



tiikalia

INFORMACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA
Volumen XIII, No. 2

Julio-diciembre 1995

Sistemas de Producción Agrícola
Recursos Naturales Renovables



Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala



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

Los autores son responsables del contenido de sus artículos.



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

Vol. XIII, No. 2



Guatemala
1995

**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. Waldemar Nufio Reyes
Vocal III: Ing. Agr. Carlos Roberto Motta
Vocal IV: P.A. Henry E. España Morales
Vocal V: Br. Mynor Joaquín Barrios Ochaeta

Comité Editorial

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

Portada: Perfil idealizado de la distribución vertical de las epífitas y lianas existentes en la comunidad de kanac, volcán de Acatenango, Guatemala. Dibujo de Mario E. Véliz Pérez.

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

Impresión: Fotograbado Llerena
Tel. 24372 / 512723

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

A LOS COLABORADORES DE *TIKALIA*

La revista *Tikalia* existe más o menos desde hace quince años, cuando apareció por primera vez como parte de las inquietudes programáticas del recordado Dr. Antonio Sandoval, notable decano en nuestra Facultad de Agronomía. Desde entonces, la idea básica siempre ha sido que la revista —a diferencia de las otras publicaciones facultativas— divulgue experiencias y conocimientos característicamente vinculados al campo tecnocientífico propio de agrónomos. Esa idea orientadora ha bastado hasta hoy día para normar temáticas a ser difundidas.

Dicha orientación es en sí misma legítima, porque representa fundamentalmente la decisión de mantener un tipo de revista que a su vez sea medio de identidad para la comunidad de agrónomos. Desde tal perspectiva sería inútil intentar alguna objeción al respecto.

Pero ¿estará cumpliendo *Tikalia* a cabalidad su destino de difusor exitoso? Resulta difícil saberlo, pues jamás se ha efectuado, por ejemplo, alguna encuesta sobre opiniones de lectores. Es decir se desconoce cómo es percibida y valorada por quienes supuestamente son sus destinatarios. En consecuencia, una tarea nuestra para 1996 será estudiar la recepción de *Tikalia* como objeto de lectura, lo cual indudablemente constituye paso necesario para retroalimentar la revista.

A pesar de no contar con datos objetivos acerca del circuito de comunicación correspondiente a nuestras publicaciones, podemos exponer acá ciertos problemas recurrentes que, por el hecho de ser así, no ofrecen dudas sobre su realidad y sobre la necesidad de solucionarlos. He aquí, por su relevancia, tres de esos problemas que bloquean la edición de una revista con mejor calidad:

- 1) Aunque la revista no cuenta específicamente con un cuerpo de redactores, ni mucho menos articulistas, sigue presente la expectativa por producir buenos artículos, entendiéndose lo de «buenos» en tanto producto apetecible para un público de lectores exigentes, como debe serlo el lector con una educación superior.
- 2) Relacionado al punto anterior está nuestro requerimiento de apoyo institucional, concretamente en dotar a potenciales colaboradores del **tiempo suficiente** para preparar, elaborar y redactar buenos artículos para luego ser publicados en *Tikalia*. Estamos completamente convencidos de que el problema en la producción de materiales, especialmente con el sector docente, se resolverá asignándoles a profesores un tiempo para invertirlo en escribir uno o dos artículos por semestre. También estamos seguros que las

autoridades son conscientes de que para mejorar la revista se requiere básicamente contar con tiempo suficiente, para escribir con el objetivo de publicar.

- 3) Precisamente el tercer problema detectado como sobresaliente son las dificultades en la comunicación escrita. Claro está que tal cosa repercute negativamente en cada una de nuestras publicaciones impresas, pero ello es peor para el caso de *Tikalía* por tratarse de una revista con difusión hacia la comunidad científica internacional.

En otras palabras: no por ser revista de índole "técnica" debe ser literariamente de mal gusto. Pero el gusto, como sabemos, se cultiva a través del constante interactuar de la escritura con la lectura. Obviamente es la cultura, entendida como alta cultura, la que hará posible publicar artículos valiosos, interesantes y agradables para el buen provecho de los lectores. Sobra decirlo, pero este problema trasciende un ámbito puramente del trabajo editorial, para situarse a nivel de la trayectoria del tipo de educación individual. Es fácil deducir entonces que nuestros niveles educativos, incluida la universidad, no son ambientes actualmente favorables a la formación de un hombre cultivado. Generalmente esto se percibe como lujo de elites, como algo anticuado incluso como algo ofensivo en un país de mayoría analfabeta. Por supuesto, nuestra percepción es radicalmente opuesta a dicha creencia generalizada. Nosotros creemos que en este mundo de máquinas donde coexistimos, también existe la necesidad de hilar comunicativamente entre sí a los seres humanos, y esa comunicación sólo es posible a través del lenguaje como sistema no sólo de ideas, sino de emociones, de símbolos y de voluntades. Un lenguaje con tales características, cuando pasa al plano de la escritura, debe ser sistemáticamente cultivado, pues nunca brotará del aire. Sobre este punto, por ahora, sólo cabe la esperanza de que los más jóvenes sean educados en el aprecio a la lengua que hablan, para tratar de escribirla bien.

Por nuestra parte, el trabajo consistirá en darle continuidad a la revista *Tikalía*; pero la calidad editorial en tanto proceso a través del cual los materiales resulten definitivamente dispuestos para su impresión dependerá de cada individuo participante en dicho proceso, desde el autor de un artículo y los revisores preliminares ubicados por el autor entre sus colegas especialistas; para pasar después a manos de los editores, quienes harán la revisión final para entregar los materiales a la imprenta. Como se observa, estamos hablando de un tipo de trabajo donde el Comité Editorial es sólo una secuencia en la cadena.

Guatemala, diciembre de 1995

David Pinto Díaz
Coordinador del Comité Editorial

CONTENIDO

BIODIVERSIDAD

- Biotecnología y biodiversidad 7
César Azurdia Pérez
Edgar Franco
Luis Mejía
- Evaluación de ocho genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.)
con tres densidades de siembra 25
Edwin Filiberto Coy Córdón
Gabriel Heredia
- Recursos genéticos de “injerto”
(*Pouteria viridis*) en el Altiplano Central de Guatemala 35
César Azurdia
Edgar Martínez
Helmer Ayala
- Epífitas de la comunidad de kanac (*Chiranthodendron*
pentadactylon Larreategui) en el Volcán de Acatenango,
Guatemala 51
Mario E. Véliz Pérez

INFORMÁTICA

- Aplicaciones del programa
Quattro-Pro en la Matemática 63
Luis Manfredo Reyes Chávez

DESARROLLO FORESTAL

- Síntesis histórica de la deforestación en Guatemala
Perspectivas para el nuevo siglo 83
Claudio Cabrera Gaillard

BIODIVERSIDAD

BIOTECNOLOGÍA Y BIODIVERSIDAD

**César Azurdia Pérez
Edgar Franco
Luis Mejía**



Resumen

Los avances en el campo de la biología celular y molecular han permitido el desarrollo de técnicas biotecnológicas, útiles para la exploración y colecta, conservación y aprovechamiento de los recursos genéticos.

Las biotecnologías que se presentan en este trabajo son las que se consideran más importantes y comprenden: el cultivo de tejidos vegetales, la ingeniería genética y el uso de marcadores bioquímicos y moleculares.

Se presentan ejemplos de la aplicación de estas técnicas en la resolución de diferentes problemas relacionados con la biodiversidad. Se discute lo relacionado con la propiedad intelectual que tiene relación con la biotecnología aplicada a la biodiversidad, por ser éste un problema fundamental de actualidad entre los proveedores y usuarios del germoplasma en la producción de bienes y servicios.

INTRODUCCIÓN

Para fines de la presente ponencia se define la biotecnología como el uso de técnicas celulares y moleculares aplicadas a la exploración y colecta, conservación y utilización de la biodiversidad.

El rápido desarrollo de la biología molecular y su potencial en la manipulación y mejoramiento de microbios, plantas y animales ha dado origen a la biotecnología moderna. La elucidación del comportamiento de los factores hereditarios [Mendel, 1866]; el establecimiento de la relación entre los genes y los cromosomas [Sutton, 1903]; el establecimiento de los polipéptidos como productos primarios de la acción génica [Beadle, 1945]; la identificación del ADN como el material genético [Avery, MacLeod y McCarty, 1944]; el descubrimiento de la estructura del ADN [Watson y Crick, 1953]; la elucidación del código genético [Crick *et. al.*, 1961]; el establecimiento de métodos de secuenciación del ADN [Maxam y Gilbert, 1977]; el descubrimiento de las enzimas de restricción [Meselson y Yuan, 1968]; la síntesis de ADN por medio de la reacción en cadena de la polimerasa [Mullis y Fallona, 1987] son algunos de los avances que han marcado una época en el desarrollo de las ciencias biológicas y que han propiciado su vertiginoso desarrollo.

En este documento se describen las diferentes biotecnologías que se utilizan en la caracterización y colecta, conservación y uso de la biodiversidad y se presentan ejemplos de la aplicación de las mismas en diversos aspectos relacionados con la biodiversidad. En la última sección se hace referencia a la problemática que presenta la propiedad intelectual relacionada con la aplicación de la biotecnología.

I. BIOTECNOLOGÍAS APLICADAS A LA EXPLORACIÓN Y COLECTA, CONSERVACIÓN Y UTILIZACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS

1. Cultivo de tejidos vegetales

El uso de los reguladores del crecimiento y medios de cultivo permiten la regeneración de plantas a partir de meristemos, embriones somáticos, callos o células. Las técnicas de cultivo de tejidos vegetales son necesarias para la ingeniería genética y ciertas técnicas pueden utilizarse como complementarias para aumentar la eficiencia de los programas convencionales de mejoramiento. Los métodos más utilizados son la micropropagación, la selección a nivel celular, el rescate de embriones, las técnicas haploides, la fusión de protoplastos y la regeneración de los mismos.

El cultivo de tejidos vegetales puede usarse en conservación, intercambio de germoplasma y micropropagación, la conservación *in vitro* reduce los costos de mantenimiento de colecciones, así como minimiza el riesgo de pérdidas por efectos de enfermedades, plagas insectiles y otros factores. Adicionalmente, el uso de cultivo de tejidos permite la distribución de germoplasma bajo condiciones asépticas y libres de patógenos.

El cultivo de tejidos es importante cuando se requiere preservar líneas de reproducción asexual. Un ejemplo lo representan las colecciones mundiales de camote y papa establecidas en el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú. Dos métodos de almacenamiento *in vitro* comúnmente usados para la conservación de líneas asexuales son el cultivo de tejidos de crecimiento lento y la criopreservación. El primero de ellos constituye un cultivo desarrollado en un medio de crecimiento con condiciones de bajo contenido de nutrientes y/o condiciones de estrés osmótico. Adicionalmente bajas temperaturas y retardadores del crecimiento han sido usados en cultivo de tejidos de lento crecimiento. A pesar de las ventajas que presenta esta metodología, se sabe en general que las condiciones de estrés a las que están sometidas las plantas, conducen a la generación de inestabilidad genética, tal como euploidía/aneuploidía (número de cromosomas), cambios estructurales en los cromosomas (inversiones, translocaciones, etc.), amplificación del ADN, activación de transposones y cambios en la metilación de nucleótidos.

La criopreservación usando nitrógeno líquido (-196°C) ofrece la oportunidad de reducir significativamente el deterioro del material vegetal a almacenar, en el cual se reduce el metabolismo y la división celular a niveles muy bajos, cercanos a cero. Aunque esta técnica ha sido aplicada a un rango de cultivos de tejidos, el éxito ha sido variable. De igual manera, semillas de diferentes especies han sido almacenadas en nitrógeno líquido. Semillas recalcitrantes —aquellas que su contenido de humedad no puede ser reducido sin que sufra daño letal— son típicamente de vida corta y no pueden ser almacenadas bajo condiciones de criopreservación. Una alternativa podría ser la preservación de embriones somáticos por medio de cultivo de tejidos y luego someterlos a un proceso de criopreservación. Ejemplos de especies importantes que poseen semillas recalcitrantes incluyen *Quercus*, *Castanea*, *Hevea brasiliensis*, *Mangifera indica* y *Theobroma cacao*. En general se puede decir que la preservación de germoplasma usando nitrógeno líquido es una práctica utilizada para un número grande de especies, sin embargo, existen diferencias entre especies, por lo que la decisión de usar nitrógeno líquido dependerá de la especie a conservar, adaptabilidad biológica, factores de riesgo relativos a las otras técnicas de almacenamiento y costo.

El cultivo de tejidos vegetales también es una tecnología útil para

la distribución del germoplasma; las plantas cultivadas *in vitro* pueden ser intercambiadas entre investigadores o enviadas a usuarios con eficiencia y seguridad, ya que la propagación masiva permite obtener grandes cantidades de plantas derivadas de plantas sanas.

2. Ingeniería genética

Las células en cultivo pueden ser transformadas genéticamente mediante la introducción de genes deseables antes de su multiplicación.

La transferencia directa de ADN de un organismo a otro se ha venido desarrollando desde los años cuarenta, cuando se estableció que el ADN es la base química de la herencia. Se han utilizado para ello plásmidos, virus, absorción directa de ADN y la microinyección.

2.1. TRANSFORMACIÓN POR MÉTODOS BIOLÓGICOS

El método más empleado es el que utiliza como vectores derivados de *Agrobacterium tumefaciens*. Esta bacteria del suelo es el agente etiológico de la enfermedad agalladora de la corona (el punto de unión entre la raíz y el tallo) en varias plantas dicotiledóneas. Durante la infección de las especies susceptibles los genes de las bacterias son transferidos al genoma de las células vegetales [Chilton, 1983]. Los agentes responsables de la virulencia de determinadas cepas de *Agrobacterium* son plásmidos Ti (inductores de tumores), compuestos de ADN circular bicatenario de alrededor de 200 Kb. Estos plásmidos contienen dos tipos de secuencias que son necesarias para la transferencia de los genes bacterianos a la planta: una región T-ADN (ADN transferido) propiamente transferida a la planta y una región vir (virulencia) no transferida. Las regiones T-ADN actúan como señales de escisión de la región que va a ser transferida a la célula infectada. El T-ADN contiene varios genomas, incluyendo algunos relacionados con la producción de fitohormonas.

Un método utilizado para la transferencia de T-ADN modificado es conocido como sistema binario [Watson *et. al.*, 1992]. Este método se basa en que las funciones para la transferencia del T-ADN del plásmido Ti son aportadas por plásmidos diferentes. El vector binario contiene las secuencias fronterizas para la escisión e integración del T-ADN. La remoción de los genes para la biosíntesis de las fitohormonas ("desarme") del T-ADN impide la inducción de la proliferación celular responsable de las agallas o tumores y permite al mismo tiempo que pueda efectuarse la inserción de ADN heterólogo o foráneo. Otro plásmido contiene la región vir del plásmido Ti, la cual puede actuar en configuración trans con respecto al T-ADN.

Un sistema de transformación requiere la inclusión, dentro de las secuencias fronterizas para su transformación a la célula vegetal, de

marcadores seleccionables para la identificación de las células transformadas y secuencias regulatorias para la adecuada expresión de los genes introducidos.

1.2. TRANSFORMACIÓN POR MÉTODOS FÍSICOS

El rango de huéspedes de *Agrobacterium* que generalmente está restringido a las dicotiledóneas y la dificultad para la regeneración de plantas a partir del cultivo *in vitro* de varias especies han hecho necesario el desarrollo de otros métodos para la introducción de ADN foráneo en las células de manera directa. Uno de estos métodos utiliza micropartículas metálicas recubiertas de ADN, las cuales son disparadas a las células en cultivo o a hojas enteras mediante un cañón de partículas [Klein *et al.*, 1987].

3. Marcadores bioquímicos y moleculares

3.1. MARCADORES BIOQUÍMICOS

Las técnicas de electroforesis, en combinación con métodos citohistológicos de coloración, permiten el estudio de varios sistemas enzimáticos, los cuales pueden ser utilizados como marcadores para revelar la información contenida en un gen. La aplicación de métodos cuantitativos a esta información permite a su vez el cálculo de diversos parámetros utilizados en la determinación de la estructura genética y reproductiva de una población natural.

Las isoenzimas fueron definidas por Markert y Moller [1959] como variantes de una misma enzima, con igual función, en un mismo individuo. En 1966, Harris en humanos y Lewontin y Hubby en *Drosophila*, descubrieron altos niveles de polimorfismo de las enzimas dentro de la misma población, lo cual posibilitó por primera vez la cuantificación de la variabilidad genética en las poblaciones naturales.

El uso de marcadores bioquímicos presenta varias ventajas con respecto a los caracteres morfológicos de naturaleza más compleja, entre ellas la codominancia y la independencia de un gen del efecto del ambiente. Los sistemas enzimáticos mejor conocidos son los de las enzimas del metabolismo de la glucosa; se conocen protocolos para más de 200 enzimas pero únicamente alrededor de 20 son los más utilizados. La localización subcelular, la estructura cuaternaria y la base genética de las enzimas son características conocidas y altamente conservadas en la evolución, lo cual permite la interpretación de los patrones de bandeo en los geles que resultan de la electroforesis [Gottlieb, 1981; Weeden y Wendel, 1990].

3.2. MARCADORES MOLECULARES

El acceso directo al genoma ha permitido el uso de fragmentos de ADN como marcadores de segmentos cromosómicos [Andersen y Fairbanks, 1990]. Los principales tipos de marcadores genéticos moleculares son el Polimorfismo en el Largo de los Fragmentos de Restricción (*Restriction Fragments Length Polymorphism* o RFLP's) y el ADN Polimórfico Amplificado Aleatoriamente (*Randomly Amplified Polymorphic DNA* o RADP's), ambos dependen de la variación natural en las secuencias de bases del ADN.

La información genética de todos los organismos está contenida en las secuencias de nucleótidos del ADN de los cromosomas nucleares y en el genoma contenido en los organelos. A pesar de que el ADN es capaz de replicarse con un alto grado de fidelidad, existen diversos mecanismos que pueden introducir cambios mutacionales a esta información. Es tal la cantidad de ADN en una célula eucariótica que dos organismos nunca son idénticos en las secuencias de bases del ADN.

Las principales ventajas de los marcadores moleculares con respecto a los marcadores genéticos tradicionales pueden resumirse así: útiles en cualquier organismo, herencia mendeliana, codominancia en el caso de los RFLP's, altos niveles de polimorfismo y pueden detectarse en cualquier tejido y en cualquier fase de desarrollo, también pueden producirse mapas de ligamiento saturados.

Los RFLP's utilizan la técnica de transferencia a nitrocelulosa (*Southern blotting*); los polimorfismos son detectados por cambios en o entre sitios de restricción lo cual produce fragmentos de ADN de diferentes tamaños al visualizarse por autoradiografía [Botstein *et. al.*, 1980; Tanksley *et. al.*, 1989].

La técnica de RAPD's se basa en la ampliación por medio de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) con oligonucleótidos aleatorios. Generalmente se utiliza un sólo oligonucleótido lo cual resulta en la amplificación de regiones del ADN con motivos repetitivos orientados en dirección inversa en sus extremos y con homología en el oligonucleótido. Los cambios en o cerca de las regiones de homología causan cambios en la probabilidad de amplificación del fragmento y dan origen al polimorfismo. Estas diferencias pueden detectarse por electroforesis de geles en agarosa y coloración con bromuro de etidio [Beckman, 1988].

La principal desventaja en la implementación de la técnica de RFLP's ha sido el costo y el uso de radioactividad. Recientemente, se han desarrollado métodos no radioactivos eficientes [Ishii *et. al.*, 1990]. En el caso de los RAPD's la metodología es más simple; sin embargo el costo del termociclador y de los oligonucleótidos y los demás componentes de la reacción es elevado. La principal desventaja de la técnica RAPD es la

baja consistencia en los resultados, principalmente debido a la alta sensibilidad de la reacción PCR a la contaminación.

II. ALGUNOS EJEMPLOS DE LA UTILIZACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LA EXPLORACIÓN Y COLECTA, CONSERVACIÓN Y UTILIZACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS

1. Distribución de *Acaena argentea* y *Margaricarpus dyginus*

El uso de la biotecnología puede ayudar en la definición exacta de la distribución de un taxon. Se han utilizado técnicas biotecnológicas como proteínas de almacenamiento —isoenzimas entre las más numerosas—; sin embargo, últimamente se ha empezado a utilizar técnicas que involucran el manejo del ADN. A continuación se ejemplifica un caso en el que se utilizó la última técnica mencionada. En las islas de Juan Fernández, Chile, se encuentran distribuidas especies vegetales endémicas como lo son *Acaena argentea* y *Margaricarpus dyginus*, sin embargo, en el estudio de su distribución se encontraron poblaciones que presentaban características morfológicas de ambas especies, por lo tanto se sospechó que éstas eran híbridos. El uso de marcadores RAPD [Crawford. *et. al.*, 1993] indicó que el supuesto híbrido presentaba 18 bandas de ADN típicas de *A. argentea* y 27 de *M. digynus*, por lo tanto, la nueva población fue determinada como un híbrido entre ambas especies y denominada *Margyracaena skottsbergii*. De esta manera, se estableció la distribución de las dos especies plenamente reconocidas, así como la del híbrido recién descubierto.

2. Evolución, distribución, variabilidad y relaciones filogenéticas en *Phaseolus* de Guatemala

A continuación se ejemplificará como el uso de la biotecnología ha permitido conocer la evolución, distribución, variabilidad y relaciones filogenéticas de algunos miembros del género *Phaseolus* (*Leguminosae*). Se conoce que *Phaseolus* es de origen americano y que, basado en caracteres morfológicos, aparentemente la máxima variación genética se encuentra localizada en dos regiones, el centro andino (Colombia, Ecuador, Perú) y el centro mesoamericano (sur de México y el norte de Centroamérica). Mediante el uso de la proteína de almacenamiento conocida como faseolina Gepts *et. al.* [1986] estudiando formas silvestres y variedades primitivas

de frijol común (*P. vulgaris*) mostró evidencia de múltiples centros de domesticación para esta especie.

Una muestra de 106 formas silvestres y 99 variedades primitivas provenientes de Mesoamérica y la región andina fueron estudiadas en su composición de faseolinas. Las formas silvestres mesoamericanas mostraron patrones de faseolina denominada "S" previamente identificadas en materiales cultivados de origen mesoamericano, así como patrones denominados "M" (*Middle America*) no encontrados en materiales cultivados. Las formas silvestres andinas mostraron solamente el tipo "T" previamente descrito en materiales cultivados tipo andino. Estos resultados mostraron la existencia de dos áreas primarias de domesticación, una en Mesoamérica con semillas pequeñas en los grupos cultivados y patrones de faseolina "S" y el otro en el área andina, con semillas más grandes y patrones de faseolina tipo "T". Estos estudios fueron confirmados por Singh, Nodari y Gepts [1991], usando patrones de diversidad para nueve loci de aloenzimas polimórficas.

Los resultados obtenidos confirmaron la existencia de dos grupos en los materiales cultivados, mesoamericanos vrs. andinos. Además, se pudo establecer la presencia de flujo genético de silvestres hacia cultivados y la existencia de cinco grupos entre los materiales mesoamericanos y cuatro entre los andinos.

Gepts y Bliss [1986], usando proteínas de almacenamiento mostraron que Colombia es el área de encuentro entre los germoplasmas de origen mesoamericano y andino. Las vías de diseminación del frijol común desde su centro de origen fue mostrado para América [Gepts, *et. al.*, 1988] y para Europa y África [Gepts y Bliss, 1988] mediante el uso de proteínas de almacenamiento. Estudios posteriores utilizando marcadores moleculares como RFLP [Becerra, 1993] y RAPDs [Zhu y Weeden, 1992; Azurdia, 1994] han reconfirmado la existencia de dos centros de origen para *Phaseolus vulgaris*. La importancia de este conocimiento básico es que en la actualidad se conoce con exactitud la distribución de *P. vulgaris* silvestre, así como su centro de diversidad genética, de tal manera que se pueden planificar estrategias para su conservación *ex situ* (muestreo intensivo en las áreas de variabilidad genética) e *in situ* (establecimiento de áreas protegidas en áreas de máxima variabilidad genética), así como utilización de dicho germoplasma (búsqueda de alelos resistentes a plagas y enfermedades, tipos agronómicos deseados, tamaños, formas y colores de semillas, etc, en los centros de máxima diversidad genética).

El conocimiento de la variabilidad genética es un factor importante en conservación; sin embargo, para fines posteriores de utilización se requiere conocer aspectos tales como filogenia de especies afines y delimitación de los reservorios genéticos. Prosiguiendo con el ejemplo de especies de *Phaseolus*, cabe mencionar algunos ejemplos en los que

se utilizaron marcadores bioquímicos y moleculares. Sullivan y Freitag [1986] usando variabilidad electroforética en la proteína total de 17 especies de *Phaseolus* mostraron las relaciones interespecíficas y predijeron las posibilidades de cruzar dichas especies dentro del género.

EL resultado del análisis de grupo, basado en similitud de patrones proteicos, concuerda con las relaciones interespecíficas obtenidas por otros métodos. Cabe mencionar que todos los resultados anteriores resaltan el hecho que *P. vulgaris*, *P. coccineus* y *P. polyanthus* están cercanamente relacionados, mientras que especies importantes como *P. lunatus* y *P. acutifolius* están considerablemente separadas una de la otra. Previo a este estudio, West y Garber [1967] habían demostrado las diferencias y similitudes existentes entre especies del género *Phaseolus* mediante el uso de las enzimas esterasa y leucina aminoptidasa. Los estudios morfológicos y algunos basados en biología reproductiva habían mostrado la extrema similitud entre *P. coccineus* y *P. polyanthus*, a tal grado que se consideraban como parte del mismo taxon.

Estudios conducidos por Piñero y Eguiarte [1988] utilizando ocho sistemas isoenzimáticos mostraron que *P. polyanthus* no es un híbrido entre *P. vulgaris* y *P. coccineus* ssp. *coccineus* como se pensaba; en lugar de esto, parece que *P. polyanthus* semeja ser una variedad de *P. coccineus* ssp. *coccineus*. En la misma línea de investigación, Azurdia, [1994] mostró que *P. polyanthus* es más similar a *P. coccineus* que a *P. vulgaris*, utilizando información proveniente de proteínas de almacenamiento y de 10 sistemas isoenzimáticos.

Estudios más detallados basados en análisis de ADN [Azurdia, 1994] mediante la técnica de RAPDs mostraron similares conclusiones. Sin embargo, a la fecha se ha aclarado en buena parte la relación entre esta especie y sus especies cercanas del género como *P. coccineus*, *P. costaricensis* y *P. vulgaris* [Schmit *et. al.*, 1992]. Se sabe que por su cpDNA pertenece al linaje de *P. costaricensis* y *P. vulgaris* [Azurdia, 1994; Schmit *et. al.*, 1992] así como que buena parte de su genoma nuclear está contaminado por genes de *P. coccineus* [Azurdia, 1994; Llaca *et. al.* 1994]. Con esta información, así como la obtenida por Schmit y Debouck [1991], se ha llegado a establecer que *P. polyanthus* es la quinta especie de *Phaseolus* cultivada, siendo Guatemala su centro de variabilidad genética y posible centro de origen y domesticación; además, se ha esclarecido el reservorio genético conformado por *P. polyanthus*, *P. vulgaris* y *P. coccineus*.

Las metodologías de muestreo así como de conservación a aplicar en poblaciones naturales son definidas por la distribución de la diversidad genética intra y entre poblaciones, aspecto definido por el sistema de cruzamiento de las especies o poblaciones de interés. Por ejemplo, en poblaciones autógamas la diversidad genética está distribuida entre las poblaciones; es decir, cada población como tal tiende a ser uniforme, por

lo que se hace necesario muestrear o conservar mayor número de poblaciones con el objetivo de abarcar la mayor diversidad genética; por el contrario, en poblaciones algamas no existe mucha diferenciación genética entre poblaciones, ya que la máxima variación es intrapoblacional, de esta manera, con fines de muestreo y conservación basta con tomar un número reducido de poblaciones. El sistema de cruzamiento involucra los atributos de un organismo que gobiernan el proceso mediante el cual los gametos se unen para formar cigotos.

Por lo tanto, el sistema de cruzamiento determina el modo de transmisión de genes de una generación a la siguiente. Marcadores morfológicos han sido usados para determinar el sistema de cruzamiento en plantas de interés económico, sin embargo, estos marcadores no son totalmente satisfactorios debido a que su expresión dominante reduce precisión estadística. Más recientemente, se han utilizado isoenzimas debido a que ellas son expresadas codominantemente y el polimorfismo es común y fácilmente detectable.

Estudios conducidos por Azurdia [1994] ejemplifican cómo el uso de marcadores moleculares (isoenzimas) clarifican la estructura genética de poblaciones naturales, así como el sistema de cruzamiento en poblaciones naturales de tres especies de *Phaseolus* en Guatemala. Se utilizó la metodología basada en varios loci (*multilocus procedure*) para estimar las tasas de cruzamiento en 13 poblaciones *in situ* en tres especies de *Phaseolus* en Guatemala. Las tasas de cruzamiento variaron de 89.9% a 100% en *P. coccineus*, 42.5 a 90.9% en *P. polyanthus* y 19.3 a 50.7% en *P. lunatus*. *P. coccineus* y *P. polyanthus* son especies de polinización abierta, presentando una estructura genética caracterizada por alta diversidad genética dentro de las poblaciones y menor diversidad genética entre poblaciones, caso contrario sucede con especies autógamas (*P. vulgaris*, por ejemplo).

Las estrategias de muestreo tendentes a conservar la variación genética deben tomar en cuenta factores como frecuencia de muestreo, tamaño de la muestra, etc., lo cual depende del conocimiento básico de elementos como variabilidad entre e intra poblaciones, niveles de heterocigosidad y frecuencia alélica de ciertos genes polimórficos. Adicionalmente, una buena descripción preliminar de la subdivisión de las poblaciones así como distancia genética entre poblaciones es crítica para planificar metodologías de muestreo y conservación *in situ*.

Una descripción general del sistema de cruzamiento, subdivisión de las poblaciones, distancias genéticas entre subpoblaciones, etc, son factores críticos para planificar estrategias de conservación genética. Por ejemplo, en especies de autofertilización tal como *P. vulgaris*, con variación localizada en forma de parches, las muestras deben ser tomadas con un esquema de puntos de muestreo distribuidos, antes que en

cuadrantes. En contraste, en especies de polinización abierta como *P. coccineus* y *P. polyanthus*, en el que la diversidad genética se encuentra dentro de cada población, el esquema de muestreo a utilizar es el esquema de cuadrantes, mediante el cual un mayor número de individuos en cada población pueden ser muestreados antes que muchas poblaciones [Azurdia, 1994].

Los resultados del estudio con marcadores moleculares y bioquímicos conducidos por Azurdia [1994] indicaron que el complejo *Phaseolus* en Guatemala tiene gran diversidad genética, la cual está representada en el altiplano central del país. Estos resultados coinciden con aquellos planteados por Debouck [1988] quien propuso la creación de dos áreas protegidas en los volcanes de Pacaya y de Agua. En aquellas regiones la diversidad genética descrita en el estudio conducido por Azurdia [1994] está presente. Por lo tanto, futuros esfuerzos de muestreo deben concentrarse en aquellas regiones.

3. Localización de NORs en cromosomas de *Pipistrellus pipistrellus*

Se han conducido estudios de diversidad genética utilizando ADN repetitivo. Vollet [1987] condujo estudios en la localización del organizador nucleolar activo (NORs) en murciélagos de Europa. Encontró que los NORs están localizados en diferentes cromosomas, dependiendo del origen geográfico de los individuos. Por ejemplo, el *Pipistrellus pipistrellus* proveniente de España tiene NORs localizados en los cromosomas 14, 18, 20, 21, 22, 23, 34 y 35, mientras que los originarios de Alemania tienen NORs solamente en los cromosomas 24 y 25. Se considera que los diferentes patrones de distribución de los NORs se deben a la activación alterna de los genes del ARN ribosómico, sobre cruzamiento no balanceado, movilidad del RNA (*jumping* NORs) entre sitios de los diferentes cromosomas.

4. Rescate de *Ammodramus* sp.

Un buen ejemplo de como el uso de genética molecular puede ayudarnos a esclarecer las relaciones filogenéticas entre especies para fines de conservación, en contraposición con el uso de caracteres morfológicos —que muchas veces nos conducen a conclusiones erróneas— es planteado por Avise y Nelson [1989]. Dichos autores estudiaron una especie extinta de la golondrina de mar Dusky (*Dusky seaside parrow*). La especie *Ammodramus maritimus nigrescens* tuvo un rango confinado al Brevard County en la Florida, Estados Unidos. En los años sesenta hubo una disminución en el número de individuos debido a la destrucción de su

hábitat natural ya que con el fin de controlar los zancudos, las áreas inundadas fueron reducidas y substituidas por pastizales.

En 1966 la golondrina Dusky fue puesta en la lista de las especies en peligro de extinción y ya para 1980 solamente seis machos fueron encontrados, cinco de los cuales fueron conservados en cautiverio. Al mismo tiempo se hizo un estudio morfológico de los demás miembros de la misma subespecie, los cuales habitan tanto en la costa Atlántica como en el Golfo de México. Se llegó a la conclusión que la subespecie *A. m. peninsulae* era el más "emparentado". Por lo tanto, una hembra de *A. m. peninsulae* se cruzó con machos de *A. m. nigrescens*, cuya descendencia fue retrocruzada con el macho *nigrescens* durante varias generaciones. Esta población regenerada constituye la población que ha sido reintroducida en su hábitat original, tratando de alguna manera de restituir el acervo genético ya extinto. Estudios conducidos con fragmentos de restricción en ADN del mitocondrio de las subespecies de esta ave, incluyendo ADN del último macho Dusky reportaron resultados sorprendentes. Resultó ser que filogenéticamente se formaron dos grupos, el primero constituido por las aves de la costa Atlántica (dentro de las cuales se incluye *A. m. nigrescens*) y el segundo por las aves que viven en el golfo de México (dentro de las cuales está *A. m. peninsulae*), por lo tanto, la elección de *A. m. peninsulae* como el más emparentado basado solamente en características morfológicas, no fue la decisión correcta. En otras palabras, los estudios morfológicos no proporcionan la información filogenética auténtica, por lo que se hace imprescindible el uso de marcadores moleculares, los cuales reflejan con certeza dichas relaciones evolutivas. Este conocimiento básico es importante para el reconocimiento y conservación de la diversidad biológica.

5. Conservación de las especies vegetales endémicas en España

Estudios recientes conducidos con especies vegetales en estado de extinción en la parte continental de España y las Islas Baleares mostraron la presencia de cerca de 300 especies endémicas, las cuales en algún grado están en peligro de extinción según las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). De acuerdo con Iriondo y Pérez [1990] las medidas de conservación de especies amenazadas en su hábitat natural están siendo puestas en práctica muy despacio; por lo tanto la búsqueda de una metodología de conservación *ex situ* es altamente recomendable, de tal manera que facilite la conservación de dichas especies en una forma rápida y eficiente.

En el departamento de Biología Vegetal de la Universidad Politécnica de Madrid, España, actualmente se están conduciendo trabajos tendentes

a aplicar técnicas de cultivo *in vitro* para conservar las especies vegetales endémicas de la Península Ibérica [Iriondo y Pérez, 1990]. Se ha avanzado en el establecimiento de métodos de micropropagación para algunas especies amenazadas, las cuales a la vez tienen problemas reproductivos o bien su población natural es sumamente reducida. Además, se están desarrollando técnicas para almacenamiento *in vitro* para algunas de estas especies, especialmente para aquellas especies que no es posible almacenarlas por medio de semilla botánica o bien su semilla no es viable. Finalmente, se están haciendo análisis de características morfológicas y de isoenzimas a partir de las plantas obtenidas *in vitro*, con la finalidad de verificar la posibilidad que se genere variabilidad como resultado del almacenamiento *in vitro*.

6. Introgresión de un gen de tolerancia al virus del enrollamiento amarillo de la hoja del tomate (TYLCV)

El virus géminis transmitido por la mosca blanca TYLCV es un patógeno importante del tomate. Zamir *et. al.* [1994] en la Universidad Hebrea de Jerusalén cruzaron la especie silvestre *Lycopersicon chilense*, la cual es resistente al virus, con el tomate cultivado *Lycopersicon esculentum*. La progenie resultante fue inoculada y se seleccionó una planta en la cual los síntomas de la enfermedad no se manifestaron. La planta seleccionada fue analizada utilizando 61 marcadores moleculares, distribuidos en todo el genoma del tomate, para identificar los segmentos cromosómicos de *L. chilense* introducidos. Se encontró un marcador en el cromosoma 6 asociado con el nivel de tolerancia.

Los marcadores RFLP estrechamente ligados al gen de resistencia pueden ser utilizados en programas en los cuales no es necesario realizar la inoculación en las poblaciones sometidas a selección. La disponibilidad de marcadores para los principales genes de resistencia y los esfuerzos dirigidos hacia el mapeo de genes adicionales seguramente tendrán impacto significativo en el mejoramiento de esta especie.

En el estudio anteriormente referido se demostró que en un programa de mejoramiento convencional asistido por marcadores moleculares en cuatro años fue posible mapear y transferir genes de tolerancia al TYLCV de una especie silvestre a una línea cultivada.

III. PROPIEDAD INTELECTUAL, RECURSOS GENÉTICOS Y BIOTECNOLOGÍA

Mientras que la mayoría de la diversidad genética del mundo se encuentra localizada en los países menos desarrollados, el uso intensivo

del germoplasma en la producción de variedades mejoradas se ha realizado principalmente en los países industrializados, los cuales se han convertido en grandes productores de alimentos.

Esta dicotomía ha conducido a una controversia sobre el control del germoplasma, semillas y tejidos vegetales. Mientras que el germoplasma presente en los países menos desarrollados generalmente es de libre acceso, las líneas utilizadas para la producción de variedades están bajo el control de compañías privadas productoras de semilla.

La introducción de genes de germoplasma exótico en la producción de variedades cultivadas es un proceso lento y difícil, se requieren alrededor de ocho a diez años para producir una nueva variedad por medio de los métodos convencionales de cruzamiento, tiempo que puede reducirse a la mitad utilizando marcadores moleculares para asistir el proceso.

La utilización de la biodiversidad en la producción implica la reproducción y difusión de la información genética. Con excepción de las variedades híbridas, la información genética contenida en una semilla, se convierte en un bien público una vez liberada. La información genética en general es difícil de controlar y tiende a circular libremente, por lo que intentar patentar una forma de vida parecería ser una contradicción innata [Berlan y Lewontin, 1986].

Sin embargo, cada vez más los diferentes países reclaman la soberanía nacional de los recursos genéticos localizados en su territorio. Al mismo tiempo, los conceptos de propiedad intelectual se han extendido hacia la cobertura de formas de vida. Esta tendencia ha recibido apoyo a través del código de propiedad intelectual (TRIPs) negociado en la Ronda de Uruguay del GATT (1994). Es necesario diseñar un sistema que tome en consideración los intereses de los proveedores y de los usuarios del germoplasma a fin de maximizar el intercambio de material genético y mantener los avances en mejoramiento necesarios para la alimentación de la creciente población mundial [Cooper *et. al.*, 1994].

Una solución a la controversia anterior podría ser el establecimiento de un fondo internacional para ayudar a la preservación y evaluación del germoplasma *in situ*, en los centros de diversidad.

IV. CONCLUSIONES

- a) El desarrollo de la biología celular y molecular ha propiciado el desarrollo de técnicas biotecnológicas precisas y de gran alcance para el estudio de los organismos vivos.
- b) Las técnicas biotecnológicas son herramientas útiles que hacen más eficiente la exploración y colecta, conservación y utilización de la biodiversidad.

- c) La protección de la propiedad intelectual relacionada con los recursos genéticos limita el libre intercambio de germoplasma lo cual podría tener influencia negativa sobre la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la creciente población mundial.

V. RECOMENDACIONES

- a) Es necesaria la formación de recursos humanos en biotecnología y su aplicación al estudio y utilización de la biodiversidad. Una estrategia para ello podría ser la negociación de un fondo para la preservación y evaluación de germoplasma dentro de su rango natural de evolución.
- b) Es necesario establecer infraestructura que permita transferir las biotecnologías apropiadas para el estudio y utilización de la biodiversidad existente en Guatemala.
- c) Para el estudio y utilización de la biodiversidad a través de la biotecnología se recomienda la elaboración, negociación y ejecución de proyectos colaborativos entre instituciones nacionales y extranjeras.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSEN, W. R.; FAIRBANKS, D. J. 1990. Molecular markers: important tools for plant genetic resource characterization. *Diversity*. USA. 6: 51-53.
- AVERY, O. T.; MACLEOD, C. M.; MACCARTY, M. 1944. Studies on the chemical nature of the substances inducing transformation of pneumococcal types. *J. Exp. Med.* USA. 79: 137-158.
- AVISE, J. C.; NELSON, W. S. 1989. Molecular genetics relationships of the extinct dusky seaside sparrow. *Science*. USA. 24: 646-648.
- AZURDIA, C. 1994. Genetic diversity of the *Phaseolus vulgaris* complex in Guatemala. Ph. D. Thesis in Genetics. University of California, Davis.
- BEADLE, G. W. 1945. Genetics and metabolism in *Neurospora*. *Physiol. Rev.* USA. 25: 643.
- BECERRA, V. 1993. Characterization of the genetic diversity in common bean (*Phaseolus vulgaris*) using RFLP markers. M.Sc. Thesis. University of California, Davis.
- BECKMAN, J. S. 1988. Oligonucleotide polymorphisms: a new tool for genomic genetics. *Bio/technology*. USA. 6: 1061-1064.

- BERLAN, J. P.; LEWONTIN, R. 1986. Breeders' rights and patenting life forms. *Nature*. USA. 322: 785-788.
- BOTSTEIN, D.; WHITE, R. L.; SKOLNICK, M.; DAVIS, R. W. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am. J. Hum. Genet.* USA. 32: 314-331.
- CRAWFORD, D. S.; BRAUNER, S.; COSNER, M. B.; STUESSY, T. F. 1993. Use of RAPD markers to document the origin of the intergeneric hybrid *Margyraea skottsbergii* (Rosaceae) on the Juan Fernandez islands. *American Journal of Botany*. USA. 80(1): 89-92.
- CHILTON, M.D. 1983. Un vector para introducir genes en vegetales. *Investigación y Ciencia*. España. (agosto): 20-30.
- COOPER, D.; ENGELS, J.; RISON, E. 1994. A multilateral system for plant genetic resources: imperatives, achievements and challenges. *Issues in Genetic Resources* No. 2, may 1994. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- CRICK, F.H.C.; L. BARNETT; S. BRENNER & R.J. WATTS-TOBIN. 1961. General nature of the genetic code for proteins. *Nature*. 192: 1227-1232.
- DEBOUCK, D. 1988. *Phaseolus* germplasm collection in central and eastern Guatemala. Mimeographed, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland.
- GEPTS, P.; BLISS, F. A. 1986. Phaseolin variability among wild and cultivated common beans (*Phaseolus vulgaris*) from Colombia. *Economic Botany*. USA. 40(4): 469-478.
- GEPTS, P.; BLISS, F. A. 1988. Dissemination pathways of common bean (*Phaseolus vulgaris*, *Fabaceae*), deduced from phaseolin electrophoretic variability. II. Europe and Africa. *Economic Botany*. USA. 42(1): 86-104.
- GEPTS, P.; OSBORN, T. C.; RASHKA, K.; BLISS, F. A. 1986. Phaseolin protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): Evidence for multiple centers of domestication. *Economic Botany*. USA. 40(4): 451-468.
- GEPTS, P.; KMIETIK, K.; PEREIRA, P.; BLISS, F. A. 1988. Dissemination pathways of common beans (*Phaseolus vulgaris*) deduced from phaseolin electrophoretic variability. I. The Americas. *Economic Botany*. USA. 42(1): 73-85.
- GOTTLIEB, L. D. 1981. Electrophoretic evidence and plant populations. *Progress in Phytochemistry*. USA. 7: 1-46.
- HARRIS, H. 1966. Enzyme polymorphism in man. *Proc. Roy. Soc. Ser. B*. England. 164: 298-310.

- HUNTER, R. L.; MARKERT, C. L. 1957. Histochemical demonstration of enzymes separated by zone electrophoresis in starch gels. *Science. USA.* 125: 1294-1295.
- IRIONDO, J. S.; PEREZ, C. 1990. Application of *in vitro* culture techniques on the conservation of Iberian endemic endangered plant species. Mimeographed, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain.
- ISHII, T.; PANAUD, O.; BRAR, D. S.; KHUSH, G. S. 1990. Use of non-radioactive dioxigenin-labeled DNA probes for RFLP analysis in rice. *Plant. Mol. Biol. Report. USA.* 8: 167-171.
- KLEIN, T. M.; WOLF, E. D.; WU, R.; SANFORD, J. C. 1987. High velocity microproject for delivering nucleic acids into living cells. *Nature. England.* 327: 70-73.
- LEWONTIN, R. C.; HUBBY, J. L. 1966. A molecular approach to the study of genetic heterozygosity in natural populations. II. Amount of variation and degree of heterozygosity in natural populations of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics. USA.* 54: 595-609.
- LLACA, V.; DELGADO, A.; GEPTS, P. 1994. Chloroplast DNA as an evolutionary marker in the *Phaseolus vulgaris* complex. *Theor. Appl. Genet.* (in press).
- MAXAN, A. M.; GILBERT, W. 1977. A new method of sequencing DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 74: 560-64.
- MARKERT, C.L. & F. MOLLER. 1959. Multiple forms of enzymes: tissue, ontogenetic and species specific patterns. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 45: 753-763.
- MENDEL, G. 1866. Versuche über Pflanzen Hybriden. *Verh. naturaf. Ver. in Brunn, Abhandlungen*, iv.
- MESELSON, M.; YUAN, R. 1968. DNA restriction enzyme from *E. coli*. *Nature. England.* 217: 1110-1114.
- MULLIS, K; FALLONA, F. 1987. Specific synthesis of DNA *in vitro* via a polymerase catalyzed chain reaction. *Meth. Enzymol. USA.* 55: 335-350.
- PIÑERO, D.; EGUIARTE, L. 198. The origin and biosystematic status of *Phaseolus coccineus* ssp. *polyanthus*: electrophoretic evidence. *Euphytica. Can.* 37: 199-203.
- SCHMIT, V. 1992. Etude des *Phaseolus polyanthus* Greenman et autres taxons du complexe *Phaseolus coccineus* L. Dissertation. Facultes Des Sciences Agronomiques. Gembloux, Belgique.
- SCHMIT, V.; DEBOUCK, D. 1991. Observation on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. *Econ. Bot. USA.* 45(3): 345-364.
- SINGH, S. P., NODARI, R.; GEPTS, P. 1991. Genetic diversity in cultivated common bean: I. allozymes. *Crop Sci. USA.* 31: 19-23.

- SULLIVAN, J. G.; FREYTAG, G. 1986. Predicting interspecific compatibilities in beans (*Phaseolus*) by seed electrophoresis. *Euphytica*. Can. 35: 201-209.
- SUTTON, W. S. 1903. The chromosomes in heredity. *Biol. Bull. USA*. 4: 213-251.
- TANKSLEY, S.D.; YOUNG, N. D.; PATERSON, A. H.; BONIERBALE, M. W. 1989. RFLP mapping in plant breeding: new tools for an old science. *Bio/technology USA*. 17: 257-263.
- VOLLET, M. 1987. Differences in the location of nucleolar organizer region in European vespertilionid bats. *Cytogenetic Cell Genetics*. USA. 44: 186-197.
- WEEDEN, N. F.; WENDEL, J. F. 1990. Genetics of plant isozymes. In D. E. Soltis and P.S. Soltis (Eds.). *Isozymes in plant biology*. Oregon, USA. Dioscorides Press. p. 46-72.
- WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. 1953. A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*. England. 171: 737.
- WATSON, J.D.; GILMAN, M.; WITKOWSKI, J.; ZOLLER, M. 1992. *Recombinant DNA*. Second Edition. New York, EE.UU. W. H. Freeman and Company. p. 273-292.
- WEST, N. B.; GARBER, E. D. 1967. Genetic studies of variant enzymes. I. An electrophoretic survey of esterase and leucine aminopeptidase in the genus *Phaseolus*. *Canad. J. Genet. Cytol.* Can. 9: 640-645.
- ZAMIR, D.; EKSTEIN-MICHELSON, I.; ZAKAY, Y.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; SARFATTI, M.; ESHED, Y.; HAREL, E.; PLEBAN, T.; VAN-OSS, H.; KEDAR, N.; RABINOWITCH, H.D.; CZOSNEK, H. 1994. Mapping and introgression a tomato yellow leaf virus curl virus tolerance gene, TY-1. *Theor. Appl. Genet.* Germany. 88: 141-146.
- ZHU, Z.; WEEDEN, N. F. 1992. Use of random amplified polymorphic DNA markers for gene mapping in common bean. *Ann. Rpt. Bean Improv. Coop.* 62-63.

BIODIVERSIDAD

EVALUACIÓN DE OCHO GENOTIPOS DE MANÍ (*Arachis hypogaea* L.) CON TRES DENSIDADES DE SIEMBRA

Edwin Filiberto Coy Cordón
Gabriel Heredia



Resumen

El trabajo se realizó para evaluar el rendimiento de ocho genotipos de maní (*Arachis hypogaea* L.) con tres densidades de siembra, los materiales fueron Shusho (genotipo criollo), ChTS-8914, Altika-CUNORI, ChREF-8903, ChREF-8905, ChREF-8908, ChREF-8918 y ChCol-8705, a densidades de 111,111; 55,555 y 37,037 plantas por hectárea.

Se utilizó un experimento de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones, las parcelas grandes lo constituyeron los genotipos de maní y las parcelas pequeñas las densidades de siembra, siendo la variable respuesta, el rendimiento en Kg/Ha de fruto y semilla.

La investigación se realizó en el municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula en la región oriental de Guatemala.

Se determinó la posible aceptación en el mercado de los materiales evaluados, aceptación que consistió en forma de la vaina y palatabilidad de la semilla en forma procesada; además se realizó un análisis cuantitativo de los contenidos de proteína, extracto etéreo y oleoso de la semilla; por último, un estudio económico utilizando para ello la Tasa Marginal de Retorno.

Los resultados demostraron diferencias altamente significativas en el rendimiento de los genotipos y densidades de siembra, siendo los mejores: ChTS-8914 y Altika-CUNORI a densidades de 111,111 plantas/Ha (0.60m x 0.15m) por las razones siguientes: alto rendimiento, aceptación en el mercado y por el mayor beneficio económico.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los cultivos de importancia económica en la región oriental de Guatemala se ubica el maní (*Arachis hypogaea* L.) que constituye un generador de ingresos para los pequeños y medianos agricultores, así como fuente de trabajo para centenares de personas que participan en su ciclo de cultivo. Además, es una fuente de divisas para el país porque después de satisfacer la demanda interna, se exporta al mercado centroamericano. Así mismo es una fuente importante de proteína y aceite que pueden ser utilizados en la industria como materia prima.

En Chiquimula se viene cultivando el maní desde 1920, año en que fue introducida la semilla del tipo Virginia que hoy se conoce como Shusho y las técnicas agrícolas se han ido mejorando de acuerdo a la experiencia que han adquirido los agricultores.

El Centro Universitario de Oriente (CUNORI) y el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), con el fin de producir un paquete tecnológico apropiado para elevar el nivel de rendimiento del cultivo han realizado investigaciones concernientes a los genotipos de maní en estudio, por lo que en la presente investigación se evaluó el efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de ocho genotipos de maní en la Finca El Zapotillo, propiedad del CUNORI, localizada en la cabecera departamental. Para ello se utilizó el diseño de bloques al azar, en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones, determinando los genotipos y densidad de siembra que produjeron un alto rendimiento y mayor beneficio económico, así como, la determinación del contenido de proteína, extractos etéreo y oleoso de los genotipos y la aceptación de los mismos en el mercado.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

Estudios realizados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y el Centro Universitario de Oriente (CUNORI), muestran la necesidad de investigación y extensión que tiene el cultivo de maní [Guatemala, ICTA, 1989; Heredia Castro, 1989], a fin de poder ofrecer a los agricultores opciones tecnológicas que lleven a aumentar la productividad. En 1983 el Centro Universitario de Oriente adquirió 15 genotipos de maní de la Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano" de la República de Honduras, provenientes de la Universidad de Carolina de Norte de Estados Unidos de América, las cuales fueron donadas como material experimental, determinándose que el material de mayor rendimiento fue el genotipo Altika, mismo que es promisorio para la región, y que actualmente es conocido como Altika-CUNORI.

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, ha realizado evalua-

ciones de líneas de maní, en lo que respecta a adaptabilidad, caracterización agronómica, densidades de siembra, interferencia de malezas, entre otros. En 1989 esta institución realizó un estudio sobre el comportamiento agronómico de 64 materiales de maní, provenientes del Centro Internacional de Investigaciones para los Trópicos Áridos (ICRISAT) con sede en la India, seleccionando 20 materiales que fueron evaluados de acuerdo al comportamiento agronómico y potencial de rendimiento.

En 1991 el equipo de prueba y tecnología agrícolas concluyó que las líneas evaluadas se muestran promisorias para el sistema de cultivo de maní, tanto por sus características botánicas y agronómicas como por el alto potencial de rendimiento, recomendando evaluar densidades de siembra y control de malezas para el manejo agronómico de estos materiales [Guatemala, ICTA, 1988, 1989, 1990 y 1991].

El Centro Universitario de Oriente evaluó en 1988 seis genotipos de maní bajo tres densidades de siembra —variando la distancia entre plantas a 20, 30 y 40 cm—, manteniendo la distancia entre surcos de 60 cms., obteniendo densidades de 83,333; 55,555 y 41,617 plantas/Ha. En esta evaluación se incluyeron los genotipos Altika-CUNORI y Shusho, llegando a concluir que los dos tienen un mayor rendimiento a densidades de 83,333 plantas/Ha, es decir, sembrando a 20 cms entre plantas y entre surcos a 60 cms [Recinos, *et. al.*, 1987].

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas evaluó en 1991 seis distanciamientos de siembra, mismas que fueron de 1 y 2 hileras por surco a 15, 30 y 45 cms. entre posturas, siendo el ancho del surco de 60 cms., y evaluando 20 materiales de maní erecto. El efecto —de carácter lineal— de las diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento comercial fue altamente significativo: a mayor densidad mayor rendimiento; confirmando la respuesta reportada para los materiales de tipo erecto y recomendando validar la densidad de población dada por 1 hilera por surco a 30 cms. entre plantas con materiales erectos [Guatemala ICTA, 1990 y 1991].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Localización ecológica del área experimental

El experimento se ubicó en la Finca “El Zapotillo”, localizada en la cabecera municipal de Chiquimula. La zona bioclimática a que corresponde es la cálida muy seca, semi-árida con vegetación de monte espinoso subtropical. En esta zona se presentan los siguientes parámetros climáticos y edáficos: el régimen de lluvias oscila entre los 400 y 600 mm/año, siendo los meses más lluviosos, agosto y septiembre; la temperatura promedio

anual es de 27° C y la humedad relativa promedio anual es del 65%; los suelos pertenecen a la clase miscelánea de terrenos aluviales no diferenciados, el suelo superficial es de textura franco-arenosa.

2. Diseño experimental

El diseño experimental empleado fue un bloque al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. El experimento se constituyó en cuatro bloques, cada uno con ocho parcelas grandes en donde se localizaron los genotipos de maní y en cada una de las mismas existieron tres parcelas pequeñas que consistieron en las tres densidades de siembra. Se evaluaron 24 tratamientos, cantidad determinada porque cada genotipo de maní se combinó con las tres densidades de siembra.

3. Análisis de resultados

3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron dos tipos de análisis de varianza.

- a) El análisis de varianza de un bloque al azar con arreglo de parcelas divididas para la variable de rendimiento en Kg/Ha en fruto y semilla de maní. Como existieron diferencias significativas en las tres fuentes de variación principales (genotipo, densidad de siembra e interacción), se realizó la prueba de Tukey para la interacción de los factores: genotipo x densidades, determinando de esta forma el mejor tratamiento. Para ambos análisis se utilizaron los paquetes estadísticos de diseños experimentales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México, y del Departamento de Agronomía de la Universidad de Michigan (MSTAT).
- b) El análisis de varianza por rangos de Friedman para determinar si existía diferencia significativa en la preferencia de los genotipos de maní por parte de los productores, preferencia que se evaluó de acuerdo a la forma de la vaina y palatabilidad del grano en forma procesada. El análisis se realizó a través del paquete estadístico "NOPAR" programado por Ricardo Miyares en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para la determinación de la muestra se empleó el muestreo aleatorio con asignación proporcional [Scheaffer *et. al.*, 1987]; a partir de la misma se calculó el tamaño de la muestra en los ocho estratos principales de producción de maní: Ciudad de Chiquimula, El Obraje, Shororaguá, Shusho, Vega Arriba, Sábana Grande, San Esteban y Petapilla. Luego se llevaron los materiales a los productores y/o vendedores y se les

pidió la opinión sobre la preferencia y palatabilidad, catalogando cada uno de los mismos con una numeración en orden de preferencia de mayor a menor, pudiendo tener más de dos materiales la misma preferencia. La preferencia de cada una de las observaciones de la muestra en cada estrato fue similar, por lo que se utilizó el promedio para obtener los rangos por estrato.

3.2. ANÁLISIS QUÍMICO

Se prepararon 0.45 kg de semilla por cada genotipo de maní para el análisis químico, destinado a determinar el contenido de proteína, extracto etéreo y extracto oleoso. Los dos primeros análisis se realizaron en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) y el último, en el Laboratorio de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se utilizó la tasa marginal de retorno, la cual estuvo en función de la densidad de siembra, ya que ésta provocó la mayor variabilidad en todos los gastos. El procedimiento fue el siguiente:

- a) Presupuesto parcial. Se utilizó para ordenar las medias del rendimiento ajustado al 5% de cada tratamiento, así como el precio del producto para obtener el beneficio bruto. Se determinó el costo variable por tratamiento, que estuvo integrado por los gastos en insumos y mano de obra. Finalmente se calculó el beneficio neto por tratamiento.
- b) Análisis de dominancia. Se ordenaron los tratamientos colocando los beneficios netos de mayor a menor con su respectivo costo variable, y se procedió a comparar cada una de las alternativas tomando como elemento de comparación el costo variable, procediendo a aceptar todas aquellas alternativas con un menor costo variable (no dominados) y eliminando aquellas con un costo variable igual o mayor (dominados). Los primeros pasaron al análisis para calcular la tasa marginal de retorno.
- c) Tasa marginal de retorno. Los tratamientos utilizados por el agricultor y los que mejor se comportaron estadísticamente, que resultaron ser no dominados, se ordenaron de mayor a menor beneficio neto con su respectivo costo variable, para calcular la tasa marginal de retorno. La fórmula es la siguiente:

$$TMR = \frac{\text{Incremento BN}}{\text{Incremento CV}} \times 100$$

Con dicho análisis se calculó el Beneficio Económico adicional obtenido por cada quetzal invertido por tratamiento.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Datos estadísticos

1.1. RENDIMIENTO DEL FRUTO DE MANÍ

El análisis de varianza mostró que existen diferencias altamente significativas en el rendimiento del cultivo en las tres principales fuentes de variación: los ocho genotipos, las tres densidades de siembra y en la interacción de los dos factores; con un nivel de significancia del 0.01.

Cuadro 1
PRUEBA DE TUKEY PARA LA INTERACCIÓN
ENTRE GENOTIPO Y DENSIDAD DEL FRUTO DE MANÍ

Tratamiento	Genotipo	Densidad	Rendimiento	Presentación
1.	ChTS	111,111	3833.335	a
2.	Altika-CUNORI	111,111	3809.655	ab
3.	ChREF-8903	111,111	3634.655	abc
4.	ChREF-8905	111,111	3501.525	abc
5.	ChTS-8914	55,555	3261.100	bcd
6.	ChREF-8908	111,111	3232.723	cd
7.	Altika-CUNORI	55,555	3209.785	cd
8.	ChREF-8903	55,555	2934.163	de
9.	ChREF-8918	111,111	2895.935	de
10.	ChREF-8905	55,555	2841.115	de
11.	ChREF-8908	55,555	2476.930	ef
12.	ChREF-8918	55,555	2450.905	efg
13.	ChTS-8914	37,037	1949.543	fg
14.	ChREF-8905	37,037	1922.910	fg
15.	ChREF-8903	37,037	1920.423	fg
16.	Altika-CUNORI	37,037	1903.010	g
17.	ChREF-8918	37,037	1890.470	h
18.	ChREF-8908	37,037	1867.175	h
19.	ChCol-8705	111,111	1857.845	h
20.	Shusho	55,555	1826.543	h
21.	ChCol-8705	55,555	1414.025	i
22.	Shusho	111,111	1142.278	j
23.	Shusho	37,037	1004.320	j
24.	ChCol-8705	37,037	756.288	k

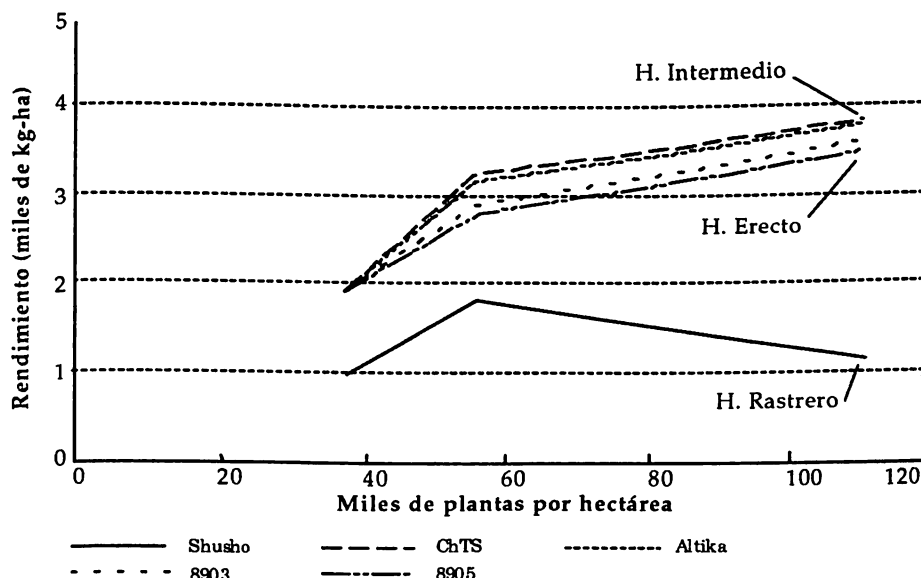
Por ello se realizó la prueba de Tukey a la interacción para determinar los mejores tratamientos, misma que se presenta en el Cuadro 1; determinando que entre los materiales de maní ChTS-8914, Altika-CUNORI, ChREF-8903 y ChREF-8905 con hábitos de crecimiento intermedios y erectos, a densidades de siembra de 111,111 plantas/Ha (0.60m x 0.15m), no existen diferencias significativas al 0.05 de significancia en el rendimiento; por lo que estos materiales a esa densidad de siembra, estadísticamente, son los mejores.

El genotipo Shusho de hábito rastrero, presenta su mayor producción a una densidad de 55,555 plantas/Ha (0.60m x 0.30m), con un rendimiento inferior y significativo a los anteriores y con una disminución de rendimiento del 52%. La relación entre los mejores materiales y el genotipo Shusho con las tres densidades de siembra y su efecto en el rendimiento, se presentan en la Figura 1.

1.2. RENDIMIENTO EN GRANO DE MANÍ

El análisis de varianza mostró que existen diferencias altamente significativas en el rendimiento del cultivo en las tres fuentes de variación,

Figura 1
GENOTIPOS DE MANÍ
RELACIÓN ENTRE RENDIMIENTO Y DENSIDAD DE SIEMBRA



similar a lo descrito en los datos de rendimiento en fruto de maní, por lo que se realizó la prueba de Tukey a la interacción, determinando que entre ChREF-8903, ChTS-8914, Altika-CUNORI, ChREF-8905 y ChREF-8908 con hábitos de crecimiento erectos e intermedios, a densidades de siembra de 111,111 plantas/Ha, no existen diferencias significativas al 0.05 de significancia en el rendimiento, por lo que éstos son los mejores estadísticamente. El último material mencionado figura como uno de los mejores, no así en la prueba de rendimiento en fruto, debido al menor peso de su vaina.

El genotipo Shusho, de hábito rastrero, presenta su mayor producción a una densidad de 55,555 plantas/Ha, con un rendimiento inferior y significativo a los anteriores.

2. Análisis de varianza para la preferencia de los genotipos

Los rangos de preferencia de maní en cuanto a la forma de la vaina y palatabilidad del grano en forma procesada en las ocho zonas de producción fueron significativos, siendo el orden de aceptación: Shusho, Altika-CUNORI y ChTS-8914, ya que presentaron los menores rangos. En cada zona de producción la opinión de cada una de las observaciones fue similar, por lo que se utilizó para el análisis el promedio de las preferencias.

3. Datos químicos de los genotipos de maní

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de la estimación de porcentajes de proteína, extractos etéreo y oleoso. En cuanto al contenido porcentual de proteína, el material ChREF-8908 presenta el menor porcentaje, existiendo una diferencia entre éste y el material ChREF-8918 que presenta el mayor porcentaje, del 5.12%. En cuanto al contenido porcentual de extracto etéreo, la diferencia entre el material que presenta el menor porcentaje —ChTS-8914— y el de mayor —ChREF-8908— es del 4.31%. En el contenido porcentual de extracto oleoso, ChREF-8903 presentó el resultado menor, mientras que ChREF-8905 obtuvo el mayor, haciendo una diferencia del 15.95%.

4. Datos económicos

A partir del presupuesto parcial se realizó el análisis de dominancia y se calculó la tasa marginal de retorno con los mejores tratamientos que resultaron del análisis estadístico y que a la vez resultaron ser los

Cuadro 2
RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO
DE LOS GENOTIPOS DE MANÍ

Genotipo	Proteína	Extracto etéreo % ¹	Extracto oleoso % ²
Shusho	27.54	48.17	26.00
Altika-CUNORI	26.48	48.76	29.99
ChTS-8914	25.05	46.08	29.33
ChREF-8903	25.63	49.91	20.46
ChREF-8918	27.83	46.66	25.62
ChREF-8908	22.71	50.39	27.36
ChREF-8905	24.71	48.65	36.41
ChCol-8705	26.95	48.41	30.78
Rango	5.12	4.31	15.95

Notas: 1) INCAP. 2) Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.

no dominados, comparándolos con las alternativas de la región para conocer los incrementos en beneficios netos y costos variables. En el Cuadro 3 se presenta la tasa marginal de retorno de los mejores tratamientos, resultando que los materiales ChTS-8914, Altika-CUNORI y ChREF-8903 a densidades de 111,111 plantas/Ha presentan la mayor tasa marginal de retorno, obteniendo Q5.25 por cada quetzal invertido y en segundo término, Shusho a densidad de 55,555 plantas/Ha, obteniendo Q.3.88 por cada quetzal invertido.

Cuadro 3
TASA MARGINAL DE RETORNO

Trat. No.	Tratamientos Genotipo	Densidad	Ben. Neto Q.	C. Var. Q.	Incrementos BN	CV	TMR
1	ChTS-8914	111,111	12062.04	3993.96	82.32	15.68	525
2	Altika-CUNORI	111,111	11979.72	3978.28	616.56	117.14	525
3	ChREF-8903	111,111	11363.16	3860.84	468.72	89.28	525
4	ChREF-8905	111,111	10894.44	3771.56	5545.76	1468.24	377
20	Shusho	55,555	5348.68	2303.32	2740.64	705.36	388
23	Shusho	37,037	2608.04	1597.96	—	—	

IV. CONCLUSIONES

1. Los genotipos con hábito de crecimiento intermedio, ChTS-8914 y Altika-CUNORI, deben sembrarse a una distancia de 0.60m x 0.15m, es decir, a una densidad de 111,111 plantas/Ha, por las razones siguientes: alto rendimiento, aceptación en el mercado y por su mayor tasa marginal de retorno.
2. El genotipo Shusho, de hábito de crecimiento rastrero, por su alta aceptación en el mercado, debe sembrarse a una distancia de 0.60m x 0.30m, es decir, a una densidad de 55,555 plantas/Ha, ya que obtiene un alto rendimiento y mayor beneficio económico.

BIBLIOGRAFÍA

- GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS (ICTA). 1988. Informe anual 87/88, Prueba de tecnología Subregión VII-3. Guatemala. s.p.
- _____. 1989. Informe anual 88/89, Prueba de tecnología Subregión VII-3. Guatemala. s.p.
- _____. 1990. Informe anual 89/90, Prueba de tecnología Subregión VII-3. Guatemala. s.p.
- _____. 1991. Informe anual 90/91, Prueba de tecnología Subregión VII-3. Guatemala. s.p.
- HEREDIA CASTRO, G. *et al.* 1989. Generación de tecnología apropiada para el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) en la región nor-oriental de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación. Cuadernos de Investigación. 10-88:7-64.
- RECINOS, C. *et al.* 1987. Caracterización botánica de siete genotipos de maní. Seminario técnico universitario en producción agrícola. Chiquimula, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, CUNORI. 44 p.
- SCHEAFFER, R.; MENDENJALL, W.; OTT, L. 1987. Elementos de muestreo. México, Iberoamérica. 321 p.

BIODIVERSIDAD

RECURSOS GENÉTICOS DE “INJERTO” (*Pouteria viridis*) EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA

César Azurdia
Edgar Martínez
Helmer Ayala



Resumen

El “injerto” (*Pouteria viridis*) es un árbol perteneciente a la familia *Sapotaceae*, distribuido en las regiones templadas de Guatemala, tales como el altiplano, las Verapaces y el nor-occidente; cultivado en huertos familiares localizados en el Altiplano Central de Guatemala, en los municipios de San Andrés Itzapa, Chimaltenango y Antigua Guatemala. En este sistema de cultivo el injerto forma parte de una asociación que puede llegar a tener hasta 20 especies de plantas útiles para el hombre. Al injerto también se le puede encontrar cultivado en agroecosistemas más especializados con especies de pacaya (*Chamaedorea epejilote*), pimienta (*Pimenta dioica*), coyou (*Persea Schiedeana*), café (*Coffea arabica*), practicados por los agricultores de San Cristóbal Verapaz.

Referente a variabilidad genética, los resultados obtenidos a la fecha en el Proyecto “Conservación y Uso Sostenible de Frutales Nativos de América Tropical, Parte I Sapotáceas” indican que la mayor variabilidad agromorfológica se encuentra en la región de Alta Verapaz y en el altiplano central de Guatemala.

De los 42 materiales del altiplano central guatemalteco que fueron caracterizados, se identificaron 15 diferentes formas de fruto y cuatro grupos diferentes de materiales genéticos. Las características del fruto y semilla fueron las que determinaron la mayor variabilidad dentro de los grupos. Así mismo, se observó que la pulpa del fruto de muchos materiales fue de color rojo (10 R 5/16 según la tabla de colores Munsell), característica muy importante en la comercialización y aceptación por el consumidor. Además, esta característica de color de la pulpa puede hacer que el injerto sea más competitivo en el mercado que el zapote (*Pouteria sapota*).

INTRODUCCIÓN

El injerto es un árbol frutal distribuido principalmente en localidades comprendidas entre los 1,100 y 1,850 metros sobre el nivel del mar (msnm), aunque algunas veces se le puede encontrar en localidades muy por debajo del límite altitudinal mencionado, en cuya altitud es frecuente en otros países como Nicaragua y Costa Rica [Pennington, 1990]. En el altiplano central de Guatemala, que comprende los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango, esta especie frutal es ampliamente utilizada en la alimentación humana ya que en dichas áreas el fruto más conocido de las sapotáceas —el zapote— no se produce; por lo tanto, el injerto es el fiel sustituto del mismo.

El proyecto denominado "Conservación y Uso Sostenible de Frutales Tropicales" desarrollado conjuntamente por la Facultad de Agronomía y el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) ha venido desarrollando investigaciones con el germoplasma de especies sapotáceas frutales, con el objetivo de conocer, documentar, conservar, caracterizar y utilizar dichos recursos genéticos nativos [Azurdia, *et. al.*, 1995b].

En los actuales momentos cuando se buscan nuevas alternativas alimentarias, así como nuevas fuentes de exportación, el injerto resulta ser una alternativa viable, dado que de su pariente más cercano, el zapote, ya se ha principiado a exportar pulpa congelada a la par de que se está promoviendo el establecimiento de plantaciones comerciales. Como paso previo, se requiere conocer qué es lo que se tiene y en donde está localizado, así como conservar dicho recurso. En este sentido, el proyecto de investigación mencionado se está ejecutando a nivel nacional, siendo el presente escrito un avance de los resultados obtenidos a nivel del altiplano central.

I. MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el segundo semestre del año 1994 se visitó la región bajo estudio, con el objetivo de identificar árboles de injerto, así como para conocer en detalle su ciclo fenológico, de tal manera de planificar las mejores épocas de recolección de frutos y caracterización preliminar *in situ*. Una vez identificados los árboles a estudiar y localizados los mismos en diferentes estratos altitudinales, se procedió a coleccionar frutos y a la toma de datos en el campo, mediante una boleta para caracterización preliminar *in situ* así como de una boleta de tipo etnobotánico. En cada punto de muestreo se obtuvo información referente a condiciones de suelo, vegetación presente, características del fruto y semilla.

Se coleccionaron por lo menos 10 frutos por árbol. Los datos de

caracterización fueron utilizados para hacer un análisis de grupos para elaborar un fenograma y estudiar la similitud entre materiales genéticos. Se utilizó la técnica de ligamiento promedio; además, el análisis de diversidad se completó mediante el análisis de componentes principales. En ambos casos se utilizó el paquete estadístico SAS.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. DISTRIBUCIÓN

El injerto es una especie que crece favorablemente en climas templados, por lo tanto en la región de estudio se distribuye en los municipios de San Andrés Itzapa, San Martín Jilotepeque, Parramos, San José Poaquil y Chimaltenango, en el departamento de Chimaltenango; San Antonio Aguas Calientes, Ciudad Vieja, Alotenango y Antigua Guatemala, en el departamento de Sacatepéquez; Villa Nueva, Villa Canales, Guatemala, Palencia, en el departamento de Guatemala. En todas las localidades mencionadas crecen los árboles de injerto asociados a otras especies cultivadas en el huerto familiar, siendo en términos generales reducido el número de árboles que se pueden localizar por localidad; un caso concreto es San Andrés Itzapa, en donde no existen más de 25 árboles en toda la población.

En ninguna de las localidades antes mencionadas se le encuentra creciendo como parte del bosque natural, por lo tanto, se da por establecido que dicha especie ha sido plantada o cultivada en la región, caso contrario de lo que sucede en el departamento de Alta Verapaz, en donde se le encuentra en forma cultivada y silvestre [Azurdia, 1994].

2. Caracterización *in situ*

En total se colectaron 42 muestras, siendo 22 del departamento de Chimaltenango, 11 de Guatemala y 9 de Sacatepéquez (Cuadro 1). La información referente a caracterización preliminar *in situ* se muestra en el Cuadro 2. Se puede notar que en el departamento de Guatemala, la altura de los árboles varió de 12 a 25m; el diámetro del tallo a la altura del pecho (DAP), 0.40-1.20m; el peso del fruto, 147-423g; largo del fruto, 7.22-10.4cm; ancho del fruto, 6.07-8.41cm; peso de semillas/fruto, 14.33-44.29g; parte comestible del peso total del fruto, 82.62-92.38%; número de semillas por fruto, 1-1.70; largo de la semilla, 4.4-5.98cm; ancho de la semilla, 2.5-3.23cm; 55% de los frutos maduros contenían semillas germinadas.

En el departamento de Sacatepéquez, la altura del tallo varió de

Cuadro 1
SITIOS DE RECOLECCIÓN DE INJERTO (*POUTERIA VIRIDIS*)
EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA.

No. entrada	Municipio	Departamento	Altitud (msnm)	Longitud	Latitud
CHI-1	Chimaltenango	Chimaltenango	1,800	90° 49'	14° 39'
CHI-2	Chimaltenango	Chimaltenango	1,800	90° 49'	14° 39'
CHI-3	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-4	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-5	Chimaltenango	Chimaltenango	1,800	90° 49'	14° 39'
CHI-6	Chimaltenango	Chimaltenango	1,800	90° 49'	14° 39'
CHI-7	Parramos	Chimaltenango	1,800	90° 50'	14° 40'
CHI-8	Parramos	Chimaltenango	1,800	90° 50'	14° 40'
CHI-9	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-10	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-11	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-12	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-13	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-14	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-15	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-16	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-17	San Andrés Itzapa	Chimaltenango	1,850	90° 51'	14° 37'
CHI-18	Parramos	Chimaltenango	1,800	90° 50'	14° 37'
CHI-19	Parramos	Chimaltenango	1,800	90° 50'	14° 37'
CHI-20	Parramos	Chimaltenango	1,800	90° 50'	14° 37'
CHI-21	San Martín	Chimaltenango	1,550	90° 48'	14° 54'
CHI-22	San Martín	Chimaltenango	1,550	90° 48'	14° 54'
GUA-I	Zona 13, Guatemala	Guatemala	1,500	90° 29'	14° 37'
GUA-2	Zoológico la Aurora Guatemala	Guatemala	1,500	90° 29'	14° 37'
GUA-3	Iglesia Yurrita, Guatemala	Guatemala	1,500	90° 29'	14° 37'
GUA-4	Zona 15, Guatemala	Guatemala	1,500	90° 29'	14° 37'
GUA-5	Zona 13, Guatemala	Guatemala	1,500	90° 29'	14° 37'
GUA-6	Bárcenas, Villa Nueva	Guatemala	1,350	90° 36'	14° 32'
GUA-7	Bárcenas, Villa Nueva	Guatemala	1,350	90° 36'	14° 32'
GUA-8	San José, Villa Nueva	Guatemala	1,350	90° 36'	14° 32'

sigue...

continuación...

Cuadro 1
SITIOS DE RECOLECCIÓN DE INJERTO (*POUTERIA VIRIDIS*)
EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA.

No. entrada	Municipio	Departamento	Altitud (msnm)	Longitud	Latitud
GUA-9	San José, Villa Nueva	Guatemala	1,350	90° 36'	14° 32'
GUA-10	Finca El Rosario, Villa Canales	Guatemala	1,100	90° 26'	14° 20'
GUA-11	Hacienda Santa Marta, San José Pinula	Guatemala	1,700	90° 24'	14° 34'
SAC-1	Jocotenango	Sacatepéquez	1,400	90° 45'	14° 37'
SAC-2	Antigua Guatemala	Sacatepéquez	1,380	90° 44'	14° 34'
SAC-3	San Juan del Obispo	Sacatepéquez	1,500	90° 44'	14° 34'
SAC-4	Antigua Guatemala	Sacatepéquez	1,380	90° 44'	14° 34'
SAC-5	Alotenango	Sacatepéquez	1,410	90° 48'	14° 29'
SAC-6	San Miguel Dueñas	Sacatepéquez	1,500	90° 48'	14° 31'
SAC-7	Ciudad Vieja	Sacatepéquez	1,510	90° 46'	14° 31'
SAC-8	Ciudad Vieja	Sacatepéquez	1,510	90° 46'	14° 31'
SAC-9	Ciudad Vieja	Sacatepéquez	1,510	90° 46'	14° 31'

3-23m; DAP, 0.28-0.68m; peso del fruto, 90-354g; largo del fruto, 5.5-14.5cm; ancho del fruto, 5.5-8.5cm; peso de la semilla, 14.83-25.22g; parte comestible del peso del fruto, 79.33-93.22%; número de semillas/fruto, 1-3; largo de la semilla, 3.40-5.51cm; ancho de la semilla, 2.0-3.3cm; semillas germinadas en el 67% de los frutos.

En Chimaltenango, el alto de los árboles varió de 5.0-22.5m; DAP, 0.11-0.72m; peso del fruto, 90-248g; largo del fruto, 5.33-12.29cm; ancho del fruto, 5.26-7.28 cm; peso de semillas por fruto, 12.65-32.0g; porcentaje comestible del peso del fruto, 80.2-93.64; largo de la semilla, 3.23-5.95cm; ancho de la semilla, 2.39-3.36cm, frutos con semilla germinada, 42%.

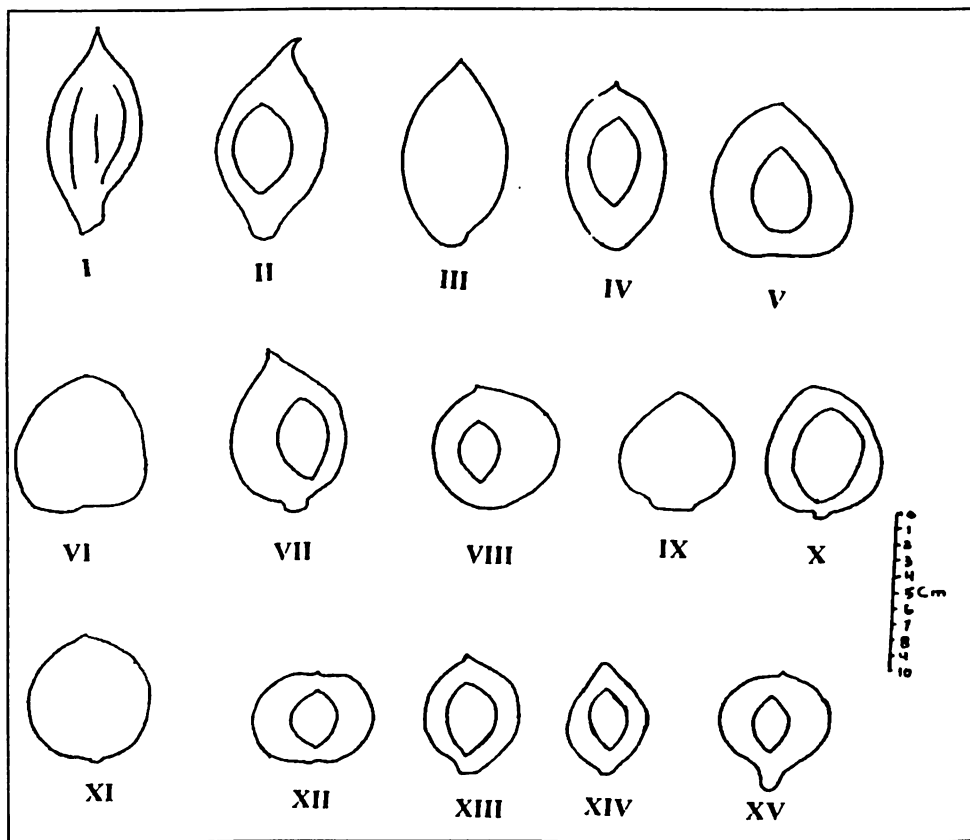
En cuanto a forma del fruto, se reportan en la Figura 1, 15 tipos, comprendiendo desde alargados hasta redondeados, siendo los de forma ovado-redondeado los más frecuentes. En este aspecto se observó que la población humana no tiene preferencia marcada por la forma de los frutos, la preferencia está determinada por el color del epicarpio y color y sabor del mesocarpio. Referente al color del epicarpio, se pudo establecer de que los hay verdes, amarillo-verdoso, anaranjado-verdoso, amarillo y anaranjados. Resultan sumamente interesantes algunos materiales genéticos que son de alta aceptación dentro de la población. Por ejemplo,

Cuadro 2
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE MATERIALES GENÉTICOS DE INJERTO (*POUTERIA VIRIDIS*)
CARACTERIZADOS EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA (PROMEDIO DE 10 FRUTOS)

Identifi- cación	Arbol		Fruto		Peso		Semilla		Germi- nación dentro del fruto (%)	Color meso- carpio Tabla Munsell	Semi- llas por fruto	Forma del fruto según figura 1
	Altura m	Diá- metro cm	Peso g	Largo cm	Ancho cm	Peso g	Largo cm	Ancho cm				
Chi1	18.00	28	176	8.38	6.23	21.50	5.80	2.80	0	10 R5/16	1.00	VI
Chi2	19.50	31	238	12.23	6.84	32.00	5.95	3.36	0	2.5YR6/14	1.00	II
Chi3	13.00	67	175	6.82	6.69	23.92	4.42	2.75	55	10 R5/10	1.36	VIII
Chi4	15.00	35	140	7.25	6.60	18.40	4.40	2.55	100	10 R6/10	1.50	XIII
Chi5	17.00	21	186	7.41	7.03	25.21	4.63	3.22	66	5 YR5/14	1.00	XI
Chi6	5.00	11	115	8.23	5.27	19.66	4.58	2.60	66	2.5YR5/16	1.33	III
Chi7	11.00	36	95	6.53	5.42	15.55	3.72	2.76	100	2.5YR5/10	1.30	XIV
Chi8	12.00	46	137	6.97	6.12	20.00	4.26	3.04	0	10 R6/12	1.00	XIII
Chi9	21.50	50	201	8.24	6.95	27.80	4.45	3.32	70	2.5YR7/12	1.40	XI
Chi10	22.50	25	116	5.47	6.07	22.28	3.74	2.81	0	2.5YR6/16	1.70	XII
Chi11	15.00	44	248	7.29	7.28	15.77	3.76	2.60	0	10 R5/16	1.20	VIII
Chi12	13.75	22	112	5.62	5.98	12.65	3.23	2.46	0	5 YR7/14	1.40	VIII
Chi13	18.00	36	142	5.48	6.50	13.80	3.48	2.53	90	YR7/12	1.00	XII
Chi14	14.75	20	131	6.15	6.33	14.90	3.73	2.52	0	YR7/12	1.10	XV
Chi15	19.75	41	93	5.33	5.56	18.41	3.40	2.39	0	2.5YR5/14	1.70	VIII
Chi16	16.20	31	90	6.44	5.26	15.03	—	—	—	—	—	XI
Chi17	11.75	36	136	6.80	6.32	16.10	—	—	—	—	—	XI
Chi18	8.50	19	168	12.29	5.54	14.58	—	—	—	—	—	I

Chi19	21.00	55	225	12.21	6.76	26.67	—	—	—	—	—	III
Chi20	18.50	52	175	8.35	6.86	15.45	—	—	—	—	—	IX
Chi21	12.00	72	184	7.20	6.70	21.60	3.68	3.10	67	—	1.22	—
Chi22	13.00	30	163	7.33	6.30	21.12	4.60	2.80	60	—	1.20	—
Gua1	25.00	120	147	7.22	6.07	25.55	5.00	3.23	70	—	1.00	X
Gua2	20.00	90	174	7.55	6.63	19.63	4.41	3.01	90	10 R5/12	1.00	XI
Gua3	15.00	90	240	8.00	7.75	20.00	4.40	3.10	100	—	1.00	VI
Gua4	—	—	188	8.33	6.67	14.33	4.17	2.63	66	—	1.00	V
Gua5	—	—	265	8.10	8.20	25.00	4.60	3.40	0	—	1.00	VI
Gua6	12.00	40	341	9.72	7.33	32.20	5.60	3.15	100	1.25YR4/12	1.25	V
Gua7	14.00	45	423	11.00	8.41	44.29	5.98	3.17	100	2.5 YR6/14	1.70	V
Gua8	25.00	110	173	8.35	6.85	21.70	—	—	100	—	1.00	XIII
Gua9	12.00	60	200	10.40	6.25	18.60	5.13	2.63	100	10 R5/12	1.00	VII
Gua10	15.20	100	308	8.50	8.30	24.60	5.00	2.50	0	—	1.00	—
Gua11	20.00	90	157	6.43	6.71	24.20	4.27	2.86	100	10 R6/14	1.40	XII
Sac1	20.00	64	184	7.97	6.73	23.92	4.54	3.00	100	7.5 R5/12	1.11	XI
Sac2	15.00	42	290	8.40	8.12	24.85	5.02	3.30	100	2.5YR5/10	1.00	VI
Sac3	17.00	41	204	10.61	6.45	25.06	5.51	2.99	78	10 R5/12	1.00	VII
Sac4	23.00	51	182	9.66	6.14	25.22	5.43	3.00	90	2.5YR6/14	1.00	IV
Sac5	12.00	48	90	14.50	5.50	18.60	5.50	2.00	0	—	2.00	I
Sac6	17.60	66	218	7.95	6.25	21.00	4.36	2.97	100	—	1.00	XIII
Sac7	10.20	28	230	10.37	6.00	19.44	4.56	2.50	100	—	1.00	VI
Sac8	12.00	66	354	8.00	8.50	24.00	4.98	2.96	0	—	3.00	XII
Sac9	3.00	68	125	5.50	6.30	14.83	3.40	2.33	0	—	2.00	XII

Figura 1
FORMAS DEL FRUTO DE INJERTO (*POUTERIA VIRIDIS*)
DEL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA



el identificado como CHI-19, el cual tiene un fruto de color anaranjado y el SAC-4 de color amarillo. En los frutos se observa poca presencia de lenticelas, siendo en general frutos de mesocarpio liso en contraste con aquellos materiales genéticos provenientes de localidades con menor altitud sobre el nivel del mar, los cuales son altamente lenticelados [Azurdia *et. al.*, 1995a].

En el caso de la pulpa de la fruta, se identificaron 15 colores, siendo el color 2.5 YR 6/14 según la tabla Munsell, el más frecuente y, en general, los frutos con mesocarpio de color amarillo- rojizo (YR) los más frecuentes.

Con la información recabada se puede identificar a aquellas accesiones que muestran las mejores características para poder ser utilizadas en un programa de incremento de este árbol frutal. De esta manera, el material genético identificado como CHI-11, el cual tiene frutos con epicarpio anaranjado-verdusco, mesocarpio de color rojo (muy similar al de un típico zapote), sabor muy agradable, y, principalmente, fruto grande, pesado y de 1 sola semilla pequeña, reflejándose estas condiciones en el hecho que la parte comestible representa el 94% del peso total del fruto, siendo este valor el más alto en toda la región. Estas características ventajosas dan como resultado la alta preferencia y precio que dichos frutos alcanzan en el mercado local o regional, ya que de acuerdo con la propietaria de dicho árbol, este fruto se vende a 0.70 quetzales mientras que los otros que tiene en su huerto familiar se venden a un valor de 0.35 quetzales. Otro material genético promisorio es el CHI-18, el cual no tiene una apariencia tan atractiva como el anterior, pero tiene un mesocarpio con el sabor más agradable de toda la región, además, tiene una sola semilla y la parte comestible representa el 91% del peso del fruto. Otro aspecto importante de este material es que los frutos maduran durante el mes de agosto, época en la cual la mayoría de árboles de injerto ya han dejado de producir en la región.

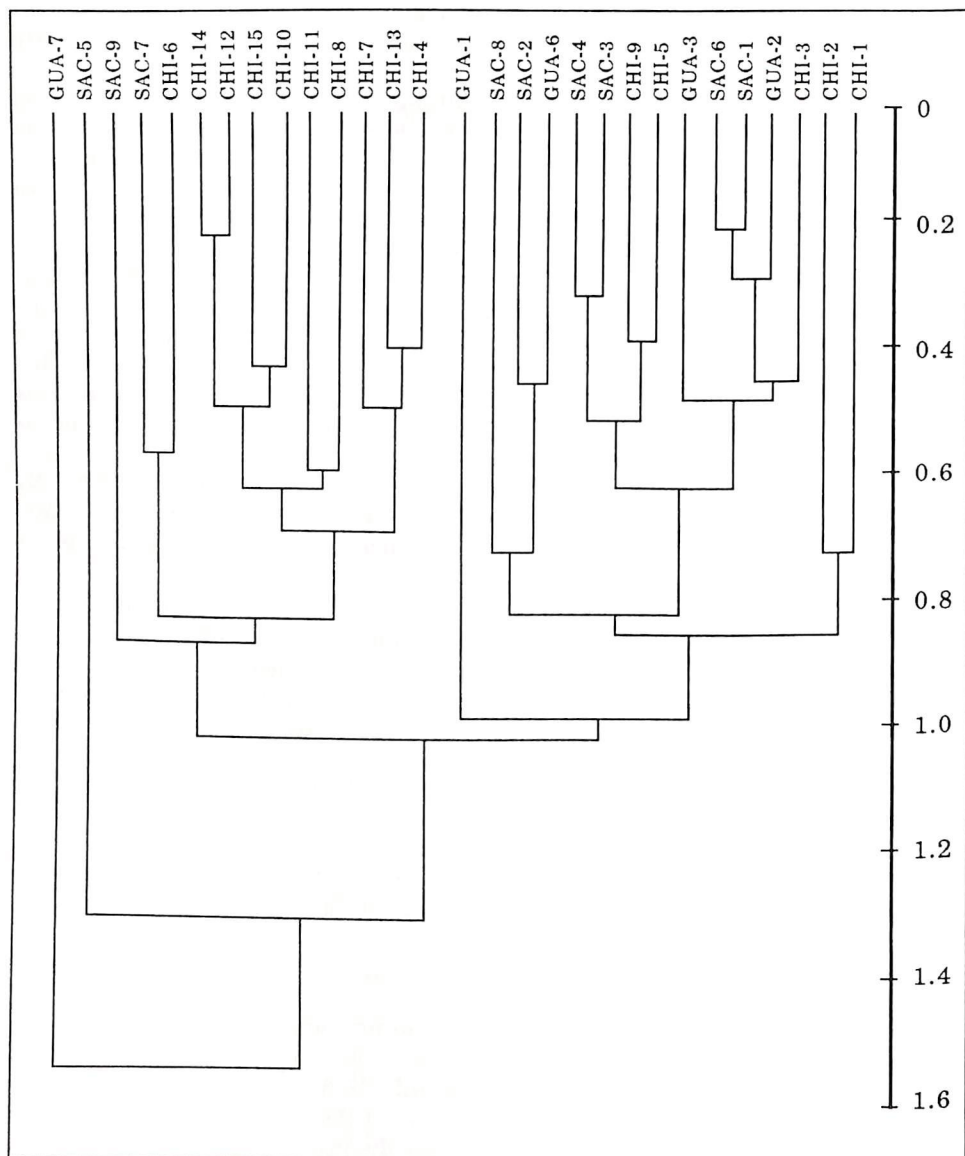
Un material genético adicional que debe considerarse es el SAC-2, que presenta frutos grandes, con una sola semilla, epicarpio amarillo-anaranjado, mesocarpio amarillo-rojizo, representando el 91% del peso total del fruto.

Los resultados de la caracterización *in situ* muestran que en el germoplasma de *Pouteria viridis* presente en el altiplano central existe alta variabilidad en cuanto a forma, tamaño, color epicarpio, color y sabor del mesocarpio del fruto, además, los árboles son relativamente jóvenes, dado por su altura y DAP, con algunas excepciones. Otro aspecto importante es el hecho que en esta región el nombre vernáculo más frecuente es el de injerto, no teniendo equivalente cakchiquel que es el idioma nativo de la región. Estos elementos son importantes para definir la posible región de origen y domesticación de esta especie, tema que ha sido tratado con anterioridad por Azurdia [1994], quien menciona que un posible centro de origen de esta especie es el departamento de Alta Verapaz en Guatemala.

3. Similitud entre materiales genéticos

Con los datos de 29 accesiones, las que presentaban la información completa del descriptor utilizado, se elaboró el dendrograma mostrado en la Figura 2. Es notorio que el material GUA-7 es el que menos se parece al resto de accesiones, debido a que su fruto y semilla son los de mayor tamaño y peso. La gran mayoría de materiales genéticos se

Figura 2
DENDOGRAMA MOSTRANDO LA SIMILITUD MORFOLÓGICA ENTRE
MATERIALES GENÉTICOS DE INJERTO (*POUTERIA VIRIDIS*)
DEL ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA



agruparon en dos subnúcleos, el número 1 constituido por 11 materiales genéticos, comprendidos del SAC-7 al CHI-4, y el subnúcleo 2, integrado por los restantes materiales genéticos (del GUA-1 al CHI-4 en la Figura 2). En forma separada de estos subnúcleos se encuentra el material SAC-5, el cual es poco parecido a los dos subnúcleos mencionados debido a que dicho material tiene los frutos menos pesados, más alargados y de menor% comestible del peso del fruto.

Es notorio que el subnúcleo 1 está constituido casi exclusivamente por materiales genéticos provenientes del departamento de Chimaltenango y el subnúcleo 2 conformado por materiales genéticos provenientes de los tres departamentos estudiados. Ambos subnúcleos se diferencian en que el número 1 presenta materiales genéticos con frutos que presentan semillas sin germinar al momento de la maduración así como frutos relativamente más pequeños y de menor peso. En general se puede anotar que el dendrograma muestra la existencia de dos grupos de materiales genéticos bien diferenciados, los que comprenden a aquellos provenientes del departamento de Chimaltenango y los restantes provenientes de los tres departamentos, diferenciándose todos ellos por caracteres tales como presencia de semilla germinada dentro del fruto, así como tamaño y peso de los frutos. Estos resultados muestran que existe diversidad de materiales genéticos de *Pouteria viridis* en el altiplano central de Guatemala.

4. Variabilidad entre materiales genéticos de injerto

De acuerdo a el análisis de componentes principales se observa que las primeras cuatro componentes explican el 82% de la variación total (Cuadro 3). La variabilidad de la componente principal uno (prin1) está determinada por variables como peso de la semilla y del fruto y dimensiones de la semilla (largo y ancho) de acuerdo con el valor de los vectores propios (Cuadro 3). En el caso de la prin2 el número de semillas por fruto y la altura del árbol están determinando la variabilidad; para el caso de la prin3 ejercen mayor peso las dimensiones del fruto (largo y ancho) y el diámetro del árbol; y por último para la prin4 la variable germinación de la semilla está determinando la variabilidad.

El análisis por componentes principales discrimina dos grupos fuertes y dos observaciones (materiales genéticos) que no están contenidos en ninguno de los dos grupos (Figura 3). Se puede observar que los dos grupos definidos por componentes principales (Figura 3) corresponden a los subnúcleos 1 y 2 determinados por el dendrograma (Figura 2), y las observaciones no contenidas en ninguno de los grupos anteriores corresponden a los materiales GUA7 y SAC5 discutidos en el análisis de agrupamiento.

Cuadro 3
COMPONENTES PRINCIPALES, VARIABILIDAD EXPLICADA
Y VARIABLES QUE DETERMINAN LA VARIABILIDAD
DENTRO DE CADA COMPONENTE

Componente principal	Nombre de la componente	Variabilidad explicada (%)	Variables y vectores propios ()
Prin1	Tamaño de la semilla	40	Peso semilla (0.44) Largo semilla (0.44) Ancho semilla (0.39) Peso de fruto (0.42)
Prin2	Semillas por fruto	18	Semillas por fruto (0.57) Altura árbol (0.49)
Prin3	Tamaño del fruto	14	Largo fruto (0.53) ancho fruto (0.45) Diámetro del árbol (0.40)
Prin4	Germinación de la semilla	10	Germinación de la semilla dentro del Fruto (0.58)

5. Fenología

La época de fructificación varía según la localidad e incluso en una misma localidad (Cuadro 4). En general se puede observar que en la región del altiplano central de Guatemala, la mayor producción de frutos se observa durante el período comprendido de mayo a junio, aunque se obtiene otra cosecha durante el mes de noviembre en algunas localidades. Cabe aclarar que normalmente se obtiene una sola cosecha por árbol, ya sea en mayo-junio o bien a finales del año. Algunos árboles producen durante el mes de julio, pero los frutos están infestados de larvas, una excepción notable es el material genético de Parramos identificado como CHI-18, el cual produce frutos libres de larvas a pesar de desarrollar durante la época lluviosa.

Otro aspecto importante de señalar es que la variabilidad fenológica observada parece ser de tipo genético antes que ambiental, ya que árboles que se encuentran creciendo en la misma localidad, e inclusive creciendo en el mismo huerto familiar, fructifican en diferentes épocas del año. Esto tiene la ventaja de que se puede seleccionar materiales genéticos

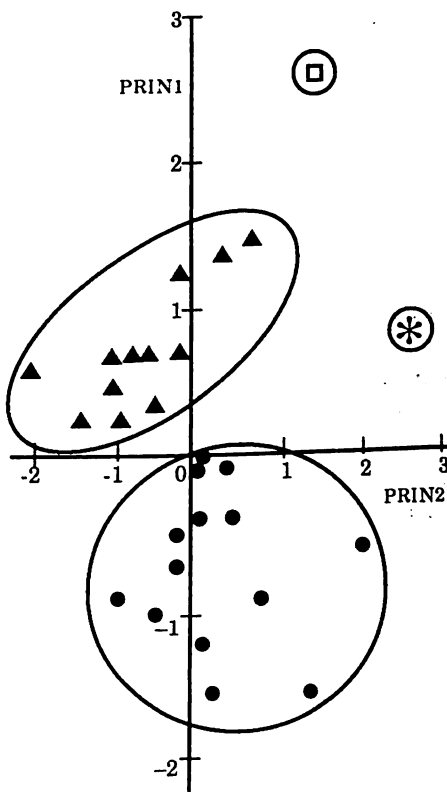
que producen en diferente época del año, y así diversificar la oferta del fruto disponible al mercado.

6. Riesgo de erosión genética

Los árboles de injerto están presentes en comunidades urbanas, por lo tanto, a la par del crecimiento de la población, el requerimiento de áreas para vivienda, hace que los pocos ejemplares aún presentes estén en un constante peligro de desaparecer. Fue frecuente escuchar en todas las comunidades visitadas que anteriormente existían mayor número de árboles presentes pero que debido al desarrollo urbano, éstos han desaparecido. Aunado a esto, la falta de incentivos a la producción del fruto de injerto hace que esta especie sea una fruta más, que algunas veces se consume a manera de curiosidad. Otro elemento que está en contra del recurso genético, es el hecho que esta especie, sembrada por medio de semilla, tal como se acostumbra a la fecha, tiene crecimiento lento y requiere de un período largo para principiar a producir (más de cinco años).

En este sentido, se requiere afinar una metodología de injerto para dicha especie, con lo cual se estaría en capacidad de proporcionar a los agricultores los mejores materiales genéticos identificados a la fecha sin ningún peligro de segregación genética, a la par de acortar el período de inicio de fructificación. De igual manera, es aconsejable desarrollar

Figura 3
COMPONENTE PRINCIPAL 1 (PRIN1)
VERSUS COMPONENTE PRINCIPAL 2
(PRIN2) DE MATERIALES
DE INJERTO PROCEDENTES DEL
ALTIPLANO GUATEMALTECO



una colección de campo en la cual se pueda conservar la mayor parte de la variación presente a la fecha.

CUADRO 4
FRUCTIFICACIÓN DE INJERTO (*POUTERIA VIRIDIS*)
EN DIFERENTES LOCALIDADES DEL
ALTIPLANO CENTRAL DE GUATEMALA

Localidad	Meses del año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Villa Canales		X										
San Martín												
Jilotepeque				X	X						X	
San Andrés												
Itzapa					X	X		X			X	
Parramos						X	X	X				
San Antonio												
Aguas Calientes											X	
Chimaltenango					X	X					X	
Guatemala					X	X					X	
Villa Nueva			X	X							X	
Jocotenango					X	X						
Antigua					X	X						
San Juan Obispo					X	X						
Alotenango											X	
San Miguel Dueñas			X	X								
Ciudad Vieja					X	X						
Palencia			X	X							X	
San José Poaquil					X	X						

III. CONCLUSIONES

- a) El altiplano central de Guatemala es poseedor de alta variabilidad en el germoplasma de *Pouteria viridis*. Esta variabilidad se manifiesta en aspectos morfológicos del fruto (tamaño, color del epicarpio, color y sabor del mesocarpio, forma) y fenología. De tal manera que se puede escoger dentro de él, a aquellos materiales genéticos con ventajas desde el punto de vista agronómico y de preferencia por el consumidor.

- b) El peligro constante de erosión genética que se cierne sobre el germoplasma de injerto, hace que se requiera la aplicación inmediata de medidas urgentes para su conservación y utilización. Una forma sería la distribución a los agricultores de materiales injertados y el establecimiento de una colección de campo en la que se reuniría la mayor parte de la variabilidad genética.

BIBLIOGRAFÍA

- AZURDIA, C. 1994. Algunas reflexiones acerca del origen y variación del injerto (*Pouteria viridis*). Boletín de Recursos Fitogenéticos, FAUSAC 4: 5-6.
- AZURDIA, C., E. MARTÍNEZ y H. AYALÁ. 1995a. Avances en el conocimiento del germoplasma del injerto (*Pouteria viridis*) en Guatemala. Boletín de Recursos Fitogenéticos, FAUSAC 3: 3-4.
- AZURDIA, C., E. MARTÍNEZ y H. AYALA. 1995b. Facultad de Agronomía realiza investigación en sapotáceas. Boletín Agro, FAUSAC 2:4-5.
- PENNINGTON, T.D. 1990. Sapotaceae. Monograph 52. Flora Neotropica. The New York Botanical Garden, New York, USA. 770 p.

Publicaciones: CARACTERIZACIÓN DE ALGUNOS CULTIVOS NATIVOS DE GUATEMALA

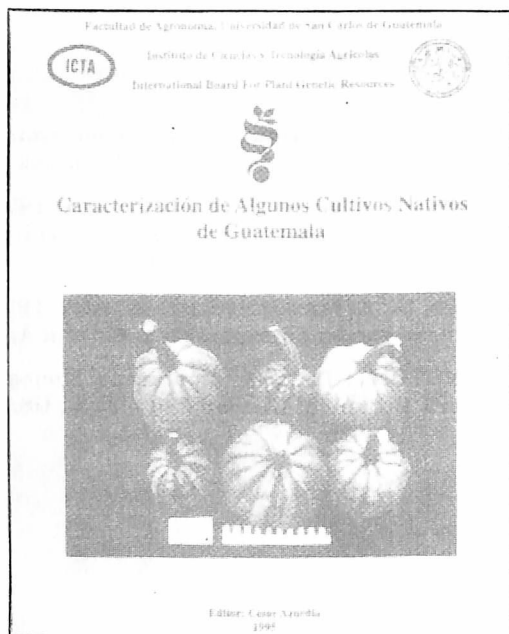
Editor: César Azurdia Pérez
Publicado por: Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, e International Board of Plant Genetic Resources.

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

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

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

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



BIODIVERSIDAD

EPÍFITAS DE LA COMUNIDAD DE KANAC (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) EN EL VOLCÁN DE ACATENANGO, GUATEMALA

Mario E. Véliz Pérez



Resumen

La diversidad florística del estrato epífita de la Comunidad de Kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui), distribuida de 2,000 a 3,000 msnm en el volcán de Acatenango, Guatemala cuenta con una diversidad florística muy alta, existiendo 13 familias y 47 especies siendo las familias más ricas en diversidad y densidad, *Orchidaceae*, con 18 especies, *Polypodiaceae* con 12 especies y *Bromeliaceae* con 3 especies respectivamente; las 10 familias restantes sólo cuentan con 1 o 2 especies.

El estrato formado por lianas cuenta con 14 especies distribuidas en 9 familias, este estrato por florecer en la parte más alta del dosel y no observársele su anclaje con facilidad, puede en ocasiones confundírsele con las epífitas.

Se estableció un comportamiento en la distribución vertical de las epífitas, encontrándose que 12 especies tiene una distribución solamente a nivel del fuste, estrato con menor luz y más humedad; 16 especies se distribuyen en fustes y ramas; 15 especies se localizan en ramas y ápices; y 4 especies se distribuyen en cualquier parte de los árboles.

Este comportamiento en la distribución vertical, nos permite establecer la existencia de la valencia ecológica de las especies y la sensibilidad del estrato epífita a cualquier alteración a la comunidad, implica riesgo y destrucción del mismo.

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA

La comunidad vegetal de kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) estudiada, se encuentra localizada en el volcán de Acatenango, ubicada en una región limítrofe entre los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango (ver Figura 1), con una altura máxima de 3,976msnm. La distribución natural de kanac es entre 2,000 y 3,000msnm, y en el volcán presenta una extensión de 23.96 km², la cual es una selva nubosa, con precipitaciones que oscilan de 2,066 a 3,900 mm/año, una biotemperatura de 12.5° a 18.5° y una topografía inclinada o escarpada.

Esta comunidad vegetal se encuentra formada por más de 230 especies, distribuidas en los diferentes estratos verticales. El estrato arbóreo, se encuentra formado por 46 especies, siendo kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) la especie arbórea sobresaliente con relación a la altura (15-23m), grosor de los fustes (hasta 3.15m de diámetro a la altura del pecho) y densidad (83 árboles/Ha). En esta región ninguna especie arbórea es comparable con kanac, por lo que la interacción



ejercida hacia los demás estratos es grande. Todo indica que se trata de una comunidad vegetal clímax y que dentro de la selva nubosa presente en este volcán existe un *Chiranthodendrorum*.

II. DIVERSIDAD FLORÍSTICA DEL ESTRATO EPÍFITO Y ESPECIES VOLUBLES

1. Estrato epífito

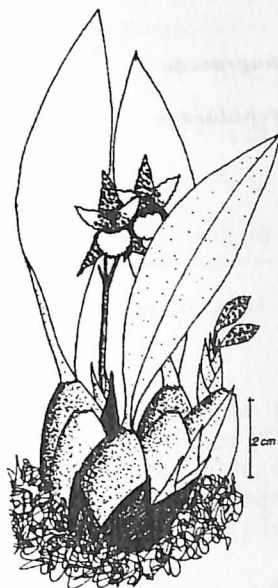
Por las condiciones climáticas y la madurez de esta comunidad vegetal la presencia del estrato epífito es muy diversa, encontrándose que kanac y otras especies arbóreas, tal es el caso de *Clethra pachecoana* Standley, *Oreopanax echinops* HBK, *Litsea guatemalensis* Hemsl., ofrecen un buen soporte para muchas especies.

La diversidad florística del estrato epífito, dentro de la comunidad de kanac, es de 47 especies que se encuentran distribuidas en 13 familias (ver Cuadro 1) de las cuales, las familias con mayor diversidad son *Orchidaceae* con 18 especies (38.30%), *Polypodiaceae* con 12 especies (25.53%) y *Bromeliaceae* con 3 especies, las demás familias presentan 1 ó 2 especies.

Las especies de la familia *Orchidaceae* en los árboles donde se encuentran son muy densas, pues las condiciones climáticas y el bajo deterioro de este estrato ha permitido que las orquídeas hayan llegado a formar grandes masas que ejercen un peso considerable en la región del árbol en donde se encuentran. Entre las especies con gran crecimiento encontramos *Maxillaria densa* Lindl, *M. meleagris* Lindl., *Odontoglossum rossii* Lindl, *O. stellatum* Lindl, *Isochilus linearis* (Jacq) R.Br. y el grupo formado por *Stelis* sp. y *Lepanthes* spp.

En la familia *Bromeliaceae* *Vriesia werckleana* Mez es una especie muy frecuente y una de las plantas epífitas más voluminosas; además de ello tiene la característica, como toda *Bromeliaceae*, de almacenar gran cantidad de agua en las vainas de sus hojas, así como materia orgánica y ceniza volcánica, ejerciendo un peso muy alto sobre árbol que la soporta.

La familia *Polypodiaceae* es la familia más frecuente, su follaje se encuentra concentrado a lo largo del rizoma, por lo que el peso ejercido



*Odontoglossum
rossii* Lindl

CUADRO 1
DIVERSIDAD FLORÍSTICA* DEL ESTRATO EPÍFITO
DE LA COMUNIDAD DE KANAC (*CHIRANTHODENDRON SP.*)
EN EL VOLCÁN DE ACATENANGO

<i>Familia</i>	<i>No.</i>	<i>Especie</i>	<i>%</i>
<i>Araceae</i>	1.	<i>Anthurium concinatum</i> Shott	2.13
<i>Asteraceae</i>	2.	<i>Eupatorium</i> sp	2.13
<i>Bromeliaceae</i>	3.	<i>Tillandsia guatemalensis</i> L.B. Smith	6.38
	4.	<i>Tillandsia ponderosa</i> L.B. Smith	
	5.	<i>Vriesia werckleana</i> Mez.	
<i>Cactaceae</i>	6.	<i>Heliocereus cinnabarinus</i> (Eichl) Britt & Rose	2.13
<i>Crassulaceae</i>	7.	<i>Echeveria guatemalensis</i> Rose	4.25
	8.	<i>Sedum guatemalense</i> Hemsl	
<i>Liliaceae</i>	9.	<i>Smilacina amoena</i> Wendl	2.13
<i>Loranthaceae</i>	10.	<i>Antidaphne viscoidea</i> Poepp & Enoll	4.25
	11.	<i>Phoradendron quadrangulare</i> (HBK)	
<i>Onagraceae</i>	12.	<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.	2.13
<i>Orchidaceae</i>	13.	<i>Encyclia varicosa</i> (Batem) Schl.	38.30
	14.	<i>Epidendrum alticola</i> Ames & Correl	
	15.	<i>Epidendrum arbuscula</i> Lindl	
	16.	<i>Epidendrum difforme</i> Jacq	
	17.	<i>Isochilus linearis</i> (Jacq) R.Br.	
	18.	<i>Leochilus pygmaeus</i> Lindl Benth & Hook	
	19.	<i>Lepanthes</i> spp.	
	20.	<i>Lepanthes geniculata</i> Luer & Behar	
	21.	<i>Lepanthes tecpanica</i> Luer & Behar	
	22.	<i>Lepanthes williamsii</i> Salazar & Soto	
	23.	<i>Maxillaria densa</i> Lindl	
	24.	<i>Maxillaria meleagris</i> Lindl	
	25.	<i>Odontoglossum rosii</i> Lindl	
	26.	<i>Odontoglossum stellatum</i> Lindl	
	27.	<i>Pleurothallis circumplexa</i> Lindl	
	28.	<i>Pleurothallis schiedei</i> Reichenb	
	29.	<i>Ponera glomerata</i> Correll	
	30.	<i>Stelis ovatilabia</i> Schltr	

sigue..

continuación...

CUADRO 1
DIVERSIDAD FLORÍSTICA* DEL ESTRATO EPÍFITO
DE LA COMUNIDAD DE KANAC (*CHIRANTHODENDRON SP.*)
EN EL VOLCÁN DE ACATENANGO

Familia	No.	Especie	%
<i>Piperaceae</i>	31.	<i>Peperomia petrophila</i> C.DC	4.25
	32.	<i>Peperomia quadrifolia</i> HBK	
<i>Polypodiaceae</i>	33.	<i>Antrophyum ensiforme</i> Hook	25.53
	34.	<i>Asplenium monanthes</i> L. Mantissa	
	35.	<i>Elaphoglossum paleaceum</i> (Hook & Gev) Sled	
	36.	<i>Grammitis pilosissima</i> Mart & Gal	
	37.	<i>Polypodium</i> sp.	
	38.	<i>Polypodium angustifolium</i> var <i>angustifolium</i> Willd in L.	
	39.	<i>Polypodium angustifolium</i> var <i>amphostenom</i> (Kze ex KI) Baker	
	40.	<i>Polypodium hartwegianum</i> Hook	
	41.	<i>Polypodium loriceum</i> L.	
	42.	<i>Polypodium longepinnulatum</i> Fourn.	
	43.	<i>Polypodium montigenum</i> Maxon	
	44.	<i>Polypodium peltatum</i> var <i>interjectum</i> Weath	
<i>Scrophulariaceae</i>	45.	<i>Gibsoniathamnus cornutus</i> (Donn. Smith) A Gentry	4.25
	46.	<i>Lamourouxia dependens</i> Benth	
<i>Valerianaceae</i>	47.	<i>Valeriana robertianifolia</i> Briq	2.13
Total			100.00

(*) Sin considerar plantas inferiores como: Musgos, licopodios, hepáticas y otras.

sobre el árbol, no es comparable con las familias anteriores, pero es un componente más, que en conjunto, es decir las epífitas, la lluvia y el viento, quiebran las ramas o tumban los árboles viejos con facilidad; se propicia así el proceso de sucesión vegetal, permitiendo que al sotobosque llegue más luz, la que es aprovechada por las especies dominantes para regenerar y ocupar el espacio disponible.

Paul Standley, en su visita a este volcán (1940), indicó que en esta región se observaban gran cantidad de árboles tumbados y una alta humedad en el medio, lo cual corrobora lo afirmado anteriormente.

Cuadro 2
DIVERSIDAD DEL ESTRATO FORMADO POR LIANAS
EN LA COMUNIDAD DE KANAC, VOLCÁN DE ACATENANGO

Familia	No.	Especie	%
<i>Amaryllidaceae</i>	1.	<i>Bomarea acutifolia</i> (Link & Soto) Herb	
	2.	<i>Bomarea hirtella</i> (HBK) Herb	14.29
<i>Asteraceae</i>	3.	<i>Liabum vagans</i> Blake	
	4.	<i>Senecio phorodendroides</i> L.Wms.	
	5.	<i>Vernonia shannonii</i> Coulter	21.43
<i>Convolvulaceae</i>	6.	<i>Ipomoea signata</i> House	7.14
<i>Cucurbitaceae</i>	7.	<i>Cyclanthera langaei</i> Cong.	
	8.	<i>Microsechium Helleri</i> (Peyr.) Cogn.	14.29
<i>Passifloraceae</i>	9.	<i>Passiflora membranacea</i> Benth	7.14
<i>Polemoniaceae</i>	10.	<i>Cobaea lutea</i> Don	7.14
<i>Smilacaceae</i>	11.	<i>Smilax jalapensis</i> Schl.	7.14
<i>Solanaceae</i>	12.	<i>Solandra grandiflora</i> Mez.	
	13.	<i>Solanum appendiculatum</i> HBK	14.29
<i>Valerianaceae</i>	14.	<i>Valeriana scandens</i>	
		var. <i>candolleana</i> (Gard)Muell.	7.14
		Total	100.00

2. Estrato de Lianas

Existe cierta dificultad al definir este grupo, ya que muchas lianas presentan crecimiento vegetativo y florecen en las regiones más altas de las ramas de los árboles, por lo que se dificulta poder apreciar claramente en donde está el anclaje de la planta. La diversidad de las lianas es de 14 especies distribuidas en 9 familias (ver Cuadro 2). Dentro de este grupo, varias presentan un comportamiento trepador, con ramas o guías pendulosas o colgantes, tal el caso de *Senecio phorodendroides* L., *Solanum appendiculatum* HBK y *Solandra grandiflora* Mez; otras son herbáceas, tal el caso de *Bomarea spp.*, *Ipomoea signata* House, *Cobaea lutea* Don y *Valeriana scandens* v. *candolleana* (Gard) Muell; otras son

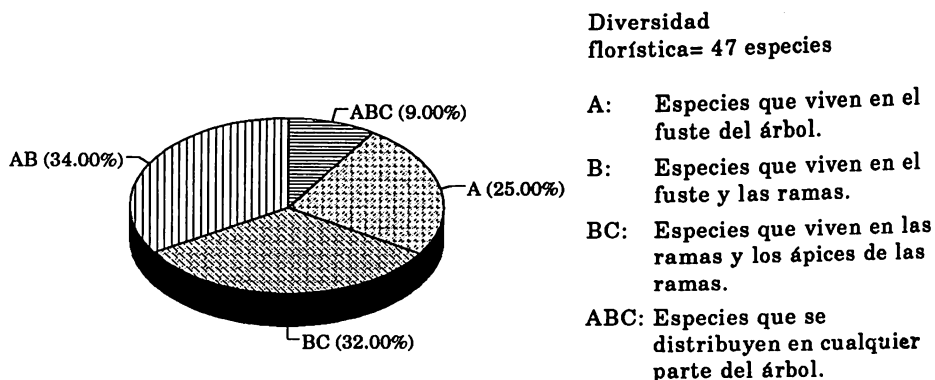
leñosas y trepadoras, tal el caso de *Smilax jalapensis* Schl. y *Passiflora membranacea* Benth. En general este componente de la comunidad vegetal de kanac comparte junto al estrato epífita diversos pisos verticales, dándole estructura y fisonomía a esta selva nubosa del *Chiranthodendrorum*.

3. Distribución vertical del estrato epífita

La distribución de las especies que forman parte del estrato epífita presenta un comportamiento heterogéneo con relación a la ubicación de cada especie dentro de los árboles que lo soportan, ya que, aun dentro de la misma familia, existen especies que se distribuyen verticalmente en una región específica del árbol, lo que obedece a la valencia ecológica, determinada por las condiciones ambientales como: humedad del medio, cantidad de luz, temperatura y efecto del viento. Esto permite considerar la existencia de seis tipos altitudinales en la distribución vertical del estrato epífita, siendo éstos los siguientes:

- A = Especies que viven en el fuste o tallo principal.
- B = Especies que viven en las ramas
- C = Especies que viven en los ápices de las ramas.
- AB = Especies que viven en el fuste y las ramas.
- BC = Especies que viven en las ramas y los ápices de las ramas.
- ABC = Especies que se distribuyen en cualquier parte del árbol.

Figura 2
DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES EPÍFITAS EN LOS
DIFERENTES TIPOS VERTICALES, VOLCÁN DE ACATENANGO



De acuerdo a lo anterior, las 47 especies que forman el estrato epífito en la comunidad de kanac se distribuyen de la siguiente forma:

A nivel del tipo A, existe una diversidad florística igual a 12 especies (25%) distribuidas en 6 familias (ver Cuadro 2 y Figura 2), encontrando que, la familia *Polypodiaceae* es la más diversa y frecuente, con 6 especies (50% de la diversidad de este nivel); este nivel, es muy húmedo y recibe la menor cantidad de luz; también es el más susceptible a cualquier cambio que exista a nivel del dosel. Entre las especies más frecuentes tenemos: *Antrophyum ensiforme* Hook, *Asplenium monanthes* L.M, *Elaphoglossum paleaceum* (Hook & Gev) Sled, *Echeveria guatemalensis* Rose, *Peperomia petrophila* DC y *Lamourouxia dependens* Benth.

Cuadro 3
DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS FAMILIAS
QUE FORMAN EL ESTRATO EPÍFITO
DE LA COMUNIDAD DE KANAC,
VOLCÁN DE ACATENANGO

No.	Familia	A	B	C	AB	BC	ABC
1	<i>Araceae</i>				1		
2	<i>Asteraceae</i>	1					
3	<i>Bromeliaceae</i>				3		
4	<i>Cactaceae</i>				1		
5	<i>Crassulaceae</i>	2					
6	<i>Liliaceae</i>				1		
7	<i>Loranthaceae</i>					2	
8	<i>Onagraceae</i>				1		
9	<i>Orchidaceae</i>				4	12	2
10	<i>Piperaceae</i>	1					1
11	<i>Polypodiaceae</i>	6			4	1	1
12	<i>Scrophulariaceae</i>	1			1		
13	<i>Valerianaceae</i>	1					
Total		12			16	15	4

Referencias:

- A: Especies que viven en el fuste del árbol.
 B: Especies que viven en las ramas de los árboles, pero no en los ápices de las mismas.
 C: Especies que viven en los ápices de las ramas.

El estrato del tipo AB es el más diverso, ya que existen 16 especies (34%) distribuidas en 8 familias, encontrando que las familias *Orchidaceae* y *Polypodiaceae* presentan 4 especies cada una; la familia *Bromeliaceae* se distribuye en este nivel y aquí presenta las 3 especies existentes dentro de esta comunidad vegetal. Las familias restantes presentan una especie cada una. Las especies que se distribuyen en este nivel, presentan una mayor valencia ecológica que en el nivel anterior; entre ellas encontramos: *Vriesia werckleana* Mez, *Tillandsia ponderosa* L.B.Smith, *Anthurium concinnum* Shott, *Heliocereus cinnabarinus* (Eichl) Britt & Rose, *Odontoglossum rossii* Lindl. y *Maxillaria meleagris* Lindl.

El estrato del tipo BC es el segundo de mayor diversidad, presentando 15 especies (32%) que se distribuyen en tres familias. La familia con mayor diversidad es *Orchidaceae*, con 12 especies, *Loranthaceae* con 2 especies, hemiparásitas y *Polypodiaceae*, con una especie. Este nivel es el menos húmedo, con mayor luminosidad y con mayor efecto del viento, las especies de los niveles AB y BC, son las que por su mayor peso tumban o quiebran los árboles viejos, las especies de este nivel, cuando las ramas caen al suelo.

Entre las especies más frecuentes en este estrato (BC) encontramos, *Encyclia varicosa* (Batem) Schl, *Lepanthes spp.*; *Pleurothallis schiedei* Reichb, *Grammitis pilosissima* Mart & Gal y *Phoradendron quadrangulare* (HBK) Krug & Urban.

Finalmente, el grupo de las especies epífitas del tipo ABC, se encuentra formado tan sólo por cuatro especies, distribuidas en tres familias; la mayor diversidad la presenta la familia *Orchidaceae* con dos especies, *Polypodiaceae* y *Piperaceae* con una especie. Este grupo de plantas es el que presenta el mayor rango de distribución vertical, o sea la mayor valencia ecológica. Las especies más frecuentes son *Peperomia quadrifolia* DC, *Polypodium peltatum* var. *interjectum* Weath, *Epidendrum arbuscula* y *E. alticola* Ames & Correl (ver Cuadro 3, Figura 2).

En resumen, el estrato epífita que existe en la comunidad de kanac del volcán de Acatenango, es muy diverso. En la Figura 3 puede apreciarse un modelo idealizado de la distribución vertical de las epífitas en un fuste imaginario, para ilustrar lo anteriormente tratado. Se puede concluir entonces, que existe codominancia a nivel del estrato epífita entre la familia *Orchidaceae* y *Polypodiaceae*, y que existe alta diversidad florística en cada uno de los tipos establecidos. El estrato epífita existe y depende directamente de su soporte, el estrato arbóreo, y cualquier alteración que éste sufra implica el desaparecimiento de estas plantas y el inicio de un proceso biológico muy largo para que la comunidad vegetal vuelva a alcanzar su madurez y, si las condiciones ambientales lo favorecen, una riqueza en sus epífitas.



Figura 3
PERFIL IDEALIZADO
DE LA DISTRIBUCIÓN VERTICAL DE LAS
EPÍFITAS Y LIANAS EXISTENTES EN LA
COMUNIDAD DE KANAC, VOLCÁN DE
ACATENANGO, GUATEMALA

LEYENDA PARA LA LECTURA DE LA FIGURA 3

Ac	<i>Anthurium concinnum</i> Shott.
Ae	<i>Antrophyum ensiforme</i> Hook
Cpe	<i>Chiranthodendron pentadactylon</i> Larreategui
Eg	<i>Echeveria guatemalensis</i> Rose
Ep	<i>Elaphoglossum paleaceum</i> Sledge
Eo	<i>Encyclia varicosa</i> (Batem) Schl.
Gc	<i>Gibsoniathamnus cornutus</i> (Donn. Sm) A. Gentry.
Gp	<i>Grammitis pilosissima</i> (Mart & Gal) Morton.
Hc	<i>Heliocereus cinnabarinus</i> (Eichl) Britt & Rose
Ip	<i>Ipomoea signata</i> House
Is	<i>Isochillus linearis</i> (Jacq) R.Br.
Ld	<i>Lamoureauxia dependens</i> Benth.
Le	<i>Lepanthes</i> spp., <i>L. geniculata</i> Luer y Behar, <i>L. tecpanica</i> Luer y Behar, <i>L. williamsii</i> Salazar & Soto.
Lv	<i>Liabum vagans</i> Blake
Md	<i>Maxillaria densa</i> Lindl.
Mm	<i>Maxillaria meleagris</i> Lindl.
Or	<i>Odontoglossum rossii</i> Lindl.
Os	<i>Odontoglossum stellatum</i> Lindl.
Pe	<i>Peperomia petrophila</i> C.DC
Pq	<i>Peperomia quadrifolia</i> (L) HBK
Ph	<i>Phoradendron quadrangulare</i> (HBK) Krug & Urban.
Pa	<i>Polypodium angustifolium</i> var <i>amphostemom</i> (Kze ex Kl) Bak. in Mart.
Pl	<i>Polypodium longepinnulatum</i> Four.
Pm	<i>Polypodium montigenum</i> Maxon
Pp	<i>Polypodium peltatum</i> var <i>interjectum</i> Weath
Pg	<i>Ponera glomerata</i> Correll.
Se	<i>Senecio phoradendroides</i> L.
Sm	<i>Smilacina amoena</i> Wendl.
Sg	<i>Solandra grandiflora</i> Mez
Sa	<i>Solanum appendiculatum</i> HBK
St	<i>Stelis ovatilabia</i> Schltr.
Tp	<i>Tillandsia ponderosa</i> L.B. Smith
Vw	<i>Vriesia werckleana</i> Mez.

El fuste idealizado es de kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) y de la distribución vertical de las epífitas y lianas existentes en la comunidad de kanac, volcán de Acatenango, Guatemala.

BIBLIOGRAFÍA

- AMES, O.; CORREL, D. 1952. Orchids of Guatemala. EE.UU., Chicago Natural History Museum. v. 26, no. 1, 395 p.
- LUER, C. 1990. New species of *Lepanthes* from Guatemala. EE.UU Lindleyana 5: 182-198.
- STANDLEY *et. al.* 1958-1977. Flora of Guatemala. Chicago, U.S.A., Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany, v. 24.
- STOLZE, D.B.; 1976-1983. Ferns and fern allies of Guatemala. EE.UU., Field Museum of Natural History. v. 39, Pt. II, 526 p.
- VÉLIZ PÉREZ, M.E. 1989. Caracterización de la comunidad de kanac (*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui) en el volcán de Acatenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 122 p.

INFORMÁTICA

APLICACIONES DEL PROGRAMA QUATTRO-PRO EN LA MATEMÁTICA

Luis Manfredo Reyes Chávez



Resumen

Con el objetivo de brindar a los estudiantes de matemática de todas las carreras herramientas de ayuda para la resolución de ejercicios relacionados con aspectos fundamentales de la matemática con el auxilio de la computadora, se desarrolló un conjunto de "Plantillas" (*Templates*) en el programa Quattro-Pro® para las siguientes aplicaciones:

- * Resolución de Sistemas de Ecuaciones con 2,3 y 4 incógnitas
- * Resolución de Ecuaciones Cuadráticas
- * Graficación de Funciones
- * Cálculo de Integrales Definidas
- * Cálculo de Área entre la gráfica de dos funciones
- * Longitud de Arco de funciones alisadas

Los archivos conteniendo cada una de las plantillas de trabajo están a la disposición de los interesados en la Subárea de Matemática y Física de la Facultad de Agronomía de la USAC.

Adicionalmente se incluye un anexo con detalles técnicos de cada plantilla, para usuarios que deseen desarrollarlas ellos mismos ya sea para profundizar en el uso del Quattro-Pro, o que no puedan llegar a la Facultad de Agronomía de la USAC a obtenerlas.

INTRODUCCIÓN

El tremendo desarrollo logrado por la ciencia informática ha puesto a disposición de los usuarios recursos computacionales que no han sido explotados apropiadamente. Mi experiencia docente en la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) me ha mostrado que el estudiante desconoce las herramientas que le pueden ayudar en la resolución de ejercicios donde se requiere aplicar métodos matemáticos, en cursos dentro y fuera de la Subárea de Matemática.

En esta ocasión, se presentan métodos de resolución de sistemas de ecuaciones con dos, tres y cuatro incógnitas, así como para la resolución de ecuaciones de segundo grado, graficación de funciones, cálculo de integrales definidas, cálculo de áreas entre gráficas de funciones y cálculo de longitudes de arco, usando para ello el popular programa Quattro-Pro (Quattro-Pro es marca registrada de Borland International Inc). La ventaja de desarrollar soluciones en este paquete es que es muy utilizado en nuestro medio, y esto garantiza su disponibilidad para su uso por los estudiantes dentro y fuera de la Universidad.

I. BREVE DESCRIPCIÓN DE QUATTRO-PRO

Quattro-Pro se ubica en la categoría de "Hojas electrónicas", que es un grupo de programas que simulan las hojas tabulares que aún en la actualidad usan los contadores. Contiene una gran cantidad de funciones matemáticas, financieras y científicas, y permite la elaboración de gráficas. Una de las ventajas que tiene este paquete es que permite que se puedan diagramar "plantillas" (en inglés se denominan *Templates*) de cálculo que solamente se rellenan de datos para obtener los resultados deseados.

II. DEFINICIÓN DE FUNCIONES EN QUATTRO-PRO

Debido a que en algunas de las plantillas que se desarrollaron en este trabajo se utilizan funciones, es conveniente una breve descripción de la forma de definir fórmulas en Quattro-Pro.

El contenido de una celda puede ser de uno de los siguientes tipos:

- a) Numérico, cuando el primer carácter es un número o signo (+ -).
- b) Fórmula, cálculo numérico a partir de otros datos.
- c) Texto, secuencia de letras.

1. Operadores aritméticos

Para el caso de las fórmulas, Quattro-Pro reconoce los siguientes operadores aritméticos: adición (+), sustracción (-), producto (*), cociente (/) y potencia (^). Toda operación aritmética debe ser especificada (no se permite definir implícitamente).

2. Funciones

Quattro-Pro posee una gran y diversa batería de funciones aritméticas incluidas. Todas se inician con el símbolo "@", continúan con el nombre de la misma y finalmente los argumentos necesarios en paréntesis. Las más frecuentemente usadas en aplicaciones matemáticas son:

@ABS()	Valor absoluto	@EXP()	Antilogaritmo natural
@LN()	Logaritmo natural	@LOG()	Logaritmo decimal
@PI	Valor de pi	@SQRT()	Raíz cuadrada
@SIN()	Seno	@COS()	Coseno
@TAN()	Tangente	@ATN()	Arcotangente

El valor dentro del paréntesis puede ser un número o bien un valor resultante de la aplicación de una fórmula, lo cual involucra datos que se tienen en cualquiera de las celdas que forman la hoja de trabajo.

Para las funciones: raíz cuadrada, logaritmo y logaritmo natural, el valor que se coloca dentro del paréntesis no puede ser negativo. En el caso de las funciones trigonométricas, el argumento debe expresarse en radianes, o por medio de una expresión que convierta de grados a radianes. Recuerdese que 360 grados equivale a 2π en radianes.

Existe una jerarquía de operación en Quattro-Pro, que es la usual en ciencias de la computación: primero paréntesis, luego funciones, después exponentes y raíces, luego producto y cociente y finalmente adición y sustracción.

3. Ejemplos de funciones convertidas a formato de Quattro-Pro

Suponiendo que el valor de "x" se encuentra en la celda A1

Fórmula:	Codificación en Quattro-Pro
$2x^2+4x-1$	<code>+2*A1^2+4*A1-1</code>
e^{2x-1}	<code>@EXP(2*A1-1)</code>
$(\sin x)/x$	<code>@sin(A1)/A1</code>
$\text{LOG} 4x^2+x^3 $	<code>@LOG(@ABS(4*A1^2+A1^3))</code>

Para una más detallada información al respecto, deberá consultarse el manual del programa.

III. PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS MATEMÁTICOS APLICADOS

1. Solución de sistemas lineales

Se ha aprovechado las funciones MATRIX-INVERT y MATRIX MULTIPLY de Quattro-Pro en este caso.

Sea el Sistema lineal de n ecuaciones y n incógnitas:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

.....

$$a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n = b_n$$

Esto en notación matricial se representa $Ax=b$, donde:

A Es la matriz de coeficientes de las ecuaciones

x Es el vector de incógnitas

b Es el vector de términos independientes

Mediante el método matricial, para resolver el sistema $Ax=b$ se calcula la inversa de A y se multiplica por el vector b para obtener el vector x. Esto es posible y muy fácilmente realizado por Quattro-Pro.

2. Resolución de una ecuación de segundo grado

En este caso, se ha hecho una implementación de la tradicional fórmula de Vieta, que incluye la posibilidad de calcular raíces imaginarias. Por la naturaleza de la ecuación, también se presenta la opción de graficar la función entre dos rangos de valores de x.

3. Integral definida

Se usó el método de Simpson con 20 segmentos, lo cual se considera suficiente para una aplicación normal de integración numérica.

4. Área entre dos gráficas

La plantilla evalúa las funciones, calcula las diferencias entre los resultados valuados para un mismo valor de x , y luego efectúa la integración por el método de Simpson.

5. Longitud de arco

Esta plantilla se implementó usando una suma de Riemann con 1,000 puntos, y para ello se calculan los diferenciales de distancia entre dos puntos, usando la fórmula clásica.

IV. LISTADO DE PLANTILLAS DE TRABAJO DESARROLLADAS

Las plantillas que se desarrollaron están contenidas en los siguientes archivos de Quattro-Pro: (Las hojas de trabajo de este programa siempre llevan la extensión .WQ1, según las reglas del DOS para nombrar archivos)

Nombre:	Propósito:
ECUA-2	Solución de sistemas lineales 2 incógnitas.
ECUA-3	Solución de sistemas lineales 3 incógnitas.
ECUA-4	Solución de sistemas lineales 4 incógnitas.
VIETA	Solución de ecuación de segundo grado.
GRAFICA	Gráfica de funciones.
INTEGRAL	Cálculo de integral definida.
AREA	Área entre dos gráficas.
ARCO	Longitud de arco.

De acuerdo a las reglas del DOS, el nombre del archivo puede escribirse indistintamente en mayúsculas o minúsculas.

V. USO DE LAS PLANTILLAS

El procedimiento general de uso es el siguiente:

a) *Ingresar al programa Quattro-Pro*

Esto puede variar de equipo en equipo, pero la forma más general es ingresar los comandos:

CD \QPRO [ENTER]

Q [ENTER]

b) Cargar el archivo deseado

Hay varias formas de hacerlo en Quattro-Pro.

Deben respetarse las normas del DOS en cuanto a nombres de unidad (A: o B: para diskette, C: o D: para discos).

Ejemplo: [/][FILE][OPEN][ECUA-2][ENTER]

c) Ingresar los datos necesarios, dependiendo de la plantilla que se esté utilizando

A continuación se describe cada una de las plantillas:

1. Resolución de sistemas de ecuaciones

Aparece la pantalla de datos, que tiene una apariencia semejante a la de la Figura 1 (la que se muestra corresponde a ECUA-4). Inicialmente la plantilla contiene ceros.

En las casillas correspondientes se ingresan los valores de los coeficientes. No se deben ingresar comas. Si el valor es negativo, debe ingresarse primero el signo (-). Para ello, se usan las teclas de movimiento de cursor (Flechas), para ubicarse en la celda requerida. Al finalizar de teclear un valor, se oprime [ENTER]. Si hubo errores, se puede usar la tecla [BACKSPACE] para corregir, y si el dato ya se había ingresado, puede escribirse encima del dato para corregirlo.

Quattro Pro 1.0

File Edit Style Graph Print Database Tools Options Window

315: [W6]

1 A B C D E F G H I J

2 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

3 FACULTAD DE AGRONOMIA

4 MACRO PARA RESOLVER SISTEMAS LINEALES CON 4 INCOGNITAS

0	X1	0	X2	0	X3	0	X4=	0
0	X1	0	X2	0	X3	0	X4=	0
0	X1	0	X2	0	X3	0	X4=	0
0	X1	0	X2	0	X3	0	X4=	0

SOLUCION:

X1=	0
X2=	0
X3=	0
X4=	0

ECUA-4.WQ1 [1] 22-Oct-95 01:53 PM CAP NUM READY

Figura 1. Pantalla de datos de resolución de sistemas lineales con cuatro incógnitas.

Cuando ya se han ingresado todos los datos, se oprimen las teclas [ALT][C] y los resultados se muestran en la casilla de solución. Para imprimir los resultados, se usa la secuencia de comandos [SHIFT]-[PRTSCRN].

Para salir del programa: [/][FILE][EXIT]

Cuando aparece la pregunta: Lose your Changes? contestar [YES].

NOTAS

- Si en una ecuación falta una de las incógnitas, se ingresa cero en la casilla correspondiente.
- Si el sistema lineal no tiene solución, aparece el mensaje
ERROR: SINGULAR MATRIX.
En ese caso, debe revisarse si los coeficientes están ingresados correctamente.
- Si la solución es un número muy grande o muy pequeño, Quattro-Pro lo convierte automáticamente a notación científica.
- No se puede garantizar que las plantillas funcionen en otras hojas electrónicas, como EXCEL o LOTUS. Sin embargo, actualmente existe gran compatibilidad entre ellas, especialmente en las versiones para Windows.

EJEMPLO:

Resolver el sistema:

$\begin{aligned} 2x_1 + 3x_2 + x_3 &= 6 \\ x_1 - x_2 - 2x_3 &= 3 \\ x_1 + x_2 + x_3 &= 2 \end{aligned}$

Los coeficientes que se ingresan a la plantilla son:

2	3	1	6
1	-1	-2	3
1	1	1	2

Ingresar los datos en las casillas respectivas como se ilustra en la Figura 2.

Finalmente, al oprimir [ALT][C], deben aparecer en la casilla de solución los siguiente datos:

Solución:

X1=	2
X2=	1
X3=	-1

Quattro Pro 1.0

File Edit Style Graph Print Database Tools Options Window

A16: [W5]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS								
2	FACULTAD DE AGRONOMIA								
3	MACRO PARA RESOLVER SISTEMAS LINEALES CON 3 INCOGNITAS								
4									
5	2	X1	3	X2	1	X3=	6		
6	1	X1	-1	X2	-2	X3=	3		
7	1	X1	1	X2	1	X3=	2		
8									
9									
10	SOLUCION:								
11	X1=	0							
12	X2=	0							
13	X3=	0							
14									
15									
16									

ECUA-3.WQ1 [1] 22-Oct-95 01:58 PM CAP NUM READY

Figura 2. Pantalla de ingreso de datos para resolver sistemas lineales con 3 incógnitas.

2. Resolución de ecuación de segundo grado

En las casillas correspondientes se ingresan los valores de los coeficientes. No se deben ingresar comas. Si el valor es negativo, debe ingresarse primero el signo (-). Para ello, se usan las teclas de movimiento de cursor (Flechas), para ubicarse en la celda requerida. Al finalizar de teclear un valor, se oprime [ENTER]. Si hubo errores, se puede usar la tecla [BACKSPACE] para corregir, y si el dato ya se había ingresado, puede escribirse encima del dato para corregirlo.

Cuando ya se han ingresado todos los datos, se oprimen las teclas [ALT][C] y los resultados se muestran en la casilla de solución. Para imprimir los resultados, se usa la secuencia de comandos [SHIFT]-[PRTSCRN].

Si se desea ver en pantalla la gráfica de la ecuación, se oprimen las teclas [ALT][G], y para imprimir la misma gráfica, se oprimen las teclas [ALT][P].

EJEMPLO:

Resolver la Ecuación: $x^2 + x - 2 = 0$

La pantalla que aparece al usuario se presenta en la Figura 3.

Se ingresan los coeficientes 1, 1 y -2 en las casillas correspondientes, moviéndose en la plantilla con las teclas de movimiento de cursor (flechas). Cuando se han ingresado los datos, se oprime [ALT][C] para

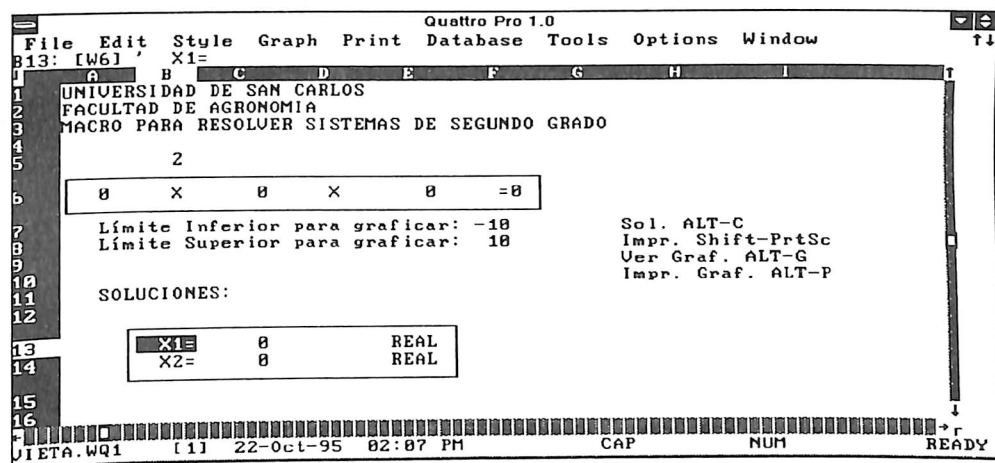


Figura 3. Pantalla de macro para resolver ecuaciones de segundo grado.

calcular la solución. Cuando las soluciones son reales, aparece la palabra “real”; en caso contrario, el programa presenta la parte real y la imaginaria de las soluciones y la palabra “Imaginaria”.

Si se desea graficar en pantalla la ecuación, se ingresan los límites de graficación, tanto inferior como superior y se oprime [ALT][G].

Finalmente, cuando se requiere la impresión de la gráfica, se procede a oprimir las teclas [ALT][P]. En este caso, la impresora debe estar encendida y cargada de papel.

En este ejemplo, las soluciones deben ser 1 y -2, reales. En la Figura 4 se presenta un ejemplo de graficación de ecuación de segundo grado.

3. Gráficas de funciones

La plantilla de gráficas permite al usuario graficar cualquier función continua entre dos valores definidos. Cuando se abre el archivo “GRAFICA.WQ1”, aparece la pantalla de la Figura 5.

El formato de la función se ingresa de acuerdo a lo establecido en la sección 3, usando “A7” como referencia para el valor de “x”. Por ejemplo: (SEN X)/X se codifica: @SIN(A7)/A7.

Adicionalmente, se ingresan los límites para graficar.

Para obtener la gráfica en pantalla, se oprimen las teclas [ALT][G], y para imprimir la gráfica, [ALT][P].

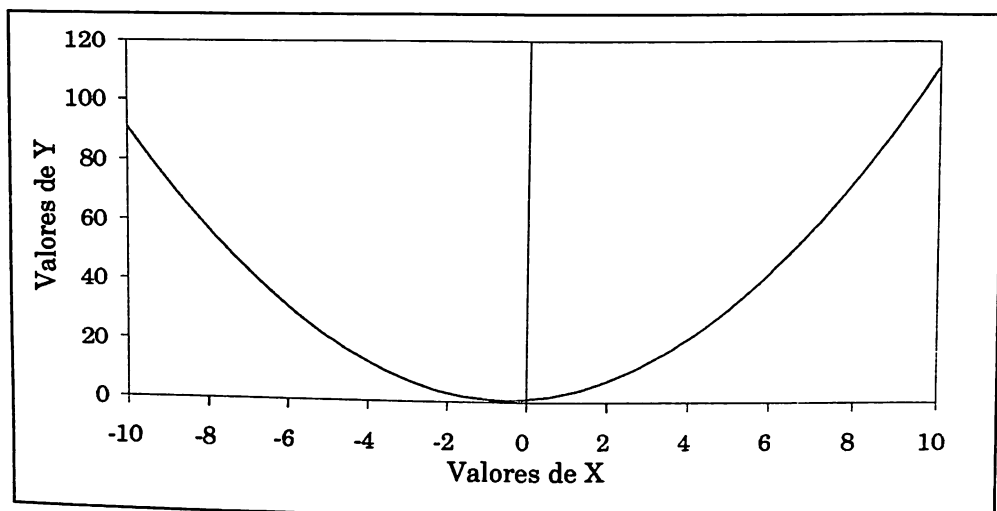


Figura 4. Ejemplo de graficación de ecuación de segundo grado.

Quattro Pro 1.0

File Edit Style Graph Print Database Tools Options Window

C7: [W7]

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS								
2	FACULTAD DE AGRONOMIA								
3	MACRO PARA GRAFICAR FUNCIONES								
4									
5									
6									
7	Ingrese la Función a Graficar								
8	Aquí--> <-- En vez de "x" use A7								
9									
10	Límite Inferior para Graficar: -10								
11	Límite Superior para Graficar: 10								
12									
13	Para Ver la Gráfica en Pantalla --> ALT-G								
14	Para Imprimir Gráfica -----> ALT-P								
15									
16									

GRAFICA.WQ1 [1] 22-Oct-95 02:17 PM NUM READY

Figura 5. Pantalla de ingreso de datos de macro para graficar funciones.

Si se ingresa la función del ejemplo, entre -10 y 10, el programa produce el resultado que se muestra en la Figura 6.

Para salir de esta plantilla, se ingresan los comandos:

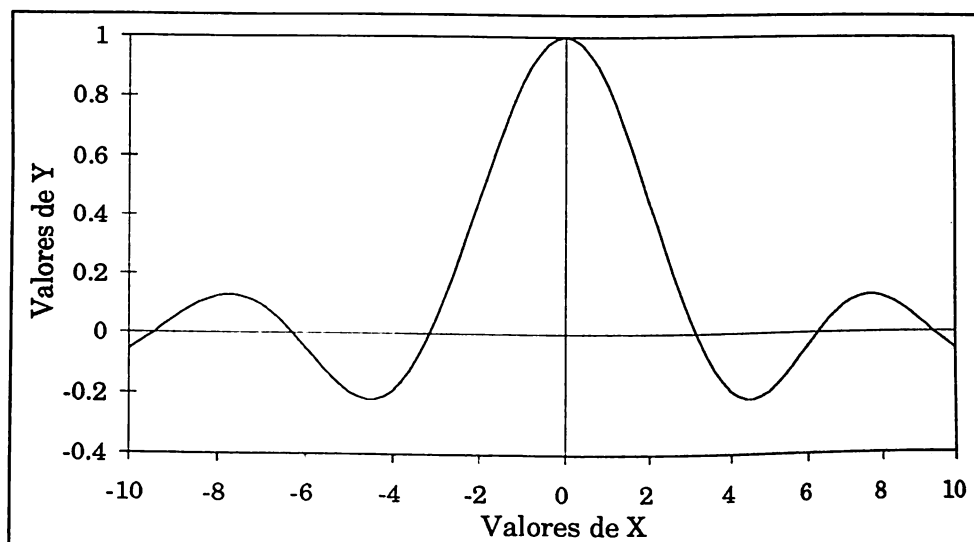


Figura 6. Gráfica de $(\text{Sen } X)/X$, entre -10 y 10.

[/][FILE][CLOSE]. Cuando aparece la pregunta Lose Your changes?, se contesta [YES].

Esta plantilla utiliza la herramienta de graficación de Quattro-Pro.

4. Cálculo de integrales definidas

Al proceder a abrir el archivo respectivo, se obtiene la pantalla de la Figura 7:

El formato de la función se ingresa de acuerdo a lo establecido en la sección 3, usando "B9" como referencia para el valor de "x". Por ejemplo: $3x^2 - x + 1$ se codifica: $+3*B9^2 - B9 + 1$.

Adicionalmente, se ingresan los límites para el cálculo de la integral.

Una vez ingresados estos datos, se oprime [ALT][C] para calcular el área respectiva.

Para obtener la gráfica en pantalla, se oprimen las teclas [ALT][G], y para imprimir la gráfica, [ALT][P].

Si se ingresa la función del ejemplo, entre -2 y 2, el programa produce el resultado que se muestra en la Figura 8.

Para salir de esta plantilla, se ingresan los comandos:

[/][FILE][CLOSE]. Cuando aparece la pregunta Lose Your changes?, se contesta [YES].

Quattro Pro 1.0

File Edit Style Graph Print Database Tools Options Window

F9: [W7]

A B C D E F G H I J

1 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

2 FACULTAD DE AGRONOMIA

3 MACRO PARA CALCULO DE INTEGRALES DEFINIDAS

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

Límite Inferior

Límite Superior

Función:

Integral= 18

<- Ingrese función

<- Resultado

Para Calcular la solución -----> ALT-C

Para Ver la Gráfica en Pantalla -----> ALT-G

Para Imprimir Grafica -----> ALT-P

INTEGRAL.WQ1 [1] 22-Oct-95 02:29 PM

NUM

READY

Figura 7. Pantalla de ingreso de datos de macro para cálculo de integrales definidas.

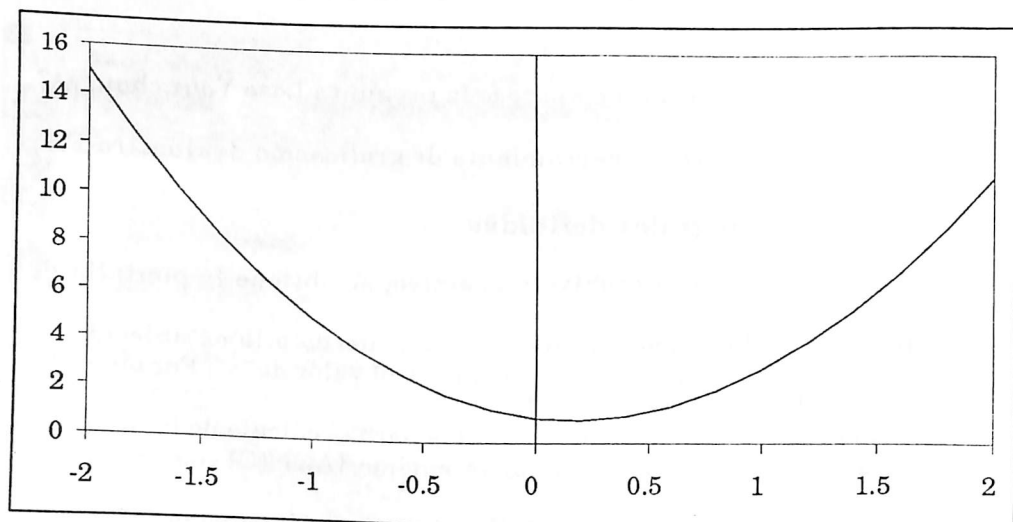


Figura 8. Integral de $3x^2 - x + 1$, entre -2 y 2.

5. Cálculo de área entre dos gráficas

Esta plantilla permite al usuario graficar y calcular el área entre dos valores para dos funciones continuas. Cuando se abre el archivo "AREA.WQ1", aparece la siguiente pantalla:

Quattro Pro 1.0
File Edit Style Graph Print Database Tools Options Window

BB: [WB]

1 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
2 FACULTAD DE AGRONOMIA
3 MACRO PARA CALCULO DE AREA ENTRE DOS GRAFICAS
4
5

6 Límite Inferior 8
7 Límite Superior 1
8 Primera Función B8 <- Use "B8" para "x"
9 Segunda Función B9 <- Use "B9" para "x"
10 Area= 18 <- Resultado

11

12 Para Calcular la solución -----> ALT-C
13 Para Uer la Gráfica en Pantalla -----> ALT-G
14 Para Imprimir Grafica -----> ALT-P

15
16

AREA.WQ1 11 22-Oct-95 02:36 PM NUM READY

Figura 9. Pantalla de ingreso de datos de macro para cálculo de área entre dos gráficos.

El formato de las funciones se ingresa de acuerdo a lo establecido en la sección 3, usando "B8" y "B9" como referencia para el valor de "x". Por ejemplo: Para calcular el área entre $f(x)=x^2$ y $g(x)=x^{1/2}$, debe codificarse: +B8^2 para la primera y @SQRT(B9) para la segunda.

Adicionalmente, se ingresan los límites para el cálculo de las áreas.

Una vez ingresados estos datos, se oprime [ALT][C] para calcular el área respectiva.

Para obtener la gráfica en pantalla, se oprimen las teclas [ALT][G], y para imprimir la gráfica, [ALT][P].

Si se ingresa la función del ejemplo, entre 0 y 1, el programa produce el resultado que se muestra en la Figura 10.

Los límites de integración deben ser definidos por el usuario. El programa no distingue áreas bajo el eje x (negativas), por lo que en caso de tenerse gráficas complejas, debe integrarse por sectores.

Para salir de esta plantilla, se ingresan los comandos:

[/][FILE][CLOSE]. Cuando aparece la pregunta Lose Your Changes?, se contesta [YES].

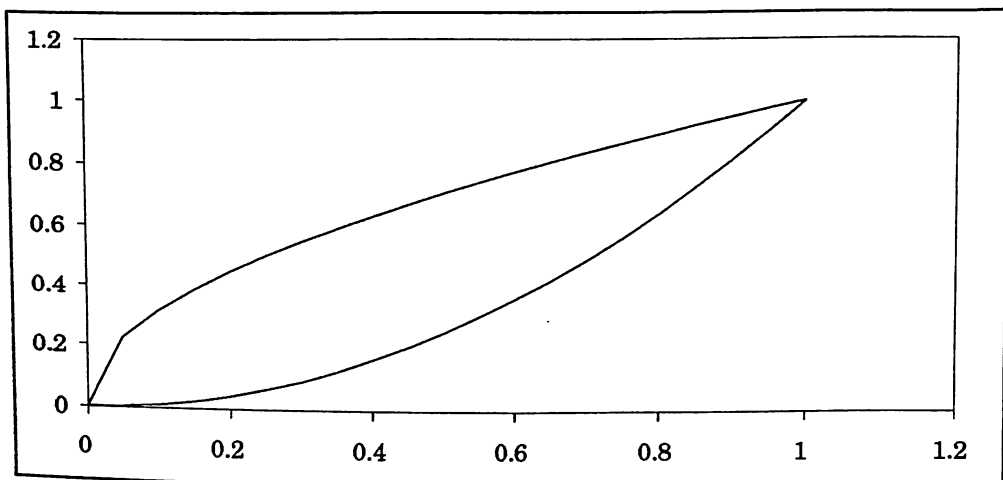


Figura 10. Área entre $f(x) = x^2$ y $g(x) = x^{1/2}$, de 0 a 1.

6. CÁLCULO DE LONGITUD DE ARCO DE FUNCIONES ALISADAS

En esta plantilla se ha implementado el método de Sumas de Riemann con 1,000 puntos para efectuar el cálculo de la longitud del arco comprendido entre los límites. Se considera que el resultado es exacto si la distancia entre límites no es muy grande. Usualmente en ejercicios y tareas se pide calcular arcos con distancias menores a 10 unidades. La gran ventaja de este método es que no es necesario resolver la integral, la cual generalmente requiere métodos avanzados de integración.

La plantilla está contenida en un archivo llamado "ARCO.WQ1". Al ser abierto el archivo, la pantalla que se presenta al usuario es la ilustrada en la Figura 11:

El formato de la función se ingresa de acuerdo a lo establecido en la sección 3, usando "B9" como referencia para el valor de "x". Por ejemplo: $3x^2 - x + 1$ se codifica $+3*B9^2 - B9 + 1$.

Adicionalmente, se ingresan los límites para el cálculo de la longitud, ejemplo 1 y 2.

Una vez ingresados estos datos, se oprime [ALT][C] para calcular el resultado respectivo.

Para obtener la gráfica en pantalla, se oprimen las teclas [ALT][G], y para imprimir la gráfica, [ALT][P].

Si se ingresa la función del ejemplo, entre 1 y 2, el programa produce el resultado que se muestra en la Figura 12.

Quattro Pro 1.0
File Edit Style Graph Print Database Tools Options Window

B9: [W8]

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE AGRONOMIA
MACRO PARA CALCULO DE LONGITUD DE ARCO

Límite Inferior	0
Límite Superior	1
Función	
Longitud=	10

<- Use "B9" para "x"
<- Resultado

Para Calcular la solución -----> ALT-C
Para Ver la Gráfica en Pantalla -----> ALT-G
Para Imprimir Grafica -----> ALT-P

ARCO.WQ1 (11 22-Oct-95 02:39 PM NUM READY

Figura 11. Pantalla de ingreso de datos de macro para cálculo de longitud de arco.

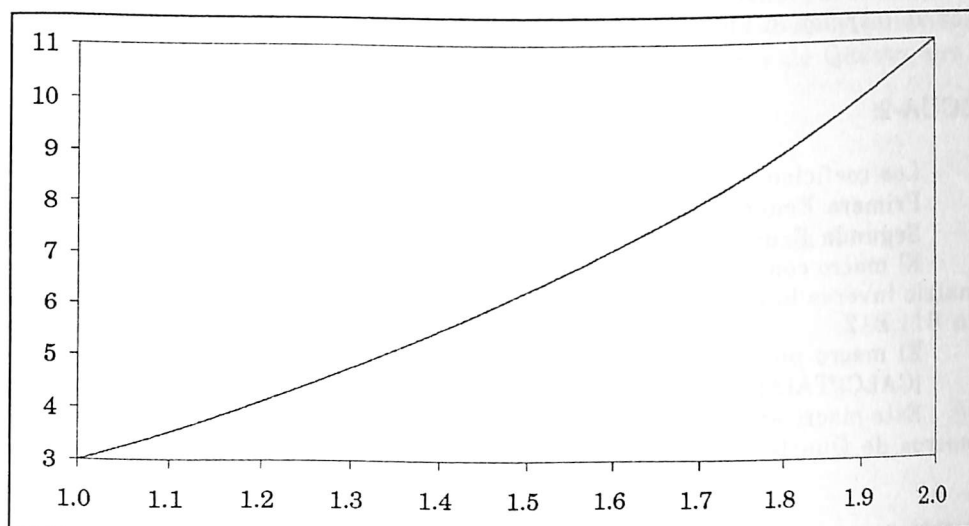


Figura 12. Longitud de arco de $3x^2 - x + 1$, entre 1 y 2.

Debido a la implementación de este método, el archivo "ARCO.WQ1" ocupa 278 kilobytes de espacio, por lo que si se va a copiar en diskettes de poca capacidad debe tenerse en cuenta esto.

Finalmente, todas las plantillas desarrolladas están disponibles sin costo alguno en la Subárea de Matemática y Física de la Facultad de Agronomía USAC, Salón A-21, Edificio T-8. Se requiere presentar diskettes de 3.5 ó 5.25 pulgadas de doble o alta densidad.

ANEXO: DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTILLAS QUE SE DESARROLLARON

En caso de que un lector desee escribir las plantillas, a continuación se presenta la información más importante de cada una de ellas. Debe tomarse en cuenta que es necesario en cada una utilizar el editor de macros de Quattro-Pro para definir los macros. Si el lector no está familiarizado con esto, deberá consultar el manual del programa.

Por otra parte, para facilitar el uso de los mismos, existe texto en el marco de la plantilla, el cual debe ingresarse, dejando libres las celdas que se mencionan en cada plantilla, donde irán los datos.

ECUA-2:

Los coeficientes se ingresan así:

Primera Ecuación: A7, C7, E7

Segunda Ecuación: A8, C8, E8

El macro construye una matriz en A26..B27 con los coeficientes, la matriz inversa la genera en A29..B30 y los resultados finales los coloca en B11..B12

El macro para el cálculo de soluciones ("C") es:

{CALC}/TAIA26..B27~A29~/TAMA29..B30~E7..E8~B11..B12{HOME}

Este macro se tiene en la celda A33 y se define con el generador de macros de Quattro-pro

ECUA-3:

Los coeficientes se ingresan así:

Primera Ecuación: A7, C7, E7, G7

Segunda Ecuación: A8, C8, E8, G8

Tercera Ecuación: A9, C9, E9, G9

El macro construye una matriz en A26..C29 con los coeficientes, la matriz inversa la genera en A31..C33 y los resultados finales los coloca en B12..B14

El macro para el cálculo de soluciones ("C") es:

{CALC}/TAIA27..C29~A31~/TAMA31..C33~G7..G9~B12..B14{HOME}

Este macro se define con el generador de macros de Quattro-pro

ECUA-4:

Los coeficientes se ingresan así:

Primera Ecuación: A7, C7, E7, G7, I7

Segunda Ecuación: A8, C8, E8, G8, I8

Tercera Ecuación: A9, C9, E9, G9, I9

Cuarta Ecuación: A10, C10, E10, G10, I10

El macro construye una matriz en A26..D29 con los coeficientes, la matriz inversa la genera en A31..D34 y los resultados finales los coloca en B12..B15.

El macro para el cálculo de soluciones ("C") es:

{CALC}/TAIA26..D29~A31~/TAMA31..D34~I7..I10~B12..B15{HOME}

Este macro se define con el generador de macros de Quattro-pro

VIETA:

Los datos de la ecuación se ingresan así:

Coeficiente "a" en A7, Coeficiente "b" en C7 y "c" en E7
los contenidos de las celdas son como sigue:

A24: (F11-F10)/100

A26: +F10

A27: +A26+\$A\$24

DE A27..A126 Copiar la fórmula de A27

G28: $C7^2 - 4 * A7 * E7$

G30: $(-C7 + @SQRT(G28)) / (2 * A7)$

G31: $(-C7 - @SQRT(G28)) / (2 * A7)$

G33: $-C7 / (2 * A7)$

H33: $@SQRT(@ABS(G28)) / (2 * A7)$

G34: $-C7 / (2 * A7)$

H34: $-@SQRT(@ABS(G28)) / (2 * A7)$

C26: $(\$A\$7 * A26^2) + (\$C\$7 * A26) + \$E\$7$

DE C27..C126 Copiar la fórmula de C26

C14: @IF(G28<0,G33,G30)

C15: @IF(G28<0,G34,G31)

E14: @IF(G28<0,H33,"REAL")

E15: @IF(G28<0,H34,"REAL")

F14: @IF(G28<0,"IMAGINARIO"," ")

F15: @IF(G28<0,"IMAGINARIO"," ")

El Macro "C" (que se activa con ALT-C) es: {calc}

El Macro "G" (que se activa con ALT-G) es: {graph}

El Macro "P" (que se activa con ALT-P) es: {/ GraphPrint;Go}

los parámetros que se definen para crear la gráfica son:

Tipo : xy

Rango X: A26..A126

Rango Y: C26..C126

Los macros deben definirse usando el editor de macros de Quattro-Pro.

GRAFICA:

Los datos se ingresan de la siguiente manera:

Función a graficar: B7

Límite inferior : F9

Límite superior : F10

El contenido de las celdas es el siguiente:

A23: (F10-F9)/100

A25: +F9

A26: +F9+\$A\$23

DE A27..A125 Copiar la fórmula de A26

B25..B125 es generado por el macro

El macro "G" (que se activa con ALT-G) es:

{CALC}/ECB7~B25..B125~{GRAPH}

El macro "P" (que se activa con ALT-P) es: {/ GraphPrint;Go}

Deben definirse para la gráfica los siguientes parámetros:

Tipo : xy

Rango x : A25..A125

Primera Serie: B25..B125

INTEGRAL:

Los datos se ingresan como sigue:

Límite inferior: C6
 Límite superior: C7
 Función : C9

El contenido de las celdas es el siguiente:

C10: @SUM(E21..E41)*((C7-C6)/3*20)
 A21..A41: Valores de 0 hasta 20
 C43: @ABS(C7-C6)/20
 B21: +C6
 B22: +B21+\$C\$43
 B23..B41 Copiar la fórmula de B22
 C21..C41 Es generado por el macro
 D21..D41 Coeficientes de Simpson: 1,4,2,4,2,4,2.....4,1
 El primero y el último son uno , el segundo y el
 penúltimo son cuatro
 E21: +C21*D21
 E22..E41 Copiar la fórmula de E21
 El Macro "C" (que se activa con ALT-C) es:
 /ECC9~C21..C41~{CALC}{HOME}
 El Macro "G" (que se activa con ALT-G) es: {Graph}
 El Macro "P" (que se activa con ALT-P) es: {/ GraphPrint;Go}
 Los parámetros que se definen para la gráfica son:
 Tipo :xy
 Rango x :B21..B41
 Primera Serie :C21..C41

ARCO:

Los datos se ingresan en las siguientes localidades:

Límite inferior: C6
 Límite superior: C7
 Función : C9

El contenido de las celdas se describe a continuación:

C10: @SUM(C23..C1022)
 A20: (C7-C6)/1000
 A22: +C6
 A23: +A22+\$A\$20
 DE A23..A1022 Copiar fórmula de A23
 DE B22..B1022 Es generado por el Macro "C"
 C23: @SQRT(((A23-A22)^62)+(B23-B22)^2))
 DE C24..C1022 Copiar la fórmula de C23

El Macro "C" (que se activa con ALT-C) es:

/ECC9~B22..B1022~{CALC}

El Macro "G" (que se activa con ALT-G) es: {GRAPH}

El Macro "P" (que se activa con ALT-P) es: {/ GraphPrint;Go}

las especificaciones que se dan para la gráfica son:

Tipo : xy

Rango x : A22..A1022

Primera Serie: B22..B1022

AREA:

Los Datos se ingresan de la siguiente manera:

Límite inferior C6

Límite superior C7

Primera Función C8

Segunda Función C9

Los contenidos de las celdas son:

C10: @SUM(E21..E41)*((C7-C6)/(3*20))

C43: @ABS(C7-C6)/20

DE A21..A41 Valores de 0-20

B21: +C6

B22: +B1+\$C\$43

DE B23..B41 Copiar fórmula de B22

DE C21..C41 es generado por el macro "C"

DE D21..D41 Coeficientes Simpson (1,4,2,4,2,4,2.....4,1)

E21: +D21*H21

DE E22..E41 Copiar la fórmula de E21

F21: +B21

DE F22..F41 Copiar la fórmula de F21

DE G21..G41 Es generado por el macro "C"

H21: +C21-G21

DE H22..H41 Copiar la fórmula de H21

El Macro "C" (que se activa con ALT-C) es:

/CC8~C21..C41~/CC9~G21..G41~{CALC}{HOME}

El Macro "G" (que se activa con ALT-G) es: {GRAPH}

El Macro "P" (que se activa con ALT-P) es: {/ GraphPrint;Go}

Se deben dar las siguientes especificaciones para la gráfica:

Tipo : xy

Rango x : B21..B41

Primera Serie: C21..C41

Segunda Serie: G21..G41

DESARROLLO FORESTAL

SÍNTESIS HISTÓRICA DE LA DEFORESTACIÓN EN GUATEMALA PERSPECTIVAS PARA EL NUEVO SIGLO

Claudio Cabrera Gaillard



Resumen

El presente ensayo trata de resumir los principales rasgos de los procesos de conversión de los ecosistemas forestales en agroecosistemas, desde la época de los mayas hasta nuestros días, tratando de identificar el escenario con mayores posibilidades en el nuevo siglo.

De hecho, los procesos de deforestación se diferencian en cuatro fases espacio-temporales bien determinadas: a) los mayas en las tierras bajas del Norte; b) los ecosistemas de montaña, de la conquista a principios del siglo XXI; c) la costa Pacífica, de 1920 a 1970; y d) a partir de 1970, de vuelta a las tierras bajas del Norte.

Se concluye identificando dos elementos que han sido determinantes en la deforestación: a) la política agraria, donde el Estado ha impulsado la conversión de los ecosistemas naturales en agricultura y ganadería y; b) nuestra visión agropecuaria, de concebir a las tierras con bosque como reservas de tierras agrícolas y no como oportunidades de desarrollo económico y social a partir de las actividades forestales.

Por último, el escenario futuro de la deforestación se encuentra determinado en cierta medida por la coyuntura económica (debilidad del Estado), en donde las fincas privadas sin ocupación y las áreas protegidas del Petén son los territorios más expuestas a la deforestación en el siglo XXI.

INTRODUCCIÓN

La deforestación¹ en Guatemala es un tema de actualidad. Sin embargo, los procesos de transformación de los ecosistemas forestales originales a sistemas de producción agrícola y pecuarios se inician en la región, hace más de seis mil años.

El origen de la palabra Guatemala proviene de "Quauhtemalan" que en Nahuatl (Nahuatl) significa "Tierra de árboles". Según algunos investigadores "quauhtemalan" fue una traducción de la palabra "quiché" (qui; muchos, ché; árboles) que hicieran los indígenas nahuatl, provenientes del actual territorio mexicano, al acompañar a Pedro de Alvarado [Cabrera, 1991].

Por las características ecológicas del país, se estima que solamente la zona de vida Monte Espinoso Subtropical² no poseía cubierta forestal en el momento de la llegada de los primeros pobladores al área, hace más de 10 mil años. Esto significa que en esa época la cubierta forestal del país superaba los 107,961 Km², es decir, el 99.1% del actual territorio nacional.

El presente ensayo trata de resumir los principales rasgos de los procesos de conversión de los ecosistemas forestales en agroecosistemas. Se parte de la hipótesis de que la deforestación en el país no es un fenómeno nuevo, sino todo lo contrario, y que presenta características espacio-temporales bien definidas.

El objetivo fundamental del trabajo es contribuir al conocimiento de la historia de la relación hombre-naturaleza en el país e identificar cuales podrían ser los posibles escenarios en el futuro inmediato.

I. LOS MAYAS Y LOS ECOSISTEMAS DE LAS TIERRAS BAJAS DEL NORTE

Se cree que los primeros habitantes de las Américas vinieron de Asia durante el período glacial cuando el descenso en el nivel del mar

1. El término deforestación es un anglicismo (*deforestation*) corresponde a "desmonte" en castellano. Puede aparecer en algunos diccionarios especializados como deforestación, desforestación o despoblación. La deforestación o el desmonte es la acción de talar un bosque, de destruirlo [Cabrera, 1991].
2. La zona de vida Monte Espinoso Subtropical es una de las 14 zonas que tiene el país según la clasificación de L. Holdridge. El Monte Espinoso Subtropical está constituido por arbustos y plantas espinosas de pequeño tamaño (de ahí su denominación de "monte") y ocupa 928 Km² del territorio nacional [De La Cruz, 1982].

conectó los continentes; éstos formaban pequeñas bandas móviles (cazadores-pescadores-colectores): grupos constituidos por unas cuantas familias emparentadas unas con otras que se movían a través del territorio para poder aprovechar la disponibilidad de plantas y animales silvestres durante la estación. Tales bandas, que preferían utensilios livianos para usos múltiples y campamentos de corta duración con resguardos temporales, no dejan restos arqueológicos llamativos, así que no hay razón para suponer que las bandas, que vivían en el occidente de Mesoamérica y parte de Centroamérica no mucho después de hace 10 mil años, fueran las primeras en arribar, especialmente si se considera que otros grupos aparentemente habían alcanzado Suramérica mucho antes de aquella fecha [FLACSO, 1994].

Se debe partir de la idea de que durante el 99% de la historia de la humanidad, el hombre ha sido colector-pescador-cazador y no es hasta hace unos 10 mil años que aparece la agricultura en el mundo y con ello el inicio de la transformación de los ecosistemas naturales.

El tránsito de la sociedad recolectora a la sociedad agrícola registrado en Europa y Asia en el año 10000 a.c. y en América hacia el año 4000 a.c. —aproximadamente— significó el comienzo de la alteración de los ecosistemas. La revolución “Neolítica” o la “revolución en la producción de alimentos” —como dice Gordon Childe— tuvo una incidencia importante en la producción y consumo de energía [Vitale, 1983].

Aunque los restos de las primeras bandas en el mundo maya son escasos y las indicaciones directas de sus estrategias para la subsistencia virtualmente no existen, la evidencia arrojada por el polen sugiere que la tala del bosque para el cultivo del maíz utilizando roza de las parcelas se había expandido antes del 3000 a.c., aunque sin duda como complemento de la recolección [FLACSO, 1994].

Existen evidencias de que un fuerte contingente de población maya se encontraba en el período clásico establecida en las tierras bajas del norte de Guatemala. Estas áreas que originalmente poseían bosques tropicales húmedos, poseen dos características desde la perspectiva productiva:

- a) la concentración de la mayor parte de los nutrientes se encuentra en la biomasa —vegetación exclusivamente—;
- b) la existencia de continuo reciclaje de nutrientes del suelo hacia la biomasa.

De ahí que la eliminación de la biomasa, la sustitución del bosque por otro sistema, sin medidas correctivas provoque la caída de la fertilidad y la pérdida de la capacidad productiva de estos ecosistemas.

Estas características de los ecosistemas naturales condujeron a los mayas a la realización de agricultura migratoria, técnica en la cual el

agricultor va cambiando de parcela cada cierto tiempo, avanzando sobre las áreas forestales.

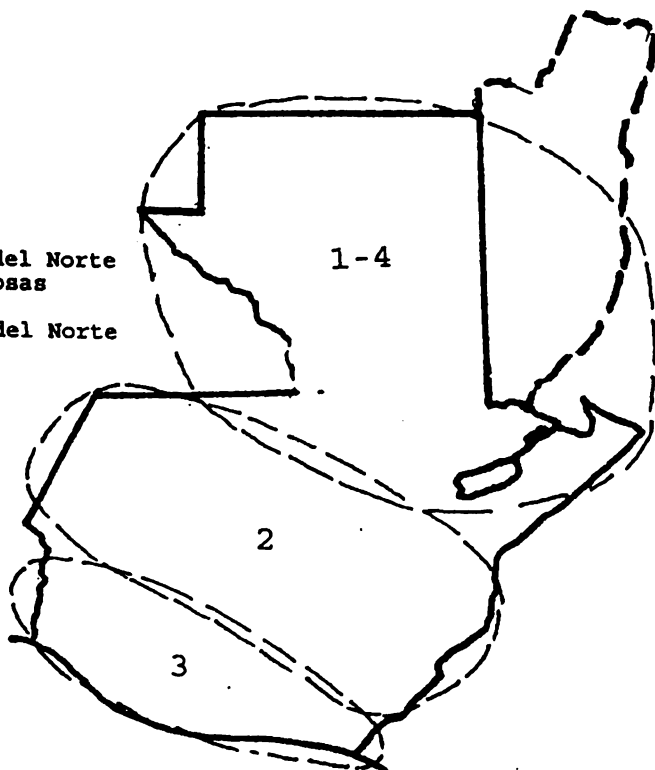
La agricultura migratoria se basa en:

- a) la selección de un área, prioritariamente plana, con cubierta de bosque maduro;
- b) la quema y posteriormente la tumba del bosque original;
- c) la siembra de maíz y frijol (una o dos cosechas por año) combinadas con ayote, durante dos o tres años como máximo en la misma parcela;
- d) el abandono de la parcela sembrada y, por último;
- e) la búsqueda de otra parcela con bosque, reiniciando el proceso.

Según Gutelman [1989], en estos ecosistemas los árboles son la

Figura 1
MAPA DE LAS FASES ESPACIO-TEMPORALES
DE HISTORIA DE AL DEFORESTACIÓN EN GUATEMALA

1. Tierras Bajas del Norte
2. Tierras Montañosas
3. Costa Pacífica
4. Tierras Bajas del Norte



verdadera fuente de enriquecimiento de los suelos; incorporando por sus raíces los minerales del subsuelo, los llevan a la superficie de los suelos en forma orgánica (hojas, ramas y troncos), en donde se vuelven accesibles a las plantas por mineralización, sobre todo después de la quema.

Existen evidencias de que en la región también se practicó la agricultura más intensiva y menos consumidora de espacio con sistemas de riego y abonos verdes, además Nicolo Gligo también menciona la existencia de la cultura silvícola maya. Sin embargo, cualesquiera que sean los sistemas de producción agrícola iniciados (extensivos o intensivos) en el Neolítico Mesoamericano, éstos fueron necesariamente incompatibles con los ecosistemas forestales originales, lo que supone que los mismos causaron una deforestación en la región de las tierras bajas del norte de Guatemala.

A pesar de que algunos historiadores afirman la importancia del comercio como un medio de vida de las poblaciones mayas en esa época (preclásico y clásico), los alcances en infraestructura —sobre todo arquitectónicos (hoy arqueológicos)—, presupone una inversión en mano de obra no agrícola que tenía que ser alimentada, para lo cual era necesario dedicar grandes áreas a la producción agrícola en la zona.

Es ésta, entonces, la primera fase de la deforestación del país y se encuentra vinculada temporalmente a los mayas y espacialmente a las tierras bajas del norte de Guatemala: nos referimos a la Franja Transversal del Norte y el departamento de Petén (ver Figura 1).

II. LAS ZONAS MONTAÑOSAS, DE LA COLONIA A PRINCIPIOS DEL SIGLO XX

Existen varias hipótesis sobre el abandono³ de las tierras bajas del norte antes de la llegada de los europeos al territorio que hoy ocupa Guatemala. Las que parecen ser más razonables, son las que explican el fenómeno de manera multicausal, con un eje principal sociopolítico.⁴

-
3. Este “abandono” de más de 500 años permitió que las tierras bajas del norte se recolonizaran con la vegetación nativa, en un proceso de sucesión ecológica, hasta constituirse en bosques maduros, que inclusive sepultaron bajo sus raíces los centros urbanos más importantes de la cultura maya.
 4. Los tres ejes principales del colapso sociopolítico pueden ser: limitaciones ambientales de las tierras bajas del norte, sobrepoblación y la incursión de los toltecas, como plantea Sabloff [1995], pero también habría que agregar la crisis política de los Estados-Nación producto del usufructo del poder por la élite religioso-militar.

Sin embargo, sí está comprobado que a la llegada de los españoles existía un abandono relativo de la antigua zona deforestada, las tierras bajas del norte. Esta zona quedó habitada por pequeños grupos de tres etnias; los lacandones —en etapa de transición entre colectores y agricultores— en la Sierra del Lacandón; los itzaes, alrededor de lago Itzamná (Petén Itzá) y los mopán cerca de lo que hoy es San Luis Petén.

1. Los indígenas en las montañas

A la llegada de los españoles a las zonas de montaña de Guatemala, éstas se encontraban habitadas por poblaciones nativas cuyo origen es actualmente objeto de debate de la antropología y la historia. Algunos afirman que estos grupos fueron los descendientes de los mayas que migraron en el inicio del posclásico hacia las zonas de montaña. Por esta razón las poblaciones indígenas del país han decidido autodenominarse *Nación Maya*.

Sin embargo, otro grupo de investigadores sostienen la hipótesis de que las poblaciones de amerindios existentes en la zona montañosa a la venida de los españoles fueron migraciones de grupos toltecas provenientes del norte del territorio que hoy ocupan los Estados Unidos Mexicanos. Cualquiera que haya sido el origen de estas poblaciones éstas también practicaban la agricultura, la cual era menos golosa en cuanto a consumo del espacio. Se puede afirmar que existieron dos factores que definieron una agricultura menos extensiva en las zonas montañosas:

- a) El tipo de suelos, relativamente fértiles, determinados en primera instancia por su génesis volcánica, que los hace poseedores de ciertos macronutrientes en disponibilidad inmediata para las plantas; y en segunda instancia los climas de altura, con bajas temperaturas en la época fría que permiten una mineralización más rápida de los suelos y una acumulación de nutrientes en el suelo y no en la vegetación, como pasa en los ecosistemas de baja altitud.
- b) La existencia de valles intermontanos de origen aluvial, que determina la posibilidad de realizar agricultura en zonas de vocación agrícola con rendimiento sostenido.

De esa manera la implementación de sistemas de producción agrícola contaría con características benéficas para el bosque en esa época: suelos relativamente fértiles que no pierden su capacidad productiva. En estos suelos la destrucción de los bosques para dedicarlos a las actividades agrícolas no provoca la pérdida de su capacidad productiva, lo que permitía la realización de agricultura sedentaria, menos consumidora de espacio.

Se asegura que fueron estos valles los que se incorporaron a la agricultura (deforestados), basándose en el concepto de renta diferencial propuesto por David Ricardo en 1815 [Ruff, 1987]. Dicho autor afirma

que en una región determinada las mejores tierras van a ser incorporadas a la agricultura en un inicio. Seguidamente las poblaciones incorporarían las tierras de menor calidad y más alejadas.

A pesar de que la realidad del posclásico maya no debe ser analizada bajo la lupa de la economía mercantil, tampoco se puede afirmar de manera categórica que la agricultura de ese entonces era esencialmente agricultura campesina,⁵ conociendo la tradición comercial del pueblo maya.

Aunque no se tienen cifras exactas sobre el índice de deforestación en esta época, se estima que en esta primera fase la deforestación se realizó en los valles intermontanos (como por ejemplo Patzicía, el valle de Chimaltenango, valle de San Jerónimo), quedando las zonas montañosas cubiertas de bosque.

2. La colonia y la incorporación de las tierras de ladera

La relativa ausencia de metales preciosos en el área que actualmente ocupa Guatemala llevó a que la jerarquía colonial centrara su atención en las actividades agrarias para lograr la acumulación de capital, mediante la concentración de la tierra y la explotación de la fuerza de trabajo.

Aunado a esto, el proceso social colonial se determinó por los protagonistas de dos culturas diferentes pero con algunas características en común. Los migrantes españoles y las poblaciones indígenas se encontraron con dos elementos en común: culturas eminentemente agrícolas (a pesar de pertenecer a contextos ecológicos distintos) y profundamente no forestales, lo que significó una concordancia mínima para la "convivencia" social en ese momento. Evidentemente los fines de la producción agropecuaria de unos y de otros eran diferentes: individualismo con fines de acumulación de capital en el caso de los españoles contra colectivismo y autoconsumo (y en menor grado comercio) para los indígenas.

Invadido en 1513, el pueblo maya sufre el despojo de sus tierras, las cuales pasan bajo el dominio absoluto del Rey de España. Luego, éste y únicamente éste queda en potestad de concederla. Se da una profunda

5. Se define la agricultura campesina como aquella fundamentalmente orientada al autoconsumo (es decir a la reproducción de los mismos productores) aunque una parte de la producción se destine a su venta en el mercado. Constituye, pues, una economía en la que hay un predominio relativo del valor de uso sobre el valor de cambio. A este rasgo fundamental se le agregan otros, como el nivel poco tecnificado de sus procesos productivos, su tendencia a no comprar ni vender fuerza de trabajo, y el carácter casi siempre familiar o comunitario de sus relaciones sociales [Toledo *et. al.*, 1991].

ruptura de la trama del proceso de desarrollo histórico-natural del pueblo maya [Cas, 1992].

Inicialmente el proceso de la colonia significó cambios en la estructura de tenencia de la tierra de las zonas de altura. Estos cambios consistieron en la apropiación de la mejores tierras por parte de los colonizadores y la consecuente expulsión a otras tierras de las poblaciones indígenas. Estos procesos de expulsión conllevaron al inicio de la incorporación de las tierras de ladera por parte de las poblaciones indígenas y un aumento de la deforestación. Con el agravante que siendo éstas tierras de ladera no era posible la realización de agricultura sedentaria debido esencialmente a problemas de erosión determinados por las empinadas pendientes de dichas tierras.

Esto condujo a un aumento de la deforestación con sistemas de producción agrícola migratoria. Por otro lado, la producción agrícola tuvo que aumentar, y con ella el avance de la frontera agrícola, debido a:

- a) aumento de la población, producto del aumento de la población maya y la inmigración española; y
- b) la necesidad de crear un excedente de producción con el objeto de pagar el tributo a la corona.

3. La Reforma Liberal y las tierras comunales

La Reforma Liberal hacia fines del siglo XIX adoptó una política que buscaba insertar a Guatemala en la economía mundial a través del cultivo, producción y exportación del café. Para fomentar esta producción el gobierno de Justo Rufino Barrios estableció una política agropecuaria basada en el Censo Enfitéutico y sustentada en cinco factores:

- a) cambio de la estructura agraria en las zonas con potencial productivo cafetalero, poniendo a disponibilidad tierras comunales y estatales para inversionistas nacionales y extranjeros;
 - b) créditos para la producción agrícola;
 - c) búsqueda y negociación de mercados para café;
 - d) un instrumento legal que garantizara la disponibilidad de mano de obra para la producción de café, denominado "Reglamento de jornaleros"⁶. Este último obligaba a los campesinos minifundistas principalmente indígenas a trabajar temporalmente en la cosecha de café;
-
6. La atención del Gobierno estaba centrada en la producción de café en grandes cantidades, ya que era el producto agrícola que ofrecía mejores perspectivas económicas al país y faltando mano de obra procura, entonces, el desmantelamiento de los terrenos comunales de los pueblos indígenas, para luego

- e) por último, el gobierno liberal incentivó la inmigración europea, bajo el supuesto de la "inferioridad" de la civilización autóctona; lo cual dio origen al enclave cafetalero alemán en Guatemala.

El 8 de enero de 1877 el Gobierno Liberal de Justo Rufino Barrios emite el Decreto No. 170 que ordena la enajenación de los terrenos municipales y comunales, tal como se establece en los artículos 6 y 13 de dicho Decreto, cuyo fin primordial era "el fraccionamiento de la propiedad en pequeños lotes para hacer más productivos los terrenos poseídos y cultivados en común" [Méndez M., citado por Cas, 1992].

Como resultado de esta política se incorporan a la producción agrícola las tierras aptas para la producción cafetalera principalmente en dos regiones; primero en la bocacosta del Pacífico con inversionistas nacionales y segundo en la vertiente norte de la cuenca del río Polochic (Alta Verapaz) con inversionistas extranjeros, principalmente alemanes. Según Cambranes [1992] los alemanes llegaron a concentrar en sus manos tres cuartas partes de los 8,700 Km² del antiguo territorio departamental de Alta Verapaz, lo que equivale a 6,525 Km², es decir el 6% del actual territorio del país.

Se estima⁷ que el área incorporada a la producción cafetalera era para 1900, incluyendo la producción alemana, de 10,240 Km², es decir el 9.4% del actual territorio nacional. Los procesos de sustitución del bosque natural para cultivo del café, son la última etapa de la deforestación en los suelos de montaña.

Se hace necesario agregar que en esta época se expropia un gran contingente de tierras comunales de los indígenas⁸ que habían sido conservadas con cubierta forestal durante varios siglos. Además también surgen procesos de deforestación —menos significativos— por la construcción de la líneas férreas, tierras cedidas por los gobiernos liberales.

condenar a los nativos al trabajo en las grandes haciendas. Esta intención política se pone en vigor a través del Reglamento de Jornaleros, contenido en el Decreto No. 177 de fecha 3 de abril de 1877, disposición legal que regula el trabajo forzoso y gratuito.

7. Estimación cartográfica para el presente documento.
8. Para 1952 la Dirección General de Estadística reportó que un total de 394,500ha estaban en propiedad comunal. A partir de ese estudio, no existe otro registro actualizado sobre la situación de las tierras comunales [Elías, 1992].

III. LA COSTA DEL PACÍFICO Y LA AGROEXPORTACIÓN

Las evidencias de la existencia de exuberantes selvas tropicales en la costa del Pacífico es comúnmente relatada por nuestros padres, pero nuestra generación ya no conoció dichos ecosistemas. Dichas evidencias se encuentran plasmadas en la literatura contemporánea que se ocupó de relatar los acontecimientos más importantes de la región (p.e. *El Tigre* de Flavio Herrera) en esa época.

La tercera fase espacio-temporal de la deforestación en el país se realizó en la costa pacífica (también denominada costa sur) y se encuentra determinada por varios procesos socio-políticos; inicialmente la exportación de banano vinculada a la United Fruit Company (UFCO), luego la "diversificación de las exportaciones" algodón, caña y ganado, posteriormente el Decreto 900 como instrumento de la política agraria de 1944 y por último la política de transformación agraria adoptada en 1954.

LA CONSOLIDACIÓN DE LA "REPÚBLICA BANANERA"

A pesar de que la producción bananera en Guatemala se inicia en 1904 [FLACSO, 1994] en la costa atlántica —valle del Motagua—, no fue hasta 1936 que inicia sus actividades en la costa pacífica (Tiquisate). La producción bananera se encontraba en manos de una compañía transnacional: la United Fruit Company que tuvo un protagonismo evidente en la historia inmediata del país. Este protagonismo se debió a que dos de los accionistas más importantes de dicha compañía eran miembros del Gabinete del Gobierno de Estados Unidos en esa época, uno director de la Central de Inteligencia Americana (CIA) y el otro Secretario de Estado [Schlesinger & Kinzer, 1982].

En 1952 la UFCO. poseía 295,000 acres (118,000 ha) de tierra arrendada para la plantación de banano [Glejeses, 1992]. Las plantaciones de banano constituyen el primer eslabón en los procesos de desmonte en la costa pacífica de Guatemala, al propiciar el avance de la frontera agrícola en 118,000 Km², entre 1936 y 1950.

EL FORTALECIMIENTO DE LA INSERCIÓN DE GUATEMALA EN EL MERCADO INTERNACIONAL

Este proceso se inició en los años cuarenta del presente siglo a través del incentivo para el cultivo de tres productos relativamente nuevos para el país: algodón, ganado para carne y caña de azúcar.⁹ Según FLACSO

9. Estos productos conjuntamente con el café y cardamomo son actualmente la base de las exportaciones tradicionales en el sector primario a nivel nacional.

[1994] en el período 1945-70 la agricultura centroamericana se diversificó gracias al desarrollo acelerado de los cultivos de algodón y caña de azúcar y a la implantación de ganadería bovina como actividad de exportación. Pese a ello el café siguió siendo el cultivo principal así como la fuente más importante de ocupación y de ingresos externos. Las primeras víctimas de estos nuevos desarrollos fueron los bosques. El procedimiento que se siguió para ampliar la frontera agrícola tuvo bajo costo, pues se utilizó el "hambre" de tierras que tenían los campesinos concediéndoles el derecho a cultivar las nuevas tierras a cambio de que las limpiaran de su cubierta forestal. Al cabo de uno o dos años ya se podía sembrar algodón o pastos en esas tierras y los campesinos se veían obligados a abandonarlas [FLACSO, 1994].

Esta política se llevó a cabo con la participación del sector privado y en la dinámica productiva se incorporaron antiguas zonas forestales de la costa pacífica (selvas tropicales) a la actividad agropecuaria. Fenómeno que se inicia en los años cuarenta y tiene su auge en los años cincuenta.

LOS DECRETOS 900 Y 1551

El decreto 900 fue el instrumento fundamental de la política agraria del "ínterin democrático 44-54" en Guatemala. Esta política gravaba esencialmente las tierras ociosas de propiedad privada y promovía la repartición de tierras forestales del Estado (baldíos). En esta época se adjudicaron tierras a pequeños y medianos agricultores. En total, 107 fincas nacionales y el 16% de tierra abandonada nacional, de propiedad privada y otras 46 fincas se entregaron a grupos de campesinos organizados en cooperativas [Schlesinger & Kinzer, 1982].

Por su parte el Decreto 1551, fue el instrumento legal para el cambio de la política agraria del 44-54, cuya esencia se centró en cambiar todo el articulado que sancionaba las tierras ociosas y que regulaba su expropiación. En el fondo el efecto sobre los bosques aumentó, ya que la solución de la problemática agraria se buscó en la incorporación de los baldíos a la producción agrícola, sin tocar las tierras ociosas, siendo los baldíos tierras del Estado con cobertura forestal. Excluyendo el departamento de Petén, se estima que el Instituto de Transformación Agraria (INTA) otorgó en esos años alrededor de 173,000ha en diferentes modalidades de tenencia de la tierra.

En síntesis, en menos de un siglo se incorporaron alrededor de 14,600 Km² a la producción agropecuaria, eliminando similar cantidad de bosque natural maduro. Para 1976, SEGEPLAN-INAFOR-IGN [1981] reportaban que la cobertura forestal de la costa sur era de 345 Km², incluyendo 174 Km² de bosque manglar. Lo que significa que los bosques remanentes en

la costa sur del país representaban para esa fecha el 2.3% de los bosques existentes a principios de siglo.

IV. LA PROBLEMÁTICA AGRARIA NO RESUELTA Y LA DINÁMICA EN EL MERCADO DE TIERRAS (DE VUELTA A LAS TIERRAS BAJAS DEL NORTE)

La problemática agraria del país se puede resumir como la ausencia de mecanismos para lograr el acceso a la tierra de un fuerte contingente de la población, que no posee otras oportunidades de trabajo. Sin embargo, esta problemática también tiene sus orígenes en el crecimiento desmedido de la población, sobre todo en áreas rurales, partiendo de la idea de que el espacio agrícola es limitado.

Esta problemática se ha agudizado por el surgimiento de dos nuevos demandantes de tierras:

- a) el movimiento ambiental¹⁰ que ha logrado aumentar en más de dos millones de hectáreas las áreas protegidas en los últimos cinco años y;
- b) los grupos de repatriados que desde hace dos años solicitan tierras para aproximadamente 45 mil personas que se refugiaron en México y más de un millón de desarraigados en nuestro país.

En este sentido, la problemática agraria tendría que visualizarse desde ahora como un problema de empleo y no como un problema de acceso a la tierra. Lo que nos lleva a concluir que la solución no se encuentra vinculada necesariamente a acciones de transformación de la estructura agraria, sino también a la generación de empleos no agrícolas en áreas rurales.

En la última fase de la deforestación del país existen tres factores que influyeron e influyen en los procesos de pérdida de cobertura boscosa:

- a) la problemática agraria/empleo no resuelta; b) los desincentivos a la producción forestal; y c) los incentivos a la producción agropecuaria.

Dicha fase se puede dividir en dos subfases: la colonización agropecuaria y la dinámica del mercado de tierras.

10. Se entiende como movimiento ambiental a un conjunto amplio de diversos actores, entre ellos: individuos, ONG's, ciertos organismos bilaterales y multilaterales e incluso instituciones del Estado, cuyo objetivo ha sido la conservación de la biodiversidad a través de la declaratoria legal de áreas protegidas —principalmente— y el manejo de las mismas.

1. La colonización agropecuaria

La problemática agraria no resuelta ha generado dos efectos directos en la deforestación del país: a) políticas de colonización agropecuaria dirigidas por el Estado con el fin de “resolver” el problema y b) migración espontánea en busca de tierras para la realización de actividades agropecuarias, no estando el problema resuelto.

1.1. COLONIZACIÓN DIRIGIDA

Las políticas de colonización agropecuaria surgen como respuesta del Estado hacia la demanda de tierras agrícolas por parte de campesinos sin tierra, pero benefician a dos tipos de actores: a los campesinos sin tierra y a personas individuales —no precisamente campesinos sin tierra— vinculados a los gobiernos de turno. Este proceso se presenta en dos espacios bien diferenciados; la Franja Transversal del Norte y la cuenca del río La Pasión-Usumacinta.

La Franja Transversal del Norte (FTN) fue un proyecto de desarrollo agropecuario que surge en 1978 con el propósito de colonizar el norte de los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Alta Verapaz e Izabal. Este proyecto planteó la colonización de 850 mil ha. de bosque tropical húmedo.

El problema consiste en la entrega de tierras de vocación forestal sin proporcionar los instrumentos técnico-económicos para el uso de la tierra de acuerdo a su capacidad, lo que plantea, desde la perspectiva de los agricultores sin tierra, la eliminación del bosque para la realización de agricultura migratoria, con características similares a la realizada en la época del clásico maya.

Para 1993, el PAFG [1992] reportó que los bosques remanentes en la FTN representaban el 30% de lo que eran, lo que significa que en 17 años se habían deforestado 595 mil ha en esa zona.

Paralelamente, pero con un leve retraso, el Estado promovió la colonización de la cuenca del río La Pasión en el sureste del departamento de Petén. En esa área aproximadamente un millón de hectáreas fueron entregadas a campesinos sin tierra en las mismas condiciones que en la Franja Transversal del Norte.

Lo que significa que el Estado y sus políticas de colonización promovieron la destrucción de aproximadamente 1,295,000 ha en 17 años, es decir, 76,000 ha por año.

1.2. COLONIZACIÓN ESPONTÁNEA

Por otro lado, la problemática agraria no resuelta dio lugar a procesos de migración poblacional desde zonas densamente pobladas y en escasas

tierras para la agricultura, hacia zonas poco densas de población con tierras forestales del Estado (y sin control): del altiplano occidental y del oriente hacia Petén. De ahí que el departamento de Petén tenga el índice de crecimiento poblacional más alto del país (11% cuando la media de crecimiento nacional no supera 3%).

El proceso se agrava ya que las necesidades de tierra para la población producto del crecimiento natural (vegetativo) es a mediano plazo (15 a 20 años) y por el contrario, los agricultores migrantes (adultos) poseen una necesidad inmediata de tierra [Cabrera, 1991].

Se puede deducir que la válvula de escape a los problemas agrarios del país la ha constituido el departamento de Petén, pero el precio lo han pagado los bosques del Estado, ya que siendo tierras del mismo no había control sobre su colonización. Se puede adelantar la hipótesis que la crisis de tierras agrícolas de los últimos 20 años nunca fue crónica por la posibilidad que siempre presentó el departamento de Petén de acoger agricultores sin tierra [Cabrera, 1991].

Se estima que actualmente en Petén existen entre 50 mil y 75 mil "agarradas",¹¹ las cuales no tienen un "status legal" definido. Queda claro pues, que en las "agarradas" su esencia misma consiste en el cambio de uso de la tierra. Si suponemos que la agarrada promedio es de 2.5 ha y que el período de cultivo en la misma parcela es de cuatro años, se puede deducir que anualmente cada agricultor necesitaría 0.83 ha lo que equivale a un área deforestada de 39,000 ha/año.

Una de las características más sorprendentes de la región colonizada en esta época es la presencia de comunidades y comuneros keqch'íes en toda la zona, los cuales se entremezclan con poblaciones ladinas originarias del oriente del país [Cabrera, 1995].

Otro factor determinante en la deforestación se encuentra vinculado a los instrumentos de política sectorial agropecuaria que incentivaron la producción agropecuaria y desincentivaron la actividad forestal. De hecho la promoción agropecuaria a través de créditos (BANDESA), comercialización (INDECA), investigación (ICTA), educación técnica (ITA

11. La agarrada es una forma de tenencia de la tierra no legal, característica de esta zona, en la cual un agricultor —sobre todo migrante— se instala dentro del bosque tropical y cambia el uso de la tierra de bosque a agricultura. Dicho agricultor usufructúa o le pertenece simbólicamente el área de bosque que tumba; es decir, que el sistema de tenencia está vinculado a la destrucción del bosque. Esta forma de tenencia evidentemente no es legal, pero funciona y no genera inseguridad para el agricultor hasta el momento que la institucionalidad llega a la región. Funciona como forma de tenencia en áreas en donde no existen leyes y por ende institucionalidad y por otro lado cuando las densidades de población no son altas [Cabrera, 1995].

ahora ENCA), crearon un desequilibrio entre la promoción de actividades agrícolas y de actividades forestales. Por otro lado, por la ausencia de incentivos para la producción forestal, se apoyaron los procesos de sustitución de los ecosistemas forestales naturales por agroecosistemas. Esta política alentó los procesos de deforestación por los propietarios individuales —que no eran campesinos sin tierra— beneficiarios de las políticas de colonización.

Para 1992, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación asignaba a través de todas sus instituciones centralizadas y descentralizadas, alrededor de 17 mil quetzales por cada kilómetro cuadrado para fines agropecuarios y solamente 760 quetzales por cada kilómetro cuadrado forestal [Cabrera, 1993]. Todo lo cual representa un claro incentivo para convertir los bosques en sistemas de producción agrícola.

2. La dinámica del mercado de tierras y las perspectivas de la deforestación para el siglo XXI

Como lo afirma Braudel [1969], la historia es a la vez el conocimiento del pasado y del presente, de lo sucedido y lo por suceder, diferenciando en cada tiempo histórico lo que trascendió, trasciende y trascenderá, de lo efímero y provisorio. Tomando como base estas ideas es importante proponer, al menos, un escenario posible de la tendencia de la deforestación en el país.

Es evidente que la zona más importante en cuanto a procesos de deforestación seguirá siendo Petén, por dos motivos: a) en ese departamento se encuentran el 58% de los bosques del país; y b) Petén es el área en donde las formas de tenencia de la tierra aún no se encuentran bien definidas, teniendo el Estado la potestad sobre muchas de ellas, pero siendo este último incapaz de ordenar su uso racional.

La creación de la Reserva de la Biosfera Maya en 1990, la futura legalización de las áreas protegidas del Sur —que suman en conjunto 24 mil Km² (22% del territorio nacional)— y la ausencia casi total de tierras nacionales (baldíos) en la actualidad pueden generar procesos alternos de deforestación vinculados a la dinámica del mercado de tierras, diferentes a los que se iniciaron en los años setenta. La protección de las áreas silvestres se dificulta por el desequilibrio entre legalización de áreas protegidas y asignación de fondos nacionales para el manejo de las mismas, lo que genera muchas dificultades para que el Estado conserve la áreas que se han legalizado.

La dinámica del mercado de tierras tiene su origen en el momento que los ganaderos de oriente y la costa sur, internalizaron financieramente el costo de la tierra. De esta manera, algunos de ellos pudieron notar que en las fincas ganaderas —a no ser por contadas excepciones— se

estaba subutilizando financieramente la tierra. Se buscaron entonces tierras aptas para la ganadería a menor costo (1/10 aproximadamente), de allí el inicio de la reciente migración (cinco años) de la producción ganadera a Petén.

El impacto inmediato del proceso es la compra de tierras a medianos productores (45 ha) por parte de compradores con liquidez (ganaderos de la costa sur, ganaderos de la región o provenientes del oriente) y migración de los exparcelarios hacia el Norte en donde el costo de la tierra es cero, teniendo acceso a las "agarradas". El resultado final de este proceso serían la reactivación de la inmigración y el avance de la frontera agrícola en zonas de áreas protegidas en donde CONAP no puede ejercer ningún control y en baldíos, en donde el INTA tampoco ejerce controles.

Este fenómeno también puede dirigirse hacia propiedad privada sobre la cual no existe ningún control, muchas fincas han sido adquiridas desde hace mucho tiempo pero en ellas no ha existido presencia alguna de los propietarios en la última década. Estas áreas también pueden ser motivo de colonización y procesos activados por el mercado de tierras.

V. CONCLUSIONES

Esta breve síntesis histórica muestra inicialmente que los procesos de deforestación en Guatemala datan del mismo inicio de la agricultura, lo que se define en este trabajo como el "Neolítico Mesoamericano", lo cual ocurrió hace setenta siglos.

Se puede notar claramente, que en el proceso histórico de la deforestación existen cuatro fases espacio-temporales bien diferenciadas, y ningún actor social o político (incluyendo los indígenas), se escapa de ser cómplice del proceso de sustitución de los ecosistemas forestales naturales por actividades agropecuarias.

Desde siempre, las tierras boscosas en este país han sido consideradas como reservas para la ampliación de la frontera agrícola y no como posibilidades de desarrollo a través de la producción y transformación forestal y las economías de escala que se podrían derivar de dichas actividades. Este fenómeno se manifiesta en dos niveles; nacional, como lo fue Petén en los años setenta para los planificadores agropecuarios y comunitarios como lo representan las tierras comunales (con bosque) en las comunidades rurales.

De hecho, los procesos de deforestación han estado ineludiblemente ligados a la política agraria y la política agropecuaria de nuestro país, desde los mayas en el periodo clásico hasta nuestros días. Hasta el momento no ha existido voluntad para contrarrestar los efectos de las

políticas mencionadas en los procesos de sustitución del bosque por sistemas de producción agropecuarios.

En este conexto el aprovechamiento de los bosques para producción maderera tiene un impacto no significativo en la deforestación y su efecto más importante es la desvalorización del bosque desde la perspectiva económica.

Para la siguiente década la deforestación está determinada por la ausencia casi total de baldíos con cobertura forestal, lo que indica que probablemente las áreas más expuestas al proceso de cambio de uso de la tierra sean las áreas protegidas de Petén en donde el Estado tiene muchas dificultades para ejercer algún control y las áreas privadas con bosque. Este fenómeno ya se ha iniciado en escala relativamente reducida en el Parque Nacional Sierra del Lacandón y en el Parque Nacional Laguna del Tigre.

El avance de la frontera agrícola en el corto y mediano plazo presenta un futuro desalentador. Pero también puede ser desalentador en el largo plazo, si el Estado no adopta una postura de liderazgo beligerante, adoptando diferentes políticas a saber:

- a) La búsqueda de la solución al problema agrario proponiendo soluciones que trasciendan el sector agrario (comercio, ecoturismo, artesanías e industria);
- b) Guiando la inversión privada para la generación de empleos no agrícolas en zonas de minifundio;
- c) Reorientando los incentivos para la producción agropecuaria hacia la producción sostenible;
- d) Fortaleciendo y ampliando los incentivos económicos para el uso sostenible de los recursos naturales renovables;
- e) Fortaleciendo y consolidando el sistema de áreas protegidas;
- f) En fin, fortaleciendo el Estado de Derecho para el cumplimiento de la normatividad, el fortalecimiento de la sociedad civil y de su participación en las nuevas políticas, y la inversión estatal en infraestructura productiva para facilitar procesos de desarrollo basados en el impulso del mercado.

BIBLIOGRAFÍA

AGRAR UND HYDROTECHNIK - ASESORÍA Y PROMOCIÓN ECONÓMICA (AHT-APESA) 1992. Plan de desarrollo integrado de Petén. Santa Elena, Petén, Guatemala. v.1. 437p.

BRAUDEL, F. 1969. L'histoire des civilisations: le passé explique le présent. En *Ecrits sur l'histoire*. Flammarion. Paris, Francia. pp. 255-314.

- CABRERA, C. 1991. La deforestación en Guatemala. Siglo XXI. 19 de abril.
- . 1993. Los bosques, el Estado y el Presupuesto General de la Nación. Boletín Agro No. 3. Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.
- . 1995. Estudio sobre uso y tenencia de los recursos naturales renovables en la Franja Transversal del Norte y el Departamento del Petén; componente ejidos municipales y áreas protegidas. Informe de consultoría. Banco Mundial. Guatemala. 69p.
- CAS, R. 1992. Aspectos legales de las tierras comunales en Guatemala. Banco Mundial. 25p.
- CASTELLANOS C., J. 1992. Sobre tierras, clases y explotación en la Guatemala Prehispánica. En 500 años de lucha por la tierra. J. Castellanos Cambranes Ed. FLACSO-Guatemala. pp. 1-69.
- CRUZ, J. DE LA 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala Ministerio de Agricultura y Ganadería. 42p.
- DEMYCK, M. 1979. La colonisation dans le nord guatemaltèque. En l'encadrement des paysanneries dans les zones de colonisation en Amérique Latine. Travaux et memoires de l'Institut des Hautes Etudes de l'Amérique Latine. (32):129-132.
- ELIAS, S. 1992. Los bosques municipales y comunales en Guatemala: estudio preliminar. Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Guatemala. s.p.
- FLACSO. 1994. Historia General de Centroamérica: 5 tomos. FLACSO-Costa Rica. San José Costa Rica.
- GLEIJESES, P. 1992. La reforma agraria de Arbenz. En 500 años de lucha por la tierra: estudios sobre la propiedad y reforma agraria en Guatemala. Ed. J.C. Cambranes. FLACSO-Guatemala. Tomo I. pp. 349-378.
- GUATEMALA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 1989. Ley de áreas protegidas (Decreto 4-89) y su reglamento. Consejo Nacional de Áreas Protegidas pp. 36-42.
- GUTELMAN, M. 1989. L'agriculture itinérante su brulis. La Recherche (216):s.p.
- HERRERA, F. 1935. El Tigre. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos.
- MORLEY, S. 1946. La civilización maya. Fondo de Cultura Económica, México. pp. 54-59.
- PLAN DE ACCIÓN FORESTAL PARA GUATEMALA. 1992a. Concesiones forestales a gran escala: caso Guatemala. PAFG/CCAD/WRI/AFDI. 46p.
- PLAN DE ACCIÓN FORESTAL PARA GUATEMALA. 1992b. Memoria del seminario taller sobre concesiones forestales en Guatemala. PAFG/CCAD/WRI/AFDI.
- PLAN DE ACCIÓN FORESTAL PARA GUATEMALA. 1992C. Diagnóstico forestal de Ixcán e Ixil. PAFG-PRODERE.

- RUF, F. 1987. Eléments pour une théorie sur l'agriculture des régions tropicales humides; de la forêt, rente différentielle, au cacaoyer, capital-travail. *L'agronomie Tropicale* (42) 3:218-232.
- SABLOFF, J. A. 1995 The collapse of classic Maya civilization. En *Lessons from the past*.
- SEGEPLAN-INAFOR-IGN. 1981. Mapa de cobertura y uso actual de la tierra; escala 1:500,000. Memoria explicativa. Guatemala. 23p.
- SCHLESINGER, S. & KINZER, S. 1982. *Fruta amarga*. Siglo XXI Editores. México. 293.
- TOLEDO, V. *et al.* 1991. *Ecología y autosuficiencia alimentaria*. Siglo XXI. 3a. ed. México. 118p.
- VITALE, L. 1983. *Hacia una historia del ambiente en América Latina: de las culturas aborígenes a la crisis ecológica actual*. Editorial Nueva Sociedad. México. 121p.

Autores de la Revista *Tikalia* 2-95

Helmer Ayala

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

César Azurdia Pérez

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

Claudio Cabrera Gaillard

Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables (FAUSAC). MSc. en Manejo Forestal (ENGREF-CNEARC) Montpellier, Francia.

Edwin Filiberto Coy Cordón

Ingeniero Agrónomo egresado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

Edgar Franco

Ingeniero Agrónomo, MSc. en Biotecnología. Profesor investigador de la FAUSAC.

Gabriel Heredia

Ingeniero Agrónomo, investigador en Biodiversidad.

Edgar Martínez

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

Luis Mejía

Dr. en Genética. Autor de varios artículos sobre biotecnología. Profesor investigador en la FAUSAC.

Luis Manfredo Reyes Chávez

Ingeniero Agrónomo de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Especialista en Bioestadística y Ciencias de la Computación. Actualmente es profesor de la Subárea de Matemática y Física de la Facultad de Agronomía, USAC y asesor en Computación de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).

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 tikalia

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

BIODIVERSIDAD

Biotecnología y biodiversidad

César Azurdia Pérez

Edgar Franco

Luis Mejía

Evaluación de ocho genotipos de maní

(*Arachis hypogaea* L.)

con tres densidades de siembra

Edwin Filiberto Coy Cordón

Gabriel Heredia

Recursos genéticos de "injerto"

(*Pouteria viridis*) en el Altiplano Central de Guatemala

César Azurdia

Edgar Martínez

Helmer Ayala

Epífitas de la comunidad de kanac

(*Chiranthodendron pentadactylon* Larreategui)

en el Volcán de Acatenango, Guatemala

Mario E. Véliz Pérez

INFORMÁTICA

Aplicaciones del programa

Quattro-Pro en la Matemática

Luis Manfredo Reyes Chávez

DESARROLLO FORESTAL

Síntesis histórica de la deforestación en Guatemala

Perspectivas para el nuevo siglo

Claudio Cabrera Gaillard