	<i>P. sapota</i>	225	89°10'	16°45'
PE 19	R. Piedad Mopán	Dolores	<i>P. sapota</i>	250	89°40'	16°40'
PE 20	El Ovelar	DoLores	<i>P. sapota</i>	350	89°40'	16°35'
PE 21	El Chal	Santa Ana	<i>P. sapota</i>	270	89°50'	16°40'
PE 22	El Chal	Santa Ana	<i>P. sapota</i>	270	89°50'	16°40'
PE 23	Par. Nac. Tikal	Flores	<i>M. zapota</i>	280	89°37'	17°14'
PE 24	S. Arq. Uaxactún	Flores	<i>P. sapota</i>	150	89°38'	17°25'
PE 25	S. Arq. Uaxactún	Flores	<i>M. zapota</i>	150	89°38'	17°25'
PE 26	S. Arq. Uaxactún	Flores	<i>M. zapota</i>	150	89°38'	17°25'
PE 27	Par. Arq. Tikal	Flores	<i>P. sapota</i>	280	89°37'	17°14'
PE 28	Cab. Municipal	La Libertad	<i>C. cainito</i>	187	90°07'	16°46'
PE 29	Cab. Municipal	La Libertad	<i>P. sapota</i>	187	90°07'	16°46'
PE 30	San Joaquín	La Libertad	<i>P. sapota</i>	200	90°05'	16°50'
PE 31	Aldea Las Cruces	La Libertad	<i>P. sapota</i>	150	90°25'	16°35'
PE 32	Aldea Las Cruces	La Libertad	<i>C. cainito</i>	150	90°25'	16°35'
PE 33	Aldea Las Cruces	La Libertad	<i>P. sapota</i>	150	90°25'	16°35'
PE 34	Barrio					
	La Esperanza	Sayaxché	<i>P. sapota</i>	145	90°10'	16°32'

sigue...

Cuadro 1 (continuación)

SITIOS DE RECOLECCIÓN DE SAPOTÁCEAS EN PETÉN

No. entrada	Sitio	Municipio	Especie	Alt (msnm)	Long	Lat
PE 35	Barrio La Esperanza	Sayaxché	<i>C. cainito</i>	145	90°10'	16°32'
PE 36	Barrio La Esperanza	Sayaxché	<i>C. cainito</i>	145	90°10'	16°32'
PE 37	S. Arq. El Ceibal	Sayaxché	<i>P. sapota</i>	212	90°05'	16°31'
PE 38	Purusilá	Santa Ana	<i>C. cainito</i>	235	89°50'	17°52'
PE 39	Purusilá	Santa Ana	<i>P. sapota</i>	235	89°50'	17°52'
PE 40	Purusilá	Santa Ana	<i>P. sapota</i>	235	89°50'	17°52'
PE 41	Purusilá	Santa Ana	<i>P. sapota</i>	235	89°50'	17°52'
PE 42	Cab. Municipal	San Francisco	<i>C. cainito</i>	210	89°56'	16°48'
PE 43	Cab. Municipal	San Francisco	<i>C. cainito</i>	210	89°56'	16°48'
PE 44	Cab. Municipal	San Francisco	<i>P. sapota</i>	210	89°56'	16°48'

o bien en algunos casos son los remanentes del bosque que ha sido eliminado hace mucho tiempo. En todos los casos son árboles menos voluminosos que van de 7 a 29 metros de altura, frutos de peso variable (198-1136 gramos) y tamaño variable (92-194 mm de largo por 58-128 mm de ancho). El número de semillas varió de 1 a 1.75 semillas por fruto, el peso de las semillas de 24 a 104 gramos por fruto, las dimensiones de la semilla de 28 a 109 mm de largo por 16 a 70 mm de ancho.

En general se puede decir que los árboles creciendo bajo condiciones silvestres no presentan mayores diferencias con respecto a los cultivados; únicamente se diferencian en el tamaño del tallo debido a que son más viejos así como en hábito de crecimiento ya que los silvestres son principalmente de hábito erecto debido a la competencia a la que han estado sujetos en la selva, mientras que los cultivados tienen hábito abierto debido a la falta de competencia y alta luminosidad que disfrutan. En relación al fruto, solamente fue posible encontrar un árbol cultivado que posea un fruto de dimensiones grandes, es decir, más grande que el presente en los materiales silvestres; dicho árbol fue seleccionado a partir de una muestra silvestre. Estos resultados no son sorprendentes si se considera que muy poco tiempo ha transcurrido para que la mano del hombre (selección bajo domesticación), modifique las características de los especímenes silvestres. En otras palabras, los árboles cultivados en Petén son materiales genéticos que han sido recientemente extraídos de poblaciones silvestres o bien son el remanente dejado después de descombrar el bosque.

Cuadro 2
CARACTERIZACIÓN IN SITU DE MATERIALES GENÉTICOS
DE ZAPOTE (*POUTERIA SAPOTA*)
DEL DEPARTAMENTO DE PETÉN^a

Identificación	(1) m	(2) cm	(3) gr	(4) mm	(5) mm	(6)	(7) gr	(8) mm	(9) mm
Materiales silvestres:									
PE-4	43	50	589	155	86	1.3	104	102	41
PE-5	55	86	537	153	91	1.4	46	87	32
PE-24	34	67	992	153	98	1.4	94	106	46
PE-27	16	31	457	123	80	1.17	45	84	32
PE-37	41	72	508	111	87	1.6	61	77	32
Materiales cultivados:									
PE-1	15	28,21	583	132	86	1.5	70	82	35
PE-6	20	30	354	103	77	1.75	40	28	70
PE-8	19	41	313	95	77	1.5	40	64	31
PE-9	18	41	632	169	91	2	143	106	41
PE-12	12	23	466	140	78	1.8	68	92	29
PE-15	17	30,26	517	137	83	1	47	87	33
PE-16	13	29	400	117	79	1.67	67	73	37
PE-17	22	77	454	112	85	1	45	79	34
PE-18	26	56	429	136	77	1	91	33	48
PE-19	13	67	1136	143	128	1	66	74	48
PE-20	19	41	787	194	95	1.29	49	109	27
PE-21	19	41	599	118	102	1.5	96	77	48
PE-22	23	60	390	125	74	1	24	77	16
PE-26	29	67	474	125	82	1.6	86	92	35
PE-29	17	31	742	150	92	2	99	98	37
PE-30	21	38	321	110	72	1	25	79	25
PE-31	12	40	292	92	75	1	48	67	36
PE-33	12	51	198	97	58	1	30	72	28
PE-34	30	93	869	145	98	1.6	104	100	39
PE-39	7	34	554	174	84	1	80	108	45
PE=41	30	52	406	116	85	1.4	48	77	33
PE-44	20	52	385	118	75	1	42	83	31

Identificación de columnas: (1) Altura del tallo. (2) Diámetro a la altura del pecho. (3) Peso del fruto. (4) Largo del fruto. (5) Ancho del fruto. (6) Cantidad de semillas por fruto. (7) Peso de las semillas. (8) Largo de las semillas. (9) Ancho de las semillas.

Nota: a) Los datos de fruto y semilla son el promedio de 10 frutos caracterizados.

En cuanto a fenología, se pudo observar que la mayoría de árboles están en fructificación, alcanzando su madurez fisiológica en el transcurso del mes de abril. Sin embargo, en algunos casos se observó que ya ha pasado la época de fructificación como es el caso de árboles localizados en las localidades situadas a lo largo del camino que conduce de las Cruces hacia el Naranjo. Otro aspecto a considerar es que los árboles en esta época del año ya han defoliado, así mismo, se constató que los árboles producen una sola cosecha al año. Esto se debe a que existe una época seca bien definida, mientras que en localidades en donde la época seca no existe, se pueden obtener cosechas durante todo el año [Morera, 1992]

2. Chicozapote (*Manilkara zapota*)

El chicozapote es originario del área mesoamericana, región en la cual se le encuentra creciendo en el bosque en forma silvestre. Sin embargo, debido a su importancia económica a nivel de fruto comestible, en la actualidad esta especie es cultivada extensivamente en el sur-este de Asia y algunas de las mejores variedades se encuentran en Tailandia, de donde el fruto es exportado a Europa [Pennington, 1990].

El chicozapote es una especie ampliamente distribuida en Petén debido a que es una especie dominante en la vegetación primaria, así como en aquellas áreas en las cuales ha sido removida la vegetación dado que de él se extrae la resina blanquecina que luego se convertirá en el chicle, uno de los productos de exportación más importantes de Petén; además, sus frutos son apreciados para consumo humano.

En Petén estos árboles crecen en forma silvestre y en muy pocas ocasiones se encuentran cultivados con el propósito de aprovechar sus frutos. Estudios conducidos por Aguilar y Aguilar [1992] indican que en las asociaciones forestales climáticas de Tikal, *M. Zapota* ocupa el rango número 18 con un valor de importancia de 1.88, contrastante con las asociaciones forestales edáficas de la misma área caracterizada por suelos de áreas planas, mal drenadas con encharcamiento en la época lluviosa, en donde no se reporta su presencia. Resultados similares fueron observados por Aragón, Azurdia y Melgar [1988] en el estudio conducido en el bosque muy húmedo subtropical cálido de Petén, en donde *M. zapota* ocupa el octavo lugar, con un valor de importancia de 8.62.

De acuerdo con Lundell [1937] al menos el 75% de los bosques del norte de Petén puede ser clasificado como vegetación dominada por chicozapote, mencionando que se puede encontrar alrededor de 20 árboles grandes de "sapodilla" por acre en algunas áreas y el promedio general es no menor de seis árboles por acre.

Definida la distribución del chicozapote en Petén, no es sorprendente que las muestras estudiadas fueron tomadas bajo condiciones silvestres

(Cuadro 3). La caracterización *in situ* indicó que el tallo varió en altura de 12 a 40 metros, DAP de 23 a 57 cm; fruto con un largo de 41-52 mm y ancho de 45-62 mm y un peso de 72 a 112 gramos; número de semillas por fruto de 1.5 a 5.16; dimensiones de las semillas, 21-24 mm de largo por 10-12 mm de ancho. Las características anotadas de los materiales genéticos caracterizados en estado silvestre no difieren notablemente de las características de los materiales genéticos presentes tanto en la costa sur como en el oriente de Guatemala, los cuales crecen en forma cultivada, siendo tan sólo el tamaño y hábito de crecimiento las diferencias notables, dado que bajo cultivo son árboles relativamente jóvenes (no muy altos) y con hábito de crecimientoabierto, mientras que los silvestres son de hábito erecto.

Se observó que en esta época del año (marzo-abril 1995) la mayoría de árboles ya han dejado de producir frutos, siendo aparentemente los meses de enero y febrero los más propicios para recolectar frutos; además, estos árboles no defolian y producen una sola cosecha al año. Los árboles de chicozapote son apreciados por las comunidades humanas dado la importancia que presentan como fuente de materia prima para el chicle, de tal manera que su crecimiento es propiciado y frecuentemente es permitido al no ser talados, cuando el bosque es removido con fines agrícolas. Un buen ejemplo de ello lo representan las fincas ganaderas localizadas a lo largo de la carretera que conduce de Calzada Mopán a Sabaneta, Dolores, en donde se pueden observar algunos árboles de chicozapote que son el remanente de la selva.

3. Caimito (*Chrysophyllum cainito*)

Esta especie se considera originaria de las Antillas y naturalizada en la región mesoamericana [Williams, 1981], por lo que no se le encuentra en forma silvestre en dicha área. Por esta razón se le encuentra menos difundida en el área de Petén, estando localizada en áreas en donde hay asentadas comunidades humanas, siendo las áreas más importantes, en cuanto a cantidad de árboles presentes, Sayaxché, Melchor de Mencos y San Francisco.

La altura de los tallos oscila entre 8 y 30 metros de altura, DAP de 19 a 93 cm; fruto con un peso de 62 a 136 gr, con dimensiones de 49 a 64 mm de largo y 49 a 61 mm de ancho; de 2.7 a 7.5 semillas por fruto, las cuales tienen un peso que varía entre 2.29 y 7.15 gr/fruto, con dimensiones de 17 a 22 mm de largo y 10 a 14 mm de ancho (Cuadro 4).

En relación a la variabilidad en el color del fruto, los hay de dos tipos: los que al madurar conservan un color verde blanquecino con mesocarpio blanquecino y los de color púrpura con mesocarpio púrpura blanquecino. De acuerdo con los habitantes de las regiones en las cuales

Cuadro 3
CARACTERIZACIÓN IN SITU DE MATERIALES GENÉTICOS
DE CHICOZAPOTE (*MANILKARA ZAPOTA*)
DEL DEPARTAMENTO DE PETÉN^a

Identificación	(1) m	(2) cm	(3) gr	(4) mm	(5) mm	(6)	(7) gr	(8) mm	(9) mm
PE-2	31	54	53	43	45	4.29	2.44	20	10
PE-10	23	56	91	57	53	3.71	2.74	23	10
PE-11	13	41	80	47	53	2	1.5	20	12
PE-13	30	56	72	41	55	3.38	2.49	20	11
PE-23	40	57	112	47	62	3.67	5.16	24	14
PE-25	12	23	80	52	51	2.7	2.28	21	12

Identificación de columnas: (1) Altura del tallo. (2) Diámetro a la altura del pecho. (3) Peso del fruto. (4) Largo del fruto. (5) Ancho del fruto. (6) Cantidad de semillas por fruto. (7) Peso de las semillas. (8) Largo de las semillas. (9) Ancho de las semillas.

Nota: a) Los datos de fruto y semilla son el promedio de 10 frutos caracterizados.

estos árboles crecen, el fruto de color púrpura es el preferido a nivel de mercado local, por lo cual su precio es más alto.

Referente a fenología, se puede anotar que esta época del año es la mejor para coleccionar frutos, ya que en las diversas regiones en las cuales se observaron especímenes, todos estaban en fructificación, además, se constató que se obtiene solamente una cosecha al año y que los árboles no defolían durante la época seca.

4. Canistel o canitzé (*Pouteria campechiana*)

Éste es un árbol típico del bosque tropical, considerándose como uno de los indicadores de dicho tipo de vegetación. Sin embargo, en la actualidad esta especie es cultivada y naturalizada en la Florida, Cuba y algunos otros lugares [Pennington, 1990]. Esta especie produce madera de buena calidad y sus frutos pueden ser comestibles, aunque la mayoría de personas consultadas manifestaron que no lo consumen, sino que únicamente son utilizados por la fauna silvestre.

Sus semillas tienen gran cantidad de reservas, lo que les permite germinar apropiadamente y formar raíces que pueden alcanzar el suelo, dando como resultado que en el bosque se tenga alta densidad de esta especie, además, el hecho que el fruto es apetecido por animales, ayuda en la dispersión de las semillas, favoreciendo de esta manera su alta densidad en el bosque [Aguilar y Aguilar, 1992]. De esta manera, en las

Cuadro 4
CARACTERIZACIÓN IN SITU DE MATERIALES GENÉTICOS
DE CAIMITO (*CHRYSOPHYLLUM CAINITO*)
DEL DEPARTAMENTO DE PETÉN^a

Identificación	(1) m	(2) cm	(3) gr	(4) mm	(5) mm	(6)	(7) gr	(8) mm	(9) mm
PE-14	16	28,28	62	53	49	3.75	3.42	20	12
PE-28	8	22	76	51	50	2.7	2.29	22	14
PE-32	11	27	88	54	55	4.57	4.47	21	13
PE-35	12	23	113	58	58	4.7	4.0	21	13
PE-36	8	19	136	64	61	7.5	7.15	22	13
PE-38	14	31	95	57	57	4.38	4.0	20	14
PE-40	24	28	76	48	50	3	2.65	17	10
PE-42	30	93	115	55	57	3.25	3.63	22	13
PE-43	14	29	90	63	55	3.28	2.86	19	12

Identificación de columnas: (1) Altura del tallo. (2) Diámetro a la altura del pecho. (3) Peso del fruto. (4) Largo del fruto. (5) Ancho del fruto. (6) Cantidad de semillas por fruto. (7) Peso de las semillas. (8) Largo de las semillas. (9) Ancho de las semillas.

Nota: a) Los datos de fruto y semilla son el promedio de 10 frutos caracterizados.

diferentes áreas de conservación de la vegetación que se visitó, tales como El Ceibal, Tikal, San Miguel La Palotada, Uaxactún y Yaxhá, el canistel es una de las especies más importantes en la comunidad vegetal.

Aguilar y Aguilar [1992] reportan que en la asociación forestal climática de Tikal, el canistel ocupa la posición número 10 en cuanto a valor de importancia (VI= 4.05) y la posición número 5 en la asociación forestal edáfica de dicha área, con un valor de importancia de 8.09.

En la presente gira de exploración y colecta de germoplasma, no fue posible recolectar frutos de canistel debido a que su época de fructificación es en el mes de junio. Solamente se obtuvieron muestras de herbario que incluían partes florales. Además, se tomaron datos de un árbol en estado silvestre y uno aparentemente cultivado creciendo en un pastizal. El árbol silvestre medía 24 metros de altura y 50 cm de DAP, mientras que el cultivado, 9 metros de altura y 25 cm de DAP.

5. Otras especies importantes

Existen otras especies de sapotáceas que crecen en forma silvestre en los bosques de Petén y que tienen utilidad en cuanto a la calidad de

su madera o bien porque sus frutos son comestibles. A continuación se mencionan algunos ejemplos importantes.

5.1. ZIKIYÁ (*CHRYSOPHYLLUM MEXICANUM*)

Éste es un árbol que crece en las áreas de vegetación primaria o bien en bosque secundario. Su apariencia es bastante similar a la del caimito, sin embargo su fruto es pequeño de forma alargada y con una sola semilla; así mismo, el tamaño de sus hojas es más pequeño. En general, el zikiyá presenta hojas con envés dorado cafésáceo hasta grisáceo y el haz de color verde opaco, inflorescencias aglomeradas en las axilas, frutos púrpura-negro, con sabor bastante similar al del caimito.

Según Aguilar y Aguilar [1992] esta especie produce madera de buena calidad que puede ser utilizada en construcción, sin embargo su uso es limitado. Además, la madera puede ser utilizada en la elaboración de cabos de herramientas. Al momento de la presente exploración se observó en plena fructificación.

5.2. SILILLÓN (*POUTERIA AMYGDALINA*)

Árbol dominante del estrato superior en el bosque tropical de Petén. Su madera puede ser utilizada en construcción y su fruto puede ser comestible, sin embargo, este último uso no es frecuente en el área de estudio. En esta época del año no tiene flores ni frutos, se reporta que los frutos se pueden observar a mediados del año.

5.3. MAMEY DE SANTO DOMINGO (*POUTERIA GLOMERATA* VAR. *GLOMERATA*)

De acuerdo con Pennington [1990] esta especie está distribuida en México, América Central hasta Paraguay y Argentina; crece a orillas de ríos y en áreas inundadas. Esta especie produce fruto comestible, cuyo endocarpio tiene apariencia blanquecina y un sabor peculiar, bastante similar al sabor de la leche condensada.

Se le reporta cultivado en El Salvador y además, Lundell [1937] reporta la presencia de esta especie en huertos familiares de la localidad de La Libertad, Petén, describiéndolo como un árbol grande, cultivado por sus frutos comestibles. Además, el mismo autor menciona que esta especie no crece en forma silvestre en toda la península de Yucatán.

En nuestra gira no se pudo comprobar la existencia de dicha especie, sin embargo, se hace necesario seguir la búsqueda de dicho germoplasma dada su importancia como frutal de alto valor tanto para los mercados nacionales como internacionales. Además, León [1987] menciona que esta especie se conoce sólo en cultivo y en forma muy esporádica, y está desapareciendo.

III. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN Y LAS SAPOTÁCEAS EN PETÉN

Diversos estudios han mostrado que los antiguos mayas posiblemente abandonaron sus áreas de influencia hace aproximadamente 800 a 900 años, lo cual ha permitido el desarrollo de la vegetación clímax. De esta manera, el actual patrón de la vegetación clímax presente en Petén, en donde dominan especies de uso alimenticio como el ramón (*Brosimum allicastrum*), guaya (*Talisia olivaeformis*), sapotáceas como el chicozapote, zapote, canistel entre las más importantes, fue influenciada por la presencia de los antiguos mayas, quienes permitieron el crecimiento de dichas especies útiles en las áreas urbanas y aun en las áreas en donde se desarrollaba agricultura, dando como resultado que al abandonar sus áreas de influencia, la vegetación que se desarrolló fue aventajada por la presencia de estas especies útiles. Un ejemplo de este comportamiento está dado por el chicozapote.

La asociación más importante de la vegetación clímax es el chicozapotal. Este árbol es de lento crecimiento y Lundell [1937] cree que los árboles más viejos presentes en el norte de Petén tienen una edad de mil años. El mismo autor indica que la abundancia de chicozapote puede deberse a dos razones:

- a) El chicozapote crecía bien en suelos marginales en donde la agricultura no se practicaba; de tal manera que esta especie pudo ser difundida a mejores áreas, las que al ser abandonadas y como consecuencia de la alta agresividad del chicozapote, a su tolerancia y longevidad, se convirtió en dominante.
- b) Algunos árboles fueron esparcidos cuando el bosque fue eliminado con fines agrícolas, dejando ejemplares de chicozapote, lo cual dio ventajas adaptativas a esta especie sobre las otras, razón por la cual cuando las tierras fueron abandonadas, el chicozapote se convirtió en la dominante, posición que ha mantenido hasta la fecha.

En general se puede decir que las sapotáceas son especies dominantes en la vegetación de Petén, siendo prácticamente el último lugar en el cual se puede encontrar dichos árboles silvestres de alta importancia para la fruticultura nacional. Esta rica reserva natural contiene, como es de suponerse, alta diversidad genética, la cual puede ser utilizada en el futuro en el mejoramiento de los materiales que de una u otra manera se están cultivando en otras regiones del país, como lo es el zapote en la costa sur y el chicozapote en el oriente de Guatemala.

Desafortunadamente, mucha de la población petenera no reconoce la importancia que tiene la conservación de dichas especies, las cuales van desapareciendo en áreas considerables debido a la deforestación masiva

que se está haciendo con fines de desarrollar agricultura, dando como resultado áreas en las cuales en la actualidad solamente se observa el material original del suelo. Existen algunas excepciones en donde la tendencia es mantener especímenes de las especies de sapotáceas aun cuando el estrato arbóreo es eliminado.

En el futuro será necesario hacer estudios más detallados de las zonas boscosas, a fin de tener datos más precisos sobre el estado actual de las especies silvestres como el chicozapote, zapote y canistel. Dichos estudios deben comprender determinación de densidades, regeneración natural, tasas de crecimiento, estudios fenológicos y, principalmente, caracterización de las diversas clases de frutos presentes, resistencia a enfermedades y plagas, entre los más importantes.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, J.M.; J.A. AGUILAR. 1992. Árboles de la Biosfera Maya Petén. Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. 272 p.
- ARAGÓN, U.; C. AZURDIA; M. MELGAR. 1988. Caracterización preliminar del ramón (*Brosimum allicastrum* Swartz) en el bosque muy húmedo subtropical cálido de Petén. Tikalia (Guatemala) VI(1):45-55.
- LEÓN, J. 1987. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Turrialba, Costa Rica. IICA. 215 p.
- LUNDELL, C.L. 1937. The vegetation of Petén. Carnegie Institution of Washington. 221 p.
- MORERA, J. 1992. Zapote (*Pouteria sapota*). In: "Cultivos Marginados: Otra Perspectiva de 1492". Ed. por Hernández Bermejo, E. and León, J. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome Italy, p. 101-107.
- PENNINGTON, T.D. 1990. Sapotaceae. Monograph 52. Flora Neotropica. The New York Botanical Garden, New York, USA. 770 p.
- PENNINGTON, T.D.; J. SARUKAN. 1968. Árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Secretaría de Agricultura y Ganadería de México y FAO. 413 p.
- WILLIAMS, L.O. 1981. The useful plants of Central America. Ceiba (Honduras) 24:1-4. 342 p.

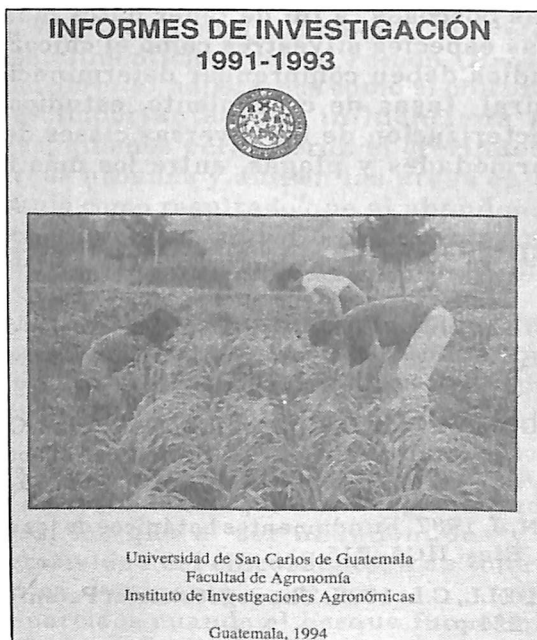
Publicaciones: INFORMES DE INVESTIGACIÓN 1991-1993

Publicado por: Instituto de Investigaciones Agronómicas (1995).

En esta publicación se incluyen los resultados de investigaciones concluidas entre 1991 y 1993, dentro de los programas de investigación en recursos naturales renovables y sistemas de producción agrícola del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía.

Entre los informes de investigación de sistemas de producción agrícola están: «Colecta, identificación y conservación de organismos entomopatógenos de plagas hortícolas»; «Respuesta del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a la regeneración de plantas *in vitro*»; y «Desarrollo de prácticas agronómicas para el cultivo de hortalizas nativas o tradicionales».

En lo que respecta a recursos naturales renovables se incluyen los informes correspondientes a las investigaciones «Estudio integrado de las zonas semiáridas de Guatemala», «Estudio de la vegetación del bosque de encinos (*Quercus* spp.) de la Finca Florencia, Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez», y «Caracterización *in situ* de zapote (*Pouteria sapota* [Jacq]) Moore Stearn en Chiquimulilla y Guazacapán, Santa Rosa, Guatemala».



ENTOMOLOGÍA

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE LAS ESPECIES DE ÁFIDOS (*APHIDIDAE*: HOMÓPTERA) Y SU DISTRIBUCIÓN EN LA PLANTA DE BRÓCOLI (*BRASSICA OLERACEA* VAR. *ITÁLICA*)

José Cerón Hernández
Víctor E. Salguero Navas
Samuel Córdova Calvillo



Resumen

Los áfidos son importantes en la disminución del rendimiento y calidad del brócoli. Se desconocen las especies de áfidos que afectan a este cultivo en Guatemala, así como su distribución en la planta y su fluctuación poblacional. El control se realiza aplicando insecticidas sintéticos en forma calendarizada sin importar la presencia de áfidos o bien que sus poblaciones justifiquen dichas aplicaciones. Esto ocasiona contaminación del ambiente, interferencia con el control biológico natural de lepidópteros y el riesgo de generar poblaciones de áfidos resistentes a los plaguicidas, además del aumento en los costos de producción.

En el presente artículo se exponen los resultados de una investigación cuyos objetivos fueron: identificar las especies de áfidos presentes en el brócoli, determinar su distribución en tres estratos de la planta (hojas viejas, hojas jóvenes e inflorescencias) y determinar su fluctuación poblacional a través del tiempo.

Las especies de áfidos identificadas fueron: *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae*; además se detectó la presencia del parasitoide *Lysiphlebus testaceipes* momificando el cuerpo de los áfidos identificados. En la distribución poblacional ambas especies de áfidos prefirieron en alta proporción las hojas jóvenes. *B. brassicae* (83%) presentó mayor población en este estrato que *M. persicae* (17%). Las dos especies de áfidos incrementaron sus poblaciones a partir de los 32 y 40 días, respectivamente, después del trasplante (ddt), realizado en mayo de 1993.

De acuerdo a los niveles de rechazo o aceptación de las inflorescencias de brócoli en las plantas procesadoras se estableció que el producto pudo ser rechazado por la alta presencia de ambas especies de áfidos.

INTRODUCCIÓN

Entre los problemas del cultivo del brócoli, el principal es el ataque de diversas plagas de insectos, que afectan el rendimiento y calidad del producto. Destacan las larvas de lepidópteros y los áfidos. Las primeras generaron resistencia a insecticidas sintéticos, y para su control se tiene la opción biológica del *Bacillus thuringiensis*. Sin embargo, para el control de áfidos se depende de insecticidas sintéticos, los que interfieren con el control que ejerce *B. thuringiensis* [Leal y Ochoa, 1992]. Por otro lado la presencia de dos inflorescencias de brócoli que se encuentren contaminadas de áfidos en muestras de 22 libras (10 kilogramos), es causa de rechazo total del producto por parte de las plantas procesadoras. Esto hace que los agricultores programen sus aplicaciones de plaguicidas para todo el ciclo del cultivo.

Por lo anteriormente expuesto y como consecuencia de la falta de información relacionada con el comportamiento de los áfidos en el cultivo del brócoli en Guatemala y especialmente para el departamento de Chimaltenango, fue necesario efectuar la presente investigación. Esta información permitirá efectuar una programación adecuada de la aplicación de insecticidas que interfiera menos en los programas de control biológico de lepidópteros.

Esta investigación se realizó en el Centro de Producción del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), ubicado en La Alameda, Chimaltenango a una altura de 1769 msnm [Guatemala, IGM, 1968]. El clima de la región es templado y la zona de vida corresponde al bosque húmedo montano bajo subtropical [Cruz, 1982]. Los suelos del área según Simmons, Tarano y Pinto [1959], son profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica y de color claro.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Distribución de los áfidos en la planta de brócoli

Trumble [1982a] estudió la distribución de los áfidos en hojas viejas y hojas jóvenes del brócoli de 1980 a 1981, en California. Encontró que *Myzus persicae* y *Brevicoryne brassicae* fueron las especies de mayor importancia. *M. persicae* prefirió en mayor proporción las hojas viejas mientras que *B. brassicae* prefirió las hojas jóvenes y fue de gran importancia como contaminante de las inflorescencias o cabezas de brócoli. Este resultado confirmó las observaciones realizadas por Emden y Bashford, citados por Trumble, quienes además explican que la nutrición

Cuadro 1
ÁFIDOS COLECTADOS EN TRES LOCALIDADES
DE LA ZONA NORTE DE CARTAGO, COSTA RICA 1987-1988

Especie	Vector de virus		Localidades**		
	PRLV	PVY	1	2	3
<i>Acyrtosiphum bidenticola</i> *				X	
<i>Aphis citricola</i>				X	
<i>Aphis coreopsidis</i> *				X	
<i>Aphis craccivora</i>				X	
<i>Aphis gossypii</i>	XX			X	
<i>Aphis illinoisensis</i>				X	
<i>Aphis middletoni</i> *				X	
<i>Aphis neri</i>					X
<i>Aphis sp.</i>				X	X
<i>Aulacorthum solani</i>	XX	XX		X	X
<i>Brachycaudus helichrysi</i>				X	X
<i>B. rumexicolens</i>				X	X
<i>Brevicorine brassicae</i> *				X	
<i>Capitophorus hippophaes</i>				X	X
<i>C. eleagni</i>				X	
<i>Cavriella aegopodii</i>			X	X	X
<i>Dactynotus tuataia</i> *				X	
<i>Hyperomyzus lactucae</i>				X	X
<i>Lipaphis erysimi</i>		XX		X	X
<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	XX	XX	X	X	X
<i>M. salviae</i> *				X	
<i>Microparsus olivei</i>					X
<i>Myzus ornatus</i>	XX		X	X	X
<i>M. persicae</i>	XX	XX	X	X	X
<i>Pentalonia nigronervosa</i>				X	X
<i>Picturaphis brasiliensis</i> *				X	
<i>Rhopalosiphum nymphaeae</i>				X	
<i>R. rufiabdominalis</i>				X	X
<i>R. staphyleae</i>				X	
<i>R. latysiphon</i>	XX			X	X
<i>R. maidis</i>			X	X	X
<i>Sipha flava</i>					X
<i>Tetraneura nigriabdominalis</i>				X	X
<i>Toxoptera aurantii</i>				X	X

Notas: (*) Especies colectadas en 1988. (**) 1: Coliblanco, 2800 msnm. 2: Estación experimental CD-MAG, 2200 msnm. 3: Pacayas, 1600 msnm.
PRLV = Virus del enrollamiento de las hojas
PVY = Virus "Y" de la papa.

óptima de los áfidos se encuentra disponible en hojas jóvenes y viejas en los sitios donde se da la síntesis de proteínas.

2. Aceptación y/o rechazo del brócoli por áfidos

Morales [1994] estableció que la aceptación o rechazo del brócoli por las empresas exportadoras se da como consecuencia del cumplimiento que se tiene con los compradores del exterior. Esto hace que las plantas procesadoras tengan determinados niveles de aceptación y/o rechazo por presencia de áfidos en las inflorescencias. Los niveles de aceptación o tolerancia están de 2 hasta 3 inflorescencias con áfidos en muestras de 22 libras (10 kilogramos) y se rechazan si hay 3 ó 4 inflorescencias con áfidos (según la empresa).

3. Fluctuación poblacional de los áfidos

Trumble [1982b], investigó la fluctuación poblacional de áfidos en brócoli en el otoño e invierno de 1980 y 1981 en California y determinó que *M. persicae* fue la especie dominante y de mayor captura (63% en el otoño y 52% en el invierno). *B. brassicae* fue de menor captura (48% en el otoño).

Meneses [1990] estudió la fluctuación poblacional de los áfidos en papa en tres localidades de la zona norte de Cartago, Costa Rica, de 1987 a 1988. Consideró a *M. persicae* como la especie más importante de las 34 capturadas (Cuadro 1) por su alta presencia en dos de las tres localidades evaluadas y por ser un eficiente transmisor de las enfermedades virales prlv y pvy. La fluctuación poblacional demostró que el incremento poblacional de estas especies, principalmente de *M. persicae*, se manifestó en los períodos secos y cálidos, decreciendo cuando las lluvias se intensificaron.

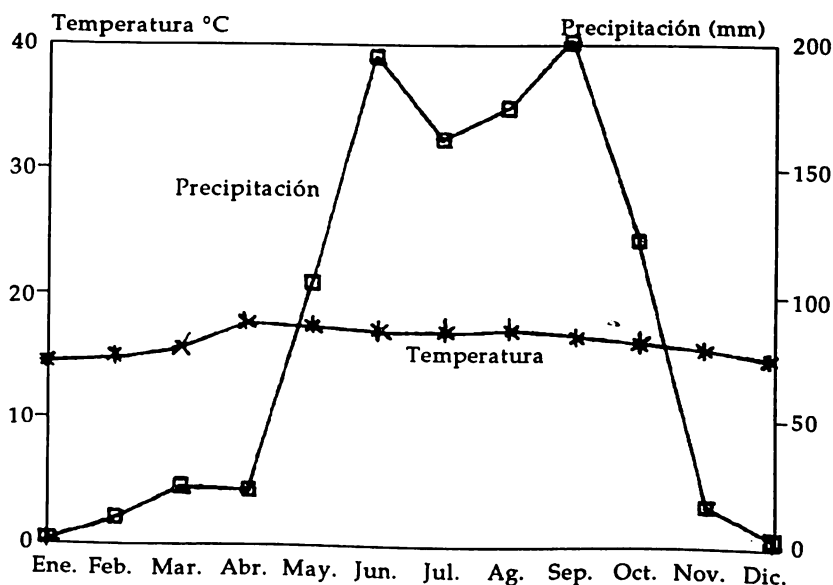
II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Descripción del área

La investigación se realizó en el Centro de Producción del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), situado en La Alameda, Chimaltenango, a una altura de 1,768 msnm, en las coordenadas 14°39'38" latitud Norte y 90°49'10" longitud Oeste [Guatemala, IGM, 1968]. El área experimental fue de 1,152 m² y el estudio se realizó de marzo a junio de 1993.

El clima de la región es templado, con temperatura máxima media anual de 26.38 °C y mínima media de 15.35 °C, precipitación media anual

Figura 1
CLIMADIAGRAMA DEL CENTRO DE
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DEL ICTA
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1983-1993



Fuente: INSIVUMEH. Tarjetas de control meteorológico de la estación del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, 1983-1993.

de 987.79 mm distribuida en un número promedio de 114 días por año [Guatemala, INSIVUMEH].

La Figura 1 muestra el climadiagrama correspondiente al centro de producción del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, el cual se basa en datos de 10 años (1983 a 1993) registrados en la estación meteorológica que se encuentra dentro del área. Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el desarrollo del ensayo se presentan en el Cuadro 2 y Figura 2.

Con base en la clasificación de Holdrige, la zona de vida corresponde al bosque húmedo montano bajo subtropical, con vegetación característica de *Quercus* sp. asociado con *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus* y *Alnus* sp. [Cruz, 1982].

Los suelos del área según Simmons, Tarano y Pinto [1982], corresponden al grupo de la altiplanicie central de Guatemala; los cuales son

Cuadro 2
CONDICIONES CLIMÁTICAS PREVALECIENTES
DURANTE EL DESARROLLO DEL ENSAYO EN EL
CENTRO DE PRODUCCIÓN DEL ICTA
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993

Variable climática	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Precipitación (mm)	1.2	17.7	64.5	334.7
Días de lluvia	01	05	12	19
Temperatura máxima media °C	24.9	26.1	26.0	23.5
Temperatura mínima media °C	7.8	10.7	12.7	13.9
Temperatura máxima	28.7	29.5	28.6	28.4
Temperatura mínima	0.0	9.0	9.0	10.2
Humedad relativa máxima (%)	68	68	67	67
Humedad relativa mínima (%)	18	21	21	31

Fuente: Información obtenida de la estación meteorológica de ICTA de Chimaltenango 1993.

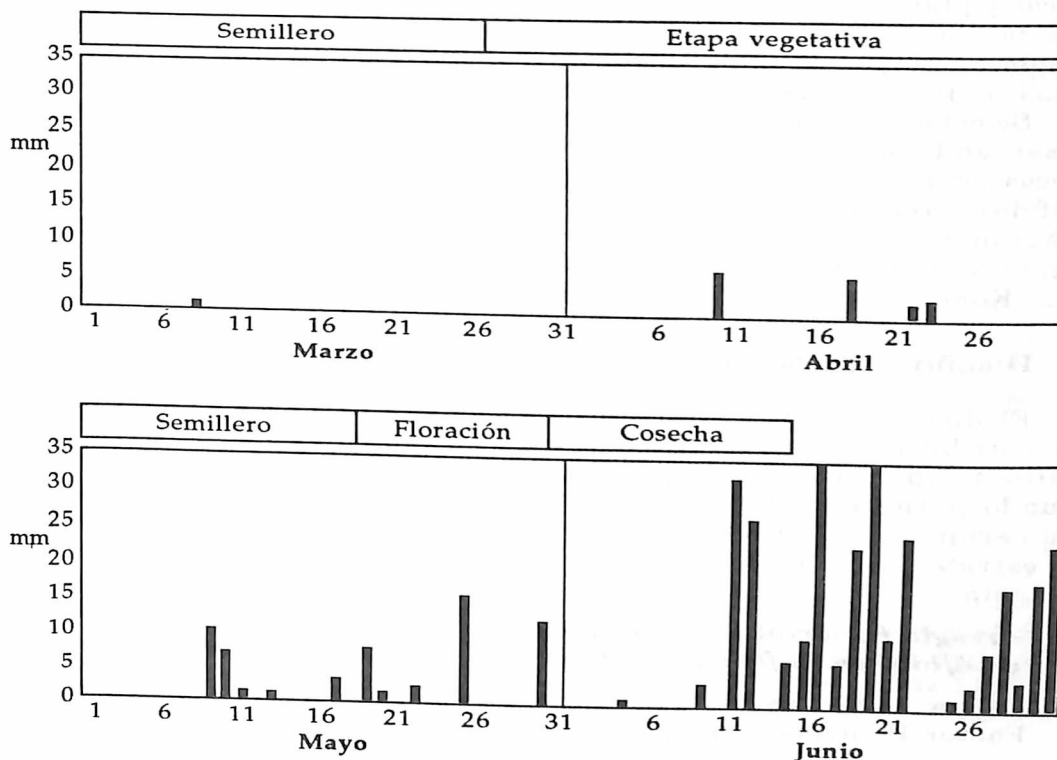
Cuadro 3
ANÁLISIS DE SUELO DEL ÁREA EXPERIMENTAL
DEL CENTRO DE PRODUCCIÓN DEL ICTA
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO, 1993

Profundidad de muestreo (cms)	Pendiente %	Microgramos pormililitro		Miliequivalentes por 100 mililitros de suelo	
		pH	P	K	Ca Mg
0-30	0.0	5.8	11.79	119	3.74 0.52

Fuente: Información obtenida del Laboratorio del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica y de color claro, perteneciendo a la serie de suelos Tecpán, los que se caracterizan por ser profundos y estar bien drenados. Los resultados del análisis de suelo aparecen en el Cuadro 3.

Figura 2
PRECIPITACIÓN REGISTRADA EN EL CENTRO
DE PRODUCCIÓN DEL ICTA DURANTE EL
DESARROLLO DEL CULTIVO DEL BRÓCOLI



2. Metodología experimental

2.1. VARIABLES DE RESPUESTA OPERATIVA

- Número de áfidos por estrato de la planta;
- número de áfidos por planta.

2.2. VARIABLES DE RESPUESTA CONCEPTUAL

- Especies de áfidos en brócoli;
- distribución de las especies de áfidos por estrato de la planta;
- fluctuación poblacional de las especies de áfidos.

3. Toma de datos

Para la toma de datos se contó con una parcela de 1,152 m², y se muestreó una parcela neta de 714 m². Se efectuó una aleatorización de surcos y plantas a efecto de establecer el inicio del muestreo. Cada ocho días se muestrearon tres plantas por surco, a cada cinco surcos, hasta completar 30 plantas. Cada planta se muestreó en tres estratos: hojas viejas, hojas jóvenes e inflorescencias o cabezas de brócoli.

Se colectaron áfidos de cada estrato de la planta con un pincel fino, preservándolos en frascos con alcohol etílico al 70% y se rotularon los frascos con la fecha y estrato muestreado. La identificación de las especies de áfidos la realizó el autor en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala con el uso de claves taxonómicas para identificación de áfidos [Bustillo y Sánchez, 1972; Kono y Papp, 1977a y 1977b].

4. Diseño experimental

El diseño experimental consistió de dos arreglos factoriales para una distribución completamente al azar. El primer arreglo para el número de áfidos capturados en 30 plantas en la fase vegetativa del brócoli y el segundo para el número de áfidos capturados en la fase de floración. Esto permitió establecer la distribución de las poblaciones de áfidos en tres estratos de la planta de brócoli (hojas viejas, hojas jóvenes e inflorescencia).

Arreglo factorial para el número de áfidos en la fase vegetativa

Factor A: fechas de muestreo (8, 16, 24, 32 y 40 ddt) Niveles: 5
Factor B: hojas viejas, hojas jóvenes Niveles: 2

Arreglo factorial para el número de áfidos en la fase de floración

Factor A: fechas de muestreo (48, 56 y 64 ddt) Niveles: 3
Factor B: hojas viejas, hojas jóvenes, inflorescencias Niveles: 3

4.1. MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + T_i + A_i + B_j + AB_{ij} + E_{ij}$$

i = 1, 2, 3 t
j = 1, 2, 3 r

donde:

- Y_{ij} = Variable respuesta asociada a la ij -ésima unidad experimental
 μ = Efecto de la media general
 T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento
 A_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor A
 B_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor B
 AB_{ij} = Efecto del i -ésimo nivel del factor A con el j -ésimo nivel del factor B.
 E_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

5. Análisis de la información

5.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE ÁFIDOS

Las especies de áfidos fueron identificadas por el autor con base en claves taxonómicas [Bustillo y Sánchez, 1972; Kono y Papp, 1977a y 1977b]. Además se estableció el porcentaje poblacional de cada especie presente en el brócoli.

5.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE ÁFIDOS EN LA PLANTA DE BRÓCOLI

Para establecer la distribución de las especies de áfidos en las hojas viejas, hojas jóvenes e inflorescencias se realizaron dos análisis de varianza. El primer análisis para el número de áfidos de cada especie en la fase vegetativa y el segundo para el número de áfidos de cada especie en la fase de floración del brócoli. Los datos originales se transformaron a raíz cuadrada siguiendo procedimientos contenidos en Little [1976] y Melgar [1982]. Se efectuaron pruebas de Tukey al 0.05 donde el análisis de varianza mostró significancia.

5.3. FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE LOS ÁFIDOS

La fluctuación poblacional se analizó mediante figuras de acuerdo al promedio poblacional de áfidos observados en todo el ciclo del cultivo. Se utilizaron intervalos de confianza al 5% de significancia [Salguero, 1990] obtenidos de acuerdo a la fórmula:

$$I.C. = X \pm t * s/\sqrt{n}$$

donde

- I.C. = Intervalos de confianza
 X = Media de la población
 t = t de *student* para un nivel del 5% de significancia
 S = desviación estándar
 n = Número de observaciones.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Especies de áfidos en brócoli

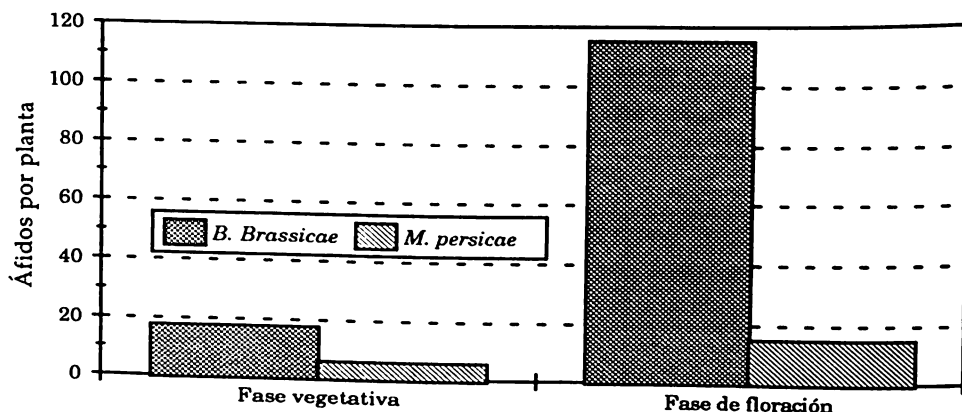
Las especies de áfidos presentes en el brócoli en los meses de abril a junio de 1993 fueron: *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae*. El Cuadro 4 y la Figura 3 presentan los promedios y porcentajes poblacionales de distribución de cada especie en las fases vegetativa y de floración del brócoli.

En la fase vegetativa *B. brassicae* presentó una población de 17.4 áfidos por planta (75%) y *M. persicae* 5.7 áfidos por planta (25%). En la fase de floración el promedio poblacional de *B. brassicae* aumentó a 115.2 áfidos por planta (88%) y *M. persicae* aumentó su población a 15.2 áfidos por planta (12%). Finalmente *B. brassicae* presentó un promedio general de población de 54.1 áfidos por planta (85%) y *M. persicae* un promedio general de 9.2 áfidos por planta (15%) a través de todo el ciclo del cultivo. Esto demostró dominio poblacional de *B. brassicae* sobre *M. persicae*, situación que no coincidió con lo reportado por Trumble [1982a] en California quien definió a *M. persicae* como la especie dominante y de mayor captura en el otoño e invierno de 1980 y 1981.

Cuadro 4
DISTRIBUCIÓN DE *BREVICORYNE BRASSICAE* Y *MIZUS PERSICAE*
EN LA PLANTA DE BRÓCOLI,
A TRAVÉS DE SU DESARROLLO
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993

Fase Vegetativa		
Promedio de <i>B. brassicae</i> por planta	Promedio de <i>M. persicae</i> por planta	Promedio total por planta
17.4	5.7	23.1
Porcentaje 75%	25%	100%
Fase de floración		
Promedio de <i>B. brassicae</i> por planta	Promedio de <i>M. persicae</i> por planta	Promedio total por planta
115.2	15.2	130.4
Porcentaje 88%	12%	100%
Prom. Gral. 54.1	9.2	63.3
Porcentaje 85%	15%	100%

Figura 3
DISTRIBUCIÓN DE *BREVICORYNE BRASSICAE* Y *MIZUS PERSICAE*
EN LAS FASES VEGETATIVA Y DE FLORACIÓN DEL BRÓCOLI
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993



2. Distribución de las especies de áfidos por estrato

El Cuadro 5 presenta los porcentajes y promedios de distribución de *B. brassicae* y *M. persicae* en diferentes estratos de la planta (hojas viejas, hojas jóvenes e inflorescencias) durante la fase vegetativa (8-40 días después del trasplante) y durante la fase de floración del brócoli (48-64 días después del trasplante). La Figura 4 ilustra la distribución de las especies durante el desarrollo del brócoli.

Estos resultados indican que ambas especies se distribuyeron en alta proporción en las hojas jóvenes, incrementando la población a partir de los 40 días después del trasplante (ddt) y disminuyendo a los 56 ddt (Figura 4). La especie que presentó mayor población en este estrato fue *B. brassicae* con un promedio de 33.6 áfidos (83%). *M. persicae* se presentó en las hojas jóvenes con un promedio de 7.1 áfidos, es decir el 17% del total poblacional observado en este estrato vegetativo.

2.1. *BREVICORYNE BRASSICAE*

El análisis de varianza para datos de población de *B. brassicae* durante la fase vegetativa (8-40 días después del trasplante) demostró la inexistencia de diferencias significativas ($Pr > 0.05$) en la preferencia de *B. brassicae* por los estratos vegetativos. Sin embargo en la fase de

Cuadro 5
DISTRIBUCIÓN DEL PROMEDIO POBLACIONAL DE *BREVICORYNE*
***BRASSICAE* Y *MIZUS PERSICAE* EN TRES ESTRATOS DE BRÓCOLI**
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO

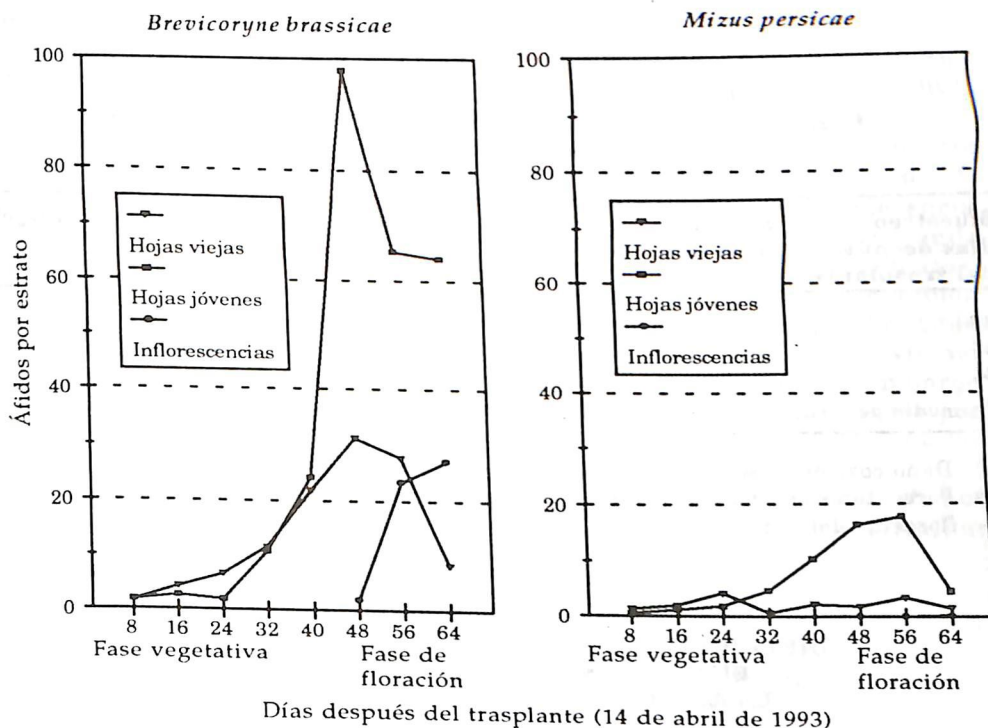
Fase vegetativa								
<i>B. brassicae</i>					<i>M. persicae</i>			
Muestreo ddt	Hojas viejas	Hojas jóvenes	Inflorescencias	Total / planta	Hojas viejas	Hojas jóvenes	Inflorescencias	Total planta
8	1.7	1.8	—	3.5	1.3	0.5	—	1.8
16	4.2	2.6	—	6.9	1.9	1.2	—	3.1
24	6.5	1.9	—	8.4	4.1	1.8	—	5.9
32	11.5	10.7	—	22.2	0.6	4.6	—	5.2
40	21.9	24.2	—	46.2	2.2	10.2	—	12.4
Subpromedio general	9.2	8.3	—	17.4	2.0	3.7	—	5.7
Porcentaje	53.0	47.0	—	100.0	36.0	64.0	—	100.0

Fase de floración								
<i>B. brassicae</i>					<i>M. persicae</i>			
Muestreo ddt	Hojas viejas	Hojas jóvenes	Inflorescencias	Total / planta	Hojas viejas	Hojas jóvenes	Inflorescencias	Total planta
48	31.2	97.9	2.0	129.3	1.8	16.3	0.0	18.1
56	27.7	65.5	23.4	116.5	3.4	17.7	0.1	21.2
64	8.3	64.2	27.1	99.6	1.6	4.5	0.2	6.3
Subpromedio general	22.4	75.8	16.9	115.1	2.3	12.8	0.1	15.2
Porcentaje	19.0	66.0	15.0	100.0	15.0	84.0	1.0	100.0
Promedio general	14.1	33.6	16.9	64.6	2.1	7.1	0.1	9.3
Porcentaje	26.0	62.0	12.0	100.0	23.0	76.0	1.0	100.0

ddt: días después del trasplante.

floración el ANDEVA mostró significancia ($Pr < 0.05$), y al realizar la prueba de Tukey se estableció que la población de *B. brassicae* fue mayor en las hojas jóvenes de los 48 a los 64 ddt (Figura 5). En las hojas viejas la población disminuyó y en las inflorescencias el número promedio de áfidos se incrementó. Este resultado coincidió con lo reportado por Trumble,

Figura 4
DISTRIBUCIÓN DE *BREVICORYNE BRASSICAE* Y *MIZUS PERSICAE*
EN TRES ESTRATOS VEGETATIVOS DEL BRÓCOLI
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993



que estableció alta preferencia de *B. brassicae* por las hojas jóvenes, además de ser el principal contaminante de las inflorescencias o cabezas de brócoli.

Estos resultados traducidos a aceptación y/o rechazo del producto por la presencia de *B. brassicae* en las inflorescencias, permitieron determinar la importancia económica de esta especie, [Morales, 1994]. De 90 plantas muestreadas (100%), 44 inflorescencias (48%) fueron afectadas por *B. brassicae*, entre los 48 a los 64 ddt, encontrándose un promedio general de 16.89 áfidos por inflorescencia (Cuadro 6). El 48% de inflorescencias contaminadas indicó el probable rechazo del producto por haber encontrado inflorescencias con daño arriba de los niveles permitidos para exportación (dos o más inflorescencias con presencia de

áfidos de una muestra de 22 libras, equivalentes a aproximadamente 30 inflorescencias escogidas al azar, es causa de rechazo total del producto). Este resultado indicó además que *B. brassicae* es una plaga de importancia económica en la producción de brócoli con calidad para exportación.

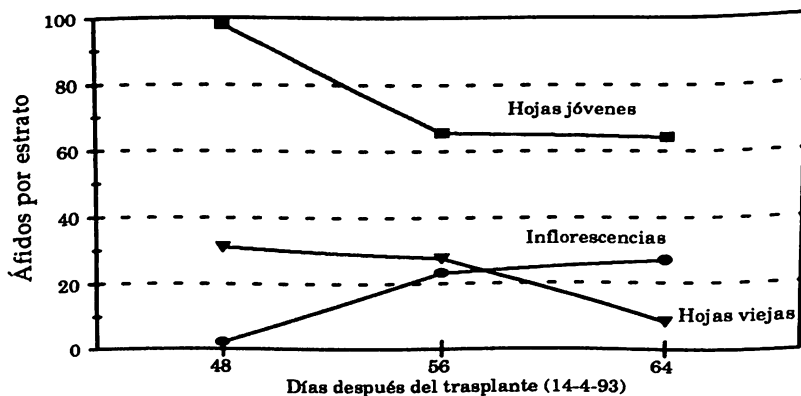
Cuadro 6
PRESENCIA Y DAÑO COSMÉTICO DE
***BREVICORYNE BRASSICAE* EN LAS INFLORESCENCIAS**
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO, 1993

Muestreo días después del trasplante	Promedio de áfidos Por inflorescencia	Inflorescencias con daño ^a	Porcentaje ^b
48	0.20	1	1
56	23.37	14	15
64	27.07	29	32
Promedio general	16.89	44	48

(a) Daño cosmético por presencia de áfidos

(b) Porcentajes con base en 90 plantas muestreadas (100%) con base en la fase de floración del brócoli.

Figura 5
DISTRIBUCIÓN DE *BREVICORYNE BRASSICAE*
EN TRES ESTRATOS DE BRÓCOLI
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993



2.2. MYZUS PERSICAE

El análisis de varianza para el número de áfidos observados de *Myzus persicae* en la fase vegetativa del brócoli, demostró la existencia de diferencias significativas ($Pr < 0.05$) en la preferencia de esta especie por los estratos vegetativos. La prueba de Tukey mostró que *M. persicae* infestó hojas viejas y hojas jóvenes de los 8 - 24 ddt (Figura 6). Sin embargo a partir de los 24 ddt la población se incrementó en las hojas jóvenes, mientras que en las hojas viejas disminuyó.

Para la fase de floración (48-64 ddt) el análisis estadístico demostró igualmente diferencias significativas ($Pr < 0.05$) en la preferencia de *M. persicae* por los estratos evaluados. La prueba de Tukey indicó preferencia de esta especie por las hojas jóvenes de los 48 a los 64 ddt y disminuyendo a los 64 ddt (Figura 7). Esta disminución fue general en los tres estratos, debido quizás a la presencia de lluvias y no necesariamente a cambios de preferencia. Este resultado no coincidió con lo establecido por Trumble [1982b] que encontró mayor población de *M. persicae* en las hojas viejas. En las inflorescencias se observó la presencia de esta especie, sin embargo el número promedio de áfidos encontrados fue menor (0.10 áfidos por inflorescencia), en comparación con *B. brassicae* que mostró mayor población en este estrato (16.89 áfidos por inflorescencia).

Estos resultados traducidos a rechazo o aceptación del brócoli por la presencia de *M. persicae* en las inflorescencias, permitieron determinar

Figura 6
DISTRIBUCIÓN DE MIZUS PERSICAE
EN DOS ESTRATOS VEGETATIVOS DE BRÓCOLI
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993

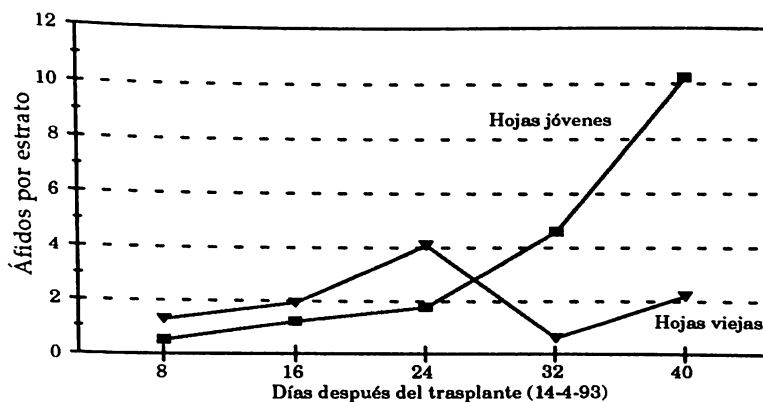
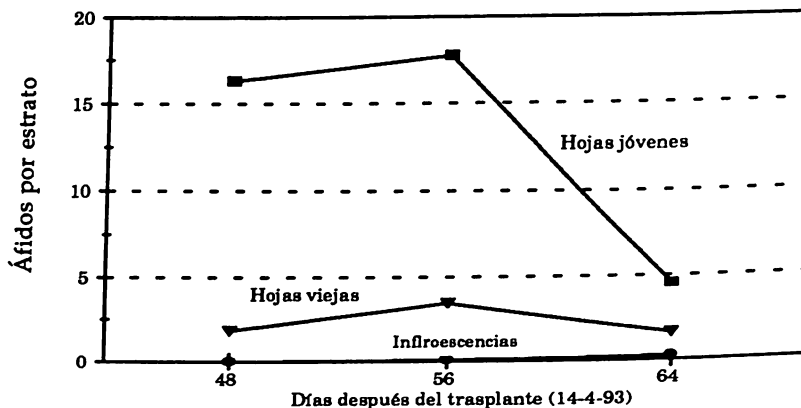


Figura 7
DISTRIBUCIÓN DE *MIZUS PERSICAE*
EN TRES ESTRATOS VEGETATIVOS DE BRÓCOLI
DURANTE LA FLORACIÓN
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993



al igual que con *B. brassicae* la importancia económica de esta especie [Morales, 1994]. Se determinó que de 90 plantas muestreadas (100%) de los 48 a los 64 días después del trasplante, el 6% de inflorescencias fueron afectadas por *M. persicae* y el número promedio general de áfidos por inflorescencia fue de 0.09 (Cuadro 7). Esto indicó la probabilidad de rechazo del producto por las plantas procesadoras y demostró que *M. persicae* es también una plaga de importancia económica en la producción de brócoli con calidad para exportación, a pesar de que únicamente representó el 15% de áfidos en brócoli (Cuadro 4).

3. Fluctuación poblacional de *Brevicoryne brassicae* y *Myzus persicae*

En el Cuadro 8 se muestra la fluctuación poblacional y los intervalos de confianza en que fluctúa cada promedio poblacional de *B. brassicae* y *M. persicae*. La Figura 8 ilustra el comportamiento de las dos especies en las fases vegetativa y de floración o producción del brócoli.

A partir de la primera lectura se encontraron áfidos de ambas especies. En las primeras dos semanas (8-24 ddt), las poblaciones de *B. brassicae* y *M. persicae* se mantuvieron bajas debido probablemente al bajo desarrollo del cultivo, a pesar que las condiciones climáticas fueron secas, con escasa precipitación.

Cuadro 7
PRESENCIA Y DAÑO COSMÉTICO DE *MIZUS PERSICAE*
EN LAS INFLORESCENCIAS DE BRÓCOLI
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993

Muestreo días después del trasplante	Promedio de áfidos Por inflorescencia	Inflorescencias con daño ^a	Porcentaje ^b
48	0.00	0	0
56	0.07	2	2
64	0.20	4	4
Promedio general	0.09	6	6

(a) Daño cosmético por presencia de áfidos

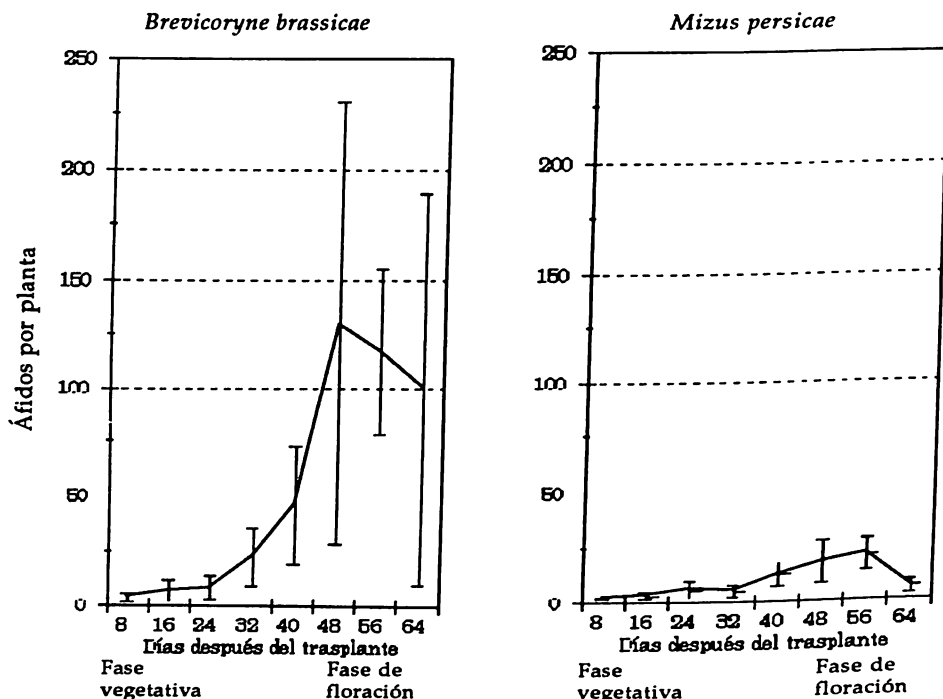
(b) Porcentajes con base en 90 plantas muestreadas (100%) con base en la fase de floración del brócoli.

Cuadro 8
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE
***BREVICORYNE BRASSICAE* Y *MYZUS PERSICAE* EN EL BRÓCOLI**
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993

Muestreo ddt	<i>B. brassicae</i> I. C. $X \pm t * S / \sqrt{n}$	<i>M. persicae</i> I. C. $X \pm t * S / \sqrt{n}$	Áfidos por planta
8	3.50 ± 2.39	1.77 ± 1.00	5.27
16	6.87 ± 5.02	3.13 ± 1.90	10.00
24	8.43 ± 5.43	5.83 ± 3.70	14.26
32	22.23 ± 13.30	5.20 ± 2.60	27.43
40	46.17 ± 26.14	12.40 ± 5.40	58.57
48	129.30 ± 100.90	18.10 ± 9.90	147.40
56	116.53 ± 38.40	21.23 ± 7.20	137.76
64	99.57 ± 89.60	6.27 ± 2.90	105.84
Promedio general	54.10	9.20	63.30
Porcentajes	85	15	100

Notas: ddt = días después del trasplante. I. C. = $X \pm t * S / \sqrt{n}$ = Intervalos de confianza.
X = Media muestral. S = Desviación estándar. n = Número de muestras.

Figura 8
FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE
BREVICORYNE BRASSICAE* Y *MIZUS PERSICAE
EN EL BRÓCOLI
LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1993



En las semanas subsiguientes (24-48 ddt) la población de *B. brassicae* se incrementó de 8.43 a 120.30 áfidos por planta; mientras que la población de *M. persicae*, en el período de 24 a 32 días después del trasplante disminuyó de 5.23 a 5.20 áfidos por planta, y en el período de 32 a 48 días después del trasplante aumentó de 5.20 a 18.10 áfidos por planta. Tal disminución de *M. persicae* probablemente se originó en el incremento poblacional de *B. brassicae*, que pudo provocar el desplazamiento de *M. persicae* por espacio y alimento. En este período de tiempo las condiciones climáticas fueron igualmente secas, con baja precipitación.

En las últimas fechas de muestreo (48-64 ddt) la población de *B. brassicae* disminuyó de 129.3 a 99.56 áfidos por planta; pero mantuvo el dominio poblacional sobre *M. persicae* que igualmente bajó de 18.10 a 6.27 áfidos por planta. Tal reducción se debió probablemente a la remoción

de las plantas de brócoli durante la cosecha, provocando el desprendimiento de los áfidos de las hojas e inflorescencias, según lo indica Meneses [1990] en su estudio de fluctuación poblacional de áfidos en papa.

Estos resultados indicaron que *B. brassicae* fue la especie de mayor población con un promedio general de 54.1 áfidos por planta, equivalentes al 85% de la población total. *M. persicae* se presentó en menor proporción con un promedio general de 9.20 áfidos por planta, es decir el 15% de la población total de áfidos. Tales resultados no coincidieron con la investigación hecha por Trumble [1982b] donde explica que *M. persicae* fue la especie dominante y de mayor captura de 1980-1981 en California, Estados Unidos.

IV. CONCLUSIONES

- 1) Las especies de áfidos presentes en brócoli fueron *Brevicoryne brassicae* (85%) y *Myzus persicae* (15%).
- 2) El estrato correspondiente a hojas jóvenes fue infestado por ambas especies, y del total poblacional en este estrato el 83% fue de *B. brassicae* y el 17% de *M. persicae*.
- 3) *B. brassicae* y *M. persicae* se presentaron en altas poblaciones a partir de los 32 y 40 días después del trasplante (mayo 1993) respectivamente.
- 4) Ambas especies de áfidos pudieron causar rechazo del brócoli por las plantas procesadoras al encontrarse inflorescencias con daño arriba de los niveles permitidos para exportación.

BIBLIOGRAFÍA

- BUSTILLO A., SÁNCHEZ G. 1972. Los áfidos en Colombia, plagas que afectan los cultivos agrícolas de importancia económica. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 96 p.
- CRUZ, J. R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
- GUATEMALA, INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). 1968. Mapa topográfico de la República de Guatemala, Chimaltenango No. 2059 IV. Guatemala, Esc. 1:50,000, Color.
- GUATEMALA, INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INSIVUMEH). Tarjetas de control meteorológico de la estación ICTA, Alameda, Chimaltenango.

- KONO, T.; PAPP, C.S.; 1977a. Handbook of Agricultural Pests (Aphids, Thrips, Mites, Snails and Slugs). California, Department of Food and Agriculture, División of Plant Industry. 85 p.
- _____. 1977b. Key for the field identification of brassica, potato and sugar beet aphids with photographic illustrations. London, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. 9 p.
- LEAL, H.; OCHOA, H.E. 1992. Manejo racional de plagas del follaje en brócoli. Guatemala, ICTA. 14 p.
- LITTLE, T.; HILLS, F.J. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México D.F., Trillas. 270 p.
- MELGAR M.; PELÁEZ, G. 1982. Boletín biométrico. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Estadística y Cálculo. 17 p.
- MENESES, R.; AMADOR, P. 1990. Los áfidos alados de la papa y su fluctuación poblacional en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 9 p.
- MORALES, R.E. 1994. Relación entre densidad poblacional de áfidos y rendimiento y calidad en brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 80 p.
- SALGUERO, V.E. 1990. Técnicas experimentales de campo en el estudio de artrópodos. Jutiapa, Guatemala, ICTA. 35 p.
- SIMMONS, CH.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1,000 p.
- TRUMBLE, J.T. 1982a. Aphid (Homóptera: Aphididae) population dynamics on broccoli in an interior Valley of California. *Journal of Economic Entomology* (EE.UU.) 75 (5): 841-847.
- _____. 1982b. Within-plant distribution and sampling of aphids (Homoptera: Aphididae) on broccoli in Southern California. *Journal of Economic Entomology* (EE.UU.) 75(4): 587-592.

FITOGENÉTICA

COMPARACIÓN DEL CENTRO DE ORIGEN Y DOMESTICACIÓN DE LAS ESPECIES CULTIVADAS DE *PHASEOLUS*

José Vicente Martínez Arévalo



Resumen

En el presente ensayo, elaborado con base en la literatura disponible, se analizan las evidencias acerca del centro de origen y proceso de domesticación de cinco especies cultivadas del género *Phaseolus*.

Las especies objeto de estudio son *Phaseolus acutifolius* (tepari), *P. coccineus* (ayocote, piloy o chamborote), *P. lunatus* (ixtapacal o sieva), *P. vulgaris* (frijol común) y *P. polyanthus* (frijol anual, piloya, piloy o piligüe).

Entre los aspectos considerados en el ensayo están la botánica de las especies cultivadas de *Phaseolus*; la distribución natural de sus contrapartes silvestres; su evolución bajo domesticación; y una comparación de los procesos y lugares de domesticación.

Las evidencias consideradas para determinar los centros de origen son de tipo bioquímico, botánico, etnobotánico e histórico lingüístico.

Finalmente se concluye en que el centro de origen de *P. polyanthus*, *P. coccineus* y *P. acutifolius* es Mesoamérica; específicamente la zona central de Guatemala para *P. polyanthus*, las partes templadas del centro y sur de México para *P. coccineus*, y la zona árida del norte de México y suroeste de Estados Unidos para *P. acutifolius*. En tanto que *P. lunatus* y *P. vulgaris* tienen una distribución natural más amplia en América, que va desde México hasta Argentina y con un origen exacto aún no determinado.

INTRODUCCIÓN

La domesticación de plantas y animales, como parte de la invención de la agricultura, es un proceso tan importante en la historia del hombre que siempre se han hecho intentos para explicarla [León, 1987; Debouck, 1987]. En casi su totalidad la domesticación es obra de las comunidades primitivas y consiste en interferir en el ciclo biológico de plantas y animales para modificarlo en beneficio del hombre.

Los intentos actuales para explicar la domesticación se basan en la evidencia de varias disciplinas científicas. De acuerdo con León [1987],

“Es un campo de hipótesis que se plantean, aceptan, evalúan y finalmente se descartan o modifican; dependen a menudo de la autoridad de un investigador y de preferencias personales, pero como en el caso de todas las hipótesis científicas, tienen el mérito de estimular o generar estudios que a menudo contribuyen a su abandono o a modificarlas sustancialmente”.

Así, las fuentes para explicar la domesticación provienen principalmente de información biológica (taxonómica, bioquímica, paleobotánica, etc.), información arqueológica y etnobotánica.

El interés por los orígenes de la agricultura ha tomado auge sólo a partir de los últimos 40 años. Por ello los resultados que se tienen a la fecha deben tomarse como parciales ya que hace falta realizar muchos hallazgos más, que talvez modifiquen lo que actualmente se conoce.

El género *Phaseolus* tiene entre sus especies cinco con variantes domesticadas: *P. acutifolius* Gray, *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. vulgaris* L. y *P. polyanthus* Greenman; que en su proceso de domesticación tienen ciertas similitudes y diferencias, que es interesante estudiar dada la importancia alimenticia que han tenido en las culturas americanas y que actualmente tienen a nivel mundial.

En el presente ensayo, con base en la literatura disponible, se pretende hacer una comparación de las evidencias, que por muchos años los investigadores han reunido para explicar mejor el proceso de domesticación, basados en información biológica, arqueológica e histórico-lingüística.

I. BOTÁNICA DE LAS ESPECIES CULTIVADAS DE *PHASEOLUS*

El género *Phaseolus* pertenece a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Papilionoidae*, subtribu *Phaseolinae* [Isely y Polhill, 1980]. Con base en el estudio hecho por Delgado S. [1985], el género es de origen americano

y consta de 36 especies; pero según Debouck [1991], hay un número aproximado de 55 especies. La realidad es que para determinar el número exacto hacen falta más estudios.

De las especies existentes se sabe que cinco tienen variantes cultivadas: *P. acutifolius* (tepari), *P. coccineus* (ayocote, piloy o chamborote), *P. lunatus* (ixtapacal o sieva), *P. vulgaris* (frijol común) y *P. polyanthus* (frijol anual, piloya, piloy o piligüe); aunque no se descarta que el hombre en el pasado, haya tratado de domesticar otras especies del género que hoy únicamente se conocen en su forma silvestre.

Muchos de los caracteres del follaje, del fruto y de la semilla son comunes en estas especies. Miranda C. [1990], después de estudiar un gran número de variedades de las primeras cuatro especies, llega a la conclusión que de acuerdo con las características morfológicas estudiadas, las especies se pueden diferenciar entre sí como sigue:

P. acutifolius. Cotiledones epigeos; segundo par de hojas simples casi sentadas y mostrando un perfil plano en la base; bractéolas de cáliz de menor longitud que los sépalos; filamento del estambre libre con un pequeño abultamiento en la base; estigma colocado en forma lateral en el ápice del estilo.

P. coccineus. Cotiledones principalmente hipogeos; segundo par de hojas simples pecioladas con un perfil curvo en la base; bractéolas calicinales menores, iguales o más largas que los sépalos; el filamento del estambre libre lleva una aleta en su base; el estigma no es completamente lateral y está situado en el ápice del estilo.

P. lunatus. Cotiledones epigeos; segundo par de hojas simples pecioladas y mostrando en su base un perfil curvo; bractéolas calicinales de menor longitud que los sépalos; filamento del estambre libre con una semiesfera en la base; estigma situado en forma lateral en la parte apical del estilo.

P. vulgaris. Cotiledones epigeos; segundo par de hojas simples pecioladas y mostrando un contorno curvo en la base; bractéolas del cáliz de igual o mayor longitud que los sépalos; el filamento del estambre libre lleva una aleta en su base y el estigma está situado lateralmente en la parte apical del estilo."

Para el caso de *P. polyanthus* ha existido cierta controversia en cuanto a su rango, así Delgado S. [1985] lo considera como una subespecie de *P. coccineus*, sin embargo la evidencia del hallazgo de la forma silvestre de *P. polyanthus* en Guatemala [Debouck, 1991] confirman que se trata de una verdadera especie, aunque muy similar a *P. coccineus* con la cual se diferencia porque *P. polyanthus* tiene raíz no engrosada y fibrosa; germinación epigea; alas largas un poco divergentes, color violeta o blanco;

bractéolas largas y estrechas, excediendo al cáliz y con tricomas marginales; estigma terminal capitado; y semillas largo-redondeadas con un hilum largo-orbicular (normalmente de una longitud equivalente a la tercera parte de la altura de la semilla) y frecuentemente con el tejido placentar dividido [Delgado S., 1988].

II. DISTRIBUCIÓN NATURAL DE LAS CONTRAPARTES SILVESTRES

La especie *P. acutifolius* silvestre ha sido recolectada desde el centro-norte de Arizona, hasta el sur de Guatemala; en alturas de 1,600 msnm en la cumbre del cerro Azufre en Baja California, México, y en pendientes extremadamente áridas de escoria volcánica cerca del centro de la Isla Tiburón en el Golfo de California; también ha sido colectada cerca del nivel del mar en el Desierto de Sonora, México [Nabhan y Felger, 1978]. Aparentemente hay preferencia de hábitat y alguna diferenciación de nicho entre las dos variedades simpátricas de teparis silvestres: la de hoja angosta var. *tenuifolius* es comúnmente encontrada en pendientes con pastos o bosques abiertos y la de hoja ancha var. *acutifolius* ha sido encontrada en lugares sombreados de arbustos espesos en planicies de inundación aluvial y en cimas [Nabhan y Felger, 1978].

De acuerdo con Miranda C. [1979], *P. coccineus* crece en forma silvestre entre los 1,000 y 2,800 msnm, pero con mayor frecuencia a los 2,200 msnm. Estas poblaciones se encuentran en México, en la Sierra Madre Oriental, en la Sierra Madre Occidental, en la Sierra Madre del Sur, en el Eje Neovolcánico y en la Sierra de San Cristóbal de las Casas en Chiapas. En Guatemala crece a elevaciones similares a las de México, en la región del altiplano occidental y central [Debouck y Soto, 1988].

P. lunatus silvestre y domesticado está completamente distribuido en América a elevaciones desde el nivel del mar hasta los 2,000 msnm. Las formas de semilla pequeña han sido consignadas más comúnmente en el sur de Estados Unidos y también en las islas caribeñas y en el noreste de Brasil. Las formas de semilla grande son más comunes en el extremo sur de su amplitud de distribución, a lo largo de las regiones de la costa árida del Perú al sur de Lima.

Los primeros exploradores europeos introdujeron *P. lunatus* a otras partes del mundo; los españoles llevaron semilla a lo largo del Pacífico a las Filipinas y de ahí a Asia. A través del comercio de esclavos fue llevada de Brasil a África, donde fueron sembradas principalmente en regiones de bosque húmedo. Las formas de semilla grande fueron restringidas en su distribución en el mundo, a áreas con climas similares

a las de la costa del Perú, principalmente la parte suroeste de Madagascar y el sur de California [Baudoin, 1988].

P. vulgaris silvestre se encuentra distribuido prácticamente en la región comprendida entre el trópico de Cáncer y el trópico de Capricornio [Gentry, 1969]. En Mesoamérica las formas silvestres de *P. vulgaris* se localizan en las partes occidental y sur de México, en Guatemala y en Honduras, a lo largo de una franja de transición ecológica localizada entre los 500 y 1,800 msnm. En Sur América se ha encontrado en la parte oriental de la cordillera andina, entre los 1,500 y los 2,800 msnm [Gentry, 1969; Miranda, 1967 y 1979].

P. polyanthus silvestre ha sido encontrado únicamente en Guatemala, en poblaciones localizadas en Calderas, Amatitlán, Sololá y Quetzaltenango [Debouck, D., 1995]. Con base en las recolecciones efectuadas [Debouck, 1991], la distribución de esta especie en su forma cultivada y silvestre, va desde Veracruz, México hasta Perú.

III. EVOLUCIÓN BAJO DOMESTICACIÓN

Con base en lo indicado por Nabhan y Felger [1978], los principales cambios que ocurrieron de las formas silvestres a las formas domesticadas de teparis (*P. acutifolius*) son: en cuanto a hábitat de enredaderas polinodales con entrenudos largos a polinodales con entrenudos intermedios o cortos (enredaderas o semiarbusivas); de folíolo casi lineal u ovado-lanceolado a folíolo ovado-lanceolado; de vainas explosivamente dehiscentes a vainas débil y tardíamente dehiscentes; de vainas con un largo de 30 a 75 mm, y ancho de 3 a 9 mm, y 6 semillas por vaina, a vainas con un largo de 50 a 90 mm y un ancho de 8 a 13 mm, y un promedio de 4 semillas por vaina; de semillas con un largo de 3.4 a 6.3 y un ancho de 2.5 a 4.5 mm a semillas con un largo de 6.6 a 12 mm y 4.4 a 7.8 mm de ancho; de semillas con dormancia a semillas sin dormancia, y finalmente el color de las semillas en las formas silvestres es moteado, gris-café, negro, etc. y en las domesticadas blanco, naranja-café, moteado, etc.

Los principales cambios que se pueden señalar en *P. coccineus* bajo domesticación según Delgado S. [1988], son:

- a) El hábito de crecimiento compacto ha sido seleccionado para facilitar la cosecha; pero aún persisten muchos cultivares de enredaderas largas.
- b) Se ha dado un incremento en tamaño y robustez de la planta. Incremento en el diámetro del tallo, de las dimensiones de la hoja, de las partes florales, frutos, y semilla.
- c) Las vainas de las variedades domesticadas son largas y anchas, con algunas semillas.

- d) Las semillas de las domesticadas son varias veces más grandes en tamaño y peso, y han perdido su dormancia, la dureza de la cubierta de la semilla en una gran extensión ha sido perdida a través de la domesticación.
- e) Se ha observado un incremento en el tamaño de la plántula en el proceso de domesticación.
- f) Se ha perdido en forma parcial la sensibilidad a los signos del ambiente en algunas poblaciones, por ejemplo el fotoperíodo.
- g) En raras ocasiones los cultivares se comportan como anuales, ya que la mayoría aún exhiben un ciclo de vida perenne.

Muchos cambios morfológicos y fisiológicos han aparecido durante la evolución de *P. lunatus* y esto ha sido documentado por Smartt [1978]. En *P. lunatus*, las modificaciones más obvias son los cinco o seis pliegues aumentados en el tamaño de la semilla, la variación en la forma de la semilla y modelos de color de la cubierta de la semilla, el cambio de vida perenne a ciclo anual, insensibilidad al fotoperíodo, y la reducción de sustancias tóxicas (comúnmente los glucósidos cianogénicos).

De acuerdo con Debouck [1991], en *P. vulgaris* los principales cambios que se pueden considerar son los morfológicos, fisiológicos y genéticos. En la morfología, los principales cambios son: en el hábito de crecimiento, las formas silvestres son trepadoras y las cultivadas pueden ser trepadoras o arbustivas; las formas cultivadas tienen entrenudos más cortos y los folíolos más grandes; la posición de la inflorescencia en las formas silvestres es casi siempre lateral, y en las domesticadas dependiendo del hábito de crecimiento puede ser lateral o terminal; las formas domesticadas han perdido casi completamente la dehiscencia de la vaina, el largo de la vaina ha aumentado y el tamaño de la semilla también. En relación a los principales cambios fisiológicos se tiene que el frijol común domesticado ha perdido la dormancia y se ha vuelto insensible al fotoperíodo; y entre los principales cambios genéticos estudiados se ha encontrado una pérdida de variabilidad en faseolina en las formas domesticadas de frijol común.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen adaptado de Smartt [1976], en el que se ilustra una comparación de los cambios evolutivos bajo domesticación de las especies cultivadas de *Phaseolus*.

Como señala Smartt [1988], si se compara la extensión de los aparentes avances evolutivos bajo domesticación en las cinco especies, entonces parece claro que éste es considerablemente más grande en *P. vulgaris* que en las otras especies de *Phaseolus*. Si la amplitud de recursos genéticos conocidos también es considerada, se puede notar una tendencia similar a la del punto anterior. La implicación de esto es que se tiene un gran *pool* de variabilidad genética establecido para *P. vulgaris*; entonces el potencial evolutivo para el futuro es también grande en esta especie.

Cuadro 1
CAMBIOS EVOLUTIVOS BAJO DOMESTICACIÓN
DE LAS ESPECIES CULTIVADAS DE *PHASEOLUS*

Carácter	Especie				
	v	l	c	a	p
1. Incremento en el tamaño de vaina y semilla	+	+	+	+	+
2. Reducción de dureza de la semilla	+	+	+	+	+
3. Reducción de tejido de pergamino	+	+	+	+	+
4. Producción de tipos de vaina "estrecha"	+	—	+	—	—
5. Reducción de ramificaciones polinodales	+	+	+	+	+
6. Ocurrencia de oligonudalidad	+	+	+	—	+
7. Producción de formas enanas polinodales	+	—	—	+	—
8. Forma de vida de cultigenes					
a) anual	+	+	+	+	+
b) perennes	—	+	+	—	—
9. Forma de vida de formas silvestres					
a) anual	+	—	—	+	+
b) perenne	+	+	+	—	—
10. Color de flor					
a) formas silvestres					
lila	+	+	+	+	+
blanca	+	—	—	—	+
roja	—	—	+	—	—
b) cultigenes					
lila	+	+	+	+	—
blanca	+	+	+	+	+
roja	—	—	+	—	—
11. Color de la testa					
a) formas silvestres					
silvestre moteado	+	+	+	+	+
colores propios	+	+	+	—	+
modelos	—	—	—	—	—
b) cultigenes					
silvestre moteado	—	—	—	—	—
colores propios	+	+	+	+	+
modelos	+	+	+	+	+
12. Incremento signif. del tamaño de hoja	+	+	+	+	—

Claves: v:*vulgaris*; l:*lunatus*; c:*coccineus*; a:*acutifolius*; p:*polyanthus*.

Sin embargo, las otras especies domesticadas de frijol presentan menos avance evolutivo y una estrecha amplitud de recursos genéticos, lo que indica que ha existido menor cantidad de trabajo en las mismas, especialmente en *P. polyanthus*.

IV. COMPARACIÓN DEL PROCESO Y LUGAR DE DOMESTICACIÓN

1. Evidencia bioquímica

La evidencia bioquímica es una de las nuevas técnicas que han sido utilizadas en la actualidad con mucho éxito; de los relativamente pocos trabajos desarrollados en *Phaseolus*, la mayoría son en relación a *P. vulgaris*.

La evidencia más reciente está basada en marcadores bioquímicos, tales como faseolina e isoenzimas. La faseolina es el almacén más grande de proteína en la semilla de frijol [Gepts, 1990]. El frijol común silvestre de diferentes orígenes geográficos puede distinguirse por su tipo particular de faseolina, cada una de las cuales es característica de su propia región. Las formas cultivadas presentan una distribución paralela a la que presentan los tipos silvestres. Este paralelismo se puede interpretar para indicar la domesticación múltiple del frijol común a lo largo de la amplitud de distribución del ancestro silvestre [Gepts, 1990].

Dos centros mayores de domesticación han sido definidos: uno en Mesoamérica que conduce a cultivares con faseolina "S" y el otro en el suroeste de los Andes que conduce a cultivares con faseolina "T", "C" y "H". Un centro menor parece estar localizado en Colombia (o quizá en América Central), que conduce a cultivares con faseolina tipo "B". De acuerdo con Schinkel *et. al.*, citado por Gepts [1990], recientes investigaciones con isoenzimas han confirmado estos descubrimientos. Datos de faseolina indican que la domesticación pudo haber representado una fuerte reducción de la diversidad genética en Mesoamérica. En la región andina, la domesticación también ha inducido a la reducción de la diversidad de faseolina. Una reducción similar en la diversidad de faseolina ha sido observada en el tepari *P. acutifolius* mientras los teparis silvestres presentan 15 diferentes variantes de faseolina, los cultivados presentan una sola variante. Los datos de faseolina sugieren que *P. lunatus* puede consistir en dos grupos de variantes silvestres, los mesoamericanos y los andinos.

Los estudios de variabilidad en *P. polyanthus* silvestre, asilvestrados y cultivados, indican la presencia de diez patrones diferentes de faseolina, ocho en Mesoamérica y dos en los Andes del norte. La mayor diversidad se ha encontrado en las formas silvestres presentes en Guatemala. El modelo dominante "b", está presente en todos los materiales cultivados de Mesoamérica y presentes en baja frecuencia en Colombia; en tanto que el modelo "k" dominante en los Andes del norte, está carente en materiales de Guatemala y México. Lo cual puede indicar que para esta especie, el lugar de domesticación fue el centro de Guatemala y de aquí

hubo una difusión hacia México y hacia Costa Rica y los Andes [Schmit y Debouck, 1991]. Además, trabajos desarrollados por Azurdia [1994] con marcadores bioquímicos y moleculares indican que *P. polyanthus* silvestre está cercanamente emparentado con *P. polyanthus* cultivado, antes que con otra especie de *Phaseolus*.

2. Evidencia arqueológica

La evidencia arqueológica disponible del suroeste de Estados Unidos no apoya el argumento de la domesticación temprana de tepari *P. acutifolius* en esta área [Pratt y Nabhan, 1988], y sugiere al noroeste de México como origen, dados los hallazgos encontrados allí. Restos de frijol tepari datan de 5000 A.P. (Antes del presente) encontrados en excavaciones del valle de Tehuacán, dando la evidencia arqueológica que los valles semiáridos del noroeste de México fueron el sitio original de domesticación; pues las muestras de tepari de Tehuacán parecen tener ya una completa domesticación [Kaplan, 1967]. El inicio de la domesticación de tepari probablemente se traslapa considerablemente con la del maíz y el frijol común, en ambos casos en sentido físico y temporal. Las formas domesticadas y parcialmente domesticadas pudieron haber llegado al valle de Tehuacán de otro lugar, antes de 5,000 A.P. [Pratt y Nabhan, 1988]. Según Nabhan [1985], el tepari tiene su centro de diversidad en Aridoamérica (región que incluye al noroeste de México y suroeste de Estados Unidos).

La diversidad tanto de teparis domesticados y poblaciones silvestres en Aridoamérica, combinado con evidencia arqueológica de la presencia de tepari domesticado dentro del área, dan un argumento convincente de que el tepari podría probablemente haber sido domesticado en Aridoamérica mas que en Mesoamérica. Adicionalmente Pratt y Nabhan [1988], plantean que el frijol tepari pudo haber tenido centros múltiples de origen o aún concebiblemente un origen monocéntrico, extendido de Guatemala a Sonora, México.

Baudoin [1988], indica que restos del cultivo de *P. lunatus* se han identificado en varios sitios arqueológicos del nuevo mundo. A través de los registros arqueológicos no se ha confirmado el área de origen de *P. lunatus*. Apoyados en la idea de la domesticación separada de la forma de la semilla pequeña y grande y en la antigüedad de los hallazgos arqueológicos Kaplan y Kaplan [1988] han encontrado que el cultivo de *P. lunatus* se inició muchos años antes en Perú que en Centro América. En el Cuadro 2 se presenta un resumen de los principales sitios arqueológicos donde se ha encontrado *P. lunatus*.

Cuadro 2
LUGARES ARQUEOLÓGICOS DONDE
SE HA ENCONTRADO PHASEOLUS LUNATUS

Sitio	años antes del presente	tipo de semilla
Valle Verde (sur de Estados Unidos)	700	Sieva
Río Zape (sur de Estados Unidos)	1300	Papa
Ocampo (México)	1100-1800	Sieva
Dzibilchaltun (México)	1200	Sieva
Tehuacán (México)	1200-1400	Sieva
Huaca Prieta (México)	4500	Lima grande
Chilca (Perú)	5300	Lima grande
Nazca (Perú)	2750	Lima grande
Huaylas (Perú)	7600-10000	Lima grande

Fuente: Kaplan y Kaplan, Linch [1988].

Entre los frijoles encontrados en sitios arqueológicos —a la fecha— no se ha encontrado *P. coccineus* en excavaciones de Sur América [Delgado S., 1988]. Kaplan y Kaplan [1988], han consignado restos de *P. coccineus* en tres localidades: región de Ocampo, Tamaulipas, con antigüedad de 7,500 a 9,000 años A.P.; 2,200 años A.P. en Tehuacán, Puebla; y 1,300 años A.P. en Río Zape, Sonora. Puesto que los restos arqueológicos de *P. coccineus* se han encontrado en las áreas de los progenitores silvestres, y considerando que la mayor diversidad genética de la especie se encuentra en las zonas templadas de México, se sugiere a estos lugares con altura promedio de 2,200 msnm como el centro de diversidad de *P. coccineus*, Miranda C. [1979].

Datos arqueológicos consignados por Kaplan y Kaplan [1988], con base en lo encontrado en la cueva de Tularosa, México, indican que el frijol común *P. vulgaris* aparece en el suroeste de Estados Unidos desde tres mil años A.P. A la fecha la evidencia arqueológica sugiere que la domesticación del frijol común es más antigua en América andina que en Mesoamérica [Kaplan, 1981]. Puede ser que *P. vulgaris* fuera domesticado independientemente en estas dos regiones o que los cultivares y ciertos parientes silvestres que crecen en Mesoamérica sean derivados de Sur América [Kaplan, 1981]. El frijol común en la cueva de Guitarrero, en el norte central de los Andes peruanos, está representado por cuatro razas completamente domesticadas. Tres de éstas también presentes en Pichasca 4,700±80 años A.P., en las tierras altas andinas en el norte

de Chile. Dos de estos tipos de la cueva de Guitarrero son de un contexto altamente confiable y datan de $7,680 \pm 280$ años A.P. Así, entre hace 7,000-10,000 años el frijol común había experimentado cambios por domesticación en el este de los Andes en el período lítico durante el cual la cacería y la recolección fueron el principal medio de subsistencia antes de la introducción de la cerámica [Kaplan y Kaplan, 1988].

En Mesoamérica y en el suroeste de Estados Unidos los hallazgos de frijol común son similares con respecto al perfil cronológico en que se han encontrado. El frijol común aparece primero en niveles precerámicos en muy bajos números; hace 4,000-6,000 años en el noroeste de México en Ocampo, Tamaulipas y hace 5,000-7,000 años en el valle de Tehuacán en el Centro de México. El frijol común, junto con el maíz, incrementaron su participación como componentes de las plantas alimenticias mantenidas en sitios de tierras altas durante el período de 100-700 D.C., según lo documenta Kaplan y Kaplan [1988]. Este último lapso de tiempo mencionado puede marcar el inicio del frijol común como cultivo en Mesoamérica, con tipos arbustivos que ganaron importancia relativa a los tipos de enredadera. Otro dato importante, son los últimos hallazgos de maíz y frijol común hechos en tierras mayas bajas de Belice consignadas por Miksicek *et al.* —citado por Kaplan y Kaplan [1988]—, que datan de aproximadamente de 2,000 años antes de cristo a 250 de nuestra era; éste es un hecho importante porque constituye el primer registro de tierras bajas en costas húmedas del norte de Sur América.

3. Evidencia etnobotánica

Otra evidencia que puede ayudar a conocer el centro de origen y domesticación de especies es la relación que éstas han guardado con las culturas de su lugar de origen. Esta información se genera de la etnografía, de los hallazgos arqueológicos y de los estudios lingüísticos.

Para el caso de *P. acutifolius*, la importancia de varias variedades de teparis en las tribus indígenas del desierto de Sonora, y la presencia de teparis silvestres en las regiones intermontañas del noroeste de México y suroeste de Estados Unidos, sugieren al desierto de Sonora como el centro de origen y diversidad (Carter, citado por Pratt y Nabhan, [1988]).

P. lunatus se halla fuertemente vinculado no solamente en la alimentación y en la economía, sino también en el arte y la simbología de los pueblos precolombinos, especialmente en los suramericanos. En la cerámica Mochica o Moche (800 A.C.) de Perú se encuentran representadas una serie de incisiones en su superficie en forma de frijoles pallares, que se postula fueron utilizadas como un sistema de escritura pictográfica. Asimismo en el arte de Paracas y de Nazca se encuentran alusiones al frijol lima. En México es casi nula la presencia del frijol

lima en cerámica; de lo poco que se ha encontrado se tiene el mural de los conjuntos habitacionales de Tetitla y Zacuala en Teotihuacán [Manzanilla y Delgado, 1990].

Para *P. vulgaris* de acuerdo con Debouck [1991], se tiene evidencia de su uso tanto en Mesoamérica como en Sur América desde antes de la llegada de los españoles. También se tiene evidencia de la gran cantidad de nombres nativos dados a este frijol; así en los Andes los principales nombres son: purutu, mikulli, pejek, y peccke; en Mesoamérica: etl, yelt, exotl, buul, chenek, kani, kani dororro, kani cheraman, chin; en Norte América: osahe-ta, ousaheta, ogaressa, tobi, malaxchit, monisk, miskodissimin, uppuhquam-ash, a'taba'kwé, y manusquissed-ash. Lo que indica que ha existido una estrecha relación, desde hace muchos años, de esta especie con los pueblos de estos lugares.

P. coccineus y *P. polyanthus* en algunas regiones de Mesoamérica reciben nombres similares como botil en Chiapas y piloy en Chimaltenango, Guatemala; sin embargo, en muchos lugares reciben nombres vernáculos diferentes, aun cuando se cultivan juntos; así, *P. coccineus* es llamado shanshana, ayocote y chamborote, en tanto que *P. polyanthus* es denominado xuyumel, acaetl, ibis, dzich, ixich, piloya y piligüe [Debouck, 1991]. En Sur América estas dos especies no tienen nombres derivados de lenguas nativas.

V. CONCLUSIONES

Con base en la distribución natural de las formas silvestres de las especies cultivadas de *Phaseolus* se puede concluir que *P. polyanthus*, *P. coccineus* y *P. acutifolius* tienen su origen en Mesoamérica; específicamente la zona central de Guatemala para *P. polyanthus*, las partes templadas del centro y sur de México para *P. coccineus* y la zona árida del norte de México y suroeste de Estados Unidos para *P. acutifolius*. En tanto que *P. lunatus* y *P. vulgaris* tienen una distribución natural más amplia en América que va desde México hasta Argentina y el origen exacto de ellas aún no se puede asegurar.

En cuanto a domesticación, los estudios de faseolina indican que para *P. lunatus* y *P. vulgaris* aparentemente hay una diferenciación geográfica entre los materiales estudiados: los mesoamericanos y los suramericanos. Esto sugiere dos posibilidades en su domesticación:

- 1) Que estas especies hallan sido domesticadas en Sur América inicialmente y luego traídas a Mesoamérica; y
- 2) que se halla realizado una domesticación independiente, una en Mesoamérica con énfasis en semillas de frijoles pequeños y la otra en Sur América con énfasis en frijoles de semillas grandes.

La segunda hipótesis es la más aceptada por varios autores como Kaplan y Kaplan [1988], Gepts [1990] y Blumler [1992]. Para *P. polyanthus* la variabilidad de faseolina encontrada en los materiales silvestres de Guatemala, evidencian el origen y domesticación de esta especie en este país y su posterior distribución a México y Sur América.

La evidencia arqueológica, parece ser la más documentada para hacer un planteamiento del lugar de domesticación de las especies cultivadas de *Phaseolus*. Con base en éstas se concluye que el frijol tepari *Phaseolus acutifolius* fue domesticado originalmente en el noroeste de México y suroeste de Estados Unidos (Aridoamérica), en una época similar a la del frijol común, lo cual está apoyado, también, en el gran número de razas locales existentes en esta área; por lo tanto los hallazgos arqueológicos hechos en Tehuacán de frijol tepari, a pesar de ser bastante antiguos, corresponden a formas cultivadas traídas del Norte.

El ayocote o piloy *Phaseolus coccineus* parece tener su centro de diversidad y de domesticación en las partes templadas de México; según los hallazgos arqueológicos de Ocampo, Río Zape y Tehuacán, ésta pudo haberse iniciado hace más de 7,500 años A.P. El frijol lima *P. lunatus* fue domesticado independientemente en Sur América (tipo lima grande), hace más de 10 mil años, aparentemente antes que en Mesoamérica (tipo sieva) hace unos 4,500 años; y el frijol común *P. vulgaris* en la misma forma en Sur América hace más de 10 mil años y en Mesoamérica hace unos siete mil años.

BIBLIOGRAFÍA

- AZURDIA P., C. 1994. Genetic diversity in the *Phaseolus vulgaris* complex in Guatemala. Ph.D. dissertation. University of California. U.S.A. 138 p.
- BAUDOIN, J.P. 1988. Genetic resources, domestication and evolution of lima beans *P. lunatus* L. In Genetic resources of *Phaseolus* beans. Ed. by Gepts, P. Kluwer. Dordrecht, Netherlands. p. 393-407.
- BLUMLER, M.A. 1992. Independent inventionism and recent genetic evidence on plant domestication. *Economic Botany* 46(1):98-111.
- DEBOUCK, D.G. 1987. Problemática reciente de la domesticación del frijol. Conferencia presentada en Chapingo, México. 18 p.
- _____; SOTO, J.J. 1988. Recolección de germoplasma de *Phaseolus* (frijol) en el occidente de Guatemala. *Tikalía* (Gua.) 6(1):17-34.
- _____. 1991. Systematics and morphology. In *Common beans: research for crop improvement*. Ed. by Schoonhoven, A.; O. Voysest. Cab, CIAT. Wallingford, Oxon. UK. pp 55-115.

- _____. 1995. Germplasm exploration for the genera *Manihot* and *Phaseolus* in western and central Guatemala. Cali, Colombia, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala/Centro Internacional de Agricultura Tropical/ International Plant Genetic Resources Institute. 29 p.
- DELGADO S., A. 1985. Systematics of the genus *Phaseolus* (*Leguminosae*) in North and Central America. Ph. D. dissertation, University of Texas. Austin, Texas. U.S.A. 363 p.
- _____. 1988. Variation, taxonomy, domestication, and germoplasm potentialities in *Phaseolus coccineus*. In Genetic resources of *Phaseolus* beans. Ed. by Gepts, P. Kluwer. Dordrecht, Netherlands. p. 441-463.
- GENTRY, H.S. 1969. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. Economic Botany 23(1): 55-69.
- GEPTS, P. 1990. Biochemical evidence bearing on the domestication of *Phaseolus* (*Fabaceae*) beans. Economic Botany 44(3 supplement):28-38.
- ISELY, D.; POLHILL, R. 1980. Leguminosae subfamily papilionoideae. Taxon 29(1): 105-119.
- KAPLAN, L. 1967. Archaeological *Phaseolus* from Tehuacan. In The prehistorical of the tehuacan, Valley. Vol 1. Environment and subsistence. Ed. by S. Byers. University of Texas Press. Austin, Texas. EE.UU. p. 201-211.
- _____. 1981. What is the origin of the common bean? Economic Botany 35(2): 240-254.
- _____; KAPLAN, L.N. 1988. *Phaseolus* in archaeology. In Genetic resources of *Phaseolus* beans. Ed. by P. Gepts. Kluwer. Dordrecht, Netherlands. p. 125-142.
- LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. IICA. San José, Costa Rica. 445 p.
- MANZANILLA, L.; DELGADO, A. 1990. El frijol prehispánico. Información científica y tecnológica 12(168):52-56.
- MIRANDA C., S. 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). Agrociencia 1(2):99-109.
- _____. 1979. Evolución de *Phaseolus vulgaris* y *P. coccineus* En Contribuciones al conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Ed. por Engleman, E. M. Colegio de posgraduados. Chapingo, México. p. 83-99.
- _____. 1990. Identificación de las especies cultivadas del género *Phaseolus*. Colegio de posgraduados. México. 20 p.
- NABHAN, G.P.; FELGER, R.S. 1978. Teparis in south western in North America. Economic Botany 32:2-19.

- PRATT, R.C.; NABHAN, G.P. 1988. Evolution and diversity of *Phaseolus acutifolius* genetic resources. In Genetic resources of *Phaseolus* beans. Ed. by Gepts, P. Kluwer. Dordrecht, Netherlands. p. 409-440.
- Schmit, V.; Debouck, D. G. 1991. Observations on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. Economic botany. 45(3) : 345-364.
- . 1978. The evolution of pulses crops. Economic botany 32: 185-198.
- SMARTT, J. 1988. Morphological, physiological and biochemical changes in *Phaseolus* beans under domestication. In Genetic resources of *Phaseolus* beans. Ed. by Gepts, P. Kluwer. Dordrecht, Netherlands. p. 143-161.

Publicaciones: **EVALUACIÓN DE TRES ESPECIES FORESTALES** **EN PLANTACIÓN PURA Y SISTEMA TAUNGYA** **EN LA PARTE ALTA DE LA CUENCA DEL RÍO** **ACHIGUATE, GUATEMALA:** **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

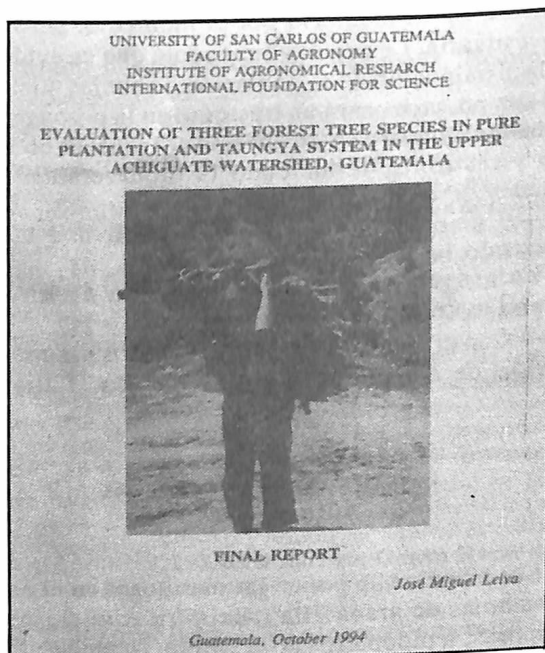
Autor: José Miguel Leiva Pérez

Publicado por: Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y Fundación Internacional para la Ciencia.

Esta publicación, editada en español e inglés, contiene los resultados de una investigación realizada durante 1987-1991, en la que se analiza el potencial de tres especies forestales en plantación pura y en asocio con maíz y frijol.

Las especies estudiadas fueron *Alnus acuminata* (aliso o llamo), *Eucalyptus globulus* (eucalipto) y *Casuarina equisetifolia* (casuarina). Según los resultados, la primera especie alcanzó los mayores valores de crecimiento en diámetro a la altura del pecho y diámetro de copa. Mientras que la casuarina fue la que presentó los menores valores de crecimiento.

Además, no se detectaron diferencias en crecimiento de los árboles en las dos modalidades de plantación (sólo árboles o en asocio con maíz y frijol). En los sistemas de producción asociada la producción de maíz y frijol se redujo significativamente a partir del segundo año; exceptuando las asociaciones con *C. equisetifolia*.



CIENCIA DEL SUELO

EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE DOS SUELOS DEL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL BULBUXYÁ SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA

Milton R. Tobías Vásquez
José J. Chonay Pantzay
Hugo A. Tobías V.



Resumen

En este artículo se presentan los resultados de un estudio realizado bajo las condiciones del invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con suelos Dystropepts y Dystrandeps, cultivados con cacao (*Theobroma cacao* L.) y Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.), provenientes del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá en el departamento de Suchitepéquez (CATBUL).

El objeto de la investigación fue evaluar la respuesta de los nutrientes nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, cobre, manganeso, zinc, molibdeno y boro, utilizando la técnica del elemento faltante, para lo cual se usó la planta indicadora sorgo (*Sorghum vulgare*).

Como variables de respuesta se tomaron en cuenta el rendimiento en biomasa, el rendimiento relativo, altura de planta, materia seca de raíz y diámetro de tallos.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que en los dos suelos son limitantes los elementos fósforo y cobre; sin embargo, es importante hacer notar la diferencia que en el Dystropepts (cultivado con cacao), la respuesta a la aplicación de cobre no es tan marcada, como lo es en el caso del Dystrandeps (cultivado con caña de azúcar).

El presente trabajo pretende dejar las bases para planificar el manejo de la fertilización y enmiendas de los principales cultivos, como son la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.), los cuales ocupan en la actualidad el 41.48% de la superficie del total de área del CATBUL que es de 89.5 hectáreas.

INTRODUCCIÓN

El suelo, además de servir como anclaje para el sistema radicular de las plantas, es el proveedor y almacén de sustancias nutritivas para el crecimiento y el desarrollo de plantas y de los seres vivos.

Guatemala, posee una gran diversidad de suelos, que de acuerdo a su material geológico de origen y condiciones climáticas y topográficas, principalmente, poseen características propias que hacen necesaria la aplicación de prácticas agronómicas específicas destinadas al uso racional, con miras a aumentar la producción y la conservación del mismo; buscando con ello el desarrollo de una agricultura sustentable a partir del suelo.

El recurso suelo es afectado por una serie de factores que le han causado daños irreversibles, entre éstos se puede mencionar: la tenencia de la tierra, la creciente población del país, faltas de políticas de desarrollo acordes a las características de los recursos. Además existen otras causas de manejo de suelos que no han permitido que éstos se aprovechen adecuadamente; entre ellas cabe destacar el manejo de la fertilidad mediante fórmulas químicas y en cantidades no adecuadas, así como la falta de prácticas de conservación de suelos.

A partir de 1981 el Centro de la Agricultura Tropical Bulbuxyá (CATBUL) fue conceptualizado como un Centro de Investigación; siendo utilizado por la Facultad de Agronomía para apoyar la realización de proyectos de investigación de los Programas del Instituto de Investigaciones Agronómicas y para contribuir al desarrollo del proceso enseñanza-aprendizaje de la Facultad de Agronomía. Además se le utiliza para apoyar actividades de extensión de la misma Facultad de Agronomía y de otras unidades académicas.

El presente trabajo pretende dejar las bases para planificar el manejo de la fertilización y enmiendas en los principales cultivos, como son la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.), los cuales ocupan en la actualidad el 41.48% de la superficie del total de área del CATBUL que es de 89.5 has.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Métodos de evaluación de la fertilidad

Sánchez [1981] menciona que la fertilidad del suelo tiene que ser evaluada de acuerdo a los elementos químicos esenciales para las plantas, y las características físicas y químicas del mismo. El análisis de los niveles de disponibilidad de nutrientes en el suelo, debe realizarse con

soluciones de extracción calibrados y correlacionados con el crecimiento de las plantas.

Chaminade citado por Sánchez [1981], indica que en los experimentos en macetas con la técnica del elemento faltante se obtiene tres tipos de información:

- 1) qué nutrientes son deficientes;
- 2) la importancia relativa de las deficiencias; y
- 3) la tasa a la que se agota la fertilidad con los cortes sucesivos cuando se usa un pasto como planta indicadora.

Además Sánchez [1981] menciona que uno de los procedimientos que sirve para la identificación de deficiencias de nutrientes, es la técnica del elemento faltante, esto involucra el uso de plantas indicadoras crecidas en el invernadero.

Carbajal [1972] indica que los datos obtenidos del análisis de tejido vegetal reflejan una correspondencia entre la capacidad de suministro de nutrimentos por parte del suelo y la influencia de factores externos. Dow y Robert citados por Medina [1983], mencionan que existen cuatro criterios para interpretar resultados de análisis de tejido: el nivel crítico, rango crítico, valores estándar y el sistema integrado de diagnóstico y recomendación (DRIS).

Richard y Chaminade [1968] mencionan que para una buena fertilización se deben considerar los siguientes aspectos:

- 1) Que los nutrientes deben estar disponibles, de acuerdo a la fertilidad del suelo.
- 2) Los requerimientos de las plantas que se cultivan.

Según Schenkjel [1971] una adecuada fertilización implica el conocimiento de:

- 1) Los nutrientes que deben aplicarse con las fórmulas de los fertilizantes.
- 2) Dosis de cada uno de estos nutrientes que se aplicarán en conjunto o separadamente en el suelo.
- 3) Forma de aplicación del fertilizante.
- 4) Método de aplicación.

Wagner [1883] citado por Schenkjel [1971] dice que el ensayo en macetas se convierte en una excelente técnica para estudiar fórmulas comerciales de fertilizantes; esto sirve para establecer los nutrientes que faltan en el suelo, sin especificar las cantidades requeridas.

También Schenkjel [1971] afirma que cualquier programa de exploración de deficiencia nutritiva pretende conocer las reservas de elementos que posee el suelo.

Holme [1944] al evaluar suelos cañeros para obtener la curva de respuesta al nitrógeno, logró correlacionar el crecimiento vegetativo del maíz en la micro-parcela con el tonelaje de caña de azúcar producido.

2. Características generales del área del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá (CATBUL)

De acuerdo con el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) [USAC, 1989] "El CATBUL se ubica en el Municipio de San Miguel Panán, del Departamento de Suchitepéquez, es propiedad de la Universidad de San Carlos de Guatemala; bajo la administración de la Facultad de Agronomía, tiene una extensión de 89.5253 hectáreas".

Está ubicado en las coordenadas 14°39'39" de latitud Norte y 91°22'00" longitud Oeste, a 340 msnm [USAC, 1989].

Según el mapa elaborado por De la Cruz [1982] basado en el sistema Holdridge el área se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido.

Las condiciones climáticas son las siguientes: precipitación pluvial 4,000 mm. de lluvia anual y distribuidos en 140 días al año, entre los meses de mayo a octubre y son ocasionales algunas lluvias en abril y noviembre. La temperatura se ha calculado en media anual de 25°C.

II. OBJETIVO

Evaluar la respuesta de nitrógeno, fósforo, potasio, cobre, manganeso, zinc, molibdeno, azufre y boro sobre el rendimiento en biomasa de la planta indicadora sorgo (*Sorghum vulgare*) con la técnica del elemento faltante.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Suelos utilizados

Tomando como base los resultados del levantamiento detallado de suelos del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá (CATBUL), se eligieron las dos unidades cartográficas más importantes por su extensión y uso de la tierra. Los suelos de las dos unidades de mapeo seleccionadas, sirvieron como sustrato para el ensayo biológico. Los suelos seleccionados se clasifican como Dystropepts y Dystrandeps (Haplustands). En el Cuadro 1 se presentan las principales características de los horizontes superficiales y subsuperficiales de los suelos Dystropepts y Dystrandeps.

Cuadro 1
DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS QUE POSEEN LOS SUELOS^a

Suelo cultivado con	ppm		Meq/100 ml		ppm		
	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn
Cacao	15	180	4	0.8	1	2	0.8
Caña de azúcar	15	185	3	0.7	1.5	2	0.5

Notas: a) Análisis efectuado en el laboratorio de suelos "Salvador Castillo" de la Facultad de agronomía de la Universidad de San Carlos.

2. Muestreo de suelos

El trabajo, debido a que se desarrolló en invernadero y laboratorio, requirió previamente obtener muestras compuestas homogeneizadas de los suelos Dystrandepts y Dystropepts. Atendiendo a las características de los cultivos se consideró importante obtener muestras a una profundidad que estuviera de acuerdo a la distribución del sistema radicular de cada cultivo.

La técnica del muestreo en cada unidad de mapeo para cada cultivo, se realizó siguiendo el muestreo al azar para la formación de una muestra compuesta. Se tomó a intervalos de 20 m. una submuestra; éstas se mezclaron para obtener la muestra compuesta de 20 kg. representativos de cada área de cultivo [Díaz-Romeu y Hunter, 1978]. La profundidad de muestreo fue de 0 a 60 cm.

3. Procesamiento de las muestras

Las muestras de suelos obtenidas en el campo se sometieron a los siguientes procesos: identificación, secado a la sombra, tamizado a 2 mm. y homogeneizado con un homogeneizador de doble flujo. Posteriormente se realizó el análisis físico-químico de las muestras. La extracción de nutrientes se hizo con la utilización de la metodología del "doble ácido diluido" (Carolina del Norte).

4. Localización del experimento

El experimento se desarrolló bajo las condiciones del invernadero de la Facultad de Agronomía, ubicada en la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, ciudad de Guatemala. Su localización

geográfica es de 14°35'11" latitud Norte y 90°31'58" longitud Oeste, a una altura de 1,502 msnm [Díaz, 1985].

5. Estudio de sorción

Las características del suelo están sujetas a cambios físicos, químicos y biológicos, esto es debido a reacciones que se dan dentro del suelo; por lo tanto la disponibilidad de nutrientes para la planta tiende a variar con la adición de los elementos químicos agregados, además influyen los presentes en el suelo. Díaz-Romeu y Hunter [1978] definen el proceso de sorción, como una actividad que consiste en la adición en cantidades crecientes de los nutrientes a evaluar, de tal forma que éstos interactúen dentro del suelo y que posteriormente se determine su disponibilidad.

Con las curvas de sorción se pueden establecer los niveles de elementos a aplicar en los ensayos biológicos, asegurando la absorción de nutrientes. Coronado [1988], trabajando con suelos de la costa sur de Guatemala cultivados con algodón, estableció que multiplicando el resultado de la concentración del elemento en el punto de inflexión de la curva por un factor 1.5 se estima la cantidad del nutriente que es objeto de incubación.

6. Planta indicadora

Dadas las características de los cultivos y su grado de perennidad, se simuló el aporte de nutrientes de los suelos evaluados con una planta indicadora.

Como planta indicadora se utilizó el sorgo (*Sorghum vulgare*), variedad Guatecau, la cual presenta las características siguientes: sensible a la mayoría de deficiencias, crece rápido, se desarrolla en un amplio rango de condiciones climáticas y edáficas, además posee una germinación rápida.

7. Nutrientes evaluados

Los nutrientes evaluados se establecieron con base en las características de los suelos en estudio y los valores del punto de inflexión de la curva de sorción. Los cultivos para los cuales se establecen recomendaciones, dan bases técnicas para la determinación de los elementos aplicados.

En los Cuadros 2 y 3 se presentan los tratamientos a evaluar con la técnica del elemento faltante, así como las concentraciones usadas para los estudios de sorción.

Cuadro 2
NUTRIENTES Y NIVLES EVALUADOS EN EL SUELO
CULTIVADO CON CACAO

Elemento	Tratamiento
Testigo	0 ppm
Nitrógeno	20 ppm
Fósforo	165 ppm
Calcio (incubado)	0.1912 g/100g de suelo
Magnesio (incubado)	0.1321 g/100g de suelo
Zinc	5 ppm
Manganeso	15 ppm
Molibdeno	0.2 mg/Kg de suelo
Azufre	12 mg/Kg de suelo
Boro	0.2 mg/Kg de suelo

Cuadro 3
NUTRIENTES Y NIVELES EVALUADOS EN EL SUELO
CULTIVADO CON CAÑA DE AZÚCAR

Elemento	Tratamiento
Testigo	0
Nitrógeno	20 ppm
Fósforo	570 ppm
Potasio	352.5 ppm
Calcio (incubado)	0.3312 g/100g de suelo
Magnesio (incubado)	0.1462 g/100g de suelo
Cobre	21 ppm
Zinc	17.7 ppm
Manganeso	9.0 ppm
Molibdeno	0.2 mg/kg de suelo
Azufre	12 mg/kg de suelo
Boro	0.2 mg/kg de suelo

8. Incubación de calcio y magnesio

Se utilizaron cuatro vasos de 250 ml por cada suelo en estudio, aplicando 100 g de suelo; a éstos se les agregaron cantidades crecientes de CaO y MgO, como se describe en los Cuadros 2 y 3. A los recipientes con el suelo tratado se les aplicó riego con 20 ml de agua destilada por

vaso, diariamente, para mantener la humedad necesaria en el suelo, de tal forma que se facilitaran los procesos químicos en el mismo.

A los 25 días de incubación, se procedió a realizar la evaluación de la concentración de Ca y Mg, las dosis aplicadas para el suelo Dystropepts fueron 0.1912 g de CaO y 0.1321 g de MgO por 100 g de suelo. Para el suelo Dystrandeps fueron 0.3312 g de CaO y 0.1462 g de MgO por 100 g de suelo con pH 6.90.

IV. PRUEBA BIOLÓGICA

El ensayo se realizó en el invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, para lo cual se utilizaron macetas para cada unidad experimental. La fertilización se hizo cinco días antes de la siembra, con los materiales en solución, de acuerdo a las dosis establecidas por medio de las curvas de fijación de nutrientes (sorción). Cinco días después de la fertilización se procedió a efectuar la siembra de sorgo variedad Guatecau, colocando cuatro semillas en cada maceta.

El corte de las plántulas de sorgo se efectuó 40 días después de la siembra, cortando las plantas a una altura de 1cm. arriba de la superficie del suelo.

1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un arreglo completamente al azar con 11 tratamientos y 3 repeticiones.

2. Modelo estadístico

El modelo estadístico lineal para el análisis de las variables fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

donde

Y_{ij} = variable respuesta de la ij-ésima unidad experimental

μ = efecto de la media general

T = efecto del i-ésimo tratamiento

$i = 1, 2, \dots, t$ = número de tratamiento

$j = 1, 2, \dots, r_i$ = número de repeticiones de cada tratamiento.

E_{ij} = error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

3. Variables respuesta

3.1. PESO SECO

El período de duración del ensayo biológico (40 días), fue fijado de acuerdo al tiempo de crecimiento de las plantas (parte aérea) que es proporcional al desarrollo de las raíces. Cuando se realizan ensayos a nivel de invernadero y macetas, el desarrollo de las raíces es afectado por el volumen de las macetas y el volumen de suelo utilizado. Se determinó que en un período de 40 días las raíces habían logrado el máximo desarrollo permitido por los recipientes; por lo tanto, la planta detendría su crecimiento foliar y podría iniciarse una muerte prematura.

Se cortó el material vegetal (cosecha) de cada maceta para establecer la materia seca en cada unidad experimental.

El peso seco sirvió para comparar la producción de materia seca de las plantas en cada tratamiento. El rendimiento de biomasa se expresó en rendimiento relativo.

3.2. ALTURA Y DIÁMETRO DEL TALLO

Se midió la altura promedio para cada tratamiento a los 40 días de haber plantado el ensayo. La medida se efectuó a partir de 1cm. arriba del suelo, con una frecuencia de ocho días. Se realizó la toma de datos de tal forma que se registraron alturas a los 12, 20, 28, 36, y 40 días después de la siembra.

El corte de los tallos se hizo por unidad experimental, por tratamiento y repetición al final del ensayo, que fue a los 40 días, tomando el peso expresado en gramos.

El diámetro del tallo se tomó a los 40 días de desarrollo del sorgo. La medición se efectuó con un vernier en cada una de las plantas indicadoras, por tratamiento y repetición, expresándose el diámetro en centímetros.

4. Análisis de datos

A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA). Los datos analizados fueron la biomasa producida por tratamiento, expresada en g/tratamiento secado a 65°C y la altura de las plantas para cada suelo y por cada tratamiento; se consideró un nivel de significancia del 10%.

Al encontrar diferencia significativa entre tratamientos, se realizó una "prueba múltiple de medias", utilizando para el efecto la prueba de Tukey al 5%.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el presente estudio, los cuales se discuten en forma individual para cada uno de los dos suelos estudiados.

1. Suelo cultivado con cacao (Dystropepts)

1.1. RENDIMIENTO EN BIOMASA

En el Cuadro 4 se presenta el rendimiento de materia seca, pudiéndose apreciar el efecto de la aplicación de nutrientes. Los menores rendimientos se obtuvieron al no aplicar fósforo y cobre, y en el tratamiento sin ningún elemento aplicado, el mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento con todos los elementos aplicados.

Al practicar el análisis de varianza, con el 10% de probabilidad de error, se encuentra que existe diferencia estadística entre tratamientos, por lo cual se realizó la comparación de medias con el estadístico de Tukey (Cuadro 4).

Con base en los resultados de rendimiento de biomasa y a la comparación de medias, se deduce que la producción de biomasa es afectada por la ausencia de fósforo y cobre; en tanto que los efectos de los otros elementos en evaluación: nitrógeno, potasio, azufre, zinc, manganeso, molibdeno y boro, no se detectan entre el tratamiento que tiene todos los elementos; por lo tanto se considera que los mismos no son necesarios para la producción de los cultivos en estudio. Sin embargo, llama la atención el caso del nitrógeno, el cual se considera un elemento indispensable y que en el suelo tiene una alta movilidad; la situación del nitrógeno en este caso se atribuye al contenido de materia orgánica del suelo en el área de estudio.

1.2. RENDIMIENTO RELATIVO

En el Cuadro 4 se presentan los valores de rendimiento relativo, los valores menores corresponden a los tratamientos testigo y sin la aplicación de fósforo y cobre; los valores mayores se presentan cuando no se aplicó nitrógeno, potasio, azufre, manganeso, molibdeno, boro, zinc y en la solución completa.

Al efectuar el análisis de varianza, con el 10% de probabilidad —como indica el Cuadro 5— se presentan diferencias entre los resultados obtenidos, por lo que se procedió a realizar la prueba de medias con Tukey al 5% (Cuadro 4).

Al analizar los resultados de biomasa, que se tomaron de base para rendimiento relativo, se mantiene la misma estructura en conformar

los grupos, presentando valores bajos el testigo (sin ningún elemento aplicado), fósforo y cobre; estos valores nos permiten inferir que el cobre debe incluirse dentro de los planes de fertilización, así como el fósforo que se encuentra en baja concentración y que correlaciona con los análisis del suelo.

1.3. ALTURA DE PLANTA

En el Cuadro 4 se encuentran los resultados del efecto de los diferentes elementos aplicados, sobre la altura de la planta indicadora; la variable altura fue medida a los 12, 20, 36, y 40 días después de la siembra. Las menores alturas se obtuvieron con el testigo y cuando no se aplicó fósforo; las mayores alturas se lograron cuando no se aplicó azufre, potasio y en la solución completa.

Cuadro 4
COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DEL RENDIMIENTO RELATIVO
DE BIOMASA, DIÁMETRO DE TALLO, ALTURA Y PESO DE RAÍZ
SUELO CULTIVADO CON CAÑA DE AZÚCAR

Tratamiento	Rendimiento Biomasa	Rendimiento Relativo	Altura	Peso Raíz	Diámetro tallo
Testigo	0.289 ^b	10.513 ^b	25.180 ^d	0.245 ^b	0.0166 ^e
Nitrógeno	2.356 ^a	85.503 ^a	37.660 ^c	1.041 ^a	0.0413 ^e
Fósforo	0.295 ^b	10.587 ^b	21.370 ^d	0.246 ^b	0.0166 ^e
Potasio	2.608 ^a	94.050 ^a	38.200 ^c	1.070 ^a	0.0447 ^b
Azufre	2.843 ^a	100 ^a	43.430 ^b	0.912 ^a	0.0451 ^c
Cobre	0.259 ^b	9.447 ^b	22.377 ^c	0.241 ^b	0.0186 ^e
Zinc	2.511 ^a	90.550 ^a	40.037 ^b	0.940 ^a	0.0456 ^a
Manganeso	2.240 ^a	80.430 ^a	44.510 ^a	1.252 ^a	0.0453 ^b
Molibdeno	2.283 ^a	83.240 ^a	38.420 ^c	1.255 ^a	0.0451 ^b
Boro	2.843 ^a	93.197 ^a	45.600 ^a	1.310 ^a	0.0456 ^a
Completo	2.752 ^a	100 ^a	42.947 ^a	1.168 ^a	0.0478 ^a

Notas: Los tratamientos con letras iguales, tienen rendimientos estadísticamente similares.

El análisis de varianza reflejó exactamente esa situación, de tal forma que se confirma la diferencia entre tratamientos. Al practicar la prueba de medias con el estadístico de Tukey, se establece el orden, en cuanto a diferencia entre tratamientos, presentado en el Cuadro 4.

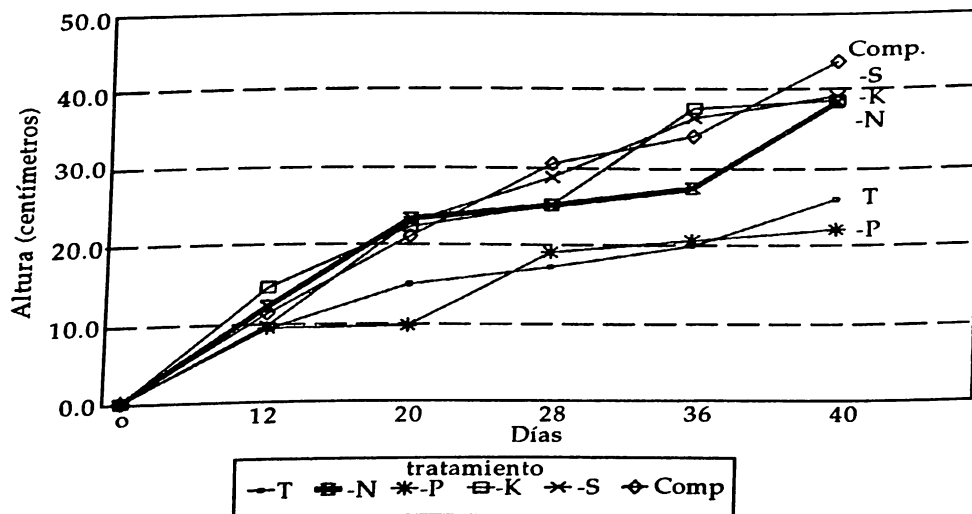
Con base en la información anterior, se vuelve a confirmar el efecto

que tiene la ausencia del elemento fósforo en el suelo; en tanto que cuando no están los elementos manganeso, molibdeno, boro, zinc y azufre, no tiene mayores efectos sobre la altura, considerándose que estos elementos no son indispensables en un programa de fertilización del suelo para los cultivos estudiados en las condiciones de CATBUL.

Cuadro 5
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE BIOMASA,
EN EL SUELO CULTIVADO CON CACAO

Fuente de variación	Grados de libertad	Pr > F			
		Materia seca aérea	Raíz	Tallo	Altura
Tratamiento	10	0.0141	0.0033	0.0001	0.0001
Error	22				
Total	32				
Coeficientes de variación		42%	31%	2.19	3.79

Figura 1
CRECIMIENTO LAS PLANTAS EN ALTURA
CON APLICACIÓN DE MACRONUTRIENTES
SUELO DYSTROPEPTS



En la Figura 1 se aprecian en forma gráfica los resultados antes descritos los cuales se presentan en forma separada por macronutrientes y micronutrientes, respectivamente.

1.4. DIÁMETRO DE TALLO

En el Cuadro 4, se presentan los valores promedio del diámetro de las plantas como efecto de la no aplicación de ciertos nutrientes. En este caso, los valores menores corresponden a los tratamientos sin la aplicación de fósforo, el testigo (sin la aplicación de los nutrientes), y sin la aplicación de cobre. En contraposición, se obtuvieron los resultados del tratamiento que no tenía molibdeno, con el mayor rendimiento, el cual es superior incluso, al tratamiento con todos los elementos evaluados.

El análisis de varianza al 10% de probabilidad, de la variable "diámetro de tallo", presentó diferencias entre los resultados de la no aplicación de determinados elementos. La comparación múltiple de medias con Tukey al 5% agrupa a los tratamientos con menor rendimiento que son: el testigo (ningún elemento aplicado) y sin la aplicación de fósforo. Los mayores resultados se obtienen sin la aplicación de potasio, con la aplicación de todos los elementos evaluados y sin la aplicación de zinc.

1.5. MATERIA SECA DE LA RAÍZ

En el Cuadro 4, se presentan los datos de la variable "materia seca de raíz" en forma de promedios por tratamiento. Al analizar estos resultados, estadísticamente por su varianza, se encontró que existe diferencia entre los mismos y al practicar la prueba de medias de Tukey, se genera un agrupamiento de resultados de la siguiente forma:

El testigo (sin la aplicación de nutrientes) y cuando no se aplica fósforo tienen los más bajos rendimientos, comparados con la ausencia de azufre, potasio y zinc, los cuales son superiores al tratamiento con todos los elementos presentes (completo).

En resumen, el testigo (sin ningún elemento aplicado) y la falta de fósforo, afectan significativamente el peso de raíz.

2. Suelo cultivado con caña de azúcar (Dystrandeps)

2.1. RENDIMIENTO EN BIOMASA

En el Cuadro 6, se presentan los rendimientos promedio de biomasa con los tratamientos evaluados. Se observa que la no aplicación de ciertos nutrientes como el cobre, sin la aplicación de todos los elementos y fósforo producen los menores rendimientos en comparación con los tratamientos completos, sin la aplicación de azufre y potasio, en donde el último supera al valor del tratamiento completo, que posee todos los elementos evaluados.

Estos resultados son lógicos si se considera que el suelo es un Andisol y debido a la dominancia en su complejo de cambio por la Alofana, tiene alta capacidad de fijación de fosfatos con valores de 85% o más. Los análisis iniciales practicados a las muestras de suelos, refieren bajas concentraciones de fósforo, incluso menores de una parte por millón y por otra parte el cobre que también se encuentra en bajas concentraciones.

Al efectuar el análisis de varianza del rendimiento de biomasa (Cuadro 7), se encuentra que existe diferencia significativa entre los resultados de la no aplicación de determinados elementos. Concretamente no se encuentra diferencia estadística cuando no se aplican zinc, molibdeno, nitrógeno, manganeso, potasio y boro.

Al aplicar la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 6), se observa exactamente la misma situación en lo referente a la forma de agrupar la respuesta del suelo a los tratamientos de la siguiente forma: la falta de cobre, testigo (sin aplicación de elementos), y fósforo afectan el rendimiento en biomasa; y la ausencia de los elementos zinc, molibdeno, nitrógeno, manganeso, potasio y boro no afectan el rendimiento de biomasa en la planta indicadora.

En relación al suelo cultivado con caña de azúcar se deduce que la no aplicación de cobre y fósforo, afecta la producción de biomasa, lo cual puede traducirse en bajos rendimientos de los cultivos que se lleguen a implantar en este suelo.

2.2. RENDIMIENTO RELATIVO

En el Cuadro 6, se presentaron los datos del rendimiento relativo de biomasa; en los datos que se ofrecen, se puede visualizar que la no aplicación de molibdeno, cobre, fósforo y el testigo, son los tratamientos que presentan los menores rendimientos. Luego en orden creciente, están los tratamientos sin la aplicación de boro y el completo y finalmente el tratamiento sin la aplicación de azufre que fue con el que se obtuvo el mejor rendimiento relativo.

Al efectuar el análisis de varianza del rendimiento relativo, se encontró diferencia estadística entre los resultados de la no aplicación de determinados elementos; de tal forma que se da un agrupamiento de tratamientos de la siguiente manera: no se encuentra diferencia estadística entre tratamientos cuando no se aplican los elementos cobre, fósforo y el testigo; cambia la situación con respecto a la no aplicación de manganeso, existiendo una gran diferencia entre el primer grupo y el que no tienen manganeso.

Con la prueba de Tukey al 5%, se encuentran dos grupos de tratamientos, de tal forma que del análisis se deduce que los elementos que influyen en el rendimiento relativo son: nitrógeno, azufre, potasio, manganeso, zinc y boro.

Cuadro 6
RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A DIVERSOS
TRATAMIENTOS DE NUTRIENTES
—gramos por tratamiento—

Tratamiento	Rendimiento Biomasa	Rendimiento Relativo	Altura	Peso Raíz	Diámetro tallo
Testigo	0.199 ^a	17.76 ^b	25.773 ^d	0.245 ^b	0.192 ^c
Nitrógeno	0.971 ^a	79.39 ^a	39.723 ^c	1.041 ^a	0.796 ^b
Fósforo	0.197 ^a	18.06 ^b	21.370 ^e	0.246 ^b	0.219 ^c
Potasio	1.293 ^a	87.74 ^a	37.003 ^c	1.070 ^a	0.857 ^a
Azufre	1.152 ^a	85.22 ^a	43.430 ^b	0.912 ^a	0.857 ^c
Cobre	0.739 ^a	62.50 ^b	22.377 ^e	0.241 ^b	0.645 ^c
Zinc	0.967 ^a	76.95 ^a	36.087 ^c	0.940 ^a	0.923 ^a
Manganeso	1.125 ^a	89.19 ^a	44.510 ^a	0.252 ^a	0.748 ^b
Molibdeno	0.882 ^a	68.28 ^b	35.950 ^c	1.255 ^a	0.828 ^b
Boro	1.215 ^a	92.97 ^a	45.600 ^a	1.310 ^a	0.747 ^c
Completo	1.288 ^a	100 ^a	42.947 ^a	1.168 ^a	0.853 ^b

Notas: Los tratamientos con letras iguales, tienen rendimientos estadísticamente similares.

2.3. ALTURA DE LA PLANTA

En el Cuadro 6 se presentaron los datos de altura de la planta con la aplicación de los diversos tratamientos, las mediciones de las alturas fueron realizadas a 12, 20, 28, 36 y 40 días del desarrollo de la planta.

En el Cuadro 6 puede apreciarse que los menores valores en altura se obtuvieron sin la aplicación de los elementos cobre y fósforo, en comparación con las mayores alturas que se presentaron en los tratamientos que no tuvieron aplicación de azufre y en el tratamiento completo.

El análisis de varianza aplicado a la altura de planta, no mostró diferencia estadística entre los tratamientos en los que no se aplicaron los elementos siguientes: nitrógeno, potasio, azufre, zinc, molibdeno, manganeso y boro.

La respuesta del suelo a los tratamientos evaluados, se presenta de la siguiente forma: sin la aplicación de cobre, testigo y fósforo, en los cuales es afectada la altura.

La ausencia de nitrógeno, potasio y zinc afectan el crecimiento en altura. En tanto que el tratamiento completo (con la aplicación de todos los elementos), manganeso y boro; no son afectados en cuanto al incremento

Cuadro 7
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE BIOMASA
SUELO CULTIVADO CON CAÑA DE AZÚCAR

Fuente de variación	Grados de libertad	Pr > F			
		Raíz	Tallo	Altura	Biomasa
Tratamiento	10	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Error	22				
Total	32				
Coeficientes de variación		22%	19%	3.78	22

en altura de planta indicadora. En las Figuras 2 y 3 se presentan los efectos de los tratamientos con macronutrientes y micronutrientes, sobre la altura de la planta.

2.4. MATERIA SECA DE RAÍZ

En el Cuadro 6 se presentaron los resultados promedio por tratamiento, del peso que alcanzaron las raíces como consecuencia de los elementos que se adicionaron al suelo. Los tratamientos sin fósforo, sin cobre y en el testigo (sin adición de elementos), presentan los menores pesos en raíz. En los tratamientos sin potasio y sin zinc se presentan los mayores pesos. Al considerar el análisis de varianza del rendimiento en biomasa de raíces, se presenta diferencia entre tratamientos.

Los resultados de los análisis anteriores motivaron efectuar la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 6) y se encuentra que se mantiene la misma agrupación, en cuanto a respuesta del suelo a los tratamientos aplicados.

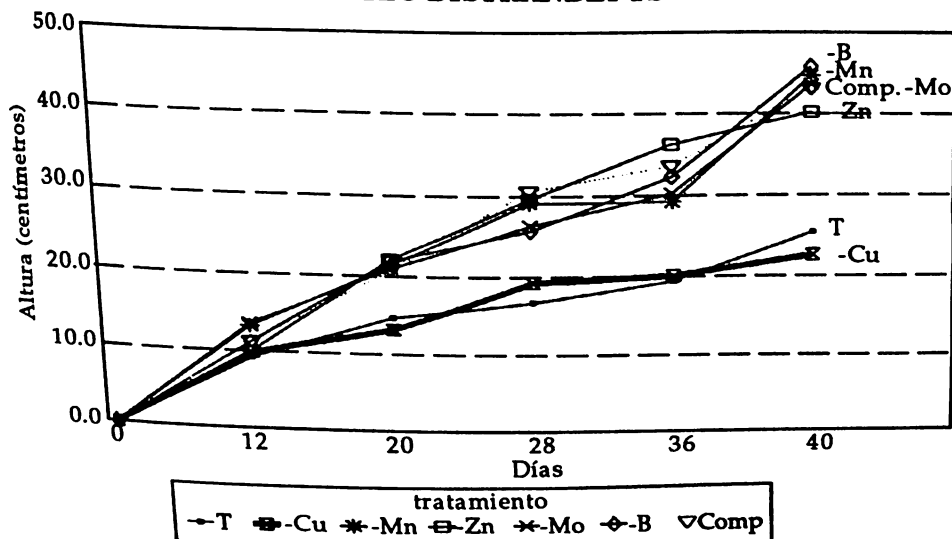
A continuación se describe la forma en que quedan agrupados: la no aplicación de cobre, testigo (sin adición de elementos), y con la ausencia de fósforo afectan el rendimiento de biomasa en raíz.

La ausencia de zinc, azufre, nitrógeno, potasio, completo (con la adición de todos los elementos), manganeso, molibdeno y boro, no afectan el rendimiento de biomasa en las plantas indicadoras, esto indica que dichos elementos no son limitantes para este suelo, notando la variación que aparece debido a la técnica utilizada.

2.5. DIÁMETRO DE TALLO

En el Cuadro 6, se encuentran los datos del promedio de cada uno de los tratamientos aplicados y su respuesta en términos de la influencia sobre el grosor expresado en diámetro de los tallos de la planta indicadora.

Figura 2
CRECIMIENTO LAS PLANTAS EN ALTURA
CON APLICACIÓN DE MACRONUTRIENTES
SUELO DISTRANDEPTS



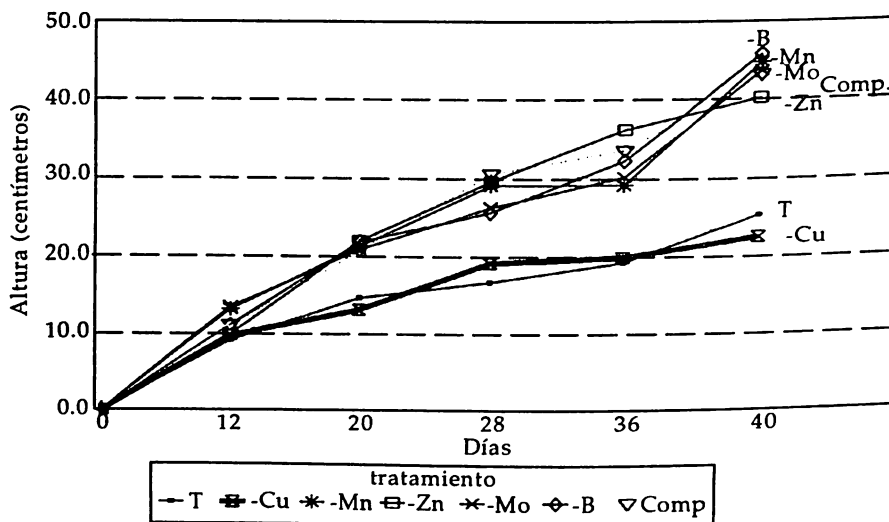
Los resultados obtenidos permiten una diferenciación en cuanto a los tratamientos de la siguiente forma: los menores grosores de tallo se tienen, sin la aplicación de fósforo y en el testigo. Posteriormente, en orden creciente de diámetro se encuentran los tratamientos sin aplicación de cobre, boro, manganeso, nitrógeno, y molibdeno; tratamiento completo; y sin aplicación de azufre, potasio y zinc.

Al efectuar el análisis de varianza (Cuadro 7) de los valores de diámetro de tallo, aparece que existe diferencia entre los tratamientos utilizados.

Al realizar la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 6), se mantiene la misma estructura en agrupar la respuesta del suelo a los tratamientos: el testigo, la falta de fósforo, y sin la adición de cobre, presentan los valores más bajos dentro de ellos; continúan con baja respuesta los tratamientos sin la aplicación de boro, manganeso, nitrógeno y molibdeno.

El tratamiento completo (con la adición de todos los elementos evaluados), y la no aplicación de azufre, potasio y zinc, no afectan el rendimiento en diámetro del tallo, por lo que se deduce que éstos no son limitantes para el suelo estudiado.

Figura 3
CRECIMIENTO LAS PLANTAS EN ALTURA
CON APLICACIÓN DE MICRONUTRIENTES
SUELO DYSTRANDEPTS



VI. CONCLUSIONES

1. Suelo cultivado con cacao (Dystropepts)

- Existen algunos nutrientes cuya aplicación no es necesaria en la fertilización, por el grado de disponibilidad de los mismos en el suelo. Con esto se acepta parcialmente la hipótesis propuesta en la presente investigación.
- El suelo cultivado con cacao responde totalmente a la aplicación de fósforo, cuya presencia es deficiente. Este suelo también tiene una respuesta parcial a la aplicación del elemento cobre.
- No se encontró respuesta a la aplicación de los siguientes elementos: nitrógeno, potasio, azufre, manganeso, molibdeno, boro y zinc.

2. Suelo cultivado con caña de azúcar (Dystrandepts)

- El suelo cultivado con caña de azúcar presenta deficiencias en algunos elementos, y responde a la aplicación de ellos. Con lo anterior se

acepta parcialmente la hipótesis propuesta al inicio de esta investigación.

- Este suelo responde a la aplicación de cobre y fósforo, por lo que necesitan ser incorporados para la producción.
- El suelo Dystrandeps (cultivado con caña de azúcar) localizado en el área de estudio, no requiere la aplicación de potasio, zinc, manganeso, molibdeno, azufre y boro.

BIBLIOGRAFÍA

- CARVAJAL, J.F. 1972. Cafeto cultivo y fertilización. Instituto Nacional de la Potasa. Suiza. 141 p.
- CORONADO G., R.V. 1988. Evaluación de la fertilidad en los suelos franco arenosos de la región de Tiquisate. Guatemala, Gua. Universidad del Valle de Guatemala, Facultad de Ciencias y Humanidades. 35 p.
- CHAMINADE, R. 1964. Diagnostic des carences minerales des sol pra i' experimentation em petitis vases de vegetation.
- CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Gua. Instituto Nacional Forestal. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Mimeo.
- DÍAZ LIMA, B. 1985. Determinación del rango crítico de concentración de nitrógeno en plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Gua. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 40 p.
- DÍAZ-ROMEY, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis de tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, C.R., CATIE. 68 p.
- HOLME, R.V. 1944. The importance of soil test as shown by the use of crop microplot experiments. In Meeting of British West Indies Sugar Technologist of Barbados. Proceedings Barbados Sugar Association. 46-58 p.
- MEDINA, G.E. 1983. Relation of the composition of plant tissue in mesquite (*Prosopis velutina*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) to soil composition. Thesis Mag. Texas University. 62 p.
- RICHARD, M.; CHAMINADE, R. 1968. II compte rendus des debats. Alemanie. Cheminement experimental. L'Agronomie Tropicale 3(2):184.
- SÁNCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. Trad. por Edilberto Camacho. San José C.R. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. p. 301-340.

- SCHENKJEL, G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayo de macetas. Turrialba, C.R. p. 252-262.
- TEUSHER, H., ADLER, R. 1987. El suelo y su fertilidad. México. Editorial continental. 496 p.
- UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. 1989. Políticas de Investigación de Agricultura Tropical Bulbuxyá. Facultad de Agronomía. 23 p.

TESIS DE GRADO PRESENTADAS EN LA FAUSAC EN 1994



-
- AJQUEJAY PANTEUL, W.O. Evaluación de tres estados de crecimiento para trasplante y tres diferentes números de plantas por postura de miltomate (*Physalis philadelphica* Lam.) en San José Poaquil, Chimaltenango.
- ALFARO ORTIZ, E.R. Diagnóstico del estado nutricional en plantaciones de manzana (*Pyrus mauis* L.) y melocotón (*Prunus* sp.), en cinco departamentos del altiplano occidental de Guatemala.
- BOY REYES, J.A. Evaluación de opciones de control de malezas, tomando en cuenta el período crítico de interferencia en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), en plantía en el municipio de Siquinalá, Escuintla.
- CAMPOS, L. DE J. Evaluación de dos arreglos y tres densidades de siembra sobre la población de adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci* G.) y el acolochamiento en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) en La Fragua, Zacapa.
- CÁRDENAS MARROQUÍN, F.E. Evaluación de tratamientos químicos y mecánicos en el control de malezas en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en Zaragoza, Chimaltenango.
- CASTILLO GALINDO, M.A. Evaluación agroeconómica de ocho materiales genéticos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) bajo dos sistemas de manejo, y su tolerancia al virus del acolochamiento de la hoja, en Bárcena, Villa Nueva, Guatemala.

- CERÓN HERNÁNDEZ, O.J. Fluctuación poblacional de las especies de áfidos (*Aphididae: Homóptera*) y su distribución en la planta de brócoli (*Brassica oleracea var italica*).
- CHINCHILLA AROCHE, M.R. 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.
- CORDÓN CORDÓN, H.D. Determinación del período crítico de interferencia de malezas y su valor de importancia en el cultivo del chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) en la aldea Vega Arriba, del municipio de Chiquimula, Chiquimula.
- DÍAZ VISQUERRA, M.E. Los cultivos no tradicionales de exportación y su efecto sobre el ambiente: estudio comparativo 1985-1991/92 en seis comunidades de tres municipios del departamento de Sacatepéquez.
- ECHEVERRÍA DE LEÓN, A.G. Caracterización de la actividad pesquera artesanal en la península de Manabique, Puerto Barrios, Izabal.
- ESCOBAR LÓPEZ, L.A. Evaluación agronómica de materiales genéticos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y tomatillo (*Lycopersicon esculentum var ceraci-forme*) bajo las condiciones ecológicas de la aldea Sosi, Cuilco, Huehuetenango.
- ESCOBAR SAGASTUME, A.A. Estudio de crecimiento y rendimiento de (*Pinus maximinoi H. E. Morre*) en Jalapa departamento de Jalapa.
- FUENTES ALMENGOR, M.E. Evaluación de cinco niveles de suplemento vitamínico y dos tipos de panecillos de alimentación y su efecto sobre la fecundidad y fertilidad en la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata W.*).
- GÁLVEZ MARROQUÍN, I.A. Estudio de la situación actual del cultivo del «paxte» (*Luffa cylindrica (L), Roem*) en la faja litoral del Pacífico, de los municipios de Taxisco, Santa Rosa e Iztapa, Escuintla.
- GATICA SECAIDA, M.B. Caracterización agromorfológica de 13 híbridos y 7 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) en el Centro de Agricultura Tropical «Bulbuxyá», San Miguel Panán, Suchitepéquez.
- GATICA TRABANINO, E.E. Evaluación del efecto de niveles de nitrógeno y potasio sobre el rendimiento y calidad de hoja de tabaco tipo Burley (*Nicotiana tabacum L.*), en La Reforma, Huité, Zacapa.
- GAYTAN RAMOS, J.M. Evaluación del solarizado para el control de patógenos del suelo en el cultivo de la arveja china (*Pisum sativum L.*) durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, en el municipio de Santa Lucía Milpas Altas, Sacatepéquez.
- GUTIÉRREZ RAMÍREZ, H.R. Crecimiento urbano y su efecto sobre el uso del suelo y el área boscosa en la subcuenca del río Villalobos, Guatemala.

- GUZMÁN FERNÁNDEZ, A.O. Evaluación del efecto de tres variables tecnológicas sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays L.*) en el valle del Polochic, Panzos, A.V.
- HERNÁNDEZ GRAMAJO, O. Evaluación de los ingredientes de la dieta para reproducción artificial del gusano barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis (F.)*) y el parasitoide (*Cotesia flavipes (Cam.)*) en Escuintla.
- HUN CAL, E.E. Evaluación de niveles de N-P-K y cuantificación de la acumulación de N, P, K, Ca y Mg en diferentes etapas de desarrollo del cultivo de chile chocolate (*Capsicum annuum*), en la finca Sabana Grande, Escuintla.
- IBARRA CIFUENTES, F.R. Respuesta de siete variedades de trigo (*Triticum aestivum L.*) a la inducción de callo y brotes apicales, a partir de cultivo de embriones inmaduros, derivado de plantas producidas a partir de semilla irradiada con seis dosis de rayos gamma (cesio 137).
- JORDON PORTILLO, H.R. Evaluación de dos metodologías y cuatro relaciones Ca/Mg en la estimación de cal para los suelos ácidos serie Cristina en condiciones de invernadero en arroz (*Oryza sativa L.*) como planta indicadora.
- LEMUS ORTEGA, M.A. Inventario forestal y propuesta de manejo del bosque municipal de aldea Nueva, San Pedro Pinula, Jalapa.
- LEÓN ALONZO, M.B. DE. Evaluación del sistema de riego por aspersión «Chacaya» Santiago Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.
- LÓPEZ LÓPEZ, G.S. Evaluación del programa agrícola COGAAT en el departamento del Quiché (1987-1990).
- LÓPEZ RIVERA, M.G. Estudio de las interacciones entre población, suelo y vegetación, de la aldea Tzichim, Todos los Santos Cuchumatán, Huehuetenango.
- MACZ MÁRQUEZ, R.E. Irradiación de semillas de arroz (*Oryza sativa L.*) con rayos gamma (Co-60) y su efecto sobre la inducción de callo y regeneración de plantas en el cultivo de anteras, utilizando diferentes solidificadores en el medio de cultivo.
- MAIREN LEÓN, E.A. Estudio del efecto en el rendimiento de cuatro diferentes sustratos sobre tres cepas comerciales del hongo comestible «shitake» (*Lentinula edodes (Berck) Plegier*) bajo condiciones ambientales naturales en el municipio de Tecpán, Chimaltenango.
- MANCILLA RUANO, R.E. Evaluación de la sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a propiconazol, bajo diferentes condiciones de presión de la enfermedad, en la zona bananera del Atlántico de Guatemala.
- MARROQUÍN PAZOS, F.R. Evaluación agronómica, nutricional y sensorial de ocho líneas de frijol tepary (*Phaseolus vulgaris A Gray*) y dos variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) en San Jacinto, Chiquimula.

- MATTA GUTIÉRREZ, G.N. Evaluación agronómica de 11 variedades de maní (*Arachis hypogaea L.*) en el parcelamiento Cuyuta, municipio de Masagua, Escuintla.
- MÉNDEZ GARCÍA, S.V. Evaluación de 2 productos biológicos y 2 químicos para el control del agallamiento radicular provocado por *Meloidogyne sp.*, en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*), bajo condiciones de invernadero, en el municipio de Guatemala.
- MÉNDEZ, L.A. Evaluación de ocho mezclas de herbicidas y su efecto sobre el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum L.*) en la finca San Bernardo, Ingenio Concepción, Escuintla.
- MILIAN RAMÍREZ H.L. Evaluación de niveles de N y K aplicados al suelo, sobre la acumulación de N-P-K-Ca-Mg, al inicio de la floración y madurez fisiológica del fruto de güicoy (*Cucurbita sp.*) en el Centro Experimental Docente de la Facultad de Agronomía, USAC.
- MIZA CASTRO, M. Evaluación de productos botánicos para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*), en el caserío San Gabriel, Sololá.
- MOLINA GÓMEZ, R.J. Efecto sobre la infraestructura vial de las especies arbóreas utilizadas como ornato en la ciudad de Guatemala.
- MORALES SAGASTUME, J.A. Colecta y caracterización de 36 cultivares de frijol blanco (*Phaseolus vulgaris L.*) en el oriente de Guatemala.
- MORALES SOLARES, R.A. Efecto de barreras de sorgo sobre poblaciones de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) e incidencia de virus en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en el valle de La Fragua, Zacapa.
- MORALES MASAYA, R.E. Relación entre densidad poblacional de áfidos y rendimiento y calidad en brócoli (*Brassica oleracea var italica*)
- PAIZ TERRAZA, C.M. Caracterización de las áreas irrigadas en la cuenca del río Hato, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso.
- PALACIOS ORTIZ, S.T. Evaluación de los proyectos transfronterizos para la conservación de los recursos naturales renovables en centroamérica.
- PORTILLO CABRERA, E.E. Evaluación de la eficiencia de riego en la unidad de riego La Palma, Río Hondo, Zacapa.
- RAMÍREZ SANTOS, E.E. Determinación del patrón de distribución espacial de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata Wiedeman*) en el cultivo del café (*Coffea arabica L.*) en dos altitudes del sur-occidente de Guatemala.
- RAMOS SIERRA, S.A. Evaluación de medios de cultivo para la inducción de callo y regeneración de plantas en embriones inmaduros de trigo (*Triticum aestivum L.*) en las variedades de Chocoyo y Xequijel.

- REYES SANABRIA, W.A. Evaluación de diferentes tratamientos para el control de malezas en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).
- ROSALES BOBADILLA, F.R. Estudio de posibles vectores del agente causal de la enfermedad del acolchamiento del follaje del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Bárcena, Villa Nueva, Guatemala.
- ROSALES SPENNEMANN, G.A. Análisis comparativo de la demanda, de la composición de oferta y de los términos de intercambio de los fertilizantes en Guatemala; (1980-1990).
- SALAZAR LÓPEZ, J.C. Efecto de la aplicación secuencial de cuatro fungicidas en el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans* De Bary), en el tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en Tactic, Alta Verapaz.
- SANDOVAL DE LEÓN, E.G. Evaluación del método pica de corteza con aplicación de tres concentraciones de ácido sulfúrico líquido y pasta en la resinación de *Pinus oocarpa* Shiede en el municipio de El Chol, Baja Verapaz.
- TENAS MARTÍNEZ, E.G. Caracterización de las comunidades de almendro de cerro (*Bucida macrostachya* Standl.) en la zona semiárida de Zacapa y El Progreso.
- TOBAR DOMÍNGUEZ, V.M. Determinación de la etapa fenológica más susceptible a poblaciones de áfidos en cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) Tactic, Alta Verapaz.
- TOBÍAS VÁSQUEZ, M.R. Evaluación de la fertilidad de dos suelos del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, cultivados en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.).
- TOLEDO GONZÁLEZ, J.A. Estudio de la solubilidad de los elementos esenciales para las plantas (P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Mn) provenientes de mezclas de pulpa de café (*Coffea arabica*) y lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), mediante la solución extractora Carolina del Norte. San Cristóbal Verapaz, Alta Verapaz.
- UTRERA GARCÍA, L.A. Caracterización morfológica y fenológica «in situ» de cultivares de zapote (*Pouteria mammosa* L. Cronquist), en los municipios de Chiquimulilla y Guazacapán, Santa Rosa.
- VILLACINDA MALDONADO, R.W. Respuesta de la especie tres puntas (*Neurolaena lobata* L.) a la propagación *in vitro*.

Autores de la Revista ***Tikalia* 1-95**

Helmer Ayala

Ingeniero Agrónomo. Profesor investigador del Proyecto de Frutales Tropicales del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la USAC.

César Azurdia Pérez

Ingeniero Agrónomo Ph. D. Coordinador del Subprograma de Investigación en Recursos Genéticos Vegetales de la FAUSAC.

Ernesto Carrillo

Profesor de Ciencias Biológicas de la Facultad de Agronomía de la USAC. Asesor de Tesis.

José Cerón Hernández

Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola. Autor de la tesis con la cual obtuvo el grado académico en la FAUSAC.

José Jesús Chonay Pantzay

Ingeniero Agrónomo. MC. Coordinador de la Subárea de Manejo de Suelos de la FAUSAC. Asesor de Tesis.

Samuel Córdova Calvillo

M. Sc. Entomólogo. Coordinador y profesor de la Subárea de Protección de Plantas de la Facultad de Agronomía de la USAC. Asesor de Tesis.

Edgar Martínez

Ingeniero Agrónomo. Ms.C. Coordinador del Proyecto Frutales Tropicales del Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la USAC.

José Vicente Martínez Arévalo

Ingeniero Agrónomo. MC. Investigador del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

Fernando Rodríguez Bracamonte

Ingeniero Agrónomo M.Sc. Coordinador del Programa de Sistemas de Producción Agrícola. Asesor de Tesis.

Víctor E. Salguero Navas

Ph.D. Entomólogo, Especialista en Manejo Integrado de Plagas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Asesor de Tesis.

Hugo Tobías

Ingeniero Agrónomo M.Sc. Profesor investigador de la Facultad de Agronomía de la USAC. Asesor de Tesis.

Milton R. Tobías Vásquez

Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola. Autor de la tesis con la cual obtuvo el grado académico en la FAUSAC.

CONTENIDO

ETNOBOTÁNICA

Caracterización y evaluación de cuatro poblaciones de *Neurolaena lobata* (L.) R. Br., con fines de domesticación

Pablo Arturo Moreno Arreaga

Fernando Rodríguez Bracamonte

Ernesto Carrillo

Algunas sapotáceas de Petén, Guatemala

César Azurdia

Edgar Martínez

Helmer Ayala

ENTOMOLOGÍA

Fluctuación poblacional de las especies de áfidos (*Aphididae*: homóptera) y su distribución en la planta de brócoli (*Brassica oleracea* Var. *italica*)

José Cerón Hernández

Víctor E. Salguero Navas

Samuel Córdoba Calvillo

FITOGENÉTICA

Comparación del centro de origen y domesticación de las especies cultivadas de *Phaseolus*

José Vicente Martínez Arévalo

CIENCIA DEL SUELO

Evaluación de la fertilidad de dos suelos del Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá Suchitepéquez, Guatemala

Milton R. Tobías Vásquez

José J. Chonay Pantzay

Hugo A. Tobías V.

Tesis de grado presentadas en la FAUSAC en 1994

