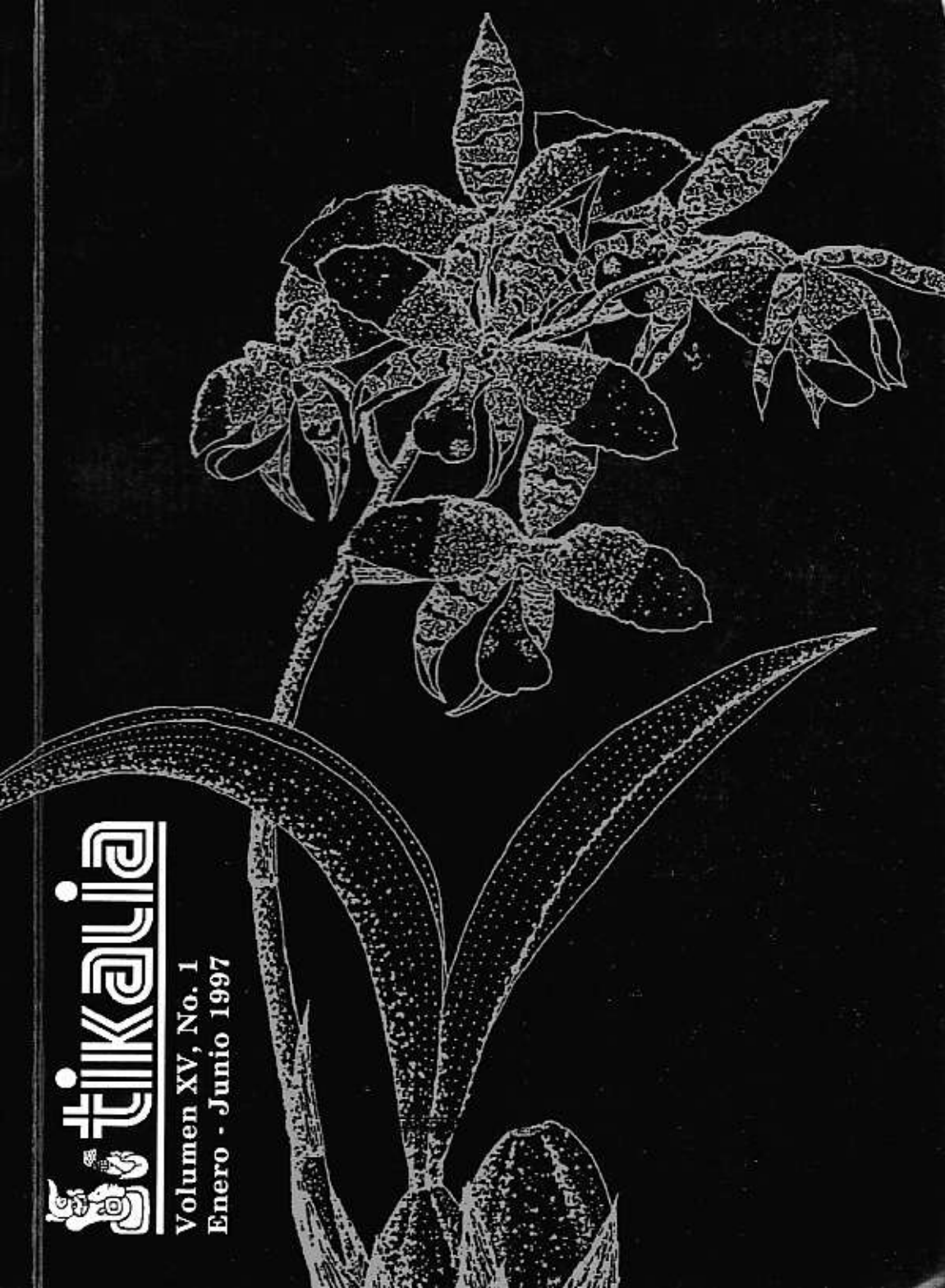




Volumen XV, No. 1
Enero - Junio 1997





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

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

Los autores son responsables del contenido de sus artículos.



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

Vol. XV, No. 1



Guatemala
1997

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

Junta Directiva

Decano: Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
Secretario: Ing. Agr. Guillermo Méndez Beteta
Vocal I: Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
Vocal II: Ing. Agr. William Roberto Escobar López
Vocal III: Ing. Agr. Carlos Roberto Motta De Paz
Vocal IV: P.A. Henry España Morales
Vocal V: Br. Mynor Joaquín Barrios Ochaeta

Comité Editorial

Lic. David Pinto Díaz
Dr. José de Jesús Castro Umaña
Dr. Luis Mejía
Ing. Agr. Silvel Elías
Periodista Dennis Escobar Galicia

Editor: Raúl Figueroa Sarti.
Ilustraciones interiores: Mario E. Véliz Pérez.

Portada: *Odontoglossum williamsianum* Reichb.
Dibujo de Mario E. Véliz Pérez.

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

Impresión: Fotograbado Llerena
Telefax. (502) 2324372

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

PRESENTACIÓN

Hemos llegado al volumen XV, número 1. Para cualquier publicación de contenido cultural o científico en Guatemala, la sola existencia ya es un éxito. Si a esa existencia se le agregan quince años el éxito es mayor. Desde su primer número, en 1982, la revista *Tikalía* ha venido contribuyendo 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. Asimismo ha dado cabida a valiosos aportes intelectuales de profesionales agrícolas y de recursos naturales de otras instituciones.

Este número incluye artículos de diversas áreas de las ciencias agrícolas, como la entomología económica, biodiversidad, socioeconomía y patología vegetal. En entomología económica se presenta el artículo de José María Gutiérrez, Álvaro Gustavo Hernández y Marcelo Velásquez dedicado al estudio de los ácaros asociados al cultivo de naranja (*Citrus sinensis* L. Osbek) en la aldea Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango.

El estudio de Mario Véliz sobre las epifitas del Biotopo del Quetzal, Purulhá, constituye un indudable aporte al conocimiento de la biodiversidad vegetal de Guatemala. El autor identifica en el estrato epifito 13 familias y 82 especies.

En lo que respecta a socioeconomía se publica el artículo de Mamerto Reyes y Nika Salvetti sobre la utilidad del problema de la dieta para determinar la canasta básica de alimentos (CBA); trabajo en el cual los autores evalúan la utilidad de la programación lineal para determinar la CBA, señalando que los resultados obtenidos sugieren que no existen diferencias marcadas entre las metodologías comparadas.

Finalmente se presenta el artículo *El ácido salicílico como*

regulador endógeno en el metabolismo vegetal: una nueva estrategia en el mejoramiento de la resistencia a enfermedades de Luis Mejía De León. En dicho artículo el autor hace una revisión de estudios recientes que indican que la molécula del ácido salicílico actúa como una señal endógena en la termogénesis y en la inducción de resistencia a enfermedades, señalando particularmente que la identificación de los genes relacionados con el control de la biosíntesis y el metabolismo del ácido salicílico en las plantas podría permitir en el futuro la manipulación de sus niveles, lo cual podría constituirse en una de las aplicaciones más promisorias de la biotecnología aplicada a la protección vegetal.

Esperamos que los lectores contribuyan con sus críticas y sugerencias a mejorar la calidad editorial.

Los editores

CONTENIDO

- 11** Ácaros asociados al cultivo de naranja
(*Citrus sinensis* L. Osbek) en la aldea Quiajolá,
San Sebastián Huehuetenango
José María Gutiérrez
Álvaro Gustavo Hernández D.
Marcelo Velásquez
- 41** Epifitas del Biotopo del Quetzal, Purulhá, Guatemala
Mario Véliz
- 61** Canasta básica de alimentos y programación lineal:
una evaluación de la utilidad del problema de la dieta
para determinar la canasta básica de alimentos
Mamerto Reyes Hernández
Nika Salvetti
- 91** El ácido salicílico como regulador endógeno
en el metabolismo vegetal: una nueva estrategia
en el mejoramiento de la resistencia a enfermedades
Luis Mejía De León
- 105** *Reseñas:* Los informes de investigación del IIA

RESÚMENES

Ácaros asociados del cultivo de naranja (*Citrus sinensis* L. Osbek) en la aldea Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango. José María Gutiérrez, Álvaro Gustavo Hernández D. y Marcelo Velásquez.

Los ácaros que atacan a los cultivos están tomando importancia en Guatemala. En los últimos años se han reportado daños en los cultivos de fresa (*Fragaria sp.*), banano (*Musa sp.*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), ajo (*Allium sp.*), aguacate (*Persea americana* Mill.) y frutales decídúos.

Este estudio trata de los ácaros en el cultivo de naranja dulce; los daños que éstos provocan son confundidos con los daños provocados por plagas insectiles e incluso con deficiencias nutricionales. La investigación sobre los ácaros en Guatemala es incipiente, por lo que es necesario generar información básica y contribuir al logro de mejores métodos de control.

La información que se obtuvo en la investigación se basa en la relación numérica entre ácaros fitófagos y depredadores; la parte aérea del árbol donde se encuentran con mayor abundancia; su patrón de dispersión y su determinación taxonómica. Para el efecto se realizaron dos muestreos, el primero en el mes de noviembre de 1994 y el segundo en el mes de abril de 1995. Las muestras fueron tomadas en hojas jóvenes de la parte baja, media y alta del área foliar.

Para establecer la relación numérica de los ácaros fitófagos y ácaros benéficos y el patrón de dispersión, se realizaron conteos de ácaros, analizados en una tabla de frecuencias, calculando medidas de tendencia central (media) y de dispersión (varianza).

Asimismo se utilizó la prueba no paramétrica de un sólo rango de Kruskal Wallis, para determinar en que parte aérea de la copa del árbol existe mayor abundancia de ácaros.

La determinación de los ácaros se efectuó en el laboratorio

de protección vegetal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) en Quetzaltenango y verificados por el laboratorio de acarología del Proyecto Manejo Integrado de Plagas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (MIP-CATIE), Turrialba, Costa Rica.

De lo anterior se estableció que sí existen ácaros asociados a los huertos de naranja dulce de la Aldea Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango. Las especies que se reportan comprenden a las familias *Eriophyidae*, *Tetranychidae* y *Tenuipalpidae*, como ácaros fitófagos. Los depredadores comprenden a las familias *Phytoseiidae* y *Stigmaeidae*.

Epifitas del Biotopo del Quetzal, Purulhá, Guatemala. Mario Véliz.

El Biotopo Universitario para la conservación del Quetzal «Lic. Mario Dary Rivera» (BUCQ), se localiza en Purulhá, Departamento de Baja Verapaz, Guatemala, tiene una extensión aproximada de 11.52 Km² y altitudes que oscilan entre los 1,500 a 2,348 msnm. Por el régimen pluvial, la fisiografía y la altitud dentro del área, se encuentra una selva nublada con alta diversidad y densidad florística. El dosel de la selva, supera los 20 m de altura y sobre el mismo existe un estrato epifito, el cual cuenta con 13 familias y 82 especies. Las familias más diversas son: *Orchidaceae* con 27 especies, *Polypodiaceae* con 18 y *Bromeliaceae* con 13 especies. Del total de las epifitas, 71 especies (86.58%) presentan hábito herbáceo perenne, 10 son arbustivas (12.20%) y solamente 1 especie es arbórea (1.22%).

La distribución vertical de las epifitas manifiesta una diversidad relativa mayor en el estrato que va del final del sotobosque al inicio de la copa o ramas, en él existen 36 especies; el segundo estrato, la copa o ramas cuenta con 32 especies; y el tercer estrato, la base del fuste dentro del sotobosque, con 20 especies en su mayoría helechos higroscópicos.

En términos generales, la diversidad florística de las epifitas es muy alta en cualquiera de los estratos verticales arbitrarios establecidos dentro de la selva nublada del Biotopo del Quetzal.

Canasta básica de alimentos y programación lineal: una evaluación de la utilidad del problema de la dieta para determinar la canasta básica de alimentos. Mamerto Reyes Hernández y Nika Salvetti.

En este trabajo se evaluó la utilidad de la programación lineal para determinar la canasta básica de alimentos (CBA). La evaluación se condujo a través de la comparación de la CBA obtenida con la metodología tradicional con dos combinaciones de alimentos generadas con el problema de la dieta en dos escenarios nutricionales. Los resultados obtenidos sugieren que no existen diferencias marcadas entre las dos metodologías comparadas. Para fines prácticos se recomienda utilizar la metodología tradicional para la estimación del valor promedio de la CBA y la programación lineal para estimar el valor mínimo.

El ácido salicílico como regulador endógeno en el metabolismo vegetal: una nueva estrategia en el mejoramiento de la resistencia a enfermedades. Luis Mejía De León.

El ácido salicílico es un compuesto fenólico de bajo peso molecular producido en las plantas por el metabolismo fenilpropanoide. La presencia de este compuesto en las plantas es común, pero su función fisiológica ha permanecido desconocida, a pesar de haber sido utilizado con fines terapéuticos desde hace mucho tiempo. Estudios recientes indican que esta molécula actúa como una señal endógena en la termogénesis y en la inducción de resistencia a enfermedades. La identificación de los genes relacionados con el control de la biosíntesis y el metabolismo

del ácido salicílico en las plantas podría permitir en el futuro la manipulación de sus niveles, lo cual podría constituirse en una de las aplicaciones más promisorias de la biotecnología aplicada a la protección vegetal. La generación de nuevas estrategias para mejorar la resistencia de los cultivos a las enfermedades permitirá minimizar el uso de pesticidas en la agricultura.

ENTOMOLOGÍA ECONÓMICA

ÁCAROS ASOCIADOS AL CULTIVO DE NARANJA (*Citrus sinensis* L. Osbek) EN LA ALDEA QUIAJOLÁ, SAN SEBASTIÁN HUEHUETENANGO

José María Gutiérrez
Álvaro Gustavo Hernández D.
Marcelo Velásquez



INTRODUCCIÓN

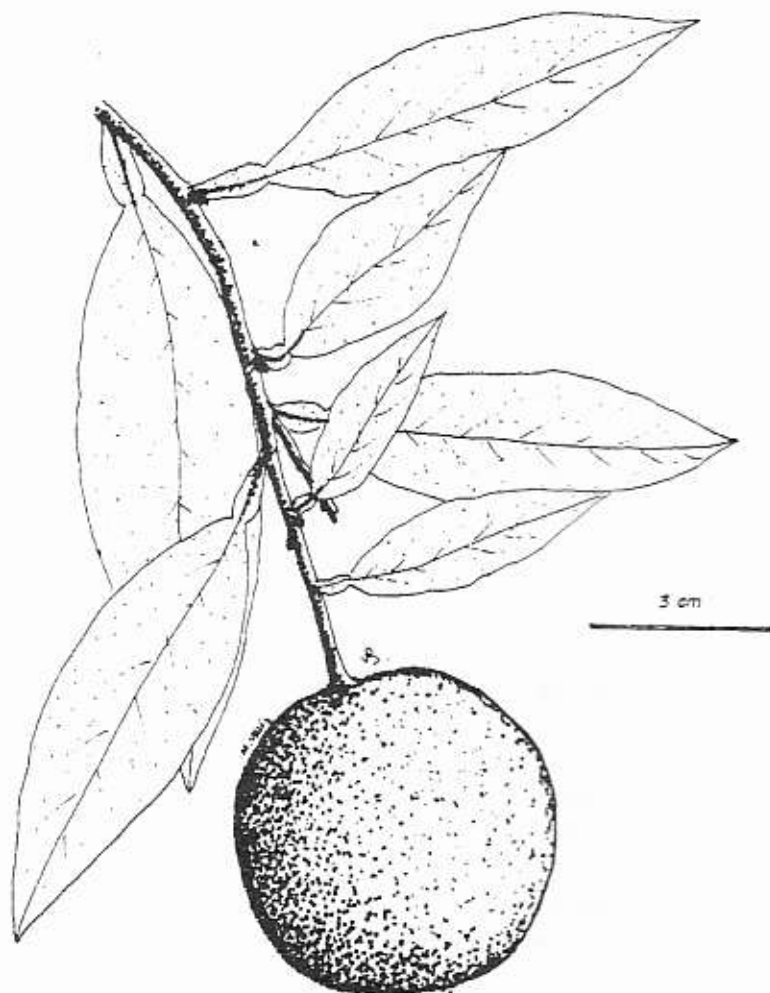
Las especies de ácaros asociados a los cultivos pueden ser fitófagos o depredadores, debido a que éstos dependen de una serie de interrelaciones entre planta-ácaro, como su gran capacidad de adaptación, variabilidad, distribución de sus diferentes especies y el medio en que se desenvuelven [Vargas *et. al.*, 1989].

El pequeño tamaño de los ácaros los hace pasar a menudo desapercibidos y sus densidades permiten creer que el daño en las plantas es de poca importancia; sin embargo, su elevado índice de crecimiento poblacional convierte una plantación sana en una plantación enferma en un período muy breve [Prato, 1977].

Las investigaciones biológicas, técnicas y científicas de ácaros, provienen de países europeos, Estados

Unidos, Colombia, Venezuela, Brasil, Argentina, Costa Rica y otros.

En Guatemala, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola reportó ataques de ácaros especialmente de la familia *Eriophyidae* en los cultivos de árboles frutales decíduos, pinos, aguacate, caña de



azúcar, ajo, y otros [Velásquez, 1990; Velásquez y Ovalle, 1992]. En Amatitlán, Guatemala, la empresa «Mil flores», reporta ataques por el ácaro *Pediculopsis graminum* (Reuter) [Aguilar, 1993]. La región fresera de Chimaltenango, presenta ataques de la arañita roja (*Tetranychus sp.*) [Morales, 1986]. Estos ejemplos son indicadores de la importancia que están tomando los ácaros como plaga en distintos cultivos agrícolas en el país.

Los huertos de cítricos de los agricultores de la Aldea Quiajolá se ven muy «desmejorados» y se supone que la presencia de ácaros fitófagos está contribuyendo al actual estado de los mismos. La investigación se realizó para determinar si en efecto existen una o varias especies relacionados con los cítricos. Además generar información básica sobre los ácaros asociados, como dónde localizarlos, su patrón de dispersión y su relación numérica con respecto a los ácaros depredadores.

I.

REVISIÓN DE LITERATURA

Aspectos generales de los ácaros

IMPORTANCIA DE LOS ÁCAROS. A partir de los años cincuenta, se ha reconocido una mayor importancia a estos artrópodos, al estudiar mejor su papel, por una parte como animales transmisores de enfermedades o causantes de problemas de salud en el hombre y por otra parte como plagas agrícolas de gran importancia económica [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

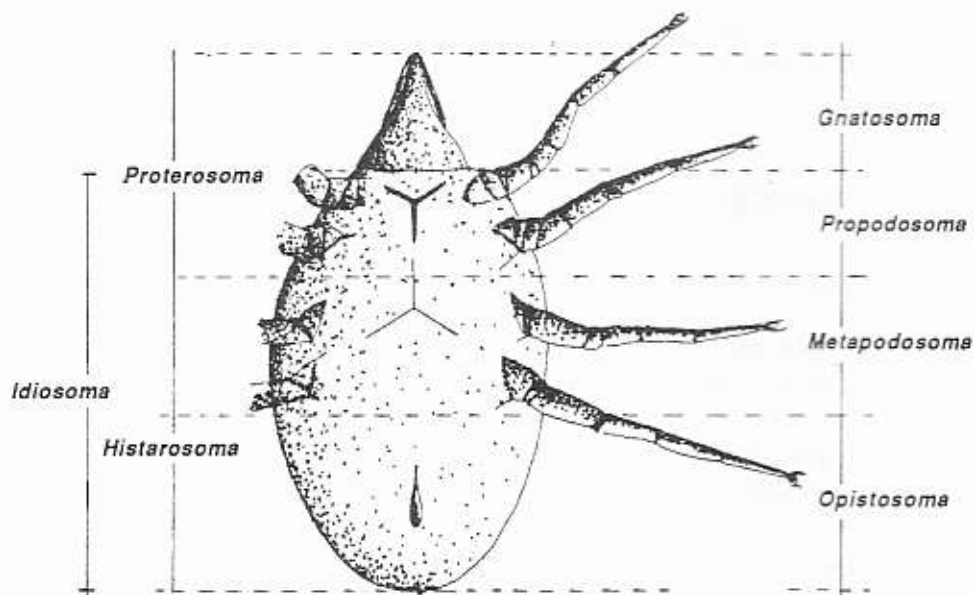
En el caso de cultivos agrícolas su significancia como ácaro-plaga se ha visto aumentada notablemente

La investigación se realizó para determinar si en efecto existen una o varias especies relacionados con los cítricos. Además generar información básica sobre los ácaros asociados, como dónde localizarlos, su patrón de dispersión y su relación numérica con respecto a los ácaros depredadores.

en años recientes, debido a la misma tecnificación de la producción agrícola. Entre otros factores la utilización de insecticidas y fungicidas, muchos de ellos con poco o nulo poder acaricida, pero que pueden inducir en forma indirecta el desarrollo de altas poblaciones de ácaros fitófagos, llevándolos en esta forma a convertirse en factores de limitación económica a la producción de los cultivos [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

En las plantas, los ácaros son capaces de vivir a expensas de todas las partes aéreas, atacar la superficie de las hojas, vivir de los tejidos jóvenes de las yemas y formar agallas. Otros ácaros también

Figura 1
DENOMINACIÓN DE LAS DIFERENTES
PARTES DEL CUERPO DE LOS ÁCAROS



pueden vivir en partes subterráneas de la planta y en productos almacenados [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

Existen ácaros depredadores que cumplen funciones de control biológico natural de los ácaros fitófagos, son importantes por el papel que desempeñan en la reducción de las poblaciones de ácaros fitófagos y mantener el equilibrio de las poblaciones. En su mayoría los ácaros depredadores pertenecen a la familia de los *Phytoseiidae*, y sobre todo de los géneros *Thyphlodromus* y *Phytoseiulus* [Vargas *et. al.*, 1989].

ÁCAROS Y CONTROL BIOLÓGICO

ANATOMÍA DE LOS ÁCAROS. El cuerpo de los ácaros se divide en dos regiones características, la parte anterior que lleva las partes y apéndices bucales que recibe el nombre de gnatosoma y se distingue claramente de la parte posterior del cuerpo llamado ideosoma, en la cual se pueden separar varias partes que reciben nombres diferentes [Doreste, 1984 y Krantz, 1975]. (figura 1).

El gnatosoma está formado básicamente por tres segmentos fusionados: prequeliceral, queliceral y el pedipalpal. En general es movable y bien esclerotizado. En el gnatosoma se encuentran unos órganos cortantes a los que se les conoce con el nombre de quelíceros, los cuales en algunos casos están compuestos de dos hojas parecidas a tijeras llamadas quelas y en otros, como en el caso de las especies parasíticas poseen un estilete que funciona a manera de aguja hipodérmica retráctil, por lo que se puede decir que los ácaros las utilizan para morder y para succionar la savia de la planta. La forma y la estructura de los quelíceros se emplea en la identificación de las especies [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

Los palpos son otras estructuras segmentadas

En la cutícula y la hipodermis existen estructuras especiales originadas por la modificación de células que en algunos casos originan glándulas secretoras. La cutícula da origen a las setas que pueden ser de diferentes tipos y formas, algunos tienen funciones de órganos táctiles y quimiorreceptores, y de protección entre otros.

y alargadas que se levantan del margen lateroventral de la base del capítum o gnatosoma. Éstos pueden ser simples o estar muy modificados, que pueden recibir estímulos sensoriales.

Las patas son los apéndices ambulatorios y existen en número de tres pares en las jóvenes ninfas llamadas larvas y cuatro en los estados ninfales y adultos.

En general el primer segmento o coxa está soldado a la parte central y luego están los segmentos normalmente representados por trocánter, fémur, tibia, tarso y apotelo o ambulacro [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

La cutícula, al igual que en otros artrópodos, es secretada por la epidermis y se diferencia y compone de varias capas. Algunas partes del cuerpo están fuertemente esclerotizadas formando diferentes placas en forma y ubicación bien definida [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

En la cutícula y la hipodermis existen estructuras especiales originadas por la modificación de células que en algunos casos originan glándulas secretoras. La cutícula da origen a las setas que pueden ser de diferentes tipos y formas, algunos tienen funciones de órganos táctiles y quimiorreceptores, y de protección entre otros. Las setas o pelos presentan gran variación en las formas y también en funciones [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA. La tendencia actual —demostrada en los trabajos taxonómicos de Vender Hamme y Krantz [Doreste, 1984 y Krantz, 1975]— es considerar a la subclase *Acari* formada por dos órdenes y siete subórdenes. Esta subclase está basada en dos características, la presencia de gnatosoma y

la existencia de larvas hexápodas. Aparentemente los ácaros se originan en forma bifilética a partir de un arquetipo de arácnido, que representa una combinación sintética de los caracteres de sus órdenes ancestrales: parasitiforme (*Anactinotrichida*) y acariforme (*Actinotrichida*). El orden parasitiforme está integrado por los subórdenes: Opilioacarida, Holothyrida, Gaida e Ixodida. El orden Acariformes está formado por los subórdenes: Actinedida, Oribatida y Acaridida [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

CICLO BIOLÓGICO. El ciclo biológico de los ácaros consta de huevo, ninfa y adulto. Los huevos al eclosionar dan origen a la larva, una forma móvil caracterizada por tener tres pares de patas; posteriormente a ese estado le suceden varios instares con cuatro pares de patas que reciben el nombre de ninfas y que, en forma ideal, son tres: protoninfa, deutoninfa, tritoninfa y luego aparece el estado adulto [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

LAS POBLACIONES DE ÁCAROS Y EL CLIMA. Los ácaros están bien adaptados a los ciclos climáticos en el año, por ejemplo, durante la época caliente y seca se retiran a sitios protegidos y húmedos. Tiene generaciones con la anatomía externa más resistente. En algunos casos las hembras entran en reposo o ponen huevos resistentes a esas condiciones adversas. El fenómeno de diapausa es frecuente en los *Tetranychidae* y *Eriophyidae* y puede suceder este fenómeno en estado adulto o huevo, para sobrevivir a épocas muy frías o secas. Los ácaros responden a los cambios de temperatura, por ejemplo, una baja temperatura causa reducción en las poblaciones y pueden ocurrir

LOS ÁCAROS
SON FAVORE-
CIDOS POR EL
CLIMA CALIEN-
TE Y SECO

altas mortandades, cuando se suceden cambios violentos de temperaturas altas o bajas [Doreste, 1984].

Los ácaros en general son favorecidos por tiempo caliente y seco, mientras una alta humedad en forma continua disminuye el aumento poblacional y favorece la muerte de los ácaros, ya que la humedad es propicia en muchos casos para el desarrollo de microorganismos parásitos de los ácaros [Doreste, 1984], de ahí que períodos de lluvia prolongados disminuyan las poblaciones de ácaros. Por otra parte lluvias fuertes pueden lavar las hojas y arrastrar los ácaros presentes en ellas.

Ácaros fitófagos

FAMILIAS DE ÁCAROS FITÓFAGOS IMPORTANTES. Se han mejorado las técnicas de laboreo y aplicación de agroquímicos, con el fin de obtener altos rendimientos y calidad en la producción de cultivos agrícolas tradicionales y no tradicionales [Vargas *et. al.*, 1989]. Sin embargo, el creciente uso de insecticidas y fungicidas contra algunas plagas producen explosiones poblacionales de ácaros fitófagos, lo cual ha dado como resultado un aumento de los ácaros plaga en los cultivos [Vargas *et. al.*, 1989].

En el Cuadro 1 se observan las especies de ácaros de las familias asociadas a los cítricos según Krantz [Doreste, 1984 y Prato, 1977].

Ácaros depredadores

Los ácaros de la familia *Phytoseiidae* (parasitiformes: Gamasida), son importantes depredadores de los eriófidos, tarsonémidos y tetraníquidos (acari-

formas: actinedida: *Eriophyidae*, *Tarsonemidae* y *Tetranychidae*) [Vargas *et. al.* 1989].

Las especies más eficientes pertenecen a los géneros *Amblyseius*, *Phytoseiulus* y *Typhlodromus*. Algunas de las especies de los *Phytoseidos* son capaces de devorar hasta noventa eriófidos al día por individuo [Vargas *et. al.*, 1989].

CLASIFICACIÓN DE LA FAMILIA PHYTOSEIIDAE. La clasificación de esta familia (*Phytoseiidae*) se basa en la placa dorsal de la hembra (forma, ornamentación, porosidad y principalmente la distribución y longitud de las setas). También se considera la extensión de la placa peritremal y en la región ventral, las placas esternal y ventrianal con sus

Cuadro 1
FAMILIAS DE LA SUB-CLASE ACARI, SEGÚN KRANTZ

Familia	Genero	Especie
<i>Tetranychidae</i>	<i>Panonychus</i> <i>Eutetranychus</i> <i>Tetranychus</i> <i>Eutetranychus</i>	<i>citri</i> (McGregor) <i>banksi</i> (McGregor) <i>tumidus</i> (Banks) <i>sexmaculatus</i> (Riley)
<i>Tenuipalpidae</i>	<i>Brevipalpus</i> <i>Brevipalpus</i> <i>Brevipalpus</i>	<i>obovatus</i> (Donnadieu) <i>phoenicis</i> (Geijskes) <i>californicus</i> (Banks)
<i>Eriophyidae</i>	<i>Phyllocoptruta</i> <i>Aceria</i>	<i>oleivora</i> (Ashmead) <i>sheldoni</i> (Ewing)
<i>Tarsonemidae</i>	<i>Hemitarsonemus</i> ¹	<i>latus</i> (Banks)

1. Llamado también *Polyphagotarsonemus latus* (Beer, Nucifora).

CLASIFICACIÓN DE LA FAMILIA PHYTOSEIIDAE

Clase	Arachnida
Subclase	Acari
Orden	Parasitiforme
Suborden	Gamasida
Supercohorta	Monogynaspides
Cohorte	Gamasida
Superfamilia	<i>Phytoseioidea</i>
Familia	<i>Phytoseiidae</i>

Fuente: Krantz, 1978 citado por Vargas *et. al.* 1989.

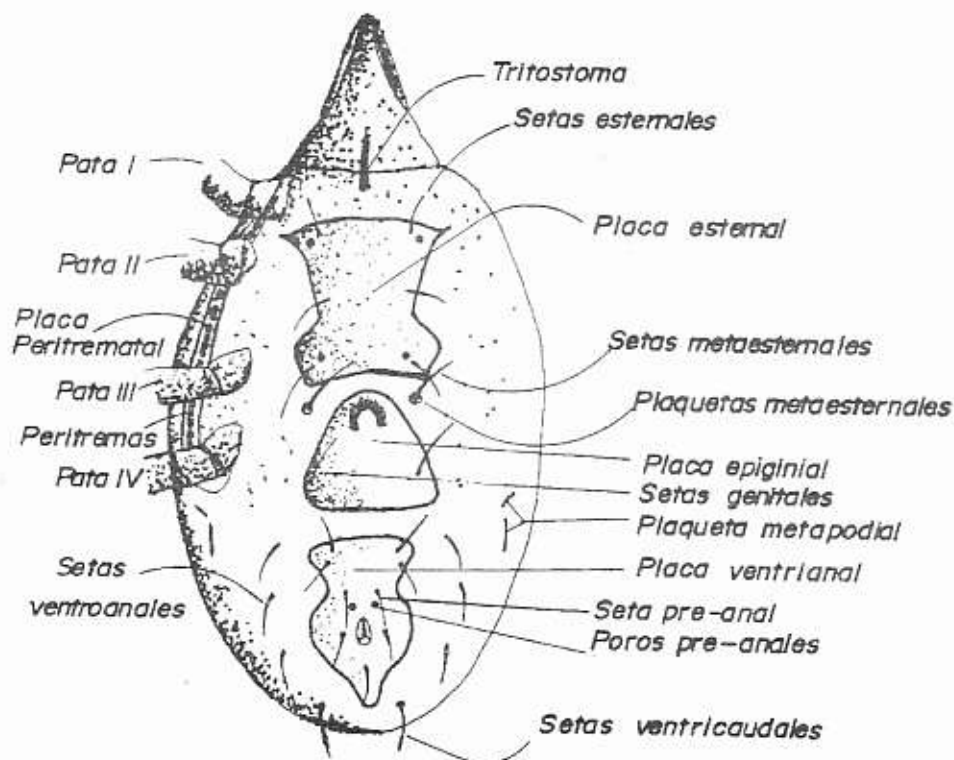
correspondientes setas. La forma y número de dientes de los quelíceros; espermatozóitos en el quelícero del macho, macrosetas en el último par de patas y la espermoteca de la hembra [Vargas *et. al.*, 1989], (figura 2).

MORFOLOGÍA EXTERNA. El cuerpo del ácaro depredador está formado por una pequeña porción anterior llamada gnatosoma y una posterior llamada, idiosoma; separadas por una sutura circuncapilar [Vargas, *et. al.*, 1989].

Los órganos primarios del idiosoma son locomotores, respiratorios, copuladores y sensoriales en función. Generalmente de patas largas, de forma aerodinámica y con movimientos rápidos, con fuertes quelíceros quelados para macerar la presa. En la vista dorsal están las setas laterales, dorsales, mediales y sub-laterales. En vista ventral están las placas meta esternales, meta podales, esternal, genital, ventrianal y peritrema [Vargas *et. al.*, 1989].

BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA DE LOS FITOSEIDOS. Los fitoseidos tienen un ciclo de vida corto, de seis o siete días, pasando por los estados de huevo, larva, proto-ninfa, deutoninfa y adultos. El número de huevos producidos por las hembras oscila entre 30 y 60. Las dietas compuestas de ácaros presa y de polen pro-

Figura 2
ESQUEMA GENERALIZADO
DEL VIENTRE DE UNA HEMBRA DE PHYTOSEIIDAE



ducen una mayor oviposición de las hembras [Vargas *et. al.*, 1989].

II. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar información básica sobre ácaros fitófagos y depredadores, asociados al cultivo de naranja (*Citrus sinensis*) en la aldea Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango.

Objetivos específicos

1. Determinar las especies de ácaros asociados al cultivo de naranja.
2. Describir en forma general las especies de ácaros determinados en los grupos fitófagos y depredadores.
3. Establecer las relaciones en número de ácaros fitófagos y depredadores, estrato preferido y patrón de dispersión.

III. HIPÓTESIS

En los huertos de naranja existe por lo menos una especie de ácaro fitófago o depredador asociado a ellos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área en estudio

La aldea Quiajolá está ubicada en el municipio de San Sebastián Huehuetenango, departamento de Huehuetenango. Limita al norte con la aldea Chejoj, al sur con el municipio de Santa Bárbara; al este con la aldea El Piol y la cabecera municipal; al noroeste con el municipio de San Rafael Petzal. Se localiza en las coordenadas 15 grados 23 minutos 5 segundos de latitud norte y 91 grados 37 minutos 40 segundos de longitud oeste. La altitud oscila entre los 1,680 a 2,140 metros sobre el nivel del mar (msnm). Tiene una extensión territorial aproximada de 6 kilómetros cuadrados. La aldea dista de la cabecera municipal 2 kilómetros, de la cabecera departamental 24 kilómetros y 277 kilómetros de la capital de Guatemala. Se llega por la carretera Interamericana CA-1 (asfaltada) [Instituto Geográfico Nacional, 1976].

Climatología

La precipitación pluvial fluctúa entre los 1,100 a 1,200 mm al año, distribuyéndose en los meses de mayo a octubre, con una humedad relativa en época lluviosa del 80% y en época seca del 60%.

La temperatura promedio anual es de 17 grados centígrados, con una máxima anual de 30.5 grados centígrados y una mínima anual de 13.9 grados centígrados. El clima es templado con invierno benigno seco de acuerdo a las condiciones ecológicas,

la zona de vida del área es bosque húmedo montano bajo [Holdridge, 1953].

La investigación se desarrolló de noviembre de 1994 a mayo de 1995. Para los fines de la investigación se practicaron dos muestreos de poblaciones de ácaros en hojas jóvenes de naranja dulce (*Citrus sinensis*).

ÉPOCA DE LOS MUESTREOS

El primer muestreo se realizó en noviembre, con una temperatura media mensual de 15° centígrados y una humedad relativa de 70%. El segundo, en el mes de abril con una temperatura media mensual de 19° centígrados y una humedad relativa de 65%, suponiendo que tales condiciones climáticas afectarán de alguna manera la presencia y abundancia de ácaros que están asociados a los huertos de naranja en dicha localidad.

Características del muestreo

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HUERTOS A MUESTREAR. La aldea cuenta con una población total de 52 huertos de naranja dulce de aproximadamente 12 años. Para establecer el número de huertos a muestrear se utilizó la fórmula siguiente [Barfield, 1984]:

$$n = \frac{N X^2 r^2}{Nd^2 + Z^2 r^2}$$

Donde:

- n = número de huertos a muestrear
- N = población total de huertos
- r² = varianza
- d = precisión
- Z = valor tabular de z

SELECCIÓN DEL HUERTO A MUESTREAR. Para determinar qué huerto muestrear se utilizó un muestreo al azar simple, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- a) Se realizó un marco de lista con los nombres de los propietarios de los 52 huertos.
- b) Se elaboraron 52 tarjetas y se enumeraron 32 de ellas (de uno a 32), las 20 tarjetas restantes quedaron en blanco.
- c) Se propició una reunión con los 52 propietarios, las tarjetas se doblaron con el fin de ocultar los números, luego se depositaron en una caja y cada propietario tomó una tarjeta, aquellos que obtuvieron una tarjeta marcada con un número se les muestreó el huerto.

Para determinar qué huerto muestrear se utilizó un muestreo al azar simple; y para seleccionar el árbol a muestrear se utilizó un muestreo sistemático.

SELECCIÓN DEL ÁRBOL A MUESTREAR. Para escoger el árbol se utilizó un muestreo sistemático: se caminó en el huerto muestreando uno de cada cinco árboles, identificando cada árbol con un marcador plástico, llevando consigo el número correspondiente al propietario [Barfield, 1984].

RECOLECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL (FOLLAJE). En primer lugar, la copa del árbol seleccionado (área foliar) se dividió en tres secciones iguales: parte baja (B), parte media (M) y parte alta (A). Luego, de cada parte del árbol se recolectaron cinco hojas jóvenes con cierta apariencia de daño causado por ácaros, con el propósito de asegurar la presencia de los mismos.

ACARREO DE LAS MUESTRAS. Todas las hojas de la muestra de la parte alta de un huerto, fueron reunidas, introducidas en una bolsa de polietileno e

identificadas con el número correspondiente al huerto y la letra «A», así mismo para la parte media «M» y la baja «B», luego fueron llevados al laboratorio de entomología del Centro Universitario de Nor-Occidente (CUNOROC) para los conteos.

CONTEO DE ÁCAROS. Los conteos fueron realizados en el laboratorio de entomología del CUNOROC, para ello se utilizó un estereoscopio visualizado con objetivo de aumento de 40x; de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- a) Se tomaron las hojas contenidas en cada muestra y fueron observadas una por una en el estereoscopio. Con ayuda de un pincel, fueron contados y separados en depredadores y fitófagos, tomando en cuenta que por lo general los ácaros depredadores se diferencian de los fitófagos por su forma aerodinámica, movimientos rápidos, patas largas y fuertes quelíceros [Vargas *et. al.*, 1989].
- b) Los ácaros fueron atrapados y preservados en alcohol al 75%, para realizar la determinación en los laboratorios respectivos.
- c) Los resultados de los conteos fueron llevados a una tabla de datos que se presenta en el cuadro 2.

Relación numérica de ácaros fitófagos/depredadores

Para la determinación de la relación numérica ácaros fitófagos/depredadores se realizaron los siguientes pasos:

- a) Se dividió el número de ácaros fitófagos dentro del número de ácaros depredadores de cada

muestra, tomando en cuenta el total de las muestras para la parte baja, media y alta, haciendo un total de 96 datos.

- b) Los 96 datos resultantes fueron agrupados en una tabla de frecuencias.
- c) Se calculó la media aritmética, estableciendo así la relación numérica entre los ácaros fitófagos/depredadores.

$$\bar{X} = \frac{\sum(F * P_m)}{n}$$

Donde:

$\bar{X}$ = media

F = frecuencia

P_m = punto medio

Cuadro 2
ABUNDANCIA DE ÁCAROS EN HOJAS JÓVENES FITÓFAGOS
Y DEPREDAADORES PARA EL PRIMERO Y SEGUNDO MUESTREO,
ALDEA QUIAJOLÁ, SAN SEBASTIÁN HUEHUETENANGO, 1995.

Primer muestreo noviembre 1994						Segundo muestreo abril 1995						
n° de huerto	PB	PB	PM	PM	PA	PA	PB	PB	PM	PM	PA	PA
1	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D	F	D
2												
.												
.												
32												

PB = Parte Baja.

PM = Parte Media.

PA = Parte Alta.

F = Fitófagos.

D = Depredadores.

n = número de datos.

Determinación de la parte aérea preferida por los ácaros

Para la determinación de la parte aérea preferida por los ácaros se tomó en cuenta el número total de ácaros encontrados, ya fueran fitófagos o depredadores, agrupándolos en las partes en que se dividió la planta: baja, media y parte alta.

Para la determinación de esta variable se tomó en cuenta el número total de ácaros encontrados, ya fueran fitófagos o depredadores, agrupándolos en las partes en que se dividió la planta: baja, media y parte alta. El análisis de los datos obtenidos se realizó por medio de una prueba no paramétrica, «criterio de clasificación por rangos de Kruskal Wallis» [Daniel, 1990]. Los pasos para su determinación son los siguientes:

- a) Se plantearon dos hipótesis:
Ho₁ No existe diferencia significativa en la concentración de ácaros en las partes aéreas definidas.
Ha₂ Por lo menos en una parte aérea definida del árbol existe mayor concentración de ácaros.
- b) Se clasificaron en orden creciente los datos (número de ácaros), obtenidos de las muestras, sin importar de que parte del árbol provengan es decir formando una sola serie de datos, luego se les asignó rangos de uno a n.
- c) A los valores ligados (empates) se les asignó el promedio de los rangos ligados.
- d) Los rangos asignados fueron agrupados como estuvieron los datos originales.
- e) Se determinó el valor de R, que es la suma de rangos por cada uno de los grupos de rangos (para la parte baja, media y alta).
- f) Finalmente se calculó H que es igual al estadístico de prueba usada en Kruskal Wallis [Daniel, 1990].

Para este caso en particular hubo repetición de datos por lo tanto se usó la fórmula de H para ligas o empates [Daniel, 1990].

$$H = \frac{\frac{12}{n(n+1)} \sum_{j=1}^n \frac{R_j^2}{n_j} - 3(n+1)}{1 - \frac{\sum T}{n^3 - n}}$$

Donde:

K = el número de grupos

n_j = el número de observaciones en el j-ésimo grupo

n = el número de observaciones en todos los grupos combinados

R_j = la suma de los rangos en el j-ésimo grupo

T = $(T^3 - t)$, cuando T es el número de observaciones ligadas en un grupo de ligas

12 = constante

3 = constante

1 = constante

- g) Como hubo más de cinco observaciones en cada grupo, H se comparó con los valores tabulados de la χ^2 con K-1 grados de libertad.

Cálculo del patrón de dispersión

Para establecer el patrón de dispersión de los ácaros se utilizó la proporción de varianza sobre media [Barfield, 1984]. Para ello se usaron los datos donde se encontró mayor concentración de ácaros, resultado obtenido del punto anterior. Estos datos

se agruparon en una tabla de frecuencias [Barfield, 1984].

Los criterios para establecer el tipo de dispersión [Barfield, 1984] fueron los siguientes:

- a) Si la proporción varianza sobre media es igual a uno, entonces se considera que la población tiene una dispersión al azar.
- b) Si la proporción varianza sobre media es mayor que uno, se considera que la población tiene una dispersión uniforme.
- c) Si la proporción de varianza sobre media es menor que uno, entonces es una dispersión agregada.

FÓRMULAS UTILIZADAS [Barfield, 1984]

$$\text{Media } \bar{X} = \frac{(F * P_m)}{N}$$

$$S^2 = \frac{\sum (P_m - \bar{X})^2}{N}$$

$$\text{Patrón de dispersión} = \frac{S^2}{\bar{X}}$$

Donde:

- μ = media
 F = frecuencia
 P_m = punto medio
 S^2 = varianza

Montaje de ácaros y determinación

Para la elaboración de los montajes se utilizó el medio de Hoyer; con un pincel se colocaron dos ácaros —uno dorsal y uno ventral— sobre una gota del medio, luego se colocó el cubre-objetos. Se rotuló el montaje indicando lugar de recolección, fecha, hospedero, colector y parte de la planta muestreada.

Luego se llevaron las muestras a un horno de 45° centígrados, durante 4 a 5 días para el secado y proceder la identificación de los ácaros.

La determinación de las familias y especies de ácaros se realizó en el laboratorio de protección de plantas del ICTA, Quetzaltenango y verificados por el laboratorio de acarología del proyecto MIP-CATIE, Turrialba, Costa Rica.

V.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación numérica ácaros fitófagos/depredadores

Del número total de ácaros por muestreo y con base en los cuadros 3 y 4, se pudo establecer que para el primer muestreo existió una relación de ácaros fitófagos/depredadores de 1:9, un depredador por cada nueve ácaros fitófagos. En el segundo muestreo, la relación es de 1:11, un depredador por cada once ácaros fitófagos. Es posible que la diferencia de temperatura entre ambos muestreos no sea determinante con respecto a la abundancia de ácaros fitófagos y depredadores. Por otro lado el control de ácaros depredadores es efectivo, ya que las relaciones

Cuadro 3
FRECUENCIA DE LAS RELACIONES ÁCAROS
FITÓFAGOS/DEPREDADORES PARA EL PRIMER
MUESTREO NOVIEMBRE DE 1994, ALDEA QUIAJOLÁ,
SAN SEBASTIÁN HUEHUETENANGO

Del número total de ácaros por muestreo y con base en los cuadros 3 y 4, se pudo establecer que para el primer muestreo existió una relación de ácaros fitófagos/depredadores de 1:9, un depredador por cada nueve ácaros fitófagos. En el segundo muestreo, la relación es de 1:11, un depredador por cada once ácaros fitófagos.

Número de ácaros por muestreo f/d	Frecuencia (F)	Punto medio (Pm)	Frecuencia por punto medio
6-7	26	6.5	169
8-9	44	8.5	374
10-11	20	10.5	210
12-13	5	12.5	62.5
14-15	0	14.5	0
16-17	0	16.5	0
18-19	1	18.5	18.5
sumatoria	96		834

media = 9. f = fitófagos. d = depredadores.

Cuadro 4
FRECUENCIA DE LAS RELACIONES ÁCAROS
FITÓFAGOS/DEPREDADORES PARA EL SEGUNDO
MUESTREO, ABRIL DE 1995, ALDEA QUIAJOLÁ,
SAN SEBASTIÁN HUEHUETENANGO

Número de ácaros por muestreo f/d	Frecuencia (F)	Punto medio (Pm)	Frecuencia por punto medio
7-8	11	7.5	82.5
9-10	38	9.5	361
11-12	31	11.5	356
13-14	10	13.5	135.0
15-16	5	15.5	77.5
17-18	1	17.5	17.5
Sumatoria	96		1030

media = 11. f = fitófagos. d = depredadores.

son bajas si tomamos en cuenta que en otros cultivos es necesaria la aplicación de acaricidas, como en el caso del cultivo del frijol en el cual se hacen necesarias las aplicaciones cuando existen de 40 a 50 ácaros fitófagos por un depredador. [Vargas *et. al.*, 1989].

Parte aérea preferida por los ácaros

El estadístico de prueba «H» de Kruskal Wallis para la clasificación por rangos, arrojó para el primer muestreo una H calculada de 19.24 y para el segundo muestreo una H calculada de 80.8. La H tabulada con K - 1 grados de libertad y χ^2 es de 5.99; por lo tanto se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa que indica:

«Por lo menos en una parte aérea definida del árbol de naranja existe una mayor concentración de ácaros».

La parte establecida con mayor concentración de ácaros fue la parte media del árbol, para ambos muestreos, con una ligera tendencia hacia la parte alta en el primer muestreo y baja en el segundo muestreo; lo cual está ligado a lo presentado por Doreste [1984], quien indica que los ácaros durante la época caliente y seca se retiran a sitios protegidos y húmedos, o tener generaciones con anatomía exterior más resistente, la temperatura es el factor de mayor influencia sobre el comportamiento de los ácaros en los hospederos. Una baja temperatura causa reducción de las poblaciones y pueden ocurrir altas mortandades cuando se suceden cambios violentos de temperaturas, ya sean altas o bajas [Doreste, 1984].

Patrón de dispersión

De los cuadros 5 y 6 se obtuvieron los valores de la media y la varianza. Para el primer muestreo se obtuvo una varianza igual a 207.57 y una media igual a 75.3. El patrón de dispersión lo dio la relación

Cuadro 5
NÚMERO DE ÁCAROS PARA EL PRIMER MUESTREO
REALIZADO EN NOVIEMBRE DE 1994,
ALDEA QUIAJOLÁ, SAN SEBASTIÁN HUEHUETENANGO

No. de ácaros	Frecuencia	Punto medio	(F * Pm)	(Pm - X) ²
41-54	10	47.5	475.0	732.84
55-68	5	61.5	307.5	190.44
69-82	6	75.5	453.0	0.04
83-96	3	89.5	268.5	201.64
97-110	4	98.5	394.0	538.24
111-124	1	117.5	117.5	1780.84
125-138	3	131.5	394.5	3158.44
sumatoria	32		2409.5	6642.48

Cuadro 6
NÚMERO DE ÁCAROS, PARA EL SEGUNDO MUESTREO
REALIZADO EN ABRIL DE 1995,
ALDEA QUIAJOLÁ, SAN SEBASTIÁN HUEHUETENANGO

No. de ácaros	Frecuencia	Punto medio	(F * Pm)	(Pm - X) ²
79-90	6	84.5	507.0	729.00
91-102	7	96.5	675.5	225.00
103-114	4	108.5	434.0	12.25
115-126	8	120.5	964.0	81.00
127-138	4	132.5	530.0	420.25
139-150	1	144.5	144.5	1089.00
151-162	2	156.5	313.0	2025.00
sumatoria	32		3568.0	4581.50

varianza sobre media con un valor de 2.75; indicando que el patrón de dispersión de los ácaros es uniforme. Para el segundo muestreo se obtuvo una varianza de 143.17 y una media de 111.5.

La relación varianza sobre media dio un valor de 1.28, indicando que el patrón de dispersión de los ácaros es uniforme. El patrón de dispersión uniforme supone que todos los puntos en el espacio tienen la misma probabilidad de ser ocupados por un individuo, pero aunque todo el espacio sea habitable, los individuos interactúan compitiendo con un recurso del ambiente (espacio/alimento), que obliga a que cada individuo ocupe un territorio más o menos constante; según los ecólogos este patrón de dispersión puede darse en la agricultura, cuando es un sistema de monocultivo; en este caso es el monocultivo de naranja dulce [Barfield, 1984]. Por otro lado en el período de época seca la abundancia de los ácaros es grande y su distribución es amplia en los hospedantes.

Ácaros fitófagos y depredadores asociados a los huertos de naranja dulce

Según los resultados del cuadro 7 se estableció que existen asociados a los huertos de naranja dulce de la Aldea Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango, especies de cinco familias de ácaros, lográndose identificar tres especies de ácaros fitófagos y una especie de ácaro depredador, quedando sin identificar una especie fitófaga de la familia *Tenuipalpidae* y una especie de ácaro depredador de la familia *Stigmaeidae*.

A continuación se describen en forma general los aspectos más relevantes de los ácaros encontrados

*Existen
asociados a los
huertos de
naranja dulce
de la Aldea
Quiajolá, San
Sebastián
Huehuetenango,
especies de
cinco familias
de ácaros,
lográndose
identificar tres
especies de
ácaros fitófagos
y una especie
de ácaro
depredador.*

en los árboles de naranja dulce de los huertos de la aldea Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango.

PHYLLOCOPTRUTA OLEIVORA (ASHMEAD). Ácaro considerado como una de las plagas más importantes de los cítricos a nivel mundial [Prato, 1977]. Los daños más notables son ocasionados a los frutos, donde el ácaro al chupar el jugo del epicarpio causa la salida de aceites esenciales que se oxidan, tomando el fruto una coloración negra [Prato, 1977]. Además son capaces de destruir las yemas terminales obstruyendo la formación de ramas fructíferas.

Este ácaro, al igual que todas las especies de la familia *Eriophyidae*, es de cuerpo vermiforme, anillado con gnatosoma compuesto de una placa rostral mediana, encerrada por los segmentos en la base de los palpos, que son laterales y hay un surco donde se acomodan los quelíceros en forma de látigo [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

Poseen dos pares de patas que tienen pocas setas y tienen reducido el número de segmentos. El empodio

Cuadro 7
DIAGNÓSTICO DE LOS ÁCAROS ASOCIADOS A LOS
HUERTOS DE NARANJA DULCE (*CITRUS SINENSIS*),
ALDEA QUIAJOLÁ, SAN SEBASTIÁN HUEHUETENANGO

Familia	Género	Especie	Hábito
<i>Eriophyidae</i>	<i>Phyllocoptruta</i>	<i>oleivora</i> (Ashmead)	fitófago
<i>Tetranychidae</i>	<i>Eutetranychus</i>	<i>banksi</i> (McGregor)	fitófago
<i>Tenuipalpidae</i>	<i>Brevipalpus</i>	<i>Phoenicis</i> (Geijskes)	fitófago
<i>Tenuipalpidae</i>	<i>Brevipalpus</i>	<i>sp.</i>	fitófago
<i>Phytoseiidae</i>	<i>Phytoseiulus</i>	<i>persimilis</i> Athias-Henriot	depredador

tarsal es rodiado o de forma plumosa, las uñas verdaderas en los tarsos están ausentes [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

EUTETRANYCHUS BANKSI (MCGREGOR). Sus colonias tienen preferencia por el envés de las hojas, el daño principal es causado sobre las hojas que adquieren un aspecto bronceado hasta llegar a una necrosis violenta de los tejidos foliares y caída total o parcial. El ácaro presenta estrías histosomales transversales en forma de «V» en medio del segundo y el tercer par de setas dorsocentrales. Los peritremas son distalmente rectos y terminados en un pequeño bulbo o ensanchamiento [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

BREVIPALPUS PHOENICIS (GEIJSKES). Este ácaro daña las hojas provocando manchas de color amarillo de formas irregulares, haciendo caer las hojas, además causan agrietamiento en la corteza y deformación de las yemas originando una proliferación anormal de renuevos.

El ácaro se identifica por tener un reticulado irregular en la región medial de su parte distal, tiene cinco setas histosomales dorsolaterales de tipo espatulado piloso. Generalmente el rostro no sobrepasa el tamaño del fémur I, el cuarto segmento del palpo tiene dos setas simples y una sensorial y el tarso II con dos solenidios [Doreste, 1984 y Krantz, 1975].

PHYTOSEIULUS PERSIMILIS ATHIAS-HENRIOT. Es uno de los ácaros depredadores que ha sido utilizado en programas de combate biológico, principalmente contra la arañita roja (*Tetranychus urticae*) [Doreste,

1984 y Krantz, 1975], que es una plaga limitante en fresa y plantas ornamentales.

VI. CONCLUSIONES

1. En los huertos de naranja dulce *Citrus sinensis* (L. Osbek) ubicados en la Aldea Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango, se estableció que existen ácaros asociados a ellos, principalmente en hojas jóvenes de la parte media del árbol.
2. Los ácaros identificados como fitófagos fueron: El ácaro *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead), el ácaro *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) y el ácaro *Eutetranychus banksi* (McGregor) y como ácaros depredadores: El ácaro *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, además un ácaro depredador de la familia *Stigmaeidae*, no identificado.
3. Se estableció que existe mayor abundancia de ácaros fitófagos que depredadores, con una relación de 1:9 para el primer muestreo y de 1:11 para el segundo muestreo.
4. Los ácaros estudiados según muestreos de la parte media del árbol presentaron un patrón de dispersión uniforme.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, G. A. 1993. Descripción biológica preliminar del ácaro *Pediculopsis graminum* (Reuter) en el clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) y evaluación de siete plaguicidas para su control en Amatitlán, Guatemala.

Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 77 p.

BARFIELD, C. S. 1984. El muestreo en el manejo integrado de plagas. En Manejo de plagas insectiles en Centro América; estado actual y futuro. Editado por K. L. Andrews y J.R. Quezada. Honduras, Escuela Agrícola El Zamorano. p. 146-160.

DANIEL, W. 1990. Bioestadística. México, Limusa. p. 533-539.

DORESTE, S.E. 1984. Acarología. Costa Rica, IICA. 410 p.

GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1976. Diccionario geográfico de Guatemala. 2 ed. Guatemala. tomo 3, p. 41-42.

HOLDRIDGE, L. R. 1953. Curso de ecología vegetal. San José, Costa Rica, IICA. 39 p.

KRANTZ, G. W. 1975. Manual of acarology. EEUU., Book stores, Inc. 335 p.

MORALES, J. R. 1986. Evaluación de acaricidas para el control de araña roja (*Tetranychus sp.*) en el cultivo de la fresa. Guatemala, ICTA. 8 p.

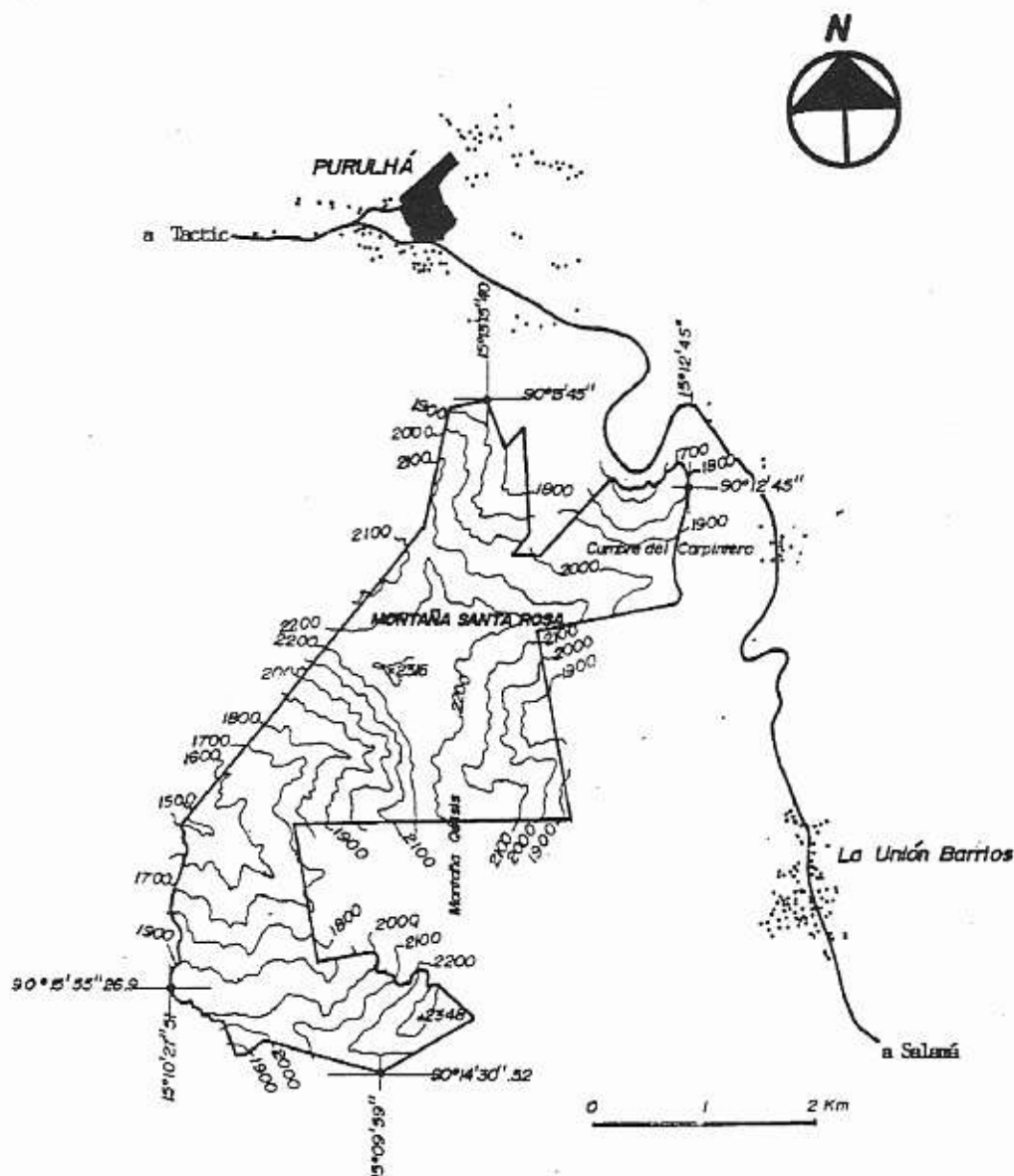
PRATO, J. 1977. Los agrios. Barcelona, Blume. p. 150-161.

VARGAS, C. ET. AL. 1989. Potencial de los ácaros fitoseidos (parasitiformes: *Phytoseiidae*) para el control biológico de plagas. Manejo Integrado de Plagas. (C. R.) n° 14: 87-108.

VELÁSQUEZ, M. 1990. Ácaros *Eriophyes tulipae* y *Rhizoglyphus callae* en ajo. Guatemala, ICTA. Nota Técnico Científica, n° 1, 2 p.

-----; Ovalle, W. 1992. El ácaro *Abacarus sachari* Channavasavana, en caña de azúcar. Guatemala, ICTA. Nota Técnico Científica, n° 13, 2 p.

Figura 1
UBICACIÓN Y TOPOGRAFÍA DEL BIOTOPO DEL QUETZAL



tales que son, el bosque latifoliado denso, que ocupa el 63.4% del área (7.304 Km²), el bosque secundario, ocupando el 18.32% (2.11 Km²), el bosque transicional con el 12.87% (1.482 Km²) y el matorral con un 5.36% del área (0.617 Km²).

La fisiografía del área y la diversidad florística del estrato arbóreo, arbustivo, herbáceo, epífita y voluble definen la fisonomía y estructura de la vegetación del Biotopo del Quetzal, tipificándola como una selva nublada [Cabrera y Willink, 1973].

II.

EPIFITAS DEL BIOTOPO DEL QUETZAL

La vegetación de la selva nublada

ESTRATO ARBÓREO. El dosel del estrato arbóreo es esparcido, con más de 20 m de porte y con frecuencia se observa gran cantidad de árboles tumbados por su senectud, el efecto del viento, lluvia y la epifitosis. Las especies más frecuentes en el dosel son: *Quercus borucosana* Trel, *Q. crispifolia* Trel, *Q. purulhana* Trel (encinos y robles), *Engelhardtia guatemalensis* Standl (nogal blanco), *Persea donnellsmithii* Mez ex Donn Sm (aguacatillo) y *Nectandra globosa* (Aubl) Mez (canoj, aguacatillo).

Por debajo del dosel del estrato arbóreo se encuentra la mayor diversidad arbórea, estos árboles tienen alturas que van de 8 a 15 metros.

Por debajo del dosel se encuentra la mayor diversidad arbórea, estos árboles tienen alturas que van de 8 a 15 m, entre las especies más frecuentes se encuentran: *Clethra suaveolens* Turcz., *C. pache-coana* Standl & Steyerm (zapotillos), *Hedyosmum mexicanum* Cordemoy (pata de chunto), *Saurauia pseudoscabrida* Buscalioni, *S. pseudorubiformis* Buscalioni (mocos), *Billia hippocastanum* Peyr,

Hieronyma guatemalensis Donn Sm. *Mollinedia guatemalensis* Perkins, *Podocarpus oleifolius* D Don in Lambert (ciprecillo), *Cecropia sylvicola* Standl & Steyerl (guarumo) y *Oreopanax leibmannii* Marchal.

ESTRATO ARBUSTIVO. Este estrato es muy denso y diverso, con una altura de dos a tres metros, siendo las especies más frecuentes: *Alloplectus cucullatus* Morton, *Solenophora wilsonii* Standl, *Geonoma seleri* Burret (pamac), *Piper frioense* Standl & Steyerl, *Solanum schlechtendalianum* Walp, *Miconia glaberrima* (Schlt)Naudin (nigua), *M. donnell-smithii* Cogn ex Donn Sm (nigua), *Clidemia tuerckheimii* (Donn Sm) Gleason (nigua), *Conostegia icosandra* (Sw) Urban, (nigua blanca), *Leandra multipetiolaris* (Naudin) Cogn in Mart.

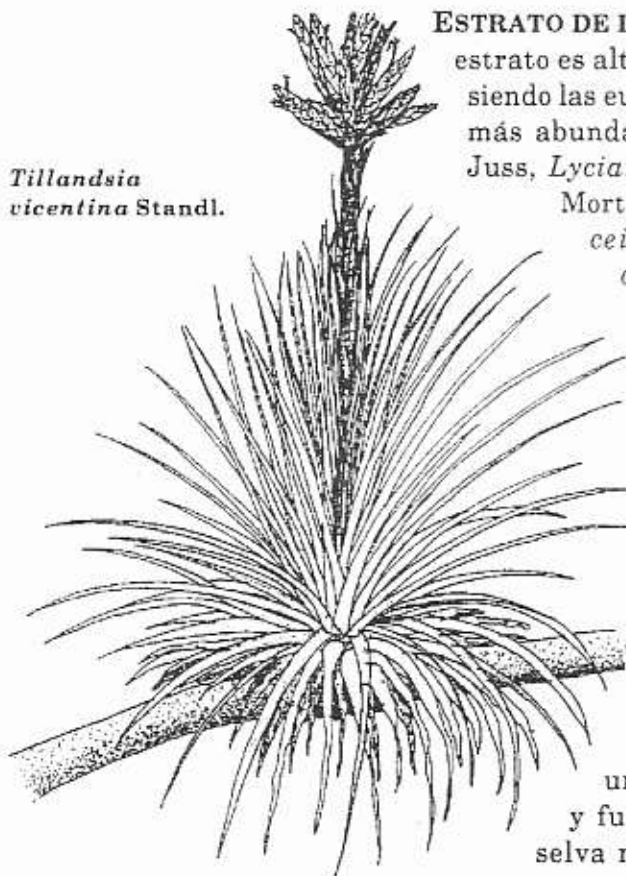
Los helechos arborescentes (*Cyatheaceae* y *Dicksoniaceae*), cuentan con grandes poblaciones dentro del Biotopo, todas las especies son conocidas como *chipe* o *chip*, siendo éstas, *Cyathea fulva* (Mart & Gal)Fée, *C. tuerckheimii* Maxon, *Alsophila salvinnii* Hook in Hook & Bak, *Lophosoria quadripinnata* (Gmel)C Chr in Skottsb, *Nephelea tryoniana* Gastony, *Sphaeropteris horrida* (Liebm)Tryon (esta especie es la más grande, puede llegar a más de 10 m de porte), *Trichipteris mexicana* (Mart)Tryon y *Dicksonia gigantea* Karst.

ESTRATO HERBÁCEO. Debido a la densidad del estrato arbustivo dentro del sotobosque de la selva, este estrato es poco denso. Siendo las especies más frecuentes: *Nertera granadensis* (L f)Druce, *Coccosyrselum cordifolium* Nees & Mart, *Hoffmania phoenicopoda* Schum, *Polygala aparinoides* Hook & Arn, *Blechnum falciforme* (Liebm)C Ch, *B. schiedeana*

(Presl) Hieron, *Hypolepis repens* (L) Presl, *Pilea purulensis* Donn Sm y una alta diversidad y densidad de musgos que cubren en muchas regiones la totalidad del suelo.

ESTRATO HEMIPARÁSITO. Dentro del área solamente han sido colectadas dos especies con este hábito. Siendo éstas *Antidaphne viscoidea* Poepp & Endl y *Struthanthus marginatus* (Desr) Blume ex Schult, ambas especies pertenecen a la familia *Loranthaceae*.

*Tillandsia
vicentina* Standl.



ESTRATO DE LIANAS. La riqueza de este estrato es alta y con mucha frecuencia, siendo las eulianas (verdaderas lianas) más abundantes *Passiflora sexflora* Juss, *Lycianthes ocellata* (Donn Sm) Morton & Standl, *Solanum lanceifolium* Jacq, y *Mikania cordifolia* (L f) Willd.

ESTRATO EPIFITO. Este estrato es muy rico y diverso. Encontrándose fustes y ramas de árboles (forófitos) densamente poblados, tanto de musgos, hepáticas y líquenes, como de plantas superiores, a tal grado que son en cierta medida los entes causales de que exista una alta cantidad de ramas y fustes tirados dentro de la selva nublada.

ESTRATO SAPRÓFITO. Este estrato es muy rico, dominado básicamente por hongos. Dentro del área existe, con poca frecuencia, una planta superior, *Leiphaimos aphylla* (Jacq) Gilg, de la familia *Gentianaceae*.

Diversidad florística y frecuencia del estrato epifito en el Biotopo del Quetzal

Para obtener la información sobre la diversidad de este estrato, fueron muestreados fustes y árboles tumbados recientemente, estableciendo la existencia de 13 familias, 39 géneros y 89 especies vegetales epifitas (ver cuadro 1).

Las familias con mayor diversidad son *Orchidaceae* (orquídeas) con 27 especies (32.93%); *Polypodiaceae* (helechos) con 18 especies y *Bromeliaceae* (gallitos, pie de gallo) con 13 especies (15.85%), estas tres familias ocupan el 70.75% de la diversidad existente dentro del área (ver figura 3).

Las especies epifitas más frecuentes en el Biotopo son: *Hymenophyllum spp.*, *Blechnum ensiforme* (Liebm) C Ch, *Elaphoglossum spp.*, *Grammitis spp.*, *Peltapteris peltata* (Sw) Morton, *Peperomia cobana* C DC in Donn Sm, *Clusia salvinnii* Donn Sm, *Cavendishia guatemalensis* Loes, *Satyria meiantha* Donn Sm, *Psychotria parasitica* Swartz, *Hohembergia guatemalensis* L B Smith, *Tillandsia standleyi* L B Smith, *Vriesia werckleana* Mez, *Epidendrum ramosum* Jacq, *Maxillaria hagsateriana* Soto y Arenas, *M. cucullata* Lindl, *Pleurothallis cardiothallis* Reichb, *P. tuerckheimii* Schl, *Epidendrum chloe* Reichb f y *Drymonia oinchrophylla* (Donn Sm) D Gibson.

Las epifitas raras o poco frecuentes de observar dentro de la selva nublada son: *Lycopodium*

Cuadro 1
DIVERSIDAD FLORÍSTICA DEL ESTRATO EPIFITO
DE LA SELVA NUBOSA DEL BIOTOPO UNIVERSITARIO
PARA LA CONSERVACIÓN DEL QUETZAL,
PURULHÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA. 1996

FAMILIA

nº

Especie

I LYCOPODIACEAE

1. *Lycopodium tuerckheimii* Maxon

II HYMENOPHYLLACEAE

2. *Hymenophyllum crassipetiolatum* Stolze
3. *Hymenophyllum fucoides* (Sw)Sw j
4. *Hymenophyllum myriocarpum* Hook

III POLYPODIACEAE

5. *Asplenium pteropus* Kaulf
6. *Blechnum ensiforme* (Liebm)C Ch
7. *Cochlidium rostratum* (Hook)Maxon ex C Ch
8. *Elaphoglossum acutissimum* Christh
9. *Elaphoglossum erinaceum* (Fée)Moore
10. *Elaphoglossum eximium* (Mitt)Christ
11. *Elaphoglossum gratum* (Fée)Moore
12. *Elaphoglossum paleaceum* (Hook ex Grev)Sledge
13. *Grammitis asplenifolia* (L)Proctor
14. *Grammitis blepharodes* (Maxon)Serpriens
15. *Grammitis delitescens* (Maxon)Proctor
16. *Grammitis leptostoma* (Fée)Sering
17. *Grammitis limula* (Christ)L D Gómez
18. *Grammitis serratula* (Sw)Sw j
19. *Grammitis trichomanoides* (Sw)Ching
20. *Peltapteris peltata* (Sw)Morton
21. *Polypodium aureum* L
22. *Polypodium rhachipterygium* Liebm

IV PIPERACEAE

23. *Peperomia cobana* C DC in Donn Sm
24. *Peperomia collocata* Trel
25. *Peperomia quadrifolia* (L) HBK
26. *Peperomia obtusifolia* (L)A Dietr
27. *Peperomia rotundifolia* (L)HBK

Cuadro 1
...Continuación

FAMILIA

nº Especie

V URTICACEAE

28. *Pilea auriculata* Liebm

VI CACTACEAE

29. *Epiphyllum* sp.

VII CLUSIACEAE

30. *Clusia salvinnii* Donn Sm

VIII ERICACEAE

31. *Cavendishia guatemalensis* Loes
 32. *Satyria meiantha* Donn Sm
 33. *Satyria warszewiczii* Klotzch
 34. *Spherospermum majus* Griseb
 35. *Vaccinium poasanum* Donn Sm

IX GESNERIACEAE

36. *Columnea cobana* Donn Sm
 37. *Drymonia oinochrophylla* (Donn Sm) D Gibson

X RUBIACEAE

38. *Hillia tetrandra* Swartz
 39. *Psychotria parasitica* Swartz

XI ARACEAE

40. *Anthurium concinatum* Schott
 41. *Anthurium silvigaudens* Standl & Steyererm
 42. *Monstera* sp.

XII BROMELIACEAE

43. *Catopsis morreniana* Mez in DC
 44. *Catopsis nitida* (Hook) Griseb
 45. *Catopsis subulata* L B Smith.
 46. *Hohembergia guatemalensis* L B Smith
 47. *Tillandsia butzii* L B Smith
 48. *Tillandsia guatemalensis* L B Smith

Cuadro 1
...Continuación

FAMILIA

nº Especie

49. *Tillandsia imperialis* E Morrem ex Mez
50. *Tillandsia lampropoda* L B Smith
51. *Tillandsia multicaulis* Steud
52. *Tillandsia standleyi* L B Smith
53. *Tillandsia yunckeri* L B Smith
54. *Vriesia montana* (L B Smith) Sm & Pitt
55. *Vriesia werckleana* Mez

XIII ORCHIDACEAE

56. *Arpophyllum alpinum* Lindl in Benth
57. *Dichaea* sp. I
58. *Dichaea* sp. II
59. *Encyclia* sp.
60. *Encyclia baculus* (Reichb) Dressl & Pollard
61. *Encyclia brassavolae* (Reichb) Lindl
62. *Epidendrum chloe* Reichb f
63. *Epidendrum laucheanum* (Rolfe) ex Bonhof
64. *Epidendrum ramosum* Jacq
65. *Epidanthus paranthicus* (Reichb f) L O Wms
66. *Elleanthus capitatus* (R Br) Reichb
67. *Lepanthes gibberosa* Ames
68. *Lepanthes quetzalensis* Luer & Behar
69. *Lepanthes turrialbae* Reichb
70. *Maxillaria cucullata* Lindl
71. *Maxillaria hagsateriana* Soto y Arenas
72. *Odontoglossum williamsianum* Reichb
73. *Oncidium oblongatum* Lindl
74. *Pleurothallis* sp. I
75. *Pleurothallis* sp. II
76. *Pleurothallis cardiophallis* Reichb
77. *Pleurothallis pachyglossa* Lindl
78. *Pleurothallis pansamalae* Schl
79. *Pleurothallis segoviense* Reichb
80. *Pleurothallis tuerckheimii* Schl
81. *Stelis* sp.
82. *Stelis johnsonii* Ames

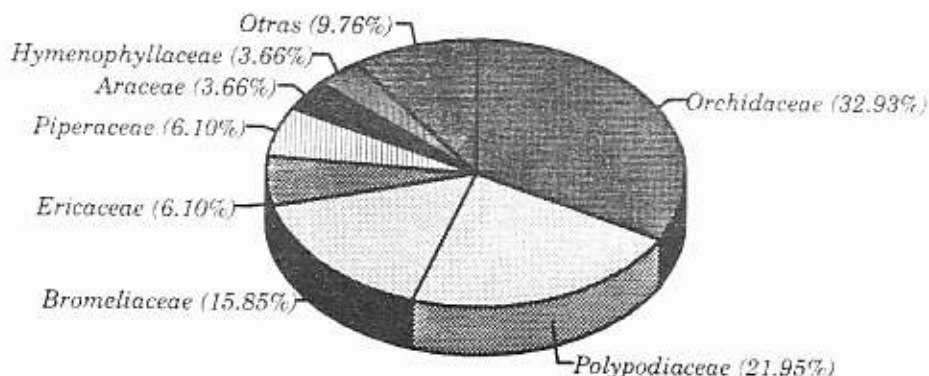
tuerckheimii Maxon, *Elaphoglossum erinaceum* (Fée) Moore, *Epiphyllum* sp., *Vaccinium poasanum* Donn Sm y *Peperomia rotundifolia* (L)HBK.

Hábito en las epifitas existentes en el Biotopo del Quetzal

De las 82 especies vegetales de epifitas identificadas en la selva nublada del Biotopo del Quetzal, el hábito herbáceo perenne es el dominante, ya que 71 especies lo presentan (86.58%). La permanencia de las epifitas por varios años sobre los árboles se debe a diferentes mecanismos evolutivos entre estas adaptaciones, la más frecuente observada, es el rizoma, ya que 42 especies epifitas lo presentan (50.60%), tal es el caso de helechos (*Hymenophylla*-

Figura 3

DISTRIBUCIÓN DE LA DIVERSIDAD DE LAS FAMILIAS DE EPIFITAS DENTRO DEL ESTRATO EPIFITO DE LA SELVA NUBLADA DEL BIOTOPO DEL QUETZAL, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA. 1996



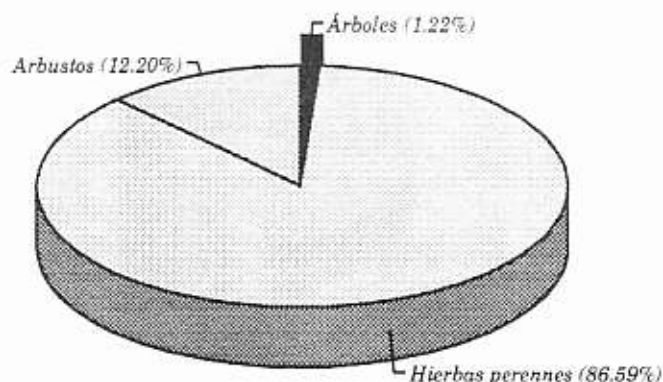
Diversidad: 13 familias, 82 especies.

ceae y *Polypodiaceae*) y orquídeas (*Orchidaceae*). Las hojas envainadoras y el hábito acaulescente, es otro ejemplo de adaptación, típico en los gallitos o gallós (*Bromeliaceae*) con 13 especies (15.66%). Lo anterior les permite acumular agua, materia orgánica y nutrientes para su desarrollo y crecimiento, creando condiciones para que otros organismos vivan. La presencia de tallos y hojas carnosas, se encuentra en 33 especies del total (39.76%), con esta característica encontramos *Peperomia* spp., *Pilea auriculata* Liebm, *Epiphyllum* sp. y 26 especies de la familia *Orchidaceae*.

ESPECIES
EPIFITAS
ARBUSTIVAS

Existen 10 especies epifitas arbustivas (12.20%), siendo la familia *Ericaceae* la mejor representada, con cinco especies, además, son las más frecuentes y de gran fitomasa, éstas son: *Cavendishia guatemalensis* Loes (trueno), *Satyria meiantha* Donn Sm

Figura 4
DISTRIBUCIÓN DE LAS EPIFITAS SEGÚN
HÁBITOS EN LA SELVA NUBLADA DEL
BIOTOPO DEL QUETZAL, PURULHÁ,
BAJA VERAPAZ, GUATEMALA. 1996



(trueno), *S. warszewiczii* Klotzch (trueno), *Sphyrnpermum majus* Griseb y *Vaccinium poasanum* Donn Sm (matapalo). La familia *Rubiaceae* con dos especies, *Hillia tetrandra* Swartz (jazmín de montaña) y *Psychotria parasitica* Swartz (arete de niña). La familia *Gesneriaceae* también cuenta con dos especies epifitas de este tipo, siendo: *Columnea cobana* Donn Sm (boca de dragón) y *Drymonia oinochrophylla* (Donn Sm)D Gibson; y la familia *Orchidaceae* con *Epidendrum ramosum* Jacq, una especie muy frecuente (ver figura 4).

Solamente se encontró una especie epífita arbórea, *Clusia salvinnii* Donn Sm (*Clusiaceae*), un árbol de más de cinco metros de porte, creciendo sobre árboles dominantes del dosel de la selva nublada. Esta especie es muy frecuente y posiblemente la de mayor fitomasa en relación con las otras epifitas, se le observó en la totalidad de árboles tumbados; en la región se le conoce como oreja de burro (ver figura 4).

**ESPECIES
EPIFITAS
ARBÓREAS**

Estratificación vertical de las epifitas

De acuerdo con las observaciones realizadas se puede concluir que existe cierta topología en la distribución de las epifitas a lo largo del forófito, desde la base del fuste hasta los ápices de las ramas (ver figura 5). Por lo que la distribución dentro del sotobosque es de la manera siguiente: en la parte más baja de los fustes de los árboles se encuentran los helechos higroscópicos (*Hymenophyllaceae*), muchos de ellos con una densidad muy alta, además, está *Peperomia cobana* C DC in Donn Sm, *P. obtusifolia* (L)A Dietr, *Peltapteris peltata* (Sw)Morton, *Lepanthes spp.* y *Grammitis spp.*



A nivel de las
ramas, ya dentro
de la copa, las
epifitas presentes
por lo general
difieren con las
especies de los
estratos
anteriores. Entre
las más comunes
está
*Odontoglossum
williamsianum*
Reichb.

La región por encima del sotobosque, hasta el inicio de la copa, es de alta diversidad, en donde *Tillandsia* spp. (Bromeliaceae) es muy frecuente, su densidad comparada con los helechos higroscópicos es baja. Además, la cobertura y la fitomasa son altas, aquí también se localizan con mucha frecuencia, orquídeas como *Epidendrum laucheum* (Rolfe) ex Bonhof, *Pleurothallis* spp. y *Epidendrum ramosum* Jacq. Los helechos (Polypodiaceae) muy frecuentes son: *Elaphoglossum* spp. y es en esta región donde, con alta frecuencia se localiza la especie epífita arbórea, *Clusia salvinnii* Donn Sm (Clusiaceae). *Vaccinium poasanum* Donn Sm y *Lycopodium tuerckheimii* Maxon, especies poco frecuentes, también se les localiza en este estrato.

A nivel de las ramas, ya dentro de la copa, las epifitas presentes por lo general difieren con las especies de los estratos anteriores. Entre las más comunes se encuentran: *Hillia tetrandra* Swartz, *Columnnea cobana* Donn Sm, *Odontoglossum williamsianum* Reichb, *Encyclia* sp., *Arpophyllum alpinum* Lindl in Benth, *Maxillaria* spp. y *Grammitis* spp.

En términos generales, la región más diversa en la distribución de epifitas es la del fuste (sotobosque a inicio de ramas o copa) ya que cuenta con cerca del 44% de la diversidad (36 especies). El estrato de copa o ramas es el segundo en el orden, ya que tiene el 32% de la diversidad (32 especies). Mientras que el estrato del fuste dentro del sotobosque, es el menos diverso con el 24% (20 especies). La riqueza florística del estrato epífita dentro de la selva nublada del Biotopo del Quetzal es muy alta en cualquiera de las estratificaciones verticales estudiadas.

La región más diversa en la distribución de epifitas es la de fustes ya que cuenta con cerca del 44% de la diversidad. El estrato de copa o ramas es el segundo en el orden, ya que tiene el 32% de la diversidad. Mientras que el estrato del fuste dentro del sotobosque, es el menos diverso con el 24%. La riqueza florística del estrato epífita dentro de la selva nublada del Biotopo del Quetzal es muy alta en cualquiera de las estratificaciones verticales estudiadas.



Leyenda de la figura 5

Ar	<i>Arpophyllum alpinum</i> Lindl in Benth
Be	<i>Blechnum ensiforme</i> (Liebm)C Ch
Ca	<i>Catopsis morreniana</i> Mez in DC
Cg	<i>Cavendishia guatemalensis</i> Loes
Ch	<i>Cochlidium rostratum</i> (Hook)Maxon ex C Ch
Cl	<i>Clusia salvinnii</i> Donn Sm
Co	<i>Columnnea cobana</i> Donn Sm
Ea	<i>Elaphoglossum acutissimum</i> Christ
Eb	<i>Encyclia brassovaleae</i> (Reich f)Lindl
Eba	<i>Encyclia baculus</i> (Reichb)Dressl & Pollard
Ec	<i>Epidendrum chloe</i> Reichb f
Ee	<i>Elaphoglossum erinaceum</i> (Fée)Moore
Eg	<i>Elaphoglossum gratum</i> (Fée)Moore
El	<i>Epidendrum laucheanum</i> (Rolfe)ex Bonhof
Ell	<i>Elleanthus capitatus</i> (R Br)Reichb
Ep	<i>Elaphoglossum paleaceum</i> (Hook ex Grev)Sledge
Er	<i>Epidendrum ramosum</i> Jacq
Ga	<i>Grammitis asplenifolia</i> (L)Proctor
Gb	<i>Grammitis blepharodes</i> (Maxon)Serpriens
Gd	<i>Grammitis delitescens</i> (Maxon)Proctor
Gt	<i>Grammitis trichomanoides</i> (Sw)Ching
Hi	<i>Hillia tetrandra</i> Swarts
Ho	<i>Hohenbergia guatemalensis</i> L B Smith
Hy	<i>Hymenophyllum myriocarpum</i> Hook <i>H. crassipetiolatum</i> Stolze <i>H. fucoides</i> (Sw)Sw
Le	<i>Lepanthes gibberosa</i> Ames
Lg	<i>Lepanthes quetzalensis</i> Luer & Behar
Ly	<i>Lycopodium tuerckheimii</i> Maxon
Mc	<i>Maxillaria cucullata</i> Lindl
Mh	<i>Maxillaria hagsateriana</i> Sotos y Arenas
Oo	<i>Oncidium oblongatum</i> Lindl
Ow	<i>Odontoglossum williamsianum</i> Reichb
Pa	<i>Polypodium aureum</i> L
Pc	<i>Peperomia cobana</i> C DC in Donn Sm
Pca	<i>Pleurothallis cardiothallis</i> Reichb
Pe	<i>Peltapteris peltata</i> (Sw)Morton
Po	<i>Peltapteris obtusifolia</i> (L) A Dietr
Pp	<i>Pleurothallis pansamalae</i> Schl
Pq	<i>Peperomia quadrifolia</i> (L) HBK
Pr	<i>Polypodium rhachipterygium</i> Liebm
Ps	<i>Pleurothallis segoviense</i> Reichb
Sm	<i>Smilacina amoena</i> Wendl in Otto & Dietr
Tb	<i>Tillandsia butzii</i> L B Smith
Tg	<i>Tillandsia guatemalensis</i> L B Smith
Tl	<i>Tillandsia lampropoda</i> L B Smith
Ti	<i>Tillandsia imperialis</i> E Morrem ex Mez
Ts	<i>Tillandsia standleyi</i> L B Smith
Ty	<i>Tillandsia yunckeri</i> L B Smith
Wm	<i>Vriesia montana</i> (L B Smith)Sm & Pitt
Ww	<i>Vriesia werckleana</i> Mez
Xm	<i>Spherospermum majus</i> Griseb

BIBLIOGRAFÍA

- AMES, O.; CORREL, D. 1952. Orchids of Guatemala. EE.UU., Chicago Natural History Museum. v. 26 n° 1, 395 p.
- CABRERA, A.; WILLINK, A. 1973. Biogeografía de América Latina. Ed. por E.V. Chesneau. Washington D. C., Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Serie Biológica. Monografía n° 13. p. 23.
- CANO DÁVILA, E. B. 1990. Estudio semidetallado de los suelos del Biotopo Universitario para la conservación del Quetzal «Lic. Mario Dary Rivera», Purulhá, Baja Verapaz, Guatemala. Tesis Biólogo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 52 p.
- DE LA CRUZ, J. R. 1976. Clasificación de zonas de vida de Guatemala, basada en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 24 p.
- GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1965a. Mapa topográfico de la República de Guatemala; Hoja cartográfica San Jerónimo, no. 2161 II. Guatemala. Esc. 1:50,000. color.
- 1965b. Mapa topográfico de la República de Guatemala; Hoja cartográfica Tactic, no. 2161 IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. color.
- 1965c. Mapa topográfico de la República de Guatemala; Hoja cartográfica Tucurú, no. 2161 I Guatemala. Esc. 1:50,000. color.
- 1975. Mapa Climatológico preliminar de la República de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:1,000,000 color.
- 1977. Mapa agrológico de la República de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. color.

- 1982. Mapa de Cobertura y uso actual de la tierra de la República de Guatemala. Guatemala. Esc. 1:500,000. color.
- LUER, C. 1990. New species of *Lepanthes* from Guatemala. EE.UU. Lindleyana 5: p. 182-198.
- MONTERROSO SALINAS, J. F. 1976. Análisis florístico y estructural del Biotopo protegido de Purulhá para conservación del Quetzal. Tesis Químico Biólogo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. 110 p.
- STANDLEY *et al.* 1958-1977. Flora of Guatemala. Chicago, EE.UU., Chicago Natural Museum. Fieldiana Botany, v. 24.
- STOLZE, D. B. 1976-1983. Ferns and ferns allies of Guatemala. EE.UU., Fiel Museum History. v. 39.

SOCIOECONOMÍA

CANASTA BÁSICA DE ALIMENTOS Y PROGRAMACIÓN LINEAL: UNA EVALUACIÓN DE LA UTILIDAD DEL PROBLEMA DE LA DIETA PARA DETERMINAR LA CANASTA BÁSICA DE ALIMENTOS¹

Mamerto Reyes Hernández
Nika Salvetti



I. ANTECEDENTES²

La canasta básica de alimentos (CBA) es el conjunto de alimentos básicos expresados en cantidades suficientes para satisfacer, por lo menos, las necesidades de energía y proteínas de una familia de referencia. Esta definición hace evidente la importancia que la CBA registra en la economía nacional. Por un lado, aun cuando en sentido estricto no es una guía alimentaria, la CBA es un instrumento útil para conocer los alimentos que satisfacen los re-



1. En la época en que se realizó este trabajo (1994), los autores eran miembros del Programa de Socioeconomía Alimentaria del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Los autores agradecen las observaciones del Dr. Joseph Laure de INCAP-ORSTOM. Las opiniones y comentarios son responsabilidad directa de los autores y no representan necesariamente los puntos de vista del INCAP ni de las instituciones con las que actualmente trabajan.

2. Los antecedentes se fundamentan en Menchú, Osegueda y Zúñiga [1992].

querimientos nutricionales de las familias, lo cual puede apoyar la definición de alternativas de política agroalimentaria. Por otro lado, constituye la base fundamental para determinar el mínimo de satisfac-

tores demandados por el proceso de reproducción de la fuerza de trabajo, a través de lo cual adquiere trascendencia en todas las instancias políticas y económicas de la sociedad nacional. Por otra parte, en el análisis del desarrollo, la CBA es útil en la definición de líneas de pobreza.

Para determinar la CBA se deben considerar las **necesidades nutricionales** de una familia de referencia y **criterios de selección** de los alimentos.

Para la estimación de las necesidades nutricionales se han tomado en cuenta solamente los requerimientos energéticos, es decir, la cantidad de calorías requeridas para compensar el gasto energético. En Centroamérica, para definir este aspecto, se han usado tres enfoques alternativos:

1. Sumando los requerimientos de cada uno de los miembros de una familia de referencia.
2. Estableciendo «unidades consumidoras» para la familia de referencia, tomando como base los requerimientos del varón adulto.
3. Usando como unidad consumidora de referencia al individuo promedio de la población, el cual es el enfoque empleado en la actualidad.

Por su parte, la selección de los alimentos se fundamenta en tres aspectos:

1. Patrón alimentario (frecuencia de consumo,

La canasta básica constituye la base fundamental para determinar el mínimo de factores demandados por el proceso de reproducción de la fuerza de trabajo, a través de lo cual adquiere trascendencia en todas las instancias políticas y económicas de la sociedad nacional.

aporte energético, contribución al gasto familiar en alimentos).

2. Precio de los alimentos.
3. Disponibilidad nacional.

De acuerdo con estos criterios, para que un alimento pueda considerarse un componente de la CBA debe satisfacer las siguientes restricciones:

- a. Que sea consumido por lo menos por el 30% de los hogares y/o que represente 1% o más del gasto familiar en alimentos y/o que contribuya con el 0.5% o más del contenido total de energía del consumo aparente per cápita;
- b. Que el precio sea accesible a la mayoría de las familias; y
- c. Que esté disponible a nivel nacional.

Estos criterios permiten identificar el conjunto de alimentos que pertenecen a la CBA. Para determinar cuánto de cada alimento debe contener la CBA, se utiliza el aporte que este alimento registre en la estructura energética definida con información de las encuestas de consumo y/o de gastos de los hogares y con el requerimiento energético de una familia de referencia.

**RESTRICCIONES QUE
DEBE CUMPLIR UN
ALIMENTO PARA SER
PARTE DE LA CBA**

II. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Como puede apreciarse, esta metodología tiene como fortalezas el empleo de un alto rigor en la selección de los alimentos y respetar el patrón socio-cultural. Sin embargo, presenta dos aspectos de aparente debilidad, éstos son:

1. No hace un uso óptimo de la información de

Podría resultar útil simular la conducta del consumidor en un escenario donde en ausencia de restricciones de ingreso, se conozcan los precios de los alimentos, el aporte nutricional de cada uno de ellos y el requerimiento nutricional de su familia.

precios, con lo cual podría estar sub o sobrevaluando el costo de la CBA.

2. La selección de los alimentos se practica solamente desde la perspectiva energética, lo cual puede estar dificultando la satisfacción estricta de la definición de CBA, la cual explícitamente considera energía y proteínas.

Para superar estas debilidades podría resultar útil simular la conducta del consumidor en un escenario donde en ausencia de restricciones de ingreso, se conozcan los precios de los alimentos, el aporte nutricional de cada uno de ellos y el requerimiento nutricional de su familia. Este escenario ofrece la ventaja de abordar el problema nutricional aislado de la acción de otros factores, principalmente de los efectos de la desigual distribución del ingreso. Por otro lado, se hace una mayor utilización de la información del sistema de precios, lo cual en teoría, se acerca más a la conducta real del consumidor.

En términos generales, el problema de investigación que acá se aborda se define de la siguiente manera:

Conociendo el patrón de consumo, los precios de los alimentos, su aporte nutricional y el requerimiento familiar, ¿Cuál es la combinación de alimentos que satisface los requerimientos nutricionales mínimos de la familia al menor costo posible?

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la utilidad de la programación lineal como instrumento de estimación de la canasta básica de alimentos.

Objetivos específicos

1. Determinar la canasta básica de alimentos.
2. Identificar fortalezas y debilidades de la programación lineal como método de estimación de la canasta básica de alimentos.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Desde la perspectiva de la programación lineal, el tema de la nutrición ha sido abordado a través del problema de la dieta. De acuerdo con este problema, dada una lista de alimentos y de requerimientos nutricionales se busca la combinación de alimentos que satisfaga los requerimientos en cuestión y a su vez tenga costo mínimo [Gass, 1985]. Ha sido empleado, entre otras aplicaciones, para la formulación de raciones óptimas, desarrollo de productos a partir de mezclas de ingredientes y análisis de política alimentaria.

El primer ejemplo de aplicaciones de este problema lo provee el pionero trabajo de Stigler [1945], quien lo desarrolló para la formulación de dietas óptimas de costo mínimo.

EL EMPLEO DE
PROGRAMACIÓN
LINEAL PARA
DESARROLLAR
UNA DIETA
FAMILIAR

En este mismo género de investigaciones se encuentra el trabajo de Foytik [1981], en el cual se emplea la programación lineal para desarrollar una dieta familiar que pueda ser tan nutritiva como el plan económico de alimentos (*Thrifty Food Plan*) propuesto por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), pero a un costo menor. El modelo empleado considera restricciones sobre calorías, proteínas, vitamina A, vitamina C, tiamina, riboflavina, niacina, vitamina B-6, vitamina B-12, calcio, fósforo y hierro. Además considera 60 restricciones de palatividad, las cuales buscan ampliar la diversidad de la dieta. Los resultados obtenidos muestran que el plan generado por Foytik es 40% más barato que el plan del USDA y satisface todas las recomendaciones nutricionales. Sin embargo, tal como lo indica Woteki [1981] la disminución en los costos se logra a expensas de un fuerte desvío del patrón alimentario de la población, cosa que no ocurre con el plan del USDA.

El trabajo de Ballesteros *et. al.* [1984] es una muestra de las aplicaciones formuladas para el desarrollo de productos. Estos investigadores desarrollaron harinas panificables a partir de cereales y leguminosas. Estas harinas debían ofrecer un nivel determinado de los aminoácidos esenciales lisina y metionina. En este mismo campo de investigación se tiene el estudio de Cavins *et. al.* [1972], quienes usaron el problema de la dieta para controlar el balance de los aminoácidos esenciales en la formulación de alimentos a base de cereales. Adicionalmente, por medio de parametrizaciones determinaron soluciones óptimas factibles de costo mínimo.

De las aplicaciones del problema de la dieta para el desarrollo de raciones óptimas, el trabajo de Talpaz

et. al. (1988), es una de las aplicaciones más complejas. En este estudio, los autores desarrollaron raciones óptimas para pollos destinados a ser rostizados de acuerdo a las etapas de su dinámica de crecimiento, no solamente para maximizar ganancias sino también para mejorar la calidad de la carne.

De los trabajos realizados en Guatemala, se puede citar la investigación de Alarcón *et. al.* [1989] para pequeños agricultores del altiplano de Guatemala, en la cual en una primera etapa, utilizando el modelo de programación lineal de análisis de actividades, desarrollan un plan óptimo de cultivos; luego en una segunda etapa, considerando los alimentos producidos en la finca, utilizan el modelo de la dieta, con el cual evalúan la autosuficiencia alimentaria de las fincas.

En el área de política alimentaria se tiene la investigación de Barbiroli [1970], quien aplica el problema de la dieta para explorar posibilidades de reducir el gasto familiar en alimentos, la diversificación de la dieta y derivación de políticas agropecuarias regionales.

Otro trabajo en este género es el de Martínez Cruz [1986], en el que se estima el costo de oportunidad del sorgo como ingrediente de alimentos balanceados para animales en México.

Existen algunos trabajos en los cuales se ha intentado integrar en un solo modelo, los problemas de análisis de actividades y de la dieta. Sin embargo, ha prevalecido la estructura del primer problema. Entre estos estudios se encuentran los trabajos de Calkins en Nepal [1981] y Bezuneh *et. al.* en Kenya [1988]. Estos trabajos se encuentran en el campo de la política agro-alimentaria. La investigación de Calkins ya citada trata sobre la competitividad

TRABAJOS
REALIZADOS EN
GUATEMALA

Para evaluar la utilidad de la programación lineal como instrumento de estimación de la CBA se emplearon dos escenarios de requerimientos nutricionales.

El primer escenario, escenario energético, consideró solamente los requerimientos energéticos. El segundo escenario, escenario proteínico, consideró los requerimientos de proteínas de acuerdo con la proporción en la que estos nutrientes deben contribuir con el total de calorías.

existente entre los objetivos de maximización de ganancias y la nutrición de la familia del productor. Por su parte, el trabajo de Bezuneh *et. al.* [1988], evalúa los efectos de los programas de alimentos por trabajo en la producción y consumo en hogares rurales.

Para la interpretación del problema de la dieta en función de los principios de escasez y de uso alternativo que rigen las decisiones económicas, el trabajo de Carlos García [1987] aporta los elementos teóricos necesarios.

V. METODOLOGÍA

Para evaluar la utilidad de la programación lineal como instrumento de estimación de la CBA se emplearon dos escenarios de requerimientos nutricionales. El primer escenario, escenario energético, consideró solamente los requerimientos energéticos. El segundo escenario, escenario proteínico, consideró los requerimientos de proteínas de acuerdo con la proporción en la que estos nutrientes deben contribuir con el total de calorías.

En este trabajo se empleó el modelo de la dieta, el cual en términos matemáticos, se define de la manera siguiente:

$$(\text{Minimizar}) Z = P_1 A_1 + P_2 A_2 + \dots P_n A_n \dots\dots\dots (1)$$

Sujeto a:

$$c_{11} A_1 + c_{12} A_2 + \dots c_{1n} A_n \geq B_1 \dots\dots\dots (2)$$

$$c_{21} A_1 + c_{22} A_2 + \dots c_{2n} A_n \geq B_2 \dots\dots\dots (3)$$

$$c_{m1} A_1 + c_{m2} A_2 + \dots + c_{mn} A_n \geq B_m \dots\dots\dots (4)$$

$$A_1, A_2, \dots, A_n \geq 0 \dots\dots\dots (5)$$

en donde:

P_j Precio unitario del j-ésimo alimento

A_j Cantidad del j-ésimo alimento

c_{ij} Contenido del i-ésimo nutriente de una unidad del j-ésimo alimento

B_i Requerimiento del i-ésimo nutriente

La expresión (1) constituye la función objetivo. Las expresiones (2), (3) y (4) definen las restricciones nutricionales a que está sometida la función objetivo, es decir, definen el entorno dentro del cual se puede obtener el valor mínimo de (1). Por su parte, la expresión (5) restringe la solución del problema al cuadrante positivo, es decir, define que la solución del modelo puede tomar solamente valores no negativos. En conjunto, (1), (2), ..., (5), forman el modelo de programación lineal.

El método empírico

En el cuadro 1 se presenta el modelo empírico de programación lineal empleado. Se buscó minimizar el costo diario de una combinación de alimentos sujeto a un conjunto de restricciones nutricionales.

LA FUNCIÓN OBJETIVO. Esta función consideró 26 alimentos, los cuales fueron tomados de Menchú [1993] y fueron escogidos de acuerdo con los criterios de selección establecidos por Menchú *et. al.* [1992], que ya fueron enumerados en los antecedentes de este trabajo. Los alimentos considerados en el modelo

fueron los siguientes: crema rala, queso fresco, leche fluida, leche en polvo, huevos, carne de pollo, hueso de res (con carne), carne de res molida, frijol negro, arroz, pastas, pan francés, pan dulce, tortillas, azúcar blanca, margarina vegetal, aceite vegetal, tomate, cebolla, papas, guisquil, banano, plátano, aguas gaseosas, café y sal.

La función objetivo sigue la especificación de 1 (ver pág. 68). Una presentación desagregada de esta función se encuentra en el cuadro 1 (ver al final).

RESTRICCIONES. Para no perder de vista el componente sociocultural de la alimentación, los requerimientos nutricionales que debe cumplir la CBA fueron planteados por grupos de alimentos, de acuerdo con la estructura energética ajustada por Menchú [1993]. Los requerimientos nutricionales se definieron para una familia de referencia de 5.38 miembros.³

En términos de calorías, el requerimiento planteado es de 2,200 kcal diarias por persona, lo cual significa 11,836 kcal diarias para la familia de referencia. En los cuadros 2 y 3 se presentan en su orden, la estructura energética en cuestión y los requerimientos de energía de la familia de referencia empleada.

Siguiendo estas orientaciones, en las restricciones por grupo de alimentos se estableció que el aporte calórico de cada grupo en particular debería ser por lo menos en la proporción en que lo hace en la estructura energética (cuadro 2). Adicionalmente,

3. El tamaño de familia promedio determinado por INE-CADESCA-SEGEPLAN en la Encuesta Sociodemográfica Nacional de 1989 (1991) es de 5.38 miembros.

hubo necesidad de establecer restricciones para el consumo específico de arroz y tortillas.

Para el arroz esto se hizo para evitar que este alimento fuera seleccionado en cantidades superiores a los niveles observables.

Este alimento requirió una restricción de igualdad a un nivel de 585.33 kcal, la cual es equivalente a 160.8 g/día de arroz.

Para las tortillas, debido a que constituyen un alimento fuertemente arraigado en el patrón de consumo y dado que dentro del grupo de cereales constituyen una fuente de energía relativamente cara,

Cuadro 2
ESTRUCTURA ENERGÉTICA
DE LA CANASTA BÁSICA DE ALIMENTOS
(porcentajes)

Grupo de alimentos	Estructura energética	
	Encuesta de Consumo aparente ¹	Ajustada y corregida ²
Lácteos	3.8	3.8
Huevos	1.5	1.5
Carnes	2.3	2.3
Frijoles	9.5	9.8
Cereales	55.3	55.6
Azúcar	14.6	14.6
Grasas	7.3	7.2
Verduras	2.3	2.3
Frutas	2.4	2.4
Otros	0.8	0.5

(1) INE/CADESCA/SEGEPLAN [1991].

(2) Menchú [1993].

hubo necesidad de establecer una restricción de «mínimo nivel de consumo», la cual garantizó que este alimento pudiera ser seleccionado en la solución óptima del modelo. La restricción impuesta indica que el consumo de tortillas debe ser por lo menos de 4,296 kcal diarias, las cuales equivalen a 2.11 kg/día de tortillas.

El café y la sal son productos que no aportan calorías ni proteínas, sin embargo, con componentes de la dieta nacional y por consiguiente deben ser considerados en la CBA. Su integración al modelo

Cuadro 3
REQUERIMIENTOS FAMILIARES DE ENERGÍA
POR GRUPO DE ALIMENTOS
(kilocalorías)

Grupo de alimentos	Nivel de requerimiento
Lácteos	449.77
Huevos	177.54
Carnes	272.23
Frijoles	1,159.93
Cereales	6,580.82
Azúcar	1,728.06
Grasas	852.19
Verduras	272.23
Frutas	284.06
Otros	59.18
Total	11,836.00

Nota: Familia de referencia de 5.38 miembros.

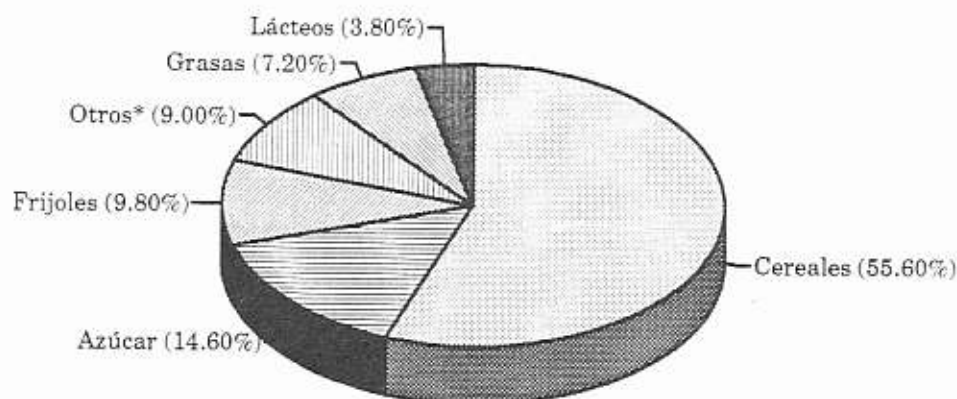
Fuente: Elaborado con la estructura ajustada y corregida presentada en el cuadro 2.

se realizó a través de restricciones de igualdad, lo cual les garantizó su pertenencia a la solución óptima del modelo. Con estas restricciones se estableció que el consumo de café y sal, en su orden fuese de 53.8 g/día.

Por otra parte, por demanda del escenario proteínico, para lograr que la CBA ofrezca las cantidades de proteína de acuerdo con la proporción en la que estos nutrientes deben contribuir con el total de calorías establecido como mínimo nutricional de la familia, hubo necesidad de establecer dos restricciones a través de las cuales se plantea que del total de calorías, entre el 8 y 12% deben provenir de proteínas, con lo cual se establece que la CBA debe ofrecer proteínas en cantidades que oscilen entre 236.72 y 355.08 gramos diarios.

RESTRICCIONES AL ESCENARIO PROTEÍNICO

Gráfica 1
DISTRIBUCIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS FAMILIARES DE ENERGÍA
SEGÚN GRUPOS DE ALIMENTOS



(*) Incluye huevos, carnes, verduras, frutas y otros alimentos.

Fuente: Elaborado con base en cuadro 3.

Datos

La información nutricional empleada para la formulación del modelo se obtuvo de Menchú *et. al.* [1992] y de la base de datos del Programa de Socioeconomía Alimentaria del INCAP sobre los contenidos nutricionales de los alimentos. Por su parte, la información económica se obtuvo de las series de precios mensuales de los bienes de la canasta del Índice de Precios al Consumidor del Instituto Nacional de Estadística.

Análisis

El análisis consistió en comparaciones de las CBA obtenidas en los dos escenarios de requerimientos nutricionales empleados y la CBA obtenida con el método tradicional. Se compararon las combinaciones de alimentos, los contenidos nutricionales para calorías, proteínas, carbohidratos y grasas, y los costos de las CBA. Por otra parte, se cuestionó la viabilidad de las canastas básicas obtenidas.

Luego, por reflexión y autocrítica, se identificaron las debilidades y fortalezas que la programación lineal tiene como método para estimar la CBA.

VI. RESULTADOS

Canastas básicas de alimentos obtenidas

En el cuadro 4 se presentan las CBA obtenidas en los dos escenarios de programación lineal y con la metodología tradicional. El aspecto más obvio de este cuadro es la mayor diversidad que posee la CBA

Cuadro 4
CANASTAS BÁSICAS DE ALIMENTOS OBTENIDAS
CON PROGRAMACIÓN LINEAL Y LA METODOLOGÍA TRADICIONAL

Alimentos	Precio (Q/kg)	Programación lineal		Metodología Tradicional (kg)
		Escenario Energético (kg)	Escenario Proteinico (kg)	
Crema rala	17.27			0.058
Queso fresco	17.54			0.034
Leche fluida	2.63	0.692	0.692	0.200
Leche en polvo	34.28			0.027
Huevos	8.77	0.134	0.134	0.134
Carne de pollo	10.46		0.239	0.135
Hueso de res	8.52			0.127
Carne de res molida	20.76	0.112		
Frijoles negros	5.61	0.338	0.447	0.338
Arroz	3.70	0.161	0.161	0.166
Pastas	6.30			0.110
Pan francés	6.59			0.234
Pan dulce	5.80	0.386	0.386	0.092
Tortillas	3.22	2.110	2.110	2.205
Azúcar blanca	2.59	0.450	0.450	0.450
Margarina vegetal	7.98			0.019
Aceite vegetal	8.11	0.096	0.096	0.080
Tomate	3.48			0.169
Cebolla	4.30			0.620
Papas	1.89	0.439	0.439	0.182
Güisquil	1.70			0.364
Banano	1.93			0.209
Plátano	2.07	0.326	0.326	0.172
Aguas gaseosas	4.82	0.191	0.191	0.191
Café	24.20	0.054	0.054	0.054
Sal	0.91	0.054	0.054	0.054
Costo total (Q)		22.56	23.36	26.02

Nota: La familia de referencia empleada es de 5.38 miembros.

obtenida con la metodología tradicional y el menor costo de las canastas obtenidas con programación lineal.

Entre las canastas determinadas con programación lineal se puede apreciar mucha similitud, marcándose diferencias solamente en los rubros de carnes y frijoles. En la combinación de alimentos lograda en estas canastas, puede apreciarse que como resultado del establecimiento de las restricciones proteínicas, se presenta una sustitución de carne de res molida por carne de pollo y frijol negro. Esta sustitución de alimentos evidencia la competitividad que existe entre la carne de res y la carne de pollo junto con los frijoles, como fuentes de proteína (dado el nivel de precios prevaleciente).

Respecto a costos, en el cuadro 4 puede apreciarse que de las tres CBA, la canasta del escenario energético registra el costo menor (Q22.56) en tanto que la CBA de la metodología tradicional registra el costo mayor (Q26.02). Estas diferencias, aún cuando en

Cuadro 5
CONTENIDO DE CALORÍAS, PROTEÍNAS, GRASAS Y CARBOHIDRATOS
DE LAS CANASTAS BÁSICAS DE ALIMENTOS OBTENIDAS CON
PROGRAMACIÓN LINEAL Y LA METODOLOGÍA TRADICIONAL

Nutrientes	Programación lineal		Metodología tradicional
	Escenario Energético	Escenario Proteínico	
Calorías (kcal)	11,832.07	12,205.12	11,836.00
Proteínas (g)	292.37	325.33	326.87
Grasas (g)	246.89	244.50	211.00
Carbohidratos (g)	2,175.20	2,242.35	2,225.09

términos diarios no parecen importantes, se convierten en relevantes si se comparan en términos mensuales o anuales. Por ejemplo, el costo mensual de la canasta del escenario energético es de Q676.80, el de la CBA del escenario proteínico es de Q700.80 y el de la metodología tradicional es de Q780.60.

En términos de contenido de nutrientes básicos, en el cuadro 5 se puede apreciar que las tres CBA satisfacen los requerimientos calóricos y proteínicos y ofrecen cantidades similares de grasa y carbohidratos, por lo que desde esta perspectiva ninguna es preferible sobre las otras.

Viabilidad de las canastas básicas de alimentos obtenidas

El primer aspecto que hay que considerar es si las canastas son potencialmente ingeribles por una familia en un día, es decir, evaluar la viabilidad como ración física de alimentos. En este sentido, se puede indicar que las tres canastas representan magnitudes físicas que pueden ser ingeridas por una familia de referencia de 5.38 miembros en un día. Las canastas de los escenarios energético y proteínico presentan una combinación de alimentos que en su orden pesan 5.54 y 5.78 kg; por su parte, la CBA de la metodología tradicional ofrece una combinación de alimentos que tiene un peso de 5.87 kg.

Evalutando las canastas como instrumentos normativos para guiar el consumo de alimentos a los niveles adecuados, ninguna de las tres CBA parecería ser viable, por-

Evaluando las canastas como instrumentos normativos para guiar el consumo de alimentos a los niveles adecuados, ninguna de las tres CBA parecería ser viable, porque las tres son combinaciones monótonas de alimentos.

que las tres son combinaciones monótonas de alimentos, es más, la inviabilidad puede ser más acusada en las canastas obtenidas con programación lineal, pues ofrecen niveles muy altos de algunos alimentos, tal como el plátano y las papas.

Como instrumentos normativos para el establecimiento de las remuneraciones mínimas de la

mano de obra o para definir líneas de pobreza, no existen diferencias marcadas entre ellas, sin embargo, el menor costo de las CBA obtenidas con programación lineal, sugiere su utilidad para estimar el valor mínimo aceptable de la canasta básica de alimentos.

Como instrumentos de política agroalimentaria, las canastas de programación lineal pueden desempeñar mejor el papel, pues no sólo pueden ser

guías para identificar rubros productivos sino también permiten identificar distorsiones en el sistema de precios en el mercado al consumidor.

Fortalezas y debilidades de la programación lineal para estimar la canasta básica alimentaria

Las CBA obtenidas por medio de programación lineal presentan las siguientes fortalezas y debilidades:

Como instrumentos normativos para el establecimiento de las remuneraciones mínimas de la mano de obra o para definir líneas de pobreza, no existen diferencias marcadas entre ellas, sin embargo, el menor costo de las CBA obtenidas con programación lineal, sugiere su utilidad para estimar el valor mínimo aceptable de la canasta básica de alimentos.

FORTALEZAS

1. Son combinaciones óptimas de alimentos de costo mínimo.
2. Satisfacen todos los requisitos nutricionales que se establezcan en el modelo.
3. Respeta el patrón alimentario.
4. El modelo es una estructura matemática que una vez establecida se puede continuar utilizando, demandando solamente la actualización de los precios de los alimentos.
5. Permiten identificar las distorsiones existentes en el sistema de precios resultantes de la política económica seguida en el país.
6. Tienen el respaldo de la teoría de la conducta del consumidor, lo cual fundamenta su empleo en la defensa de los reajustes de los salarios mínimos.

DEBILIDADES

1. La calidad de los resultados depende no solamente de la calidad de los datos, sino de la tenencia de conocimientos de programación lineal y de modelación con esta técnica de programación matemática.
2. Es un modelo estático. Sin embargo, esta debilidad puede ser superada con el desarrollo de modelos para las diferentes estaciones del año.
3. El hecho de tomar la estructura energética para el desarrollo de las restricciones para los diferentes grupos de alimentos, podría estar haciendo patente el efecto de la desigual distribución del ingreso en el consumo de alimentos, lo cual va en contra del uso del problema de la dieta para la definición de la CBA, en el cual no existen restricciones de ingreso. Ésta no es una debilidad

de la programación lineal *per se*, sino de la forma en que se desarrollaron los modelos empleados en este trabajo, por lo que puede ser superada desarrollando el modelo solamente a partir de disposiciones técnico-nutricionales. Sin embargo, al no tomar en consideración la estructura energética se corre el riesgo de desarrollar una CBA ajena a la cultura alimentaria nacional.

VII. CONCLUSIONES

1. Como resultado de la utilización de criterios de costo mínimo para la selección de las fuentes de nutrientes, las CBA obtenidas con programación lineal se integran con 14 alimentos en tanto que la obtenida con la metodología tradicional en ausencia de un criterio económico de optimización, se forma con 25 alimentos.
2. No se encontraron diferencias en la viabilidad de las tres canastas comparadas en términos de su ingeribilidad física, normatividad como guías alimentarias y como instrumento guía para apoyar el reajuste de salarios mínimos.
3. Frente a la metodología tradicional de estimación de la CBA, la programación lineal tiene como fortalezas: presentar combinaciones de alimentos de costo mínimo; satisfacer todos los requerimientos nutricionales planteados en los modelos; los modelos desarrollados pueden continuar utilizándose con sólo actualizar los precios de los alimentos; permiten identificar distorsiones que existen en el sistema de precios; y tiene el

respaldo de la teoría de la conducta del consumidor, lo cual le provee mayor fundamento teórico.

4. Como metodología para estimar la CBA, la programación lineal presenta como debilidades generales: la calidad de las canastas no depende solamente de los datos sino también del conocimiento y experiencia que el analista tenga en la utilización de este enfoque de optimización y por otra parte, es una técnica estática.
5. Como conclusión general, la programación lineal puede ser un instrumento muy potente para la definición de la canasta básica de alimentos. Sin embargo, no presentó ventajas notorias respecto a la metodología tradicional. Debe recalcar que para mejorar su eficiencia analítica, es necesario considerar en el modelo algunas restricciones adicionales que permitan que la canasta básica satisfaga no sólo los mínimos proteínicos y calóricos, sino también los requerimientos de micronutrientes esenciales.

VIII. IMPLICACIONES

1. La ausencia de fuertes contrastes entre las CBA obtenidas con los dos métodos comparados parece deberse al hecho de que estas canastas son el resultado de un esfuerzo por minimizar el costo de la alimentación. Por un lado, la programación lineal se utilizó para minimizar el costo de una combinación de alimentos, por otro lado, la estructura energética representa la síntesis de las decisiones tomadas por todos los consumidores nacionales para minimizar el costo de la

alimentación, por lo que la CBA obtenida con la metodología tradicional, la cual se basa en esta estructura en cuestión, también constituye una síntesis de las combinaciones de alimentos de costo mínimo establecidas por los consumidores del país.

2. Con propósitos puramente prácticos, se podría considerar que el costo de las CBA obtenidas con programación lineal constituyen el valor mínimo aceptable de la CBA, por lo que esta alternativa metodológica podría recomendarse para este propósito.
3. Una implicación obligatoria de este trabajo es la recomendación del uso de la metodología tradicional para la determinación de la CBA, aunque es necesario considerar la evaluación de la estabilidad de esta canasta a diferentes niveles de precios de alimentos, para lo cual, la programación lineal puede ser un instrumento poderoso.
4. En el mercado nacional, existen estímulos para sustituir el maíz por trigo como fuente de calorías. Con los precios de 1993, el costo de 100 kcal es de Q0.1578 cuando provienen de maíz y de Q0.1324 cuando provienen de pan dulce. Como resultado de este diferencial de costos, las CBA obtenidas con programación lineal poseen niveles de pan dulce cuatro veces más altos que el nivel registrado para este alimento en la CBA obtenida con la metodología tradicional. A nuestro juicio, los menores costos de las calorías provenientes del pan son el resultado de las donaciones de trigo y préstamos blandos en especie que consideran a este cereal. Dado el riesgo de cambiar el patrón de consumo y de la presión por divisas

que este cambio podría ocasionar en el futuro, y en vista de las imposibilidades técnicas y económicas que tiene el país para autoproveerse de trigo, creemos conveniente prestarle atención a esta distorsión en el sistema de precios.

BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN, J. A.; IMMINK, M. D. C. y MÉNDEZ, L. F. (1989) «Maximización de rentabilidad económica, dietas óptimas de costo mínimo y diversificación de cultivos para los pequeños agricultores del Altiplano de Guatemala» en *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 39 (4): 551-584.
- BALLESTEROS, M. N.; YEPIZ, G. M.; GRIJALVA, M. I.; RAMOS, E. y VALENCIA, M.C. (1984) «Elaboración por programación lineal de nuevos productos a partir de cereales y leguminosas» en *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 34 (1): 130-145.
- BARBIROLI, G. (1970) «Consumo Alimentari e Sviluppo Economico in Rapporto a una Moderna Política Alimentare» en *Rassegna Economica* 26: 397-448.
- BEZUNEH, M.; DEATON, B. J. y NORTON, G. W. (1988) «Food Aid Impacts in Rural Kenya» en *American Journal of Agricultural Economics* 70 (1): 181-191.
- CALKINS, P. H. (1981) «Nutritional Adaptations of Linear Programming for Planning Rural Development» en *American Journal of Agricultural Economics* 63 (2): 247-254.
- CARLOS GARCÍA, F. (1987) Aplicación e interpretación económica del dual de la programación lineal: los problemas de transporte, dieta y producción. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México.

- CAVINS, J. F.; INGLETT, G. E. y WALL J. S. (1972) «Linear Programming: Control Amino Acid Balance in Food Formulation» in *Food Technology* 26 (1): 48-50.
- FOYTIK, J. (1981) «Very Low Cost Nutritious Diet Plans Designed by Linear Programming» in *Journal of Nutrition Education* 13 (2): 63-66.
- GASS, S.I. (1985) Programación lineal. Métodos y aplicaciones. Traducción del inglés de J. R. Sánchez. México, CECSA.
- GUATEMALA. Instituto Nacional de Estadística (INE) y Fondo de las Naciones Unidas Para Población (FNUAP) (1991) «Perfil de la pobreza en Guatemala» en *Encuesta Sociodemográfica Nacional 1989 Vol. V. Guatemala*, INE.
- GUATEMALA. Instituto Nacional de Estadística (INE), Comité de Acción de Apoyo al Desarrollo Económico y Social de Centroamérica (CADESCA) y Secretaría General del Consejo Nacional de Planificación Económica (SEGEPLAN) (1991) *Encuesta Nacional de Consumo Aparente de Alimentos 1989. Guatemala*, INE.
- MARTÍNEZ CRUZ, V. (1986) Aplicación de la programación lineal en la determinación de precios de materias primas de la industria de alimentos balanceados: el caso del sorgo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México.
- MENCHÚ, M. T. (1993) Cálculo de la CBA para Guatemala, actualización a 1993. Borrador para discusión preparado para el Equipo Interinstitucional MTPS-SEGEPLAN-INCAP/ORSTOM. (No publicado).
- MENCHÚ, M. T.; OSEGUEDA, M.T. y ZÚÑIGA, M. (1992) Definición de la canasta básica de alimentos en el área Centroamericana. Publicación INCAP Me/008. Guatemala, INCAP/OPS.

- STIGLER, G. J. (1945) «The Cost of Subsistence» in *Journal of Farm Economics* 27: 303-314.
- TALPAZ, H.; HURWITZ, S.; DE LA TORRE, J. R. y SHARPE, P. J. H. (1988) «Economic Optimization of a Growth Trajectory for Broilers» in *American Journal of Agricultural Economics* 70 (2): 382-391.
- WOTEKI, C. E. (1981) «Low-Cost Nutritious Diet Plans: A Comentario» in *Journal of Nutrition Education* 13 (2):66.

Cuadro 1
MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL EMPLEADO PARA DETERMINAR
LA CANASTA BÁSICA DE ALIMENTOS EN GUATEMALA
(Combinación de alimentos para ingesta diaria)

Función Objetivo a minimizar ¹	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
	17.27	17.54	2.63	34.28	8.77	10.46	8.52
Sujeta a las siguientes restricciones							
Lácteos	2,040	2,070	650	4,850			
Huevos					1,320		
Carnes						1,140	930
Frijoles							
Azúcar							
Grasas							
Verduras							
Frutas							
Tortillas							
Arroz							
Trigo							
Aguas gaseosas							
Café							
Sal							
Proteína límite inferior	29	206	33	261	101	122	72
Proteína límite superior	29	206	33	261	101	122	72

(1) Precios promedio de 1993.

A1 Crema (kg)

A3 Leche fluida (kg)

A5 Huevos (kg)

A7 Hueso de res con carne (kg)

A2 Queso fresco (kg)

A4 Leche en polvo (kg)

A6 Carne de pollo (kg)

Cuadro 1
MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL EMPLEADO PARA DETERMINAR
LA CANASTA BÁSICA DE ALIMENTOS EN GUATEMALA
 (Combinación de alimentos para ingesta diaria)

Función Objetivo a minimizar ¹	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
	20.76	5.61	3.70	6.30	6.59	5.80	3.22
Sujeta a las siguientes restricciones							
Lácteos							
Huevos							
Carnes	2,440						
Frijoles		3,430					
Azúcar							
Grasas							
Verduras							
Frutas							
Tortillas							2,040
Arroz			3,640				
Trigo				3,430	2,980	4,380	
Aguas gaseosas							
Café							
Sal							
Proteína límite inferior	187	227	72	103	103	62	12
Proteína límite superior	187	227	72	103	103	62	12

(1) Precios promedio de 1993.

A8 Carne molida de res (kg)

A10 Arroz (kg)

A12 Pan francés (kg)

A14 Tortillas (kg)

A9 Frijol negro (kg)

A11 Pastas (kg)

A13 Pan dulce (kg)

Cuadro 1
MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL EMPLEADO PARA DETERMINAR
LA CANASTA BÁSICA DE ALIMENTOS EN GUATEMALA
 (Combinación de alimentos para ingesta diaria)

Función Objetivo a minimizar ¹	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21
	2.59	7.98	8.11	3.48	4.30	1.89	1.70
Sujeta a las siguientes restricciones							
Lácteos							
Huevos							
Carnes							
Frijoles							
Azúcar	3,840						
Grasas		7,530	8,840				
Verduras				210	380	620	260
Frutas							
Tortillas							
Arroz							
Trigo							
Aguas gaseosas							
Café							
Sal							
Proteína límite inferior		5		8	12	15	7
Proteína límite superior		5		8	12	15	7

(1) Precios promedio de 1993.

A15 Azúcar (kg)

A17 Aceite vegetal (kg)

A19 Cebolla (kg)

A21 GUISQUIL (kg)

A16 Margarina vegetal (kg)

A18 Tomate (kg)

A20 Papa (kg)

Cuadro 1
MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL EMPLEADO PARA DETERMINAR
LA CANASTA BÁSICA DE ALIMENTOS EN GUATEMALA
 (Combinación de alimentos para ingesta diaria)

Función Objetivo a minimizar ¹	A22	A23	A24	A25	A26		Bi
	1.93	2.07	4.82	24.20	0.91		
Sujeta a las siguientes restricciones							
Lácteos						≥	449.77
Huevos						≥	177.54
Carnes						≥	272.23
Frijoles						≥	1,159.93
Azúcar						≥	1,728.06
Grasas						≥	852.19
Verduras						≥	272.23
Frutas	680	870				≥	284.06
Tortillas						≥	4,304.00
Arroz						≥	586.42
Trigo						≥	1,690.40
Aguas gaseosas			310			≥	59.18
Café				1,000		=	53.80
Sal					1,000	=	53.80
Proteína límite inferior	8	7				≥	236.72
Proteína límite superior	8	7				≤	355.08

(1) Precios promedio de 1993.

A22 Banano (kg)

A24 Agua Gaseosa (kg)

A26 Sal (kg)

A23 Plátano (kg)

A25 Café (kg)

PATOLOGÍA VEGETAL

EL ÁCIDO SALICÍLICO COMO REGULADOR ENDÓGENO EN EL METABOLISMO VEGETAL: UNA NUEVA ESTRATEGIA EN EL MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA A ENFERMEDADES

Luis Mejía De León



INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo las hojas y la corteza del sauce (*Salix Sp.*) han sido utilizadas en el tratamiento de dolores y fiebres. En 1828 Johann Buchner, en Alemania, aisló una cantidad pequeña de salicilín, glucósido del alcohol salicílico, el principal salicilato de la corteza del sauce. El nombre de ácido salicílico para el principio activo de la corteza de sauce fue propuesto por Raffaele Piria en 1838. La primera producción comercial de ácido salicílico se realizó en Alemania en 1874. La Aspirina, nombre comercial del ácido acetilsalicílico, fue introducida al mercado por la compañía Bayer en 1898 convirtiéndose rápidamente en uno de los medicamentos de mayor venta en el mundo [Weissmann, 1991]. La aspirina se hidroliza espontáneamente a ácido salicílico, ambos compuestos tienen un efecto biológico similar [Raskin, 1992].

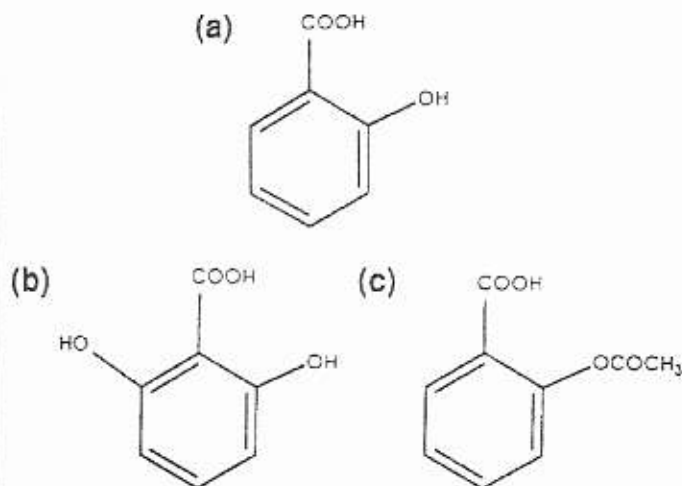
Agradecimiento

Al Dr. Ilya Raskin del Centro para Biología Molecular Agrícola de la Universidad de Rutgers, New Jersey, E.U.A. por el envío de literatura que estimuló la producción del presente artículo.

El ácido salicílico pertenece a un grupo de sustancias llamadas fenoles. Éstos son compuestos con un anillo aromático y un grupo hidroxilo o su derivado funcional (figura 1). Los compuestos fenólicos son muy diversos y ampliamente distribuidos en las plantas [Harborne, 1980]. Aunque la presencia del ácido salicílico ha sido determinada en las hojas y en las estructuras reproductivas de varias especies vegetales [Raskin *et. al.*, 1990], y se han observado varios efectos al tratar plantas con este compuesto [Raskin, 1992], su función específica en los procesos de crecimiento y desarrollo ha permanecido desconocida. Sin embargo, varias investigaciones recientes

Los fenoles son compuestos con un anillo aromático y un grupo hidroxilo o su derivado funcional. Los compuestos fenólicos son muy diversos y ampliamente distribuidos en las plantas.

Figura 1



Las estructuras de (a) ácido salicílico, (b) ácido 2,6-dihidrobencóico y (c) ácido acetilsalicílico (aspirina), compuestos con actividad biológica similar [Yalpani y Raskin, 1993].

han permitido empezar a entender las funciones de esta molécula como señal endógena en la regulación de procesos fisiológicos en las plantas. La elucidación de su participación en la inducción de los mecanismos de la resistencia a enfermedades permite visualizar nuevas estrategias aplicadas a la protección vegetal.

La función específica del ácido salicílico en los procesos de crecimiento y desarrollo ha permanecido desconocida. Sin embargo, varias investigaciones recientes han permitido empezar a entender las funciones de esta molécula como señal endógena en la regulación de procesos fisiológicos en las plantas.

I. EL ÁCIDO SALICÍLICO EN LA TERMOGÉNESIS

En 1778 la habilidad de generar calor por las plantas del género *Arum* fue descrita por Lamarck. La producción de calor o termogénesis ocurre en las estructuras reproductivas masculinas de las cícadas y en las flores de algunas especies de angiospermas [Meeuse y Raskin, 1988]. En *Sauromatum guttatum* schott (*voodoo lily* en inglés), de la familia *Araceae*, la inflorescencia está rodeada por una bráctea grande, llamada espata. Ésta se abre durante la antesis para exponer la parte superior del espádice, conocida como apéndice. Durante la floración la temperatura del apéndice aumenta 14°C por encima de la temperatura ambiental y este calor volatiliza indoles y amino odoríferos los cuales atraen a los insectos polinizadores [Raskin *et. al.*, 1987].

El calor se debe a un aumento en el transporte no fosforilativo de electrones insensible al cianuro; único a las mitocondrias de las plantas [James y

Beevers, 1950]. Durante esta forma de respiración, los sitios de conservación de energía I y III de la vía del citocromo C son sobrepasados y no se crea un gradiente químico [Siedow y Berthold, 1986]. En su lugar la energía química producida es disipada en forma de calor. El consumo de oxígeno que resulta del empleo de esta vía respiratoria alterna en las inflorescencias de *Sauromatum* es tal que llega a ser igual al que consume un colibrí en pleno vuelo [Raskin, 1992]. Para llenar los requisitos de sustratos creado por esta explosión metabólica se requiere de la activación simultánea de las enzimas de la glicólisis y del ciclo de Krebs.

**SAUROMATUM COMO
MODELO PARA EL
ESTUDIO DE LA VÍA
DE RESPIRACIÓN
ALTERNA**

Utilizando a *Sauromatum* como modelo para el estudio de la vía de respiración alterna, en 1987 se realizó un análisis, por medio de espectroscopía de masas, de los extractos purificados de las inflorescencias masculinas, el cual reveló la presencia de ácido salicílico [Raskin *et. al.*, 1987]. La aplicación de ácido salicílico a tejido de apéndice inmaduro resultó en aumentos de temperatura, la sensibilidad del tejido aumentó con la aproximación a la antesis y estuvo bajo control del fotoperíodo. Asimismo, la concentración de ácido salicílico aumentó dramáticamente antes de la floración y regresó a niveles basales al final del período termogénico. Estos resultados indican que el ácido salicílico actúa como una señal endógena en la inducción de calor.

En *Sauromatum*, cinco días antes de la antesis se registra un aumento en la síntesis de la oxigenasa alterna, una proteína de 38.9 kDa [Elthon y McIntosh, 1986; Rhoads y McIntosh, 1991]. El gen nuclear que determina la oxigenasa alterna ha sido aislado y caracterizado [Hiser y McIntosh, 1990]. El ácido salicílico causó la inducción del gen de esta enzima,

lo cual constituye una prueba adicional de su participación en la termogénesis.

Los descubrimientos anteriores iniciaron la búsqueda de otros procesos fisiológicos que pudieran estar regulados por el ácido salicílico.

II. EL ÁCIDO SALICÍLICO EN LA RESISTENCIA A ENFERMEDADES

Muchas veces las plantas resistentes a las enfermedades restringen el desarrollo de los patógenos a áreas relativamente pequeñas, localizadas en el sitio de penetración inicial, en las que aparece una lesión necrótica. Esta respuesta, en realidad un suicidio celular protectorio, se conoce como respuesta hipersensible (RH). La RH puede conducir a una resistencia sistémica adquirida (RSA), definida como resistencia a ataques subsiguientes por el patógeno en las partes no infectadas, libres de patógenos, después de la inoculación inicial (Ross, 1961). La resistencia sistémica adquirida puede detectarse varios días después de la infección inicial, puede durar por varias semanas, y es efectiva contra un amplio espectro de patógenos, que pueden no estar relacionados con el organismo inductor.

La inducción sistémica de la resistencia por infecciones localizadas sugiere la producción de una señal soluble que active los mecanismos de resistencia. Esta señal viajaría vía el floema por el sistema vascular de la planta. Varias líneas de investigación, cuyos resultados se presentan a continuación, sugieren que el ácido salicílico es al menos una de las señales endógenas en resistencia sistémica adquirida.

La inducción sistémica de la resistencia por infecciones localizadas sugiere la producción de una señal soluble que active los mecanismos de resistencia.

RESISTENCIA
A ENFERMEDADES
DEL TABACO

Como parte del mecanismo de resistencia se induce la síntesis de varias familias, serológicamente distintas, de proteínas de bajo peso molecular denominadas proteínas relacionadas con la patogénesis (PP) [Antoniw *et. al.*, 1980]. La producción de las proteínas PP puede ser inducida por la aplicación exógena de ácido salicílico, aun en ausencia de organismos patógenos [Raskin, 1992].

En tabaco (*Nicotiana tabacum* cv Xanthi-nc), la resistencia al virus del mosaico del tabaco (VMT) está ligada al gen N (derivado de *N. glutinosa*) [Holmes, 1938]. El tratamiento de tabaco de genotipo NN con ácido salicílico induce la expresión de los genes PP y una reducción en el desarrollo de lesiones RH. En las plantas NN, en las que no se producen lesiones RH y son infectadas sistémicamente por VMT, el ácido salicílico también inhibe la proliferación viral [White *et. al.*, 1983].

Los niveles endógenos de ácido salicílico aumentan dramáticamente al inocular plantas con patógenos inductores de resistencia sistémica adquirida. En tabaco resistente NN la RH se produce alrededor de 48 horas después de la inoculación con VMT, después de seis días los niveles de ácido salicílico aumentan,

en las hojas inoculadas y en las hojas libres de patógenos, hasta 20 y 5 veces respectivamente de los niveles basales (figura 2, a y b).

Los niveles de mRNA PP-1 aumentan proporcionalmente a los niveles de ácido salicílico. En el tabaco susceptible NN inoculado con VMT, en el que no se observa ninguna acumulación de

La molécula de ácido salicílico tiene características físicas que la hacen casi ideal para el transporte a larga distancia por el floema. Los análisis de exudados del floema de las hojas de tabaco Xanthi-nc inoculado con VMT revelaron niveles elevados de ácido salicílico.

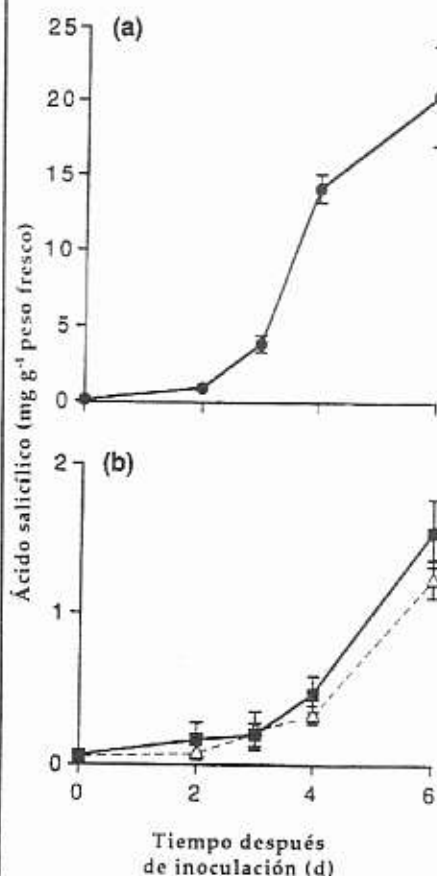
ácido salicílico o mRNA PP-1, el tratamiento con aspirina induce la síntesis de las proteínas PP y reduce la acumulación de VMT [White *et. al.*, 1983].

En plantas de tabaco de genotipo NN inoculadas con VMT, la acumulación de ácido salicílico puede ser inhibida por tratamiento a 32°C, bajo estas condiciones también se impide la RH y la acumulación de proteínas PP. La síntesis de proteínas PP a esta temperatura puede ser restaurada por el tratamiento con ácido salicílico [Yalpani *et. al.*, 1991].

Un híbrido amfídiploide producido por *Nicotiana glutinosa* y *N. debneyi*, con mayores niveles constitutivos de proteínas PP y alta resistencia a varios patógenos, contiene niveles de ácido salicílico, en plantas sanas, 30 veces mayores que en plantas Xanthi-nc menos resistentes [Yalpani y Raskin, 1993].

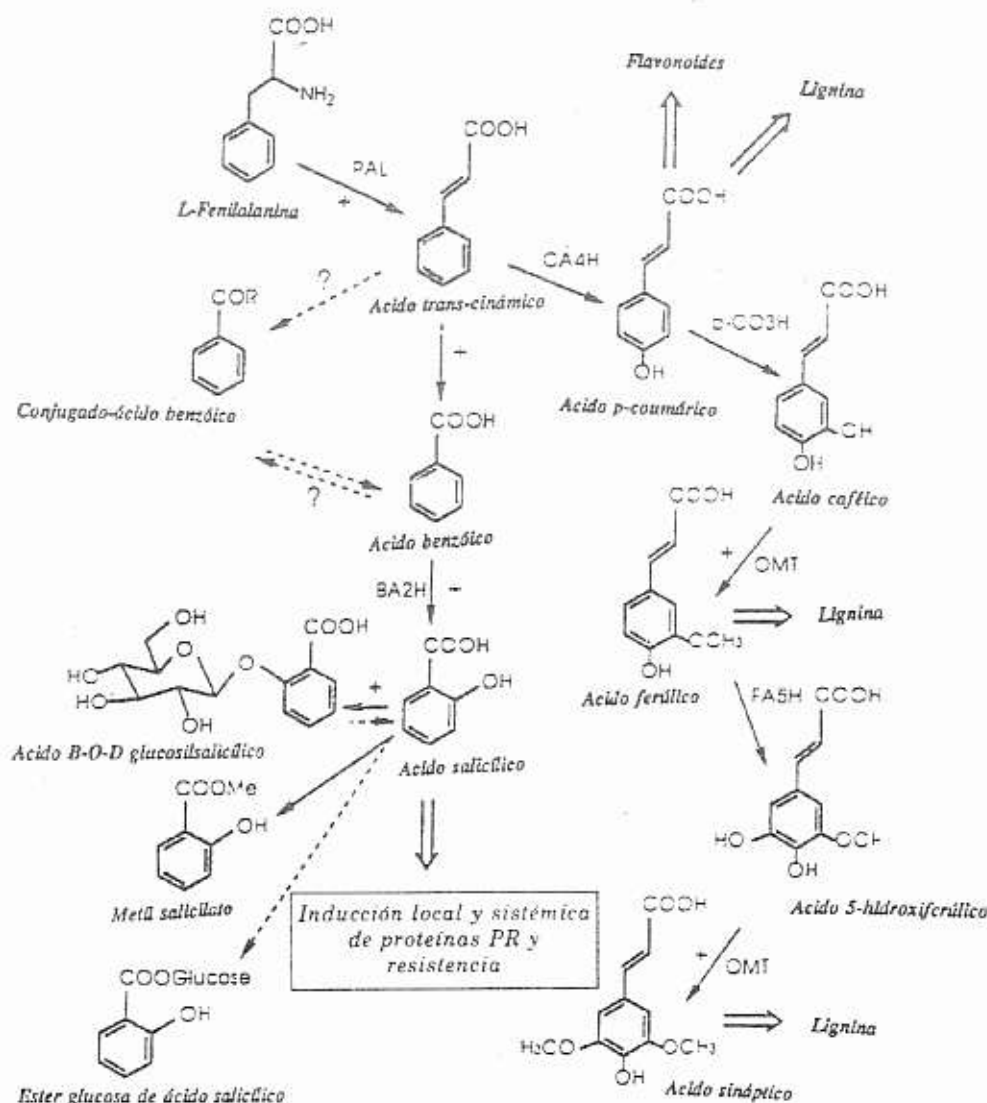
La molécula de ácido salicílico tiene características físicas que la hacen casi ideal para el transporte a larga distancia por el floema. Los análisis de exudados del floema de las hojas de tabaco Xanthi-nc inoculado con VMT revelaron niveles elevados de ácido salicílico [Yalpani *et. al.*, 1991].

Figura 2
ACUMULACIÓN DE ÁCIDO
SALICÍLICO CON TABACO
INOCULADO CON VMT



(a) Tejido foliar inoculado expresando la respuesta hipersensible. (b) Parte basal no-inoculada de una hoja inoculada (cuadros), y hoja no-tratada inmediatamente encima de la hoja inoculada (triángulos). Tomado de Enyedi *et. al.* [1992].

Figura 3
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA VÍA BIOSINTÉTICA
Y METABÓLICA DEL ÁCIDO SALICÍLICO Y FENILPROPANOIDES



III. BIOSÍNTESIS Y METABOLISMO DEL ÁCIDO SALICÍLICO

El ácido salicílico es un compuesto de bajo peso molecular, producido en las plantas por el metabolismo fenilpropanoide. La síntesis del ácido salicílico se realiza a partir del ácido cinámico, un producto de la fenilalanina amoníaco liasa (FAL), vía el ácido benzoico [Yalpani *et. al.*, 1993] (figura 3). La actividad de FAL, así como la de otras enzimas de la vía fenilpropanoide, se ve fuertemente inducida en el tabaco durante la infección por VMT [Legrand *et. al.*, 1976]. La vía fenilpropanoide produce además una gran variedad de fenoles estructurales relacionados con los mecanismos de defensa, tales como lignina y fitoalexinas [Métraux y Raskin, 1993].

El ácido salicílico forma productos conjugados, principalmente por glucosilación. En tabaco inoculado con VMT estos conjugados glucosílicos se acumulan principalmente alrededor de las lesiones RH y parecen ser formas inmóviles, de liberación lenta y almacenamiento [Enyedi *et. al.*, 1992].

El metil salicilato es un éster volátil del ácido salicílico. Recientemente se ha descubierto que en el tabaco inoculado con VMT se liberan grandes cantidades de este compuesto. Las plantas de tabaco tratadas con metil salicilato gaseoso produjeron un aumento en el ácido salicílico del tejido y en las proteínas PP, además tuvieron mayor resistencia a VMT [Lee *et. al.*, 1995]. El metil salicilato volátil podría ser una señal para la comunicación aérea dentro y entre plantas.

CONCLUSIONES

Aunque todo parece indicar que el ácido salicílico tiene una importante función reguladora en las plantas, aún no se conoce su mecanismo de acción. Es decir, no se conocen, los detalles moleculares de la transducción de sus señales o sea el paso de ácido salicílico a los procesos regulados por él. Tampoco se conoce la totalidad de sus funciones reguladoras. Actualmente se trabaja en el clonaje de los genes que determinan las principales enzimas responsables de la biosíntesis y metabolismo del ácido salicílico, para la caracterización de su expresión y regulación. Para la manipulación de los niveles de ácido salicílico en las plantas, es necesaria la identificación de estos genes con el objeto de aumentar la expresión de los genes de síntesis y anular la expresión de los genes de metabolismo.

La producción de plantas transgénicas con altos niveles de ácido salicílico podría ser una de las aplicaciones más promisorias de la biotecnología en la protección de plantas. Alternativamente, la aplicación de productos químicos que actúen como señales

La producción de plantas transgénicas con altos niveles de ácido salicílico podría ser una de las aplicaciones más promisorias de la biotecnología en la protección de plantas. Alternativamente, la aplicación de productos químicos que actúen como señales endógenas en los procesos de resistencia podría ser complementaria a las prácticas convencionales de control, dirigidas hacia la eliminación del patógeno invasor.

endógenas en los procesos de resistencia podría ser complementaria a las prácticas convencionales de control, dirigidas hacia la eliminación del patógeno invasor.

La investigación de los procesos relacionados con la respuesta defensiva o inmunitaria de las plantas permitirá en el

futuro la generación de nuevas estrategias para mejorar la resistencia a las enfermedades en los cultivos, disminuyendo así el uso indiscriminado de pesticidas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANTONIWI, J. F., RITTER, C. E., PIERPOINT, W. S., Y VAN LOON, L. C. 1980. Comparison of three pathogenesis-related proteins from plants of two cultivars of tobacco infected with TMV. *J. Gen. Virol.* 47:79.
- ELTHON, T. E., Y MCINTOSH, L. 1986. Characterization and solubilization of the alternative oxidase of *Sauromatum mitochondria*. *Plant Physiol.* 82:1.
- ENYEDI, A. J., YALPANI, N., SILVERMAN, P., Y RASKIN, I. 1992. Localization, conjugation, and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89:2480-2484.
- HARBORNE, J. B. 1980. PLANT PHENOLICS. EN BELL, E. A., CHARLWOOD, B. V. (eds.): *Secondary Plant Products*. Springer Verlag, Berlin, pp 329-402.
- HISER, C., Y MCINTOSH, L. 1990. Alternative oxidase of potato is an integral membrane protein synthesized *de novo* during aging in tuber slices. *Plant Physiol.* 93:312.
- HOLMES, F. O. 1938. Inheritance of resistance to tobacco mosaic disease in tobacco. *Phytopathology* 28:553-561.
- JAMES, W. O., AND BEEVERS, H. 1950. The respiration of *Arum spadix*. A rapid respiration, resistant to cyanide. *New Phytol.* 49:353-374.

- LEE, H., LEÓN, J., Y RASKIN, I. 1995. Biosynthesis and metabolism of salicylic acid. *Pro. Natl. Acad. Sci. USA.* 92:4076-4079.
- LEGRAND, M., FRITIG, B., Y HIRTH, L. 1976. Enzymes of the phenylpropanoid pathway and the necrotic reaction. *Phytochemistry* 15:1353-1359.
- MEEUSE, B. J. D., Y RASKIN, I. 1988. Sexual reproduction in the *arum lily* family, with emphasis on thermogenicity. *Sex. Plant Reprod.* 1: 3-15.
- MÉTRAUX, J. P., Y RASKIN, I. 1993. Role of phenolics in plant disease resistance. *En Biotechnology in Plant Disease Control.* Wiley. pp. 191-209.
- RASKIN, I. 1992. Role of salicylic acid in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463.
- RASKIN, I., EHMANN, A., MELANDER, W. R., MEEUSE, B. J. D. 1987. Salicylic acid: a natural inducer of heat production in *Arum lilies*. *Science* 237: 1601-1602.
- RASKIN, I., SKUBATZ, H., TANG, W., Y MEEUSE, B. J. D. 1990. Salicylic acid levels in thermogenic and non-thermogenic plants. *Ann. Bot.* 66: 369-373.
- RHOADS, D. M., Y MCINTOSH, L. 1991. Isolation and characterization of a cDNA clone encoding an alternative oxidase protein of *Sauromatum guttatum* (Schott). *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 88:2122-2126.
- ROSS, A. F. 1961. Systemic acquired resistance induced by localized virus infection in plants. *Virology* 13:340-358.
- SIEDOW, J. N., Y BERTHOLD, D. A. 1986. The alternative oxidase: a cyanide-resistant respiratory pathway in higher plants. *Physiol. Plant.* 66:569-573.
- WEISSMANN, G. 1991. Aspirin. *Sci. Amer.* 264:84-90.
- WHITE, R. F., ANTONIW, J. F., CARR, J. P., Y WOODS, R.

D. 1983. The effects of aspirin and polyacrylic acid on the multiplication and spread of TMV in different cultivars of tobacco with and without the N-gene. *Phytopath. z.* 107:224-232.

YALPANI, N., YRASKIN, I. 1993. Salicylic acid: a systemic signal in induced plant disease resistance. *Trends in Microbiology* 1:88-92.

YALPANI, N., SILVERMAN, P., WILSON, T. M. A., KLEIER, D. A., RASKIN, I. 1991. Salicylic acid is a systemic signal and an inducer of pathogenesis-related proteins in virus-infected tobacco. *Plant Cell* 3:809-818.

Reseñas

LOS INFORMES DE INVESTIGACIÓN DEL IIA

Desde su fundación, el 2 de noviembre de 1979, el Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA) ha venido trabajando en función de darle cumplimiento al objetivo de la Facultad de Agronomía que indica «Realizar investigación en el campo de la producción agrícola y en el uso, manejo, y conservación de los recursos naturales renovables y sus interrelaciones socioeconómicas».

Para darle cumplimiento a tal objetivo el Instituto cuenta con dos grandes programas de investigación: sistemas de producción agrícola y recursos naturales renovables. Como resultado de las investigaciones realizadas el Instituto cuenta con una gran cantidad de informes de investigación.

Informes de investigación, 1994 reúne resultados de investigaciones realizadas y concluidas durante 1994. La publicación incluye informes relativos a sistemas de producción agrícola y a recursos naturales renovables.

En el área de **Sistemas de Producción Agrícola** se recogen cinco informes de investigación:



COLECTA, IDENTIFICACIÓN Y CONSERVACIÓN DE ORGANISMOS ENTOMOPATÓGENOS DE PLAGAS HORTÍCOLAS. Investigación realizada en zonas hortícolas de Guatemala, incluyendo los departamentos de Guatemala, Chimaltenango, Sololá, Totonicapán, Quetzaltenango, Escuintla, Santa Rosa, Zacapa, Chiquimula, Jutiapa, Jalapa y Baja Verapaz.

DETERMINACIÓN SEROLÓGICA DE LA INFECCIÓN POR EL VIRUS DEL MOSAICO DORADO A LO LARGO DE GRADIENTES ALTITUDINALES EN REGIONES PRODUCTORAS DE FRIJOL EN GUATEMALA. Reporta los resultados del proyecto dirigido a estudiar la distribución y determinación de virus géminis transmitidos por moscas blancas en varias regiones productoras de frijol en Guatemala. El estudio se realizó en los departamentos de Zacapa, Chiquimula, Jutiapa, Jalapa, Chimaltenango, Escuintla, Suchitepéquez, Sololá, Quetzaltenango, Huehuetenango, San Marcos, Baja Verapaz y Quiché.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL AGRONÓMICO Y NUTRICIONAL DEL FRIJOL TEPARY (*PHASEOLUS ACUTIFOLIUS* GRAY) BAJO LAS CONDICIONES DE SAN JACINTO, CHIQUIMULA. Resultados de la evaluación de ocho líneas de frijol tepary, provenientes de la Universidad de Riverside, California, Estados Unidos; señalándose que dicha especie tiene buen potencial para la parte seca de Guatemala. La fase de campo se desarrolló en época de segunda siembra (agosto-noviembre).

COLECTA Y CARACTERIZACIÓN DE 36 CULTIVARES DE FRIJOL BLANCO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) EN EL ORIENTE DE GUATEMALA. Investigación destinada a coleccionar y caracterizar el germoplasma de frijol blanco utilizado por los agricultores de la región. Entre las variables utilizadas para la caracterización están: días a floración, longitud de la vaina, tamaño del grano, rendimiento y contenido proteínico del grano. Como resultado importante el informe destaca la existencia de cultivares primitivos de frijol blanco; indicando que Jutiapa y Chiquimula pueden considerarse como centros de domesticación, dispersión y probablemente evolución del frijol blanco.

IDENTIFICACIÓN Y OBTENCIÓN DE VARIEDADES DE GÜICOY (*CUCURBITA MOSCHATA* DUCHESNE) DE ALTO CONTENIDO DE PROVITAMINA «A». Se presentan los resultados de la investigación dirigida a estudiar la variabilidad agromorfológica de los cultivares, formar líneas e identificar materiales promisorios en contenido de provitamina «A». En el informe se identifican 9 materiales, de un total de 20, con buenas características morfológicas y prometedores en rendimiento de beta caroteno.

Del programa de **Recursos Naturales Renovables** se incluyen seis informes:

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL Y NÚMERO DE REBROTES DE TRES ESPECIES FORESTALES CON ASOCIO Y SIN ASOCIO DE MAÍZ EN PARRAMOS, CHIMALTENANGO. Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el crecimiento inicial y número de rebrotes de *Alnus acuminata*, *Eucaliptus globulus* y *Casuarina equisetifolia* Forst. con asocio y sin asocio de maíz. Se concluye que en general las especies estudiadas responden satisfactoriamente después del corte de los árboles originales. Sin embargo la capacidad de rebrote fue afectada por la escasa humedad.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN EN *PERSEA* SPP. Presenta algunos resultados del proyecto, centrándose particularmente en la localización geográfica de los sitios de colecta de especímenes de *Persea*.

CARACTERIZACIÓN DEL ALISO (*ALNUS* SPP.) EN GUATEMALA. La motivación de esta investigación surge del hecho de que aun cuando el aliso está siendo utilizado en diversos proyectos de reforestación, se tienen muchas incógnitas acerca de su situación natural en el país. En el informe se trata lo relativo a la distribución, algunos rasgos fenológicos y usos del aliso en el país, así como la composición florística de los estratos arbóreo y arbustivo de las comunidades forestales en donde el aliso es dominante o codominante.

INVESTIGACIÓN BÁSICA PARA LA PLANIFICACIÓN DEL MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO ITZAPA. En este informe se reportan los resultados de la investigación realizada con el objetivo de generar información básica para la formulación del manejo de los recursos naturales para la producción sustentable en la cuenca del río Itzapa.

CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS IRRIGADAS EN LA CUENCA DEL RÍO HATO, SAN AGUSTÍN ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO. Este informe concluye que en el área de estudio se pueden diferenciar tres sistemas de cultivos; existiendo un bajo desarrollo tecnológico en la agricultura que no permite que el área exprese el potencial productivo que posee, dadas las características especiales de suelos aluviales, posibilidad de suplir las necesidades de humedad de las plantas mediante el riego, alta luminosidad y temperatura media anual y su considerable biodiversidad vegetal.

DIVERSIDAD, CONSERVACIÓN Y USO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS GENÉTICOS NATIVOS DE ESPECIES FRUTALES DE AMÉRICA TROPICAL: SAPOTACEAE. Describe los avances y perspectivas del proyecto de investigación dirigido a la conservación y uso sostenible de recursos genéticos frutales de América Latina, en particular con las especies *Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn, *Chrysophyllum cainito*, *Pouteria viridis* (Pittier) Cronquist, *Manilkara zapota* y especies silvestres de *Pouteria*.

Los autores

José María Gutiérrez

Ingeniero Agrónomo. Egresado de la FAUSAC.

Álvaro Gustavo Hernández D.

Ingeniero Agrónomo. Profesor entomólogo de la FAUSAC. Especialista en manejo integrado de plagas, con maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Luis Mejía

Doctor en genética. Autor de varios artículos sobre biotecnología. Profesor investigador en la FAUSAC.

Mamerto Reyes Hernández

Economista Agrícola (M.Sc.), investigador asociado del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Guatemala.

Nika Salvetti

Economista (Licenciada), Consultora Privada, Guatemala.

Marcelo Velásquez

Ingeniero Agrónomo. Egresado de la FAUSAC.

Mario Esteban Véliz Pérez

Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, egresado de la FAUSAC, Coordinador del Herbario BIGUA, Docente de Cursos de Formación Profesional en Botánica y Ecología e Investigador de la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

¿POR QUÉ EL NOMBRE tikal?

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

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

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

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





CONTENIDO

ENTOMOLOGÍA ECONÓMICA

Ácaros asociados al cultivo de naranja
(*Citrus sinensis* L. Osbek) en la aldea
Quiajolá, San Sebastián Huehuetenango

BIODIVERSIDAD

Epifitas del Biotopo del Quetzal,
Purulhá, Guatemala

SOCIOECONOMÍA

Canasta básica de alimentos
y programación lineal:
una evaluación de la utilidad del
problema de la dieta para determinar la
canasta básica de alimentos

PATOLOGÍA VEGETAL

El ácido salicílico como regulador
endógeno en el metabolismo vegetal:
una nueva estrategia en el mejoramiento
de la resistencia a enfermedades

Reseñas:

Los informes de investigación del IIA

Facultad de Agronomía
Universidad de
San Carlos de Guatemala

