





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

Vol. XIX, No. 2



Guatemala
2001

Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Junta Directiva

Decano: Ing. Agr. Edgar Franco Rivera
Secretario: Ing. Agr. Edil Rodríguez
Vocal I: Ing. Agr. Walter García Tello
Vocal II: Ing. Agr. Manuel Martínez
Vocal III: Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
Vocal IV: Br. Wener Armando Ochoa
Vocal V: Br. Axel Aureliano Herrera Pérez

Comité Editorial

Dr. Hugo Cardona Castillo
Dr. Ariel Ortiz
Ing. Agr. Mario Alberto Méndez
Periodista Dennis Escobar Galicia

Portada: Estuardo Diéguez

Fotos: César Azurdía

Edición y Artes Finales: F&G Editores
Telefax: (502) 433 2361 y 406 0909
fgeditor@guate.net
www.fygeditores.com

Impresión: Litografía Nawal Wuj
Telefax: (502) 232 8568
cholsamaj@micro.com.gt

Revista Tikalia

Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Guatemala
Teléfono: (502) 476 9770
Fax: (502) 476 9770
Correo electrónico: comited.agro@usac.edu.gt

PRESENTACIÓN

Este número de *Tikalía*, el último del 2001, contiene cinco artículos relacionados con los recursos fitogenéticos existentes en Guatemala. Esta temática es de mucho interés en la actualidad, debido a que está demostrado que nuestro país goza de una flora diversa que puede contribuir a diversificar la alimentación.

El primer artículo se refiere a la aplicación de los sistemas de información geográfica en el uso y conservación de los recursos genéticos vegetales; se presenta un ejemplo de cómo estos sistemas pueden ser utilizados para predecir la distribución natural de *Phaseolus vulgaris* silvestre en Guatemala y la similitud ecológica entre las diferentes accesiones.

"Diversidad genética de maní en el norte de Guatemala". En este estudio se comprobó que el departamento de Petén es el área del país en la que se produce en forma comercial la mayor cantidad de maní. Además se estableció que en Quiché es el lugar donde se localiza la mayor diversidad genética.

El estudio acerca del loroco indica que esta especie, nativa de Mesoamérica, está teniendo mucho demanda porque ha aumentado su consumo interno y su exportación; por lo que plantea la necesidad de establecer un proyecto de investigación que tenga como finalidad el uso y la conservación de este vegetal de gran utilidad.

La investigación relacionada con tasa de cruzamiento y estructura genética de la población de zapote en Sacapulas, Quiché, confirma los resultados esperados: el zapote es una especie predominantemente alógama, por lo que la diversidad genética intrapoblacional es más alta que la interpoblacional. Los resultados muestran que la tasa de cruzamiento es variable dependiendo del año y de la naturaleza genética de la población bajo estudio.

El estudio sobre la palma de escoba en el municipio de Guastatoya, El Progreso, indica —entre otras cosas— que se utiliza como alimento, construcción de viviendas y en la elaboración de tejidos artesanales. Menciona que la fabricación de artesanías con Palma de Escoba es la principal actividad económica de más del 60% de habitantes de El Callejón y del Jícaro, ambas comunidades de El Progreso.

Los editores

CONTENIDO

- 7** Aplicación de los sistemas de información geográfica en el uso y conservación de los recursos genéticos vegetales
Waldemar Nufio, César Azurdia
- 27** Diversidad genética de maní (*Arachis hypogaea*) en el norte de Guatemala
*César Azurdia, David Williams,
Karen Williams y Helmer Ayala.*
- 39** El loroco, *Fernaldia pandurata* (Apocynaceae), una especie en vías de domesticación
*César Azurdia, Miguel Leiva,
Helmer Ayala, Werner Ovando, Edín López*
- 55** Tasa de cruzamiento y estructura genética de la población de zapote (*Pouteria sapota*) de Sacapulas, Quiché
César Azurdia, Helmer Ayala, Luigui Guarino
- 71** Distribución y usos de la palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari) en el municipio de Guastatoya, El Progreso
José Miguel Leiva P. y Henry Ortiz Paiz

APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL USO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS VEGETALES

Waldemar Nufio, César Azurdia



Resumen

El desarrollo del sistema de información geográfico (GIS) está cambiando profundamente la forma en que se pueden utilizar los mapas elaborados con base en datos georreferenciados. Este tipo de mapas expresa la relación espacial del complejo físico y los sistemas conceptuales. La naturaleza digital de estos datos provee nuevas capacidades de análisis de los mapas, así como de la ventaja que representa manejar grandes volúmenes de información a velocidades considerables. El uso sustentable de los recursos fitogenéticos requiere de varias etapas interdependientes, las cuales generan datos de naturaleza georreferenciada. Esto abre la posibilidad de utilizar el sistema GIS para hacer más eficiente la ejecución de varios de los componentes de un programa de Recursos Genéticos. Se presenta un ejemplo de cómo el GIS puede ser utilizado para predecir la distribución natural de *Phaseolus vulgaris* silvestre en Guatemala y la similitud ecológica entre las diferentes accesiones. Esta información es fundamental para desarrollar actividades tanto en conservación *ex situ* como *in situ*.

INTRODUCCIÓN

Guatemala, así como el resto de países centroamericanos, está enfrentando una rápida reducción y deterioro de sus recursos naturales.

Guatemala, así como el resto de países centroamericanos, está enfrentando una rápida reducción y deterioro de sus recursos naturales. El incremento de la población humana y la situación económica regional han provocado una mayor presión sobre bosques y tierras de cultivo, intensificando su uso, adoptando paquetes tecnológicos para incrementar la rentabilidad y en la mayoría de los casos, haciendo caso omiso de la necesidad del uso racional y sostenible de los recursos naturales. La tecnificación para el aumento de la producción y la rentabilidad en los cultivos vegetales ha provocado, en algunos casos, la disminución en la diversidad genética vegetal o la desaparición de muchos recursos genéticos vegetales.

La diversidad genética entre especies y ecosistemas, así como la diversidad genética dentro de las especies están incluidas en la definición de biodiversidad que contempla la variabilidad entre todos los organismos vivientes y los complejos ecológicos de que ellos son parte. Para los programas regionales o mundiales, diseñados para la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos vegetales es imperativo contar con información que se genere y actualice en forma rápida y oportuna. También es importante que el análisis de la información generada se realice en forma apropiada, sistemática y automatizada. Los investigadores que trabajan en la conservación y uso de los recursos genéticos vegetales tienen a disposición un sistema de información geográfica (GIS), como una herramienta básica para mejorar la

eficiencia y eficacia del proceso. Un GIS es un tipo especial de sistema de información en el que la base de datos consiste en observaciones de características espacialmente distribuidas, representadas por puntos, líneas o polígonos (áreas) y por procedimientos para coleccionar, archivar, recuperar, actualizar, analizar y desplegar estos datos geográficos. En el proceso de uso y conservación de recursos genéticos vegetales, el GIS requiere contar con datos georreferenciados de la ubicación espacial y temporal de las plantas silvestres o cultivadas, así como de datos, también georreferenciados de clima, suelo, topografía, perturbación humana, entre otros.

El GIS es un sistema que permite al especialista en estudios de biodiversidad (dentro de la cual se contemplan los recursos genéticos vegetales) establecer en forma predictiva la distribución de una especie determinada así como el comportamiento de los hábitat en los que se encuentra. De esta manera, se podrá planificar actividades de recolección de germoplasma para conservación *ex situ* o bien para elegir áreas apropiadas para conservación *in situ*, entre otras posibilidades. Con esta información se puede adelantar al proceso de destrucción de hábitat que es tan común en nuestros tiempos, de tal manera que los recursos genéticos sean salvaguardados y utilizados sustentablemente. El presente artículo muestra información general sobre las características del GIS y su aplicación a la conservación de los recursos genéticos. Además, se discute un ejemplo para frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris*), una especie de importancia mundial, nativa de Guatemala.

El GIS es un sistema que permite al especialista en estudios de biodiversidad establecer en forma predictiva la distribución de una especie determinada así como el comportamiento de los hábitat en los que se encuentra.

MODELO PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS VEGETALES

Algunos investigadores, entre ellos Maxted *et al.* [1997], han desarrollado modelos para el proceso de conservación de la diversidad genética vegetal. Los modelos desarrollados describen una serie de actividades interdependientes, que culminan en un juego de productos (datos, gráficas, mapas) que, a su vez, llevan a la utilización de genes, genotipos o poblaciones dentro de un *genepool* con propósitos específicos. El proceso desarrollado comprende una serie de etapas:

- Selección del taxón objeto de estudio.
- Inspección ecogeográfica preliminar.
- Formulación de objetivos y estrategias de conservación y liso.
- Exploración de campo.
- Implementación de una estrategia de conservación (*ex situ*, *in situ*).
- Obtención de los productos de conservación.
- Duplicación y disseminación de los productos de conservación.
- Caracterización y evaluación del germoplasma.
- Uso de los recursos genéticos vegetales.
- Documentación de las colecciones.
- Uso de los productos del proceso.

Se describirá a continuación el GIS como una herramienta que facilita de gran manera el poner en práctica un proyecto de conservación y utilización de recursos genéticos vegetales basado en el modelo descrito.

EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN LA CONSERVACIÓN Y USO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS VEGETALES

Para aumentar la eficiencia y eficacia de los procesos que se siguen para la conservación y uso de los recursos genéticos vegetales, se requiere de la asistencia de los sistemas de información geográfica (GIS), en los que se utilizan datos georreferenciados generados por el propio proceso u obtenidos de fuentes externas.

Un GIS es un sistema diseñado para el manejo simultáneo de datos espaciales en forma gráfica y lógicamente relacionado a los datos no-espaciales (bases de datos georreferenciadas). Por ejemplo, si el dato espacial es la ubicación de un sitio de colecta, los atributos asociados podrían ser el nombre del sitio, y otros datos sobre cualquier muestra del germoplasma que estaba allí reunido. En general, los elementos principales de un GIS son:

- La entrada, comprobación y corrección de los datos.
- El almacenamiento y manejo de la base de datos.
- La manipulación y análisis de los datos. Y
- La salida de los datos.

Un GIS es un sistema diseñado para el manejo simultáneo de datos espaciales en forma gráfica y lógicamente relacionado a los datos no-espaciales.

INGRESO DE DATOS. Los datos espaciales que maneja un GIS, pueden ingresarse digitalizando un mapa montado en una mesa electrónica especial (mesa digitalizadora), remarcándose los rasgos al mover un sensor electrónico encima de su superficie. Con este proceso se genera una imagen digital de un mapa. También pueden ingresarse los datos obtenidos con sensores remotos, desde fotografías aéreas hasta imágenes

de satélite. Los curadores de un banco de germoplasma pueden ingresar la documentación, caracterización y otros datos en la base de datos de su sistema para, posteriormente, importarlos desde un GIS. Las especificaciones apropiadas de los datos para la mayoría de aplicaciones ya existen. Algunos grupos de datos regionales o globales están disponibles en organizaciones como FAO, UNEP/GRID, ISRIC, WCMC y CGIAR.

ALMACENAMIENTO DE DATOS. Existen dos sistemas diferentes de almacenar los datos que utilizan los GIS. Primero, el sistema vectorial, que guarda los datos geográficos como puntos, la serie de puntos conectados constituye las líneas, y líneas que se juntan delimitan el área en forma de polígonos. Segundo, el sistema *raster* guarda los datos como una cuadrícula que forma una rejilla conocida como "grid" o "grilla", cada cuadrícula representa una situación en la memoria de la computadora. Las líneas son filas de cuadrículas y los polígonos son grupos de cuadrículas adyacentes que forman la "grilla". Los sistemas vectoriales requieren más poder de la informática, pero menos memoria de almacenamiento comparado con los sistemas raster. Además, representan mejor los datos de los mapas tradicionales, porque las líneas en el mapa siguen siendo las líneas, en lugar de las filas adyacentes de cuadrículas de la "grilla". Los sistemas del vector son mejores para algunas aplicaciones (archivando datos fenomenológicamente estructurados como unidades topográficas o tipos de suelos, y para un rendimiento de calidad más alto), mientras que los sistemas del *raster* son mejores para otros propósitos como la rápida operación y combinación de mapas y para el análisis espacial.

LA MANIPULACIÓN DE LOS DATOS. Algunas capacidades de análisis de los GIS normales incluyen:

- Corrección geométrica. La escala, la proyección, etc., de mapas diferentes pueden cambiarse para hacerlos comparables.
- Análisis digital del modelo terrestre. Los datos de elevación (contornos, elevaciones de sitios) en un mapa topográfico puede ser usado para producir mapas de pendientes, relieves, etc.
- Interpolación. Los datos puntuales pueden usarse para crear mapas de contorno de igual valor.
- Análisis de cubiertas. Pueden combinarse mapas diferentes de la misma área para producir un nuevo mapa. Por ejemplo, mapas de pendientes, suelos, velocidad del viento y cobertura vegetal, pueden ser operados lógicamente para obtener uno de riesgo de erosión de suelos.
- Análisis de proximidad. Se pueden generar zonas de amortiguamiento o ventanas.
- Cómputo de estadísticas. Medias, número de registros, longitudes, áreas, similitudes, etc. pueden calcularse para las diferentes características.
- Localización. Pueden localizarse entidades con atributos definidos.

El sistema del procesamiento espacial y el manejo de una base de datos de un GIS permiten reunir juegos de datos diversos, haciéndolos compatibles entre ellos, analizándolos y combinándolos de diferentes maneras.

SALIDA DE LOS DATOS. Los resultados de este tipo de análisis son desplegados para ser usados sin necesidad de imprimir. La habilidad de producir copias duras de calidad superior de los resultados de los

análisis, es un rasgo importante del software y hardware de los GIS. El software normalmente permite manipulaciones tales como seleccionar un área particular o capas de un mapa para cambiarle escala, cambiar el color, etc.,

Las etapas para realizar el modelo para la conservación de los recursos genéticos vegetales —propuesto en el apartado anterior— utilizando datos georreferenciados en un GIS, conlleva los siguientes componentes específicos:

1. Topografía ecogeográfica.
2. Exploración del campo.
3. Conservación *ex situ*: almacenamiento y regeneración de semillas.
4. Conservación *in situ*: diseño, manejo y monitoreo de reservas genéticas.
5. Evaluación.
6. Uso de recursos genéticos.

El proceso de llevar a cabo un estudio ecogeográfico se realiza en varias fases. Las actividades relacionan los datos muestra-específicos de los especímenes del herbario y de las accesiones del germoplasma con la información más general de los expertos, la literatura publicada, los mapas, los bancos de datos, etc.,. Un producto principal del estudio ecogeográfico son mapas que muestren áreas que:

- Contengan características específicas, taxa o hábitat determinados.
- Presenten alta diversidad (en términos del ambiente, taxonómicamente o genéticamente).
- Son diferentes de otras ambientalmente, genéticamente o taxonómicamente.

- Están perdidas o con muy bajo impulso en los esfuerzos de conservación.
- Están amenazadas con la erosión genética.

Los usuarios requieren a menudo que el material vegetal con adaptaciones específicas sea el objeto para la conservación. Un GIS puede ser usado para manipular y sobreponer las coberturas medioambientales, temáticas apropiadas, provenientes de diversas fuentes, con la finalidad de identificar áreas dónde podría esperarse que el material con la adaptación requerida ocurra.

Algunas áreas geográficas muestran mayor diversidad genética que otras. Los estudios de diversidad normalmente empiezan dividiendo el área en áreas de igual tamaño. Éstos son a menudo los cuadrados en un modelo de la reja en un GIS, pero también se han usado otras unidades espaciales geométricas, políticas o económicas.

Los numerosos estudios apoyados por los GIS han intentado usar la diversidad en los diferentes parámetros medio ambientales, como un sustituto de la diversidad taxonómica. Un ejemplo, entre muchos, es un estudio realizado para investigar la relación entre la diversidad medioambiental y humana y la diversidad genética en cacahuates (maní) cultivados en Ecuador y Guatemala (Azurdia *et al.*, 1999). Con los parámetros seleccionados elaboró un mapa georreferenciado en el que se muestran diferentes áreas del país en las que se presume existen diferentes niveles de diversidad genética de esta planta. Con la referencia de este mapa se hizo un recorrido completo de las zonas indicadas, se colectaron e identificaron muestras del material genético. Actualmente, se continúa con el proceso de caracterización y

Los numerosos estudios apoyados por los GIS han intentado usar la diversidad en los diferentes parámetros medio ambientales, como un sustituto de la diversidad taxonómica.

evaluación del germoplasma. Con esta información, la cual incluye ubicación georreferenciada, identificación taxonómica y aspectos morfológicos y agronómicos de cada accesión, se está en posibilidad de elaborar un mapa más exacto que muestre la diversidad genética de maní en Guatemala. Con base en el mismo se podrá programar nuevas giras de colecta o bien identificar áreas potenciales de cultivo de maní.

Para la etapa del proceso en la que se realiza el trabajo de campo, los GIS ayudan a mejorarlo, refinando el trabajo de escritorio basado en la inspección ecogeográfica y cronometrando las visitas al campo y documentando cualquier germoplasma coleccionado. Es necesario resaltar que la sistematización y automatización en esta etapa del proceso también es apoyada por un GIS.

Con el apoyo de los GIS, las imágenes de satélite, fotografías aéreas y otros sensores remotos, se puede proporcionar información oportuna sobre las tendencias a largo plazo en la vegetación y el uso de la tierra (deforestación, desertización). Este tipo de análisis no sólo puede identificar áreas que han experimentado los cambios, sino también ayuda a predecir qué áreas están en mayor riesgo. De esta manera se puede diseñar políticas de conservación de recursos genéticos en dichas áreas.

La tecnología de los GIS puede ayudar al coleccionista y al curador del banco de germoplasma a obtener los datos de accesiones asociadas a datos climáticos más completos y más exactos.

La tecnología de los GIS puede ayudar al coleccionista y al curador del banco de germoplasma a obtener los datos de accesiones asociadas a datos climáticos más completos y más exactos. El primer paso es obtener datos de latitud, longitud y altura para accesiones donde sólo está disponible un nombre de localidad. La gran disponibilidad de receptores de GPS ayudará aquí, pero también los coleccionistas deberán especializarse en el uso de esta tecnología. La importancia

de contar con datos de superior calidad, debe continuar siendo enfatizada, mayor aún cuando se trata de la conservación de los recursos genéticos vegetales. Si no se cuenta con datos tales como la altitud, tipo de suelo, uso de la tierra y vegetación, pueden estimarse sobreponiendo las localizaciones de los sitios de colecta en los diferentes mapas base digitalizados en la escala apropiada. También, pueden utilizarse las superficies interpoladas del clima para caracterizar las condiciones de cada sitio colectado dada su latitud, longitud y altitud. Este proceso se conoce como "la retroclasificación" o "la retrocaracterización" de accesiones. Además, un GIS se puede usar para calcular en una región de tamaño conocido que rodea cada sitio de colecta, las medidas de la variabilidad o predominio de ambientes determinados que sirven de indicador de la adaptación de un recurso vegetal.

En general, el análisis GIS de los datos de pasaporte asociado con datos climáticos para producir un mapa de la distribución potencial de una especie, es un método poderoso que puede ser de gran utilidad para colectores así como para encargados del manejo del germoplasma. Jones *et al.* [1992] concluyen que mediante el uso del análisis GIS, podemos contestar tres tipos de preguntas. Primero ¿en dónde se localizan las áreas potenciales de distribución de la especie de interés? segundo ¿estamos estudiando una sola población uniforme? tercero ¿son realmente diferentes a nuestra especie de interés, las especies nombradas que habitan el mismo hábitat? y si lo son ¿qué tan cercanamente se encuentran desde el punto de vista taxonómico ecológico? Todas estas respuestas son fundamentales para hacer un uso sustentable del germoplasma de las especies bajo estudio.

ESTUDIO DE CASO: *PHASEOLUS VULGARIS* SILVESTRE EN GUATEMALA

La presencia de *Phaseolus vulgaris* en estado silvestre ha sido reportado inicialmente por McBryde [1945] y Standley y Steyermark [1946]. Trabajos posteriores de recolección de germoplasma de frijol incluyen los de Norvell [reportados por Gentry, 1969], Debouck y colaboradores [Debouck, 1988; Debouck y Soto, 1988; Debouck, 1995] y Azurdia y Martínez [1996]. De esta manera se tienen muestras de germoplasma que cubren la mayor parte del país, sin embargo, no se puede estar totalmente seguro que se tenga cubierto todas las localidades en las cuales existe germoplasma de frijol silvestre en Guatemala. Por lo tanto, los

Figura 1
UBICACIÓN DE LAS ACCESIONES DE
PHASEOLUS VULGARIS SILVESTRE DE GUATEMALA



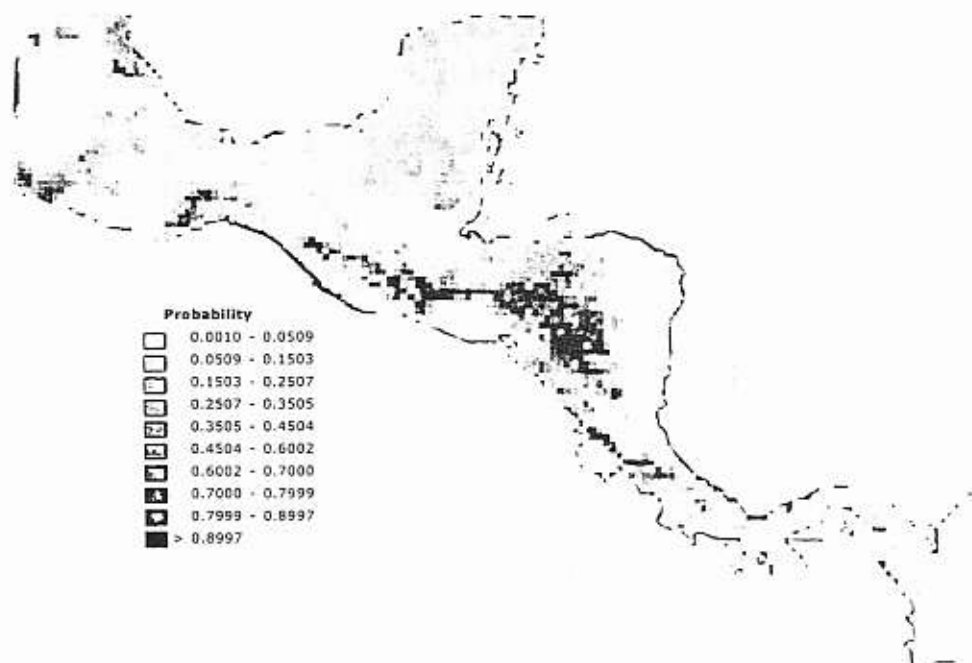
datos de pasaporte de las 31 accesiones con las que se cuenta (Cuadro 1) son la base para elaborar un mapa de distribución potencial de la especie. Se utilizó el software denominado *Flora Map*, el cual ha sido diseñado por científicos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con sede en Cali, Colombia.

Cuadro 1
DATOS DE PASAPORTE DE LAS ACCESIONES DE
***PHASEOLUS VULGARIS* SILVESTRE. GUATEMALA.**

No. Correlativo	No. de colecta	Longitud (W)	Latitud (N)	Altitud (msnm)
1	Norvell 3447	89.54	14.17	873
2	Norvell 3448	89.54	14.17	873
3	2459	90.35	14.25	1740
4	2461	90.31	14.26	1740
5	2440	90.08	14.26	1430
6	1611	90.49	14.27	1280
7	1610	90.42	14.27	1550
8	1616	90.50	14.32	1550
9	1619	90.50	14.33	1820
10	2423	89.38	14.33	1390
11	2430	89.47	14.40	1280
12	2431	89.47	14.40	1250
13	2432	89.48	14.41	1510
14	1260	89.35	14.57	1100
15	3066	91.12	14.60	1330
16	3057	90.57	14.62	1550
17	3060	90.78	14.70	1330
18	3061	90.78	14.72	1350
19	3081	91.52	14.75	1730
20	3082	91.52	14.75	1740
21	3083	91.52	14.75	1760
22	1261	90.62	14.75	1420
23	3079	91.48	14.79	2050
24	1262	90.62	14.82	1505
25	1263	90.62	14.84	1305
26	1265	90.23	15.00	1275
27	1266	89.90	15.03	1685
28	2417	89.56	15.04	1250
29	1264	90.43	15.10	1340
30	3075	91.70	15.65	1540
31	3074	91.78	15.67	1180

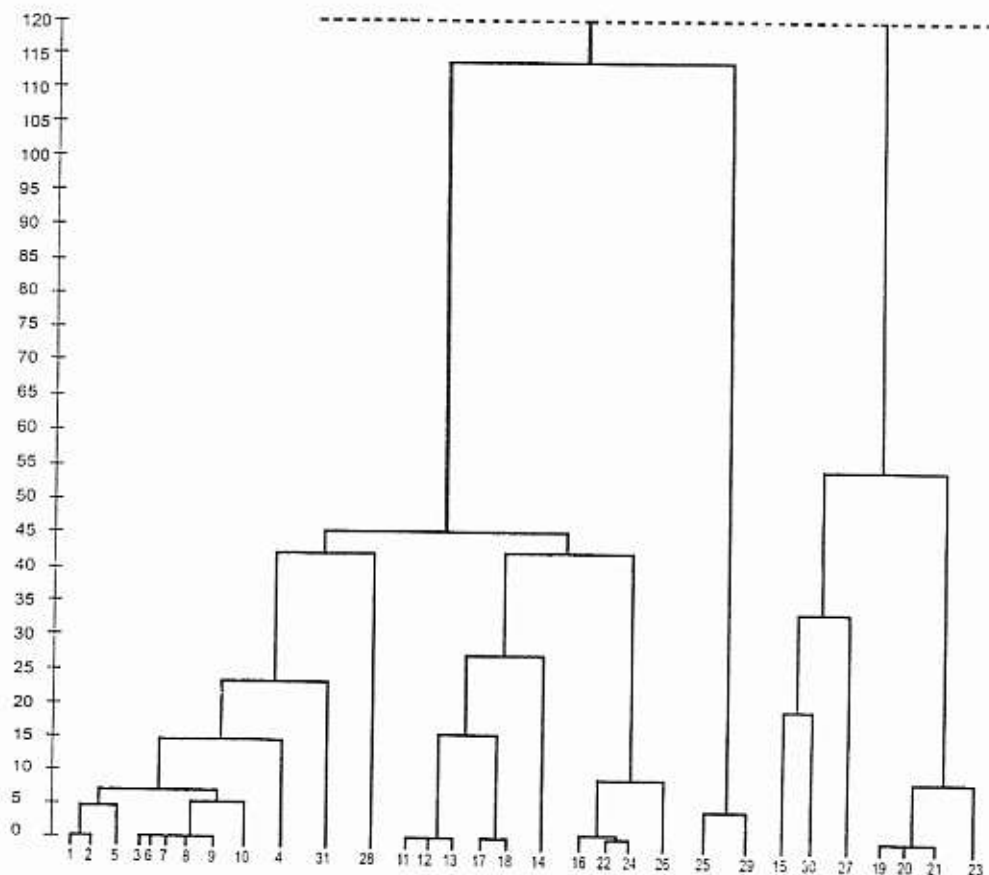
Las accesiones utilizadas en el presente análisis se muestran en la Figura 1. Dichas accesiones fueron la base para la elaboración del mapa en el que se muestran las probabilidades de encontrar frijol común silvestre en Guatemala y Centroamérica (Figura 2). Si se compara la Figura 1 con la Figura 2 se puede observar que es probable encontrar frijol silvestre en algunas áreas aún no exploradas de Guatemala como las áreas aledañas al río negro en el departamento de Quiché, en el sur oeste de Huehuetenango y el

Figura 2
PROBABILIDAD DE PRESENCIA DE
PHASEOLUS VULGARIS SILVESTRE EN Mesoamérica



oriente de Guatemala. Está claro que en las partes bajas tanto del norte como del sur de Guatemala, la probabilidad de encontrar *P. vulgaris* en forma silvestre es nula. El análisis cluster (Figura 3) muestra la formación clara de dos grupos de accesiones, las provenientes del noroccidente de Guatemala y las

Figura 3
DENDROGRAMA DE LAS ACCESIONES DE
***PHASEOLUS VULGARIS* SILVESTRE DE GUATEMALA**



restantes distribuidas en el centro y oriente de Guatemala. Se puede interpretar entonces, que los materiales genéticos de frijol silvestre en Guatemala responden a dos condiciones ambientales diferentes, aquellas ubicadas a mayor altitud sobre el nivel del mar localizadas en el altiplano occidental y las correspondientes a localidades de menor altitud y distribuidas en el resto del país (altiplano central y oriente de Guatemala). Estos resultados vienen a confirmar en parte los resultados obtenidos por Azurdia *et al.* [1991] quienes pudieron observar una variación clonal de Oeste a Este en la variación genética de frijol silvestre basado en los tipos de fascolinas reportadas. Los mismos autores indican que basados en estudios de marcadores moleculares (AFLP), los materiales genéticos silvestres de frijol se pueden diferenciar de acuerdo con su región de origen, es decir, los materiales del occidente de Guatemala son diferentes a las restantes accesiones. Estos resultados indican que los factores ambientales han definido de alguna manera la distribución de la diversidad genética de *P. vulgaris* silvestre en Guatemala. Esta información es básica para sugerir el establecimiento de áreas protegidas en aquellas regiones de alta probabilidad de encontrar *P. vulgaris* silvestre. Además, se debe recolectar germoplasma en las áreas en las cuales aún no se ha hecho, el cual debe ser destinado para conservación *ex situ*.

El ejemplo discutido muestra claramente las grandes opciones que tienen a disposición los especialistas en estudios de recursos genéticos. En este sentido, la opción está abierta para realizar estudios en cualquiera de las especies de interés.

POSIBILIDADES FUTURAS DE DESARROLLO DEL PROCESO

La mayor disponibilidad de receptores de GPS ayudará en la obtención de los datos de mayor calidad (más precisos y exactos), pero también es necesario que los especialistas en estudios de biodiversidad adquieran conocimientos relativos a GIS. Estas dos condiciones deben continuar siendo enfatizadas, más aún cuando se trata de la conservación y uso de los recursos genéticos vegetales. Al mismo tiempo, curadores de colecciones con datos incoherentes o errados deben intentar rectificarlos.

En todos los programas destinados a la conservación y uso de los recursos vegetales debe procurarse la integración de un GIS que permitirá algunos de los tipos de manipulación de datos georreferenciados. La conexión entre los recursos genéticos y los datos del medio ambiente explora "sitios con características geográficas" que pueden identificarse, dentro de los cuales existe diversidad genética perfectamente adaptada a las diferentes condiciones ambientales. La herramienta de caracterización espacial es un paso en la dirección correcta.

Un aspecto importante es que la tecnología de los GIS debe implementarse adecuadamente. El impulso necesario para el desarrollo de esta tecnología proviene de la importancia creciente que se ha otorgado a los programas de conservación de los recursos genéticos vegetales en muchos países; principalmente en conservación *in situ*. En este tipo de conservación es importante coleccionar y analizarlos datos no únicamente en las poblaciones, que es lo usual en la metodología de conservación *ex situ*, sino a veces también en las plantas individuales, permitiendo estudios de

demografía y dinámica de la población, de estructura genética espacial dentro de las poblaciones, etc. Pueden usarse áreas diferentes dentro de la reserva genética probable y pueden manejarse de diferentes maneras, pudiendo a la vez, estar sujeto a diferentes presiones. Todos esto producirá más datos georreferenciados que los que se producen en el caso de la conservación *ex situ*. En todo caso, los conservacionistas de los recursos genéticos vegetales necesitarán entender y aplicar los métodos analíticos espaciales desarrollados por empresarios agrícolas, conservacionistas, ecólogos, genetistas de poblaciones, etc.

El desafío para los que trabajan en el uso y conservación de los recursos genéticos vegetales consiste en poner a trabajar la tecnología y la información a su alcance, para resolver sus problemas particulares.

Esto requerirá de alianzas institucionales nacionales e internacionales. También requerirá de un buen conocimiento tanto del técnico como de las personas que toman decisiones dentro de los programas nacionales y regionales de las enormes posibilidades que la tecnología de los GIS ofrece para la conservación y el uso sustentable de los recursos genéticos vegetales.

El desafío para los que trabajan en el uso y conservación de los recursos genéticos vegetales consiste en poner a trabajar la tecnología y la información a su alcance, para resolver sus problemas particulares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYALA, HELMER. 1999. Agrobiodiversidad de Guatemala, riqueza nativa. Estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, Guatemala. Guatemala, C.A. 85 p.
- AZURDIA, C.A. 1999. Usando los recursos genéticos: un acercamiento al acceso y tecnología. Estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad —Guatemala—. Guatemala, C.A. 89 p.

- AZURDIA, C. y E. MARTÍNEZ. 1996. El frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris*) en la cuenca del río Motagua. En C. Azurdia (ed.). *Lecturas en Recursos Fitogenéticos*. Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 94-95.
- AZURDIA, C. A. et al. 1999. Diversidad genética de maní (*Arachis hypogaea*) en Guatemala: distribución y erosión. *Revista Tikalia*, Facultad de Agronomía, USAC, Guatemala, C. A. p. 25-40.
- DEBOUCK, D. 1988. *Phaseolus* germplasm collection in central and eastern Guatemala. Mimeographed, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland.
- _____. 1995. Germplasm exploration for the genera *Manihot* and *Phaseolus* in western and central Guatemala. Final report for CIAT/USAC supported mission. 31.
- DEBOUCK, D. y J. SOTO. 1988. Recolección de germoplasma de *Phaseolus* (frijol) en el occidente de Guatemala. *Tikalia* (Guatemala) 6:17-34.
- GREENE, S.L., and T. HART. 1996. Plantgenetic resources collections: an opportunity for the evolution of global data sets. In *Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling*. Santa Fe, NM, January 21-26, 1996. National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, CA.
- GENTRY, H.S. 1969. Origin of the common bean, *Phaseolus vulgaris*. *Econ. Bot.* 23[1]: 55-69.
- GUARINO, L. 1995. Geographic information systems and remote sensing for the plant germplasm connector. p.315-328. In L. Guarino, V Ramanatha Rao, and R. Reid (eds.) *Collecting Plant Genetic Diversity*. CAB International, Wallingford, U.K.

- GUARINO, L., *et al.* 1999. Analysis of georeferenced data and the conservation and use of plant genetic resources. 28 p.
- HART, T.; S.L. GREENE, and A. AFONIN. 1996. Mapping for germplasm collections: site selection and attribution. In Proceedings, Third International Conference/ Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Fe, NM, January 21-26, 1996. National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara, CA.
- JONES, P.G., S.E. BEEBE, J. TOHME, and N.W. GALWEY. 1997. The use of geographical information systems in biodiversity exploration and conservation. *Biodiversity and Conservation* 6: 947-958.
- MAXTED, N., J.G. HAWKES, L. GUARINO, and M. SAWKINS. 1997. The selection of plant conservation targets. *Genetic Resources and Crop Evolution* 7: 112.
- MCBRYDE, F.W. 1945. Cultural and historical geography of southwest Guatemala. *Smithsonian Inst. Publ.* 4:1-184.
- WILLIAMS, D. 1994. Exploración etnobotánica para recursos fitogenéticos de cacahuete en México. Memorias del primer simposium internacional sobre etnobotánica en Mesoamérica. Universidad Autónoma Chapingo, México. p.137-147.

DIVERSIDAD GENÉTICA DE MANÍ (*ARACHIS HYPOGAEA*) EN EL NORTE DE GUATEMALA

César Azurdia, David Williams,
Karen Williams y Helmer Ayala.



Resumen

El maní es una especie cultivada originaria de Sur América. Sin embargo, se considera que ha sido cultivada en el área mesoamericana desde tiempos prehispánicos. La recolección de germoplasma realizada en 1997 mostró la presencia de las seis variedades botánicas de maní reconocidas. Durante la gira de exploración realizada a finales de 1999 en el norte de Guatemala, se encontró la presencia de materiales genéticos pertenecientes a cinco variedades genéticas (*A. hypogaea hypogaea* var. *hirsuta*, *A. hypogaea hypogaea* var. *hypogaea*, *A. hypogaea fastigiata* var. *fastigiata*, *A. hypogaea fastigiata* var. *peruviana*, *A. hypogaea fastigiata* var. *vulgaris*). Así mismo, se confirmó la presencia de *A. hypogaea hypogaea* var. *hirsuta*, la cual está confinada a áreas del nor-occidente del país (departamentos de Huehuetenango y Quiché). Además se estableció que el departamento de Petén posiblemente es el área del país en la que se produce en forma comercial la mayor cantidad de maní, utilizando especialmente un material perteneciente a *A. hypogaea hypogaea* var. *hypogaea* con características distintas a todas las demás recolectadas en el país. La mayor diversidad genética según departamentos se encuentra en Quiché. Estos resultados confirman que es necesario realizar estudios de diversidad genética de cultivos introducidos en tiempos prehispánicos a los centros de origen y diversidad genética de plantas cultivadas. Con los resultados de la presente gira de

recolección y los obtenidos en la anterior, se cuenta con un panorama general de la diversidad genética de maní en Guatemala, que facilitará la utilización y conservación de dicho germoplasma.

INTRODUCCIÓN

Se entiende que la máxima diversidad genética de una especie cultivada se encuentra localizada en los llamados centros de origen y diversidad, los cuales están ubicados en regiones específicas del mundo. Sin embargo, la presencia de variabilidad genética de un cultivo en un centro de origen que no es su propio centro de origen, puede ser un elemento interesante de estudio. Resulta que los centros de origen tienen como condición propia el estar ubicados en regiones con gran variación en condiciones ecogeográficas así como por la presencia de una cultura avanzada. Esta combinación hace que cualquier planta cultivada esté sometida con mayor intensidad al proceso de evolución, especialmente a evolución bajo domesticación. Por lo tanto, es de esperar que dicha especie (no propia del centro de origen bajo estudio) haya sido introducida tempranamente.

El maní es una especie cultivada, originaria de Sur América. Sin embargo, se considera que ha sido cultivada en el área mesoamericana desde tiempos prehispánicos [Smith, 1967], razón por la cual se espera que las especies locales presentes en dicha área puedan tener alta diversidad genética. Algunos estudios realizados en el área mexicana así lo demuestran [Williams, 1994]. Para el caso de Guatemala, como resultado de la gira de exploración y colecta de maní realizada a finales de 1997, en el occidente, centro,

y costa sur oriente del país se mostró la alta diversidad genética presente, a tal grado que las diferentes variedades botánicas de maní reconocidas se encuentran presentes en dicha región [Azurdia, *et al.*, 1999].

El presente artículo es resultado de la gira de recolección y exploración de maní realizada durante el mes de noviembre de 1999 en el norte de Guatemala. Se contó con la colaboración del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) y del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA).

METODOLOGÍA

En el año 1997 se elaboró un mapa en el que se muestran las áreas productoras de maní en Guatemala, según datos obtenidos del último censo nacional. Este mapa fue la base para la planificación de exploraciones y recolecciones de germoplasma de maní en el norte del país. En el mencionado mapa se tomó como base cuadrículas de 50 x 50 kilómetros, tratando de obtener muestras de germoplasma en cada una de ellos. En las localidades en donde se encontró maní cultivado, se tomaron muestras de una a dos libras de semilla (incluida la cáscara), se tomaron fotografías de cada accesión y se llenó una boleta en la que se reportan los principales datos de pasaporte y aspectos etnobotánicos. El material genético recolectado fue dividido en tres partes iguales, las cuales fueron enviadas al USDA, al Dr. Krapovickas (especialista argentino) y la otra se depositó en el banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (USAC), para desarrollar futuros ensayos de caracterización, así como para su conservación.

El presente artículo es resultado de la gira de recolección y exploración de maní realizada durante el mes de noviembre de 1999 en el norte de Guatemala.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se visitaron localidades de los departamentos de Quiché, Alta Verapaz, Petén, Zacapa y el Progreso, colectándose en total 22 accesiones (Cuadro 1), pertenecientes a *A. hypogaea hypogaea* var. *hirsuta*, *A. hypogaea hypogaea*, var. *hypogaea*, *A. hypogaea fastigiata* var. *fastigiata*, *A. hypogaea fastigiata* var. *peruviana* y *A. hypogaea fastigiata* var. *vulgaris* (Cuadro 2). Las características generales de cada una de ellas se muestran en el Cuadro 3. La diversidad encontrada no es sorprendente, ya que en un estudio previo

Cuadro 1
DATOS DE PASAPORTE MÁS IMPORTANTES DE LAS
ACCESIONES DE MANÍ (*ARACHIS HYPOGAEA*), GUATEMALA. 1999

No. de Accesión	Localidad	Coordenadas		Altitud (msnm)
		Latitud	Longitud	
1450	Pachilip, Joyabaj, Quiché	14° 59' 44"	90° 50' 1"	1570
1451	San José Sinaché, Zacualpa, Quiché	15° 01.5'	90° 54.5'	1700
1452	Chupacay, Sacapulas, Quiché	15° 16.9'	91° 06.2'	1350
1453	Chupacay, Sacapulas, Quiché	15° 16.9'	91° 06.2'	1350
1454	Río Blanco, Sacapulas, Quiché	15° 16.9'	91° 09'	1300
1455	Río Blanco, Sacapulas, Quiché	15° 16.9'	91° 09'	1300
1456	Río Blanco, Sacapulas, Quiché	15° 16.9'	91° 09'	1300
1457	Río Blanco, Sacapulas, Quiché	15° 16.9'	91° 09'	1300
1458	Tierra Linda, Pozo Tres, Chisec, Alta Verapaz	15° 58.7'	90° 22.2'	300
1459	El Caribe, Sayaxché, Petén	16° 03.7'	90° 18.3'	300
1460	Las Cruces, La Libertad, Petén	16° 39.5'	90° 17.6'	250
1461	Las Cruces, La Libertad, Petén	16° 39.5'	90° 17.6'	250
1462	Las Cruces, La Libertad, Petén	16° 39.5'	90° 17.6'	250
1463	Las Cruces, La Libertad, Petén	16° 39.5'	90° 17.6'	250
1464	San Juan de Dios, San Francisco, Petén	16° 47.7'	89° 57.3'	350
1465	San Juan de Dios, San Francisco, Petén	16° 47.7'	89° 57.3'	350
1466	La Esperanza, San Luis, Petén	16° 00'	89° 30.8'	400
1467	Caxlampón, Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz	15° 55.2'	89° 38.4'	350
1468	Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz	15° 55.3'	89° 39.3'	400
1469	Pinares, Cahabón, Alta Verapaz	15° 32.8'	89° 51.9'	650
1470	El Rosario, Cabañas, Zacapa	14° 51.9'	89° 48.6'	450
1471	El Conacaste, Sanarate, El Progreso	14° 48.7'	90° 14.6'	1100

[Azurdia *et al.*, 1999] se había mostrado la existencia de dichas variedades botánicas en Guatemala.

Se corroboró que la variedad *hirsuta* es cultivada principalmente en aquellas áreas de mayor altitud ubicadas en el altiplano occidental guatemalteco. Éste

Cuadro 2
DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE LAS RECOLECCIONES DE MANÍ
(*ARACHIS HYPOGAEA*) REALIZADAS EN GUATEMALA, 1999

Area e identificación	Especie	Nombre vulgar
Joyabaj, Quiché		
WA 1450	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hirsuta</i>	Tardón, morada
Zacualpa, Quiché		
WA 1451	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hirsuta</i>	Manía
Sacapulas, Quiché		
WA 1452	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Manía de Amatitlán, Quihah'ik
WA 1453	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>hypogaea</i>	Manía de mata, Oxip ik
WA 1454	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Manía extranjera
WA 1455	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>fastigiata</i>	Manía criolla
WA 1456	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>peruviana</i>	De mata extranjera
WA 1457	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Cajalteca
Chisec, Alta Verapaz		
WA 1458	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>fastigiata</i>	Manía
Sayaxché, Petén		
WA 1459	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i>	Blanca, China
La Libertad, Petén		
WA 1460	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Manía grande
WA 1461	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>fastigiata</i>	Manía roja
WA 1462	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i>	Manía china
WA 1463	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Olmecca
San Francisco, Petén		
WAWA 1464	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>fastigiata</i>	Manía roja
WAWA 1465	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i>	Chica, blanca
San Luis, Petén		
WAWA 1466	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i>	Mani
Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz		
WAWA 1467	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i>	Manía
WAWA 1468	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Manía mexicana
Cahabón, Alta Verapaz		
WAWA 1469	<i>A. hypogaea fastigiata</i> var. <i>vulgaris</i>	Manía
Cabañas, Zacapa		
WAWA 1470	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Manía
Sanarate, El Progreso		
WAWA 1471	<i>A. hypogaea hypogaea</i> var. <i>hypogaea</i>	Manía

es el caso para los municipios de Zacualpa y Joyabaj en Quiché, en donde se pudo establecer que el material preferido por los agricultores pertenece a dicha variedad. A pesar de que la cosecha se dificulta dado que los frutos tienen que ser recolectados con azadón por el frágil clavo que poseen, la demanda de este tipo de maní así como el precio que llega a tener justifican su cultivo (Cuadro 3). La presencia de este material genético en Quiché está relacionada, de

Cuadro 3
CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DE LAS ACCESIONES DE MANÍ
(*ARACHIS HYPOGAEA*) RECOLECTADAS EN GUATEMALA, 1999

No. de accesión	No. semillas por fruto, color	Tipo de planta	Período de cultivo (meses)	Tiempo de introducción (años)	Otras características
1450	3-4, púrpura	rastrera	6	variedad criolla	Alta aceptación en el mercado; difícil de cosechar
1451	3-4, púrpura	rastrera	6	variedad criolla	Alta aceptación en el mercado; difícil de cosechar
1452	2, rojiza	rastrera	4	10	Tipo Virginia
1453	4, rojiza	erecta	3	variedad criolla	Tipo Valencia
1454	2, canela	erecta	5	5	Ha reemplazado materiales criollos
1455	4, roja	erecta	3	variedad criolla	Tipo Valencia
1456	2, rosada	erecta	5	muy reciente	Cosecha en agosto
1457	2, rosada	rastrera	5	variedad criolla	Cosecha en agosto
1458	4, roja	erecta	3	variedad criolla	Tipo Valencia
1459	2, canela	arbustiva	3	variedad criolla	Cosecha en noviembre
1460	2, canela	rastrera	4	variedad criolla	Tipo Virginia
1461	4, roja	erecta	3	variedad criolla	Tipo Valencia
1462	2, rosada	erecta	3	25	Tipo Español
1463	2-3, canela	arbustiva	3	3	Tipo Virginia
1464	4, roja	erecta	3	variedad criolla	Tipo Valencia
1465	2, canela	erecta	3	---	Tipo español
1466	3-4, roja	erecta	3	variedad criolla	Tipo Valencia
1467	2, rosado-claro	erecta	2	Variedad criolla	Tipo español
1468	2, rosado	rastrera	5	Muy reciente	Tipo Virginia; Introducida de Chiapas, México
1469	3, roja	erecta	3	variedad criolla	Tipo Valencia
1470	2 rosada	rastrera	4	variedad criolla	Tipo Virginia
1471	2 rosada	arbustiva	4	variedad criolla	Tipo Virginia

alguna manera, con la presencia del mismo material genético en el vecino departamento de Huehuetenango. La gran diferencia es que en Huehuetenango, este material está siendo erosionado fuertemente debido a la introducción de materiales mejorados mientras que en Quiché es el único aceptado por los agricultores.

De acuerdo con las observaciones de campo realizadas durante las dos giras de exploración y recolección de germoplasma de maní (1997 y 1999) se puede sugerir que la variedad *hirsuta* puede ser cultivada perfectamente en localidades ubicadas entre los 1,200 a 1,500 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Sacapulas, en el departamento de Quiché, es un área importante de diversidad genética de maní ya que en las localidades cercanas a la cabecera municipal se cultivan materiales genéticos pertenecientes a cuatro variedades botánicas. Sin embargo, los materiales criollos están siendo desplazados por materiales de reciente introducción tal como lo es el identificado con el número 1454. La diversidad encontrada en el área es debida a la introducción de materiales genéticos de otras localidades del país; por ejemplo, los materiales 1452 y 1457 posiblemente procedentes de Amatitlán y Jacaltenango, dado su nombre común (Cuadro 2). Además, como ya se indicó, hay otros materiales como la "manía de mata extranjera" (accesión 1456) y la "manía extranjera" (accesión 1454) introducidas más recientemente tal como fue reportado para el caso de Huehuetenango [Azurdia *et al.*, 1999].

De acuerdo con los requerimientos climáticos del cultivo del maní, solamente en la parte cálida y lluviosa del norte y nor este del departamento de

El municipio de Sacapulas, en el departamento de Quiché, es un área importante de diversidad genética de maní ya que en las localidades cercanas a la cabecera municipal se cultivan materiales genéticos pertenecientes a cuatro variedades botánicas.

Alta Verapaz se puede encontrar germoplasma de dicha especie. En general se puede decir que este cultivo es solamente importante en las localidades de Fray Bartolomé de las Casas y Cahabón. En las otras localidades es poco frecuente y su presencia se debe más que todo a que habitantes nuevos de la región han traído desde sus localidades de origen, materiales de maní. El material genético más abundante es el perteneciente *A. hypogaea fastigiata* var. *vulgaris*, conocido en la región como manía china, del tipo española y el perteneciente a *A. hypogaea fastigiata* var. *fastigiata* que es un maní tipo Valencia. Fue notorio observar que en una localidad de refugiados procedentes de México y ubicada en jurisdicción de Fray Bartolomé de las Casas se está cultivando un material genético traído de México (accesión 1458), el cual, según los agricultores, tiene buenos rendimientos.

En Petén se pueden encontrar varias localidades en las cuales se produce maní en pequeñas extensiones. Sin embargo, en el área de Las Cruces, La Libertad, posiblemente se produce la mayor cantidad de maní a nivel nacional.

En Petén se pueden encontrar varias localidades en las cuales se produce maní en pequeñas extensiones. Sin embargo, en el área de Las Cruces, La Libertad, posiblemente se produce la mayor cantidad de maní a nivel nacional. Al visitar y entrevistar a varios compradores de maní en la localidad, se pudo establecer que al menos en dicha localidad se produce y comercializa no menos de 24 mil quintales, los cuales son vendidos principalmente en el área de Mazatenango y Retalhuleu, en la costa sur del país. En cuanto a diversidad genética, se encontraron tres diferentes variedades, *A. hypogaea fastigiata* var. *vulgaris*, *A. hypogaea fastigiata* var. *fastigiata* y *A. hypogaea* var. *hypogaea*. De ellas la más importante comercialmente es la identificada con el número 1460, que no había sido reportada para ninguna otra localidad en el país.

Según los agricultores de la zona, este material ha sido cultivado por ellos durante muchos años, desconociéndose su procedencia. En la parte Sur de Petén, en donde los indígenas q'eqchi'es habitan, los materiales genéticos de maní presentes son similares a los presentes en el área q'eqchi' del norte de Alta Verapaz.

En el departamento de Zacapa, se encontró algunas localidades en donde se cultiva maní; sin embargo, el mismo no es un cultivo de mucha importancia en la región. Se siembra únicamente un cultivar perteneciente a *A. hypogaea hypogaea* var. *hypogaea*, siendo este material genético muy similar al material genético plantado en el departamento vecino, Chiquimula. Similar material genético es cultivado en el municipio de Sanarate, El Progreso, localidad ubicada a mayor altura sobre el nivel del mar.

La presencia de todas las variedades botánicas de maní en Guatemala sugiere la alta diversidad que el país presenta en este cultivo. Producto de la variabilidad actual es el resultado de la introducción reciente de materiales mejorados. Sin embargo, este proceso tiene efecto negativo pues muchos de los materiales antiguos están siendo reemplazados en algunas regiones importantes de la producción de maní. Por esta razón, la exploración y recolección de materiales de maní a nivel nacional fue una actividad importante para conocer, utilizar y conservar dicho recurso. Resultado final de las dos giras de campo (1997 y 1999) es el conocimiento de la variabilidad genética de maní en Guatemala para poder ser utilizada sustentablemente.

Con los resultados presentados se viene a confirmar nuevamente que especies introducidas en tiempos

ancestrales han generado considerable variabilidad genética, por lo tanto, no se puede dejar por un lado el estudio de especies introducidas y enfatizar únicamente en plantas cuyo centro de origen y diversidad es Guatemala. Este estudio puede plantearse como un modelo para el desarrollo de investigación en otros cultivos no nativos de Mesoamérica pero introducidos al área en tiempos ancestrales.

Además, como fue mencionado en el artículo inicial relativo a diversidad genética de maní en Guatemala [Azurdia *et al.*, 1999] los resultados obtenidos en el trabajo de campo serán la base para el desarrollo de un sistema de predicción de la distribución de variabilidad genética utilizando un sistema geográfico computarizado, el cual permitirá identificar aquellas áreas del país donde se pueda encontrar diversidad genética, o bien reúnan las condiciones climáticas adecuadas para su cultivo. Similar actividad ha sido finalizada con el cultivo del maní en Ecuador mediante el desarrollo de una colaboración entre el CIAT, el IPGRI y el INIA de Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

- AZURDIA, C.; D. WILLIAMS; K. WILLIAMS; W. NUFIO. 1999. Diversidad genética de maní (*Arachis hypogaea*) en Guatemala: Distribución y Erosión. *Tikalía* (Guatemala) 17 (1):25-40.
- SMITH, J. 1967. Plant remains. In D.S. Byers (de.). The prehistory of the Tehuacán Valley. Vol. 1. University of Texas Press. Austin, Texas, USA. 220-255.

- WILLIAMS, D. 1994. Exploración etnobotánica para recursos fitogenéticos de cacahuete en México. En: Memorias del primer Simposium Internacional sobre etnobotánica en Mesoamérica "Efraim Hernández X.; J.A. Cuevas; E. Estrada y E. Cedillo (eds.). Universidad autónoma Chapingo, México. 137-147.

EL LOROCO, *FERNALDIA PANDURATA* (APOCYNACEAE), UNA ESPECIE EN VÍAS DE DOMESTICACIÓN

César Azurdia, Miguel Leiva,
Helmer Ayala, Werner Ovando, Edín López



Resumen

El loroco es una especie nativa de Mesoamérica con importancia en alimentación humana, especialmente en Guatemala, El Salvador y Honduras. Las flores y los botones florales son la parte comestible que es preparada en diferentes formas, según la localidad que se trate. En los últimos años la demanda de esta especie se ha incrementado debido al aumento del consumo interno así como para la exportación. Por lo que el cultivo de la misma se ha incrementando considerablemente. Esta especie está siendo sometida a un proceso de domesticación reciente. Por lo que a nivel de campo se puede observar el proceso evolutivo al que está siendo sometido, el cual básicamente sigue el patrón evolutivo de otras especies actualmente domesticadas. Es decir, crece en forma natural en áreas silvestres, se mueve a áreas perturbadas en forma natural o por efectos de la acción del hombre, se establece como maleza en los cultivos aledaños, en donde el agricultor la maneja como maleza tolerada, cultiva y conserva a nivel de huerto familiar, finalizando su etapa de manejo, mediante el establecimiento de áreas con loroco en monocultivo. Se plantea la necesidad de establecer un proyecto de investigación que tenga como finalidad el uso y la conservación de esta especie útil.

INTRODUCCIÓN

Los inicios de la domesticación de las plantas cultivadas se remontan a los albores de la agricultura en los centros de origen y diversidad de plantas cultivadas. De esta manera, se reconoce que en el centro denominado Mesoamérica se domesticaron especies de importancia mundial como el maíz, el frijol, el chile, las cucurbitáceas, el cacao, entre las más importantes. Resultado de este proceso es la alta diversidad de materiales genéticos aún presente en la zona, así como la diversidad de materiales mejorados que están siendo utilizados en muchas partes del mundo. El proceso de domesticación de nuevas especies no se detiene; por el contrario, cada día se buscan nuevas alternativas de producción tanto para alimentación, medicina o para la industria, por lo que en tiempos modernos podemos ser testigos de un proceso que se inició en otras especies varios miles de años atrás. Este proceso básicamente se desarrolla en los centros de diversidad de especies, ya que éstas son manejadas por comunidades humanas reconocidas por su historia cultural. El caso que nos ocupa hace referencia a una especie originaria de Mesoamérica, específicamente del sur de México, Guatemala, El Salvador y Honduras, en donde está siendo objeto de domesticación debido a la alta demanda que dicha especie posee.

Los usos que se hacen de las flores y los botones florales en alimentación humana han sido citados por Standley & Steyermark [1969], Williams [1981], Morton, Álvarez y Quiñónez [1990]. De esta información se desprende que la demanda tanto nacionalmente, en cada uno de los países de Centroamérica,

El caso que nos ocupa hace referencia a una especie originaria de Mesoamérica, específicamente del sur de México, Guatemala, El Salvador y Honduras, en donde está siendo objeto de domesticación debido a la alta demanda que dicha especie posee.

como internacionalmente, se ha incrementado. Por lo tanto, se requiere de mayor producción de la misma, para lo cual se busca mejorar las condiciones de cultivo y los materiales genéticos de mejor calidad. Por lo tanto, en los momentos actuales se tiene interés en desarrollar paquetes tecnológicos que incrementen la producción de esta especie semisilvestre, sin olvidar que al mismo tiempo se deben conservar sus recursos genéticos. La mejor manera de enfrentar este dilema es conocer las condiciones propias en su ambiente silvestre, es decir, su distribución natural, características de las comunidades vegetales en las cuales habita, ambiente y diversidad genética presente. Así mismo, se deberá reconocer la forma como los habitantes de la región en la que crece, en forma natural, la conservan y manejan, ya sea en las áreas silvestres o bien en huertos familiares. El otro punto a conocer, debe ser la forma en la cual se cultiva y se comercializa. Con toda esta información, se puede entender el proceso de evolución del loroco, con lo cual se podrá desarrollar actividades de utilización y conservación de estepreciado recurso nativo de Mesoamérica.

El presente artículo resume información existente sobre el loroco en Guatemala, enriqueciéndola con la información generada por el proyecto de huertos desarrollado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, como parte de un proyecto global apoyado por el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI por sus iniciales en inglés) y por la GTZ de Alemania. El objetivo es mostrar el estado actual de domesticación del loroco y los diferentes factores que han participado en el mismo.

EL LOROCO EN COMUNIDADES SILVESTRES

El nombre común loroco se aplica en Mesoamérica a la especie Fernaldia pandurata, sin embargo, en Guatemala existe otra especie, F. brachypharynx, endémica en el departamento de Escuintla en el sur del país [Standley y Steyermark, 1969], la cual forma parte de la vegetación secundaria.

El nombre común loroco se aplica en Mesoamérica a la especie *Fernaldia pandurata*, sin embargo, en Guatemala existe otra especie, *F. brachypharynx*, endémica en el departamento de Escuintla en el sur del país [Standley y Steyermark, 1969], la cual forma parte de la vegetación secundaria. Esta especie produce flores y botones florales útiles en alimentación humana al igual que la otra especie más conocida de loroco. Observaciones personales de los autores indican que los agricultores de la zona permiten su crecimiento cuando eliminan la vegetación secundaria para el establecimiento de cultivos anuales.

La especie *F. pandurata* crece en forma silvestre en la parte semiárida de Guatemala, la cual comprende las zonas de vida denominadas bosque seco subtropical y monte espinoso subtropical localizadas en los departamentos orientales de El Progreso, Zacapa, Chiquimula. Se conoce que esta especie crece en forma natural como componente de las comunidades naturales de yaje (*Leucaena diversifolia*), especie dominante en la región semiárida. De acuerdo con Alarcón [1992], estas comunidades contienen especies de uso alimenticio potencial y actual, estableciéndose que del total de especies que la componen, el 9% cae dentro de esta categoría, siendo el loroco una de ellas. Se encontró presente la especie *F. pandurata* en dos localidades de 11 muestreadas, estando asociada a las especies dominantes *Leucaena diversifolia*, *Mimosa platycarpa*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Hintonia standleyana*, *Capparis incana*, *Mimosa zacapana* y *Malpighia punicifolia*. Las localidades en mención están ubicadas en el departamento de Zacapa, en

zona de vida monte espinoso subtropical, con suelos poco profundos, arcillosos, pendiente inclinada y clima cálido seco (500 mm de precipitación anual y temperaturas promedio anual cercana a los 24 °C), a una altura cercana a los 500 metros sobre el nivel del mar. Se reporta que los agricultores de la zona utilizan esta especie en forma extractiva, protegiéndose cuando se realiza roza, tumba y quema en los rodales para el establecimiento de cultivos limpios. Es interesante anotar que en los dos rodales en mención, se presenta la mayor diversidad vegetal al nivel del estrato herbáceo debido a que en los mismos se ha reducido la intensidad de pastoreo por el ganado vacuno.

El conocimiento de la diversidad morfológica de las plantas en condiciones silvestres, es decir, su caracterización *in situ*, es un indicador de la diversidad genética presente en poblaciones naturales. El estudio realizado por Girón [1995] aporta parte de este conocimiento requerido para desarrollar acciones de conservación y utilización del recurso genético de loroco. Se estudiaron tres poblaciones de loroco presentes en una localidad ubicada en el departamento de El Progreso dentro de la zona de vida bosque seco subtropical, a una altitud de 750 msnm. La caracterización morfológica de 30 plantas (10 por población) mostró que los caracteres cualitativos se manifestaron constantes, a excepción de la forma de la hoja, la cual reportó estar presente en los cinco estados posibles del descriptor. Con el uso de las variables cuantitativas se elaboró un dendrograma, el cual indicaba que no existían diferencias entre las diferentes poblaciones estudiadas. Sin embargo, se pudo observar que existe alta variabilidad entre los individuos estudiados principalmente en relación con el número de inflorescencias por planta (rango, 1-5) y número

de flores por inflorescencia (1-14). Los suelos en los cuales crecen estas poblaciones presentan deficiencias de P, K, la relación Mg/K es desbalanceada, siendo solo la relación Ca/Mg adecuada, el suelo es arcilloso con pH variable de 5.9 a 7.3, suelos con pendientes de 25 a 70%. Las especies a las cuales está asociada en esta localidad corresponden a especies propias de zonas más disturbadas si se compara con el estudio mencionado con anterioridad. Éstas son, *Acacia pennatula*, *Lysiloma auritum*, *Acacia farnesiana*, *Lonchocarpus minimiflorus*, *Eupatorium morifolium*, *Sida acuta* y *Rynchelitrum roseum*. Esta observación es interesante de analizar dado que en esta zona de vida, el loroco es aparentemente más abundante, si se compara con las localidades en donde la vegetación está menos perturbada, como las comunidades de yaje.

EL LOROCO EN LOS HUERTOS FAMILIARES

Los huertos familiares son una combinación de plantas que incluyen árboles, arbustos, lianas y hierbas, cultivadas en forma adyacente a una casa o de un componente de un hogar. Estos jardines son sembrados y mantenidos por los miembros del grupo familiar y sus productos son destinados inicialmente para satisfacer algunas necesidades del hogar, siendo en algunos casos que parte de la producción se destine al mercado local o regional [Azurdía y Leiva, 1999]. Además, los huertos familiares juegan papel importante en la conservación y evolución de plantas cultivadas, ya que esta práctica ha sido siempre parte de la cultura mesoamericana. Estudios desarrollados en la región han mostrado que muchas plantas que crecen

en forma silvestre o como malezas, una vez se convierten en plantas con alta demanda por parte de las comunidades humanas, pasan a formar parte de las especies cultivadas en los huertos familiares [Azurdia, 1981]. En este sentido, es evidente que los huertos familiares juegan un papel importante en la evolución de plantas cultivadas, ya que en ésta área es en donde se inicia la domesticación de especies silvestres o semisilvestres.

Durante el desarrollo del proyecto global de huertos familiares, componente Guatemala, se ha observado en la región correspondiente al monte espinoso subtropical que el loroco es una especie frecuente en los huertos familiares, en donde, se le da manejo especial para incrementar la producción de botones florales. Se estudió un total de 46 huertos, de los cuales 31 reportaron la presencia de loroco, es decir, en el 67.4%. La especie predominante es *F. pandurata*, sin embargo, en cinco huertos se observó la presencia tanto de *F. pandurata* como de *F. Brachypharnynx*. En la región se tiene el criterio de que la primera especie mencionada produce más cantidad de flores por inflorescencia, por lo que es más abundante tanto en los huertos familiares como bajo condiciones de cultivo. La cantidad de plantas observadas por huerto familiar fue variable dependiendo del destino de la producción, por ejemplo, cuando se destina para autoconsumo las plantas de loroco crecen sobre árboles propios del huerto y el número de individuos es relativamente pequeño. Por el contrario, cuando se destina la producción a la venta, el número de individuos es mayor y sometidos a manejo agronómico, el cual consiste básicamente en riego, podas y establecimiento de tutores. Referente al origen de la semilla, en todos los casos se reporta que esta proviene de

Durante el desarrollo del proyecto global de huertos familiares, componente Guatemala, se ha observado en la región correspondiente al monte espinoso subtropical que el loroco es una especie frecuente en los huertos familiares, en donde, se le da manejo especial para incrementar la producción de botones florales.

otros huertos de la localidad o bien a partir de plantaciones comerciales. También se da el caso en que la semilla plantada en áreas cultivadas proviene de semillas de plantas creciendo en huertos familiares.

En los estudios realizados en la región cálida lluviosa del norte de Alta Verapaz, correspondiente a la zona de vida bosque muy húmedo subtropical cálido, se ha observado en algunos huertos familiares la presencia de algunas plantas de loroco, específicamente en dos de un total de 46 huertos. El material reproductivo se ha obtenido a partir de material genético presente en forma silvestre, en huertos familiares o bien cultivado en la región oriental de Guatemala.

En general se puede decir que los huertos familiares juegan un papel importante tanto en la producción de loroco y su efecto en la economía del hogar, así como en la conservación de sus recursos genéticos, ya que se tiene a la mano plantas que en la actualidad es bastante difícil de conseguir bajo condiciones silvestres, dado que su frecuencia está disminuyendo alarmantemente. Así mismo, es el espacio en el que se está propagando esta especie en regiones en donde no es un material propio de la misma.

EL LOROCO CULTIVADO

En las regiones secas de Guatemala la oportunidad de desarrollar actividades agrícolas es reducida si no se cuenta con facilidades de riego. Además, los suelos disponibles para la mayoría de pequeños agricultores son marginales, es decir, poca fertilidad, alta pedregosidad y con fuerte pendiente. Ante la creciente demanda, nacional e internacional, que el loroco ha experimentado en los últimos años, la

producción obtenida en los huertos familiares o bien mediante colecta en áreas silvestres no es suficiente. En este sentido, el loroco es una buena alternativa económica para las regiones en las cuales es nativo, dado que se adapta perfectamente a suelos pobres y pedregosos.

Las áreas actualmente cultivadas con loroco son más frecuentes en el departamento de El Progreso y Zacapa, precisamente en las zonas de vida monte espinoso subtropical y bosque seco subtropical. Descripción detallada del sistema de cultivo de loroco en dichas áreas es proporcionada por Yac [1993], quien estudió áreas cultivadas en aldeas de Sanarate y aldeas de San Cristóbal Acasaguastlán, ambos en el departamento de El Progreso y en aldeas de Río Hondo, Zacapa. Un resumen de sus resultados se muestran en el Cuadro 1.

El Cuadro 1 muestra que el cultivo de loroco es practicado por pequeños productores del área de distribución natural de la especie, representando una buena alternativa económica para la región. Además es notorio que las áreas silvestres son una buena fuente de germoplasma que surte a las áreas cultivadas. Se considera necesario realizar más investigación básica en esta especie para generar un paquete tecnológico apropiado que incluya aspectos tales como distancias de siembra apropiadas, fertilización foliar, utilización de materiales genéticos apropiados y principalmente técnicas de conservación postcosecha. Es notorio observar que las plantas de loroco son afectadas fuertemente por plagas, especialmente por la mosca blanca, debido a la infestación de los campos de cultivo por la presencia de otros cultivos anteriores como el chile y el tomate, a la par que su cultivo en forma de monocultivo rompe su equilibrio ecológico

El loroco es una buena alternativa económica para las regiones en las cuales es nativo, dado que se adapta perfectamente a suelos pobres y pedregosos.

ya que el mismo pertenece a comunidades vegetales primarias o secundarias. Fernández [1998] propone algunas medidas técnicas para mejorar la producción de loroco, tanto en las regiones en las que actualmente se cultiva, como para su dispersión a otras áreas potenciales.

CONSIDERACIONES GENERALES

El origen de algunas especies cultivadas parece seguir la siguiente ruta [Azurdia, 1984]: se inicia con especies adaptadas a hábitat primarios cerrados, posteriormente estas especies se adaptan a hábitat abiertos

Cuadro 1
CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL CULTIVO DE LOROCHO
EN TRES ESTRATOS UBICADOS EN EL PROGRESO Y ZACAPA

Características	Estrato I (Sanarate, El Progreso)	Estrato II (San Cristóbal Acasaguastlán, El Progreso)	Estrato III (Río Hondo, Zacapa)
Pendiente	> 20%	> 20%	> 20%
Topografía	Ondulada-quebrada	Quebrada	Ondulada-plana
Práctica de conservación de suelos	Barreras muertas	Barreras muertas	Ninguna
Sistema de cultivo	Monocultivo y asocio	Monocultivo	Monocultivo
Procedencia semilla	Plantación: 75% Silvestre: 25%	Plantación: 75% Silvestre: 25%	Plantación: 67% Silvestre: 33%
Característica de selección	Hoja redonda: 83% Fruto largo: 17%	Hoja redonda: 75% Fruto largo: 25%	Hoja larga: 78% Fruto largo: 22%
Distancia entre plantas	0.84 metros	0.84 metros	0.84 metros
Distancia entre surcos	1.0 metros	1.50 metros	1.0 metros
pH	7.52	7.10	7.30
Plagas	Mosca blanca, cochinilla harinosa, pulgón	Mosca blanca, pulgón	Mosca blanca, pulgón
Producción	5,256 kg/ha	5,020 kg/ha	5,065 kg/ha
Area máxima	0.82 ha.	0.33 ha.	0.62 ha.
Rentabilidad (%)	38.51	35.75	61.90

Fuente: Yac Juárez [1993].

ya sea en forma natural o por acción del hombre, luego se pueden adaptar a campos cultivados bajo condiciones de maleza, en donde a través del tiempo se convierte gradualmente en especie domesticada pasando por una serie de etapas, en graduación de su intimidad con el hombre. En este sentido, Sauer [1952] y Anderson [1952] proporcionan más información al respecto, anotando que muchas plantas cultivadas se han originado a partir de malezas, mediante el siguiente orden: 1) área perturbada por el hombre, 2) las malezas o las plantas silvestres se mueven dentro del área perturbada, 3) el hombre encuentra algún uso de ella y, a través del tiempo, 4) el hombre aprende a perturbar el suelo (cultivarlo) con propósito de cosechar más cantidad de malezas ahora convertidas en cultivo. Durante estas fases las especies sufren modificaciones tanto anatómicas y morfológicas como fisiológicas, que las hacen convertirse en una población con características en parte requeridas por el hombre, tal como mayor producción de grano, producción más alta de forraje, incremento en el contenido de determinados principios químicos, etc.

El loroco no se aparta del patrón evolutivo planteado, presentando algunas modificaciones. Es propio de regiones del oriente de Guatemala en donde crece en forma silvestre bajo condiciones de baja precipitación, alta pedregosidad y elevada temperatura, seguidamente, se puede observar en forma más abundante en vegetación secundaria en la que ha habido perturbación natural o por efectos de la acción del hombre. En la actualidad, el mejor ejemplo se puede observar en la aldea Patachá, Guastatoya, en donde el loroco es abundante en las orillas de las áreas cultivadas. Además, se observa en los cultivos de la región creciendo como una maleza tolerada o bien plantada

El loroco es una especie que está sufriendo un proceso de domesticación particular. De alguna manera, se pretende agilizar su domesticación debido a que la demanda existente pocos años atrás se cubría con la producción de las poblaciones silvestres de la región, pero la demanda actual solamente se puede cubrir con áreas cultivadas.

en huertos familiares, y finalmente, se le cultiva en monocultivo en extensiones considerables. Sin embargo, los materiales genéticos cultivados comercialmente no provienen de materiales mejorados, sino a partir de otras plantaciones ya establecidas de material creciendo en condiciones silvestres, y en menor grado, a partir de huertos familiares. Por lo tanto, las poblaciones silvestres y las cultivadas no deben de presentar mayor diferenciación genética. Esto se debe básicamente a que la demanda del loroco se ha incrementado en los últimos años, razón por la cual el proceso de cultivo es relativamente reciente, no conociéndose en la actualidad por parte de los agricultores caracteres morfológicos que sean el foco de atención para seleccionar los mejores materiales genéticos. Está claro que el carácter a mejorar es el número de racimos florales, el número de flores por inflorescencia, el tamaño, aroma y color del botón floral. Sin embargo, los agricultores de la región productora de loroco en los departamentos de Zacapa y El Progreso seleccionan con base en la forma de la hoja y tamaño del fruto; de alguna manera estos caracteres están ligados a los caracteres florales mencionados. Una razón obvia del porqué seleccionan con base en el tamaño del fruto es que entre más grande sea éste, más semillas estarán disponibles para la siembra.

Con base en la información anotada, se puede indicar que el loroco es una especie que está sufriendo un proceso de domesticación particular. De alguna manera, se pretende agilizar su domesticación debido a que la demanda existente pocos años atrás se cubría con la producción de las poblaciones silvestres de la región, pero la demanda actual solamente se puede cubrir con áreas cultivadas.

El uso sustentable de los recursos requiere que se haga un empleo adecuado y de manera simultánea conservar los mismos. En este sentido, es preocupante que en la actualidad no exista un proyecto que trate de conservar y utilizar el recurso loroco. El deterioro de las áreas de bosque natural aumenta dramáticamente cada día, debido a factores naturales, pero principalmente al incremento de la frontera agrícola y al desarrollo urbano. El caso mencionado se puede observar en la localidad de Cenegal, Río Hondo, Zacapa, en donde las áreas de bosque natural han sido sustituidas por cultivo de loroco asociado a cultivo de tomate y de hierba mora (*Solanum americanum*). Sin embargo, es de particular importancia anotar que las áreas aledañas a bosque aún conservan individuos creciendo en forma silvestre. Otro ejemplo es la localidad de Pataché en Guastatoya, El Progreso, en donde las áreas con loroco creciendo en forma silvestre se están utilizando para la siembra de otros cultivos como frijol y maíz. Sin embargo, es interesante observar que las plantas de loroco que crecen dentro de los cultivos, procedentes de semillas que han quedado de la vegetación original o bien de semillas procedentes de la vegetación primaria aún existente a los alrededores, son toleradas mediante el desarrollo de deshierbes diferenciales. En esta localidad, el loroco que se utiliza para la venta en el mercado de la cabecera departamental (Guastatoya) es obtenido durante los meses de septiembre a octubre mediante un proceso puramente extractivo. Sin embargo, dada la importancia económica que tiene así como su escasez cada vez mas acentuada en las áreas silvestres, algunos agricultores principian a cultivarlo, obteniendo semillas a partir de plantas creciendo bajo condiciones silvestres.

Es recomendable desarrollar un inventario completo de las áreas silvestres en las cuales aún se encuentra presente el loroco, realizar una caracterización *in situ* tanto en el bosque como en huertos familiares, coleccionar material reproductivo para establecer una colección *ex situ* en una o dos zonas apropiadas, desarrollar evaluaciones agronómicas y nutricionales. Con los mejores materiales genéticos identificados se deberán iniciar evaluaciones agronómicas y generar un paquete tecnológico apropiado que deberá ser trasladado a los agricultores. Solamente de esta manera se podrá decir que los recursos genéticos de loroco —una especie en proceso de domesticación— se estarán utilizando sustentablemente.

BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN, R. 1992. Caracterización de la comunidad de yaje (*Leucaena diversifolia*) en la zona semiárida de El Progreso y Zacapa. Tesis I Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 p.
- ANDERSON, E. 1952. Plants, man and life. Little Brown & Co. Boston. 245 p.
- AZURDIA, C. 1981. Estudio de las malezas en los valles centrales de Oaxaca, México. Tesis Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 242 p.
- . 1984. La otra cara de las malezas. *Tikalía* (Guatemala) III (2):5-23.
- AZURDIA, C. y M. LEIVA. 1999. Conservación de la biodiversidad: su relación con el contexto de los huertos familiares en Mesoamérica. *Tikalía* (Guatemala) XVII (1):7-24.

- FERNÁNDEZ, V. 1998. Cultivo de loroco, opción para climas secos y suelos pedregosos. Agricultura (Guatemala) 11:32-35.
- GIRÓN, J. 1995. Descripción de algunos factores ambientales y caracterización botánica de loroco (*Fernaldia pandurata*) en estado silvestre en la Aldea Pataché, Guastatoya, El Progreso. Informe del Programa de Ejercicio Profesional Supervisado, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 36 p.
- MORTON, J., E. ALVAREZ, C. QUIÑÓNEZ. 1990. Loroco, *Fernaldia pandurata* (Apocynaceae): a popular edible flower of Central America. *Economic Botany*, 44(3):301-310.
- SAUER, C. 1952. Agricultural origins and dispersals. Amer. Geographical Soc. New York. 110 p.
- STANDLEY, P. and J. STEYERMARK. 1969. Flora of Guatemala. Chicago, Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany. V. 24 pt 8, no 4. h. 348- 350.
- WILLIAMS, L. 1981. The useful plants of Central America. *Ceiba* 24 (1-2):341 p.
- YAC, E. 1993. Caracterización agroeconómica del cultivo del loroco (*Fernaldia pandurata*) en las zonas seca y muy seca de El Progreso y Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 73 p.

TASA DE CRUZAMIENTO Y ESTRUCTURA GENÉTICA DE LA POBLACIÓN DE ZAPOTE (*POUTERIA SAPOTA*) DE SACAPULAS, QUICHÉ

César Azurdia, Helmer Ayala, Luigui Guarino



Resumen

El zapote es una especie arbórea nativa de Mesoamérica que produce frutos con amplia utilización en alimentación humana. Es una especie subutilizada, que posee un gran potencial, razón por la cual se están realizando en la actualidad los estudios básicos tendientes a conocer su diversidad genética así como algunos elementos de genética de poblaciones. El presente estudio vino a confirmar los resultados esperados: el zapote es una especie predominantemente alógama (tasa de cruzamiento de 0.70 para el presente caso), por lo cual la diversidad genética intrapoblacionalmente es más alta que la interpoblacional. De igual manera, la heterocigosidad observada es mayor que la esperada, indicándonos entonces, que la población no se encuentra en equilibrio de Hardy-Weinberg. Estos resultados indican que para efectos de muestreo de variabilidad en zapote, es recomendable muestrear más individuos en una población antes que incrementar el número de poblaciones. De igual manera, para conservación *in situ*, bastará con conservar un número reducido de poblaciones. Los resultados obtenidos muestran que la tasa de cruzamiento es variable dependiendo del año y de la naturaleza genética de la población bajo estudio. Así mismo, se infiere que al aumentar el grado de domesticación de la especie la tasa de cruzamiento se va reduciendo.

INTRODUCCIÓN

El zapote es una especie arbórea frutícola de origen mesoamericano que tiene importancia comercial, ya sea como productora de frutos destinados al consumo interno, como externo. Es ampliamente reconocido que dicha especie presenta alta diversidad genética en Guatemala, por lo tanto, se deben aprovechar las ventajas que presenta para desarrollarla como un cultivo de importancia a la par de conservar sus recursos genéticos.

El conocimiento de la distribución de la diversidad genética dentro de una población de zapote, permite la elección de ciertos materiales genéticos que sean representativos de la variabilidad presente en la misma, de tal manera que dichos materiales genéticos formen parte de una colección ex situ.

Previo al desarrollo de métodos de conservación se requiere tener conocimientos básicos de las poblaciones que se pretenden conservar. De esta manera, el conocimiento de la estructura genética de las poblaciones permitirá definir la intensidad de muestreo y las áreas en donde se podrán ubicar las unidades de conservación *in situ*. El conocimiento de la distribución de la diversidad genética dentro de una población de zapote, permite la elección de ciertos materiales genéticos que sean representativos de la variabilidad presente en la misma, de tal manera que dichos materiales genéticos formen parte de una colección *ex situ*. Por otro lado, el conocimiento de la tasa de cruzamiento permite establecer la metodología de mejoramiento tradicional que se debe seguir para la obtención de materiales genéticos de mejor calidad disponible para los agricultores.

El uso de marcadores bioquímicos (isoenzimas) tiene la ventaja que mide la diversidad genética, la cual puede ser cuantificada ya que dichos marcadores son codominantes. El desarrollo de protocolos adecuados para estudios de esta naturaleza [Azurdia, Mejía y Nufio, 1997] ha facilitado los estudios de genética de poblaciones, de tal manera que a la fecha, se tiene

una visión preliminar de la tasa de cruzamiento y estructura genética de dos poblaciones de zapote como resultado del estudio realizado en una región de Guatemala [Azurdia et al., 1999].

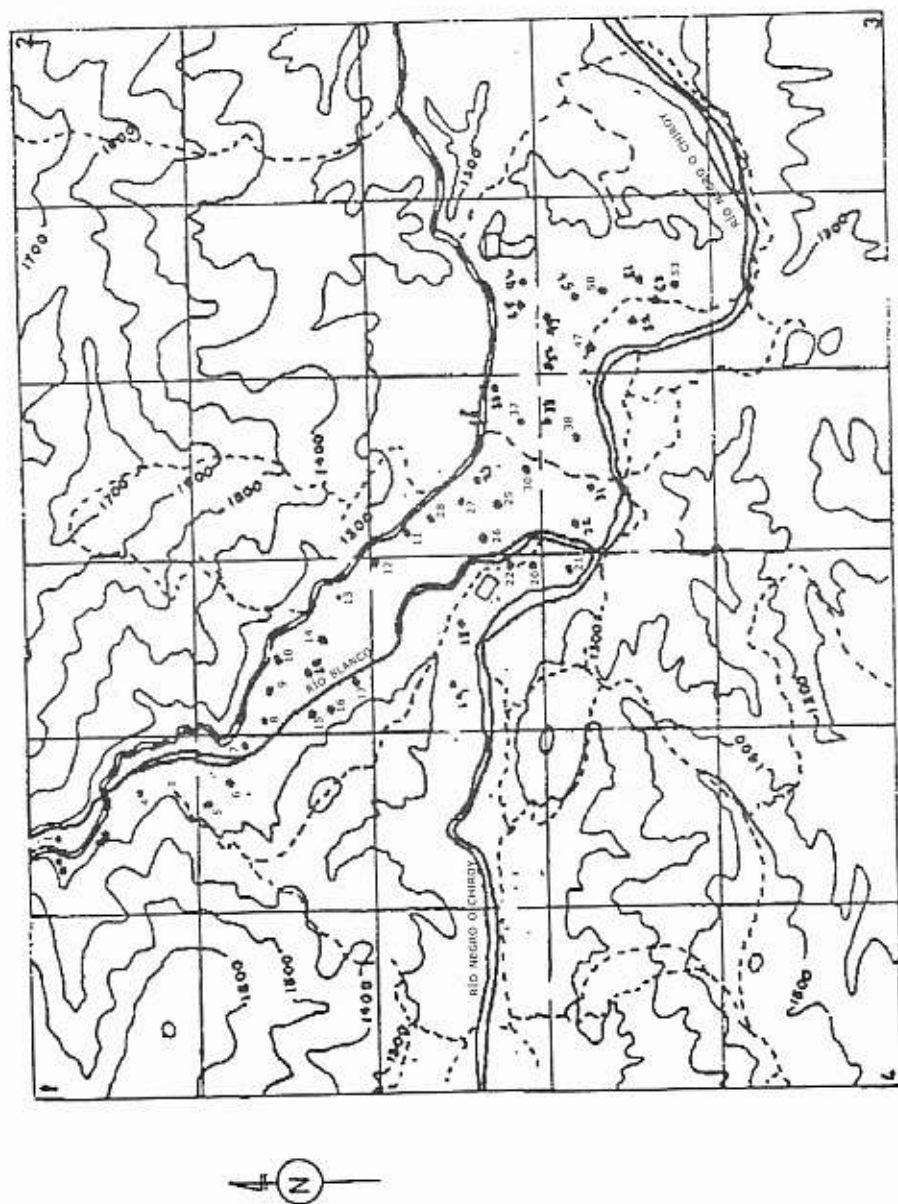
La importancia de Sacapulas, Quiché, como un área de alta diversidad de árboles frutales pertenecientes a las sapotáceas, así como el peligro de erosión al que están sometidos, ha sido documentado por Azurdia, Martínez y Ayala [1996], Azurdia, Ayala y Martínez [1996] y Ramos [1999]. Por lo tanto, se decidió realizar el segundo estudio de genética de poblaciones en *Pouteria sapota* en una localidad geográfica distinta al primero desarrollado en la localidad de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso [Azurdia et al., 1999].

Los objetivos de la investigación fueron cuantificar las tasas de cruzamiento, determinar la distribución de la diversidad dentro y entre familias, y medir la heterocigosidad presente en los padres vrs la presente en la F1.

I. METODOLOGÍA

ÁREA DE ESTUDIO. El área de estudio se encuentra ubicada en el departamento de Quiché en el norte del país, precisamente en Sacapulas, a lo largo de las riberas de los ríos Blanco y Negro (Figura 1). Sacapulas es una comunidad localizada en los 15° 17' latitud norte y 91° 09' longitud oeste, a una altitud de 1,230 metros sobre el nivel del mar. La precipitación es de 2,433 mm anuales, temperatura promedio anual de 20 °C y una humedad relativa de 74%. La vegetación natural está constituida por especies arbóreas pertenecientes a *Pinus* y *Quercus*, sin embargo

Figura 1
UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES ESTUDIADOS, SACAPULAS, QUICHÉ



en las áreas en donde crece el zapote en forma cultivada, éste está asociado a especies frutales como mango (*Manguifera indica*), injerto (*Pouteria viridis*), canistel (*Pouteria campechiana*), aguacate (*Persea americana*). Asociado a dichas especies se encuentran cultivos anuales como maíz, frijol, tomate, chile, cebolla, maní, yuca, camote. El área bajo riego posee una extensión de 300 has, en las que se encuentran distribuidas numerosas parcelas que oscilan entre 0.20 a 0.7 ha de extensión. En dichas parcelas viven los propietarios.

CARACTERIZACIÓN *IN SITU*. Durante la última semana de marzo y primera de abril de 1998 se seleccionaron 64 árboles de zapote en las aldeas Pie del Aguila, La Quebrada, Xolchum y Río Blanco. Cada uno de estos estaba a una distancia horizontal aproximada de 300 metros (Figura 1). Se caracterizaron siguiendo el descriptor creado por nuestro grupo [Azurdia *et al.*, 1997], el cual está basado en características morfológicas. Los datos obtenidos fueron utilizados para hacer un fenograma.

COLECTA DE SEMILLAS. Se obtuvo 20 frutos de cada uno de los 64 árboles caracterizados, de manera que se contó con 64 familias (F1). El genotipo maternal fue inferido con base en el arreglo de la progenie.

ANÁLISIS ISOENZIMÁTICO. Las semillas obtenidas se sembraron en la Unidad Docente Productiva Sabana Grande en el departamento de Escuintla perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. Las plantas fueron trasladadas a un invernadero en la sede de la Facultad de Agronomía



en la ciudad capital cuando alcanzaron el tamaño adecuado.

Extracto crudo de las hojas más jóvenes fue obtenido a partir de plantas de tres meses de edad y corrido en geles de acrilamida al 12%. Tres enzimas, esteras (Est), xiquimato dehidrogenasa (Skdh) y alcohol dehidrogenasa (Adh) determinadas como polimórficas previamente [Azurdia, Mejía y Nufio, 1997] fueron utilizadas para estimar el sistema de cruzamiento y los parámetros relativos a estructura genética.

ESTIMACIÓN DEL SISTEMA DE CRUZAMIENTO. Para estimar la tasa de cruzamiento (tm) mediante el uso de varios loci se empleó el método conocido como MLT [Ritland, 1990]. Este programa está basado en el modelo de varios loci propuesto por Ritland y Jain [1981]. El genotipo maternal más probable para cada familia fue estimado utilizando el método de Newton-Raphson. Los valores relativos a heterocigosidad media esperada y observada (Hexp y Hobs, respectivamente) y los índices de fijación (F) fueron calculados usando la formula $F=1 - (Hobs/Hexp)$.

ANÁLISIS DE DIVERSIDAD GENÉTICA. El valor de diversidad genética de Nei [1973] fue utilizado en el análisis para medir la diversidad genética total (Ht) de los datos isoenzimáticos, así como la diversidad genética intrapoblacional (Hs) e interpoblacional (Dst). Las distancias de Nei (D) fueron utilizadas para calcular las distancias genéticas entre poblaciones estudiadas, utilizando el programa NTSYS.

II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Enzimas polimórficas

Las enzimas estudiadas mostraron polimorfismos consistentes e interpretables. El comportamiento de las enzimas Skdh y Est fue similar al reportado por Azurdia *et al.* [1999] para el caso de las poblaciones de zapote de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. Esterasa tiene dos genes con dos alelos cada uno, mientras que para Skdh existe un gene con tres alelos. En ambos casos son enzimas monoméricas. La tercera enzima, Adh, es el resultado de un gene con tres alelos y es de naturaleza dimérica tal como ha sido reportado para maíz [Freeling y Schwartz, 1993] y para otros cultivos [Murphy *et al.*, 1992]. Para efectos del establecimiento de las tasas de cruzamiento, se considera adecuado el número de enzimas utilizadas, sin embargo, para el estudio de diversidad genética, un mayor número de enzimas sería recomendable.

2. Tasa de cruzamiento

Los resultados obtenidos (Cuadro 1) confirman el comportamiento observado en especies arbóreas tropicales, en las cuales se espera que su tasa de cruzamiento sea preferentemente alógama [Stacy *et al.*, 1996]. De igual manera, los resultados obtenidos en el presente ensayo corresponden de alguna manera a los esperados específicamente en la especie *P. sapota* de Guatemala, ya que como fue mostrado por Azurdia *et al.* [1999], esta especie es alógama con cierto grado de autogamia. En el presente caso, la tasa de cruzamiento reportada fue de 70% y 30% de autogamia

(utilizando la metodología multilocus). Estos resultados comparados con los reportados por Azurdia *et al.* [1999] vienen a confirmar que la tasa de cruzamiento varía aún en la misma especie si se comparan poblaciones localizadas en diferentes localidades y en diferentes épocas. Para el caso de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso la tasa de cruzamiento reportada fue de 87 y 81% en las dos poblaciones de zapote. Se ha reportado que la densidad de plantas con flores es un factor importante que determina la tasa de cruzamiento en especies arbóreas, principalmente en el bosque tropical lluvioso [Murawski y Hamrick, 1992]. La densidad de plantas de zapote en Sacapulas es considerablemente menor que la presente en San Agustín Acasaguastlán, El Progreso: por lo tanto éste podría ser un factor adicional que determina en parte la diferencia en tasas de cruzamiento observadas. Adicionalmente, las poblaciones de zapote de Sacapulas forman parte de una población de especies cultivadas sujetas a manejo más intensivo por parte de los agricultores, alejándose de alguna manera de la configuración tipo vegetación natural a la que se aproximan las comunidades de zapote de San Agustín Acasaguastlán. En este sentido, se tiene la idea general que las poblaciones de una especie

Cuadro 1
ESTIMADO DE LA TASA DE CRUZAMIENTO (TM) MEDIANTE
EL MÉTODO MULTILOCUS Y UN SOLO LOCUS PARA CUATRO GENES
EN UNA POBLACIÓN DE *POUTERIA SAPOTA* DE SACAPULAS, QUICHÉ

tm multilocus (%)	0.70
tm un solo locus	0.61
Diferencia de tasa de cruzamiento	0.09
Tasa de endogamia multilocus	0.30
Tasa de endogamia con un solo locus	0.39
No. familias	41.00
No. de descendientes	392.00

arbórea creciendo en forma silvestre tiene tendencia a presentar una tasa de cruzamiento alta, mientras que conforme se van domesticando, en el caso del zapote, manipulando la densidad de plantas así como su manejo, la tasa de cruzamiento tiende a disminuir. Esta afirmación tendrá que ser confirmada mediante el análisis de la tasa de cruzamiento que presenta una población de zapote creciendo enteramente bajo condiciones silvestres.

3. Estructura genética de la población

El conocimiento general acerca del papel jugado por el sistema de cruzamiento como elemento ecológico determinante de la estructura genética de las poblaciones [Hamrick, 1982, Schemske y Lande, 1985] indica que el cruzamiento reduce la subdivisión de la población y refuerza el movimiento del polen, dando como resultado, incremento en la probabilidad que el polen alcance mayor longitud en su dispersión (los alelos son compartidos más ampliamente), previniéndose con esto la diferenciación de las poblaciones. Este concepto es valedero para interpretar los resultados contenidos en el Cuadro 2 y comparados con los

Cuadro 2
TASA DE CRUZAMIENTO (TM) Y COMPONENTES DE DIVERSIDAD DE NEI EN UNA
POBLACIÓN DE POUTERIA SAPOTA DE SACAPULAS, QUICHÉ

tm (%)	0.70
Diversidad genética total (Ht)	0.57
Diversidad genética dentro de familias (Hs)	0.41
Diversidad genética entre familias (Dst)	0.16
Coefficiente de diferenciación genética Gst (Dst/Ht)	0.28
Diferenciación genética absoluta (Dm)	0.16
Relación diversidad genética Inter. familias y diversidad genética intra familias (Rst)	0.39

obtenidos por Azurdia *et al.* [1999] en la localidad de San Agustín Acasaguastlán. Es evidente que al disminuir la tasa de cruzamiento (70% en Sacapulas *vs* 87 y 81% en San Agustín Acasaguastlán), la diversidad genética dentro de familias disminuye (0.41 en el presente estudio *vs* 0.53 en San Agustín Acasaguastlán), mientras que la diversidad genética entre familias aumenta (0.16 en el presente caso *vs* 0.002 en San Agustín Acasaguastlán). Sin embargo, en ambos casos, por ser poblaciones predominantemente alógamas, la diversidad genética es más alta entre familias o dentro de poblaciones que entre las familias o entre las poblaciones. Este concepto es fundamental cuando se requiere establecer estrategias de muestreo y establecimiento de áreas de conservación *in situ* [Azurdia, *et al.* 1999].

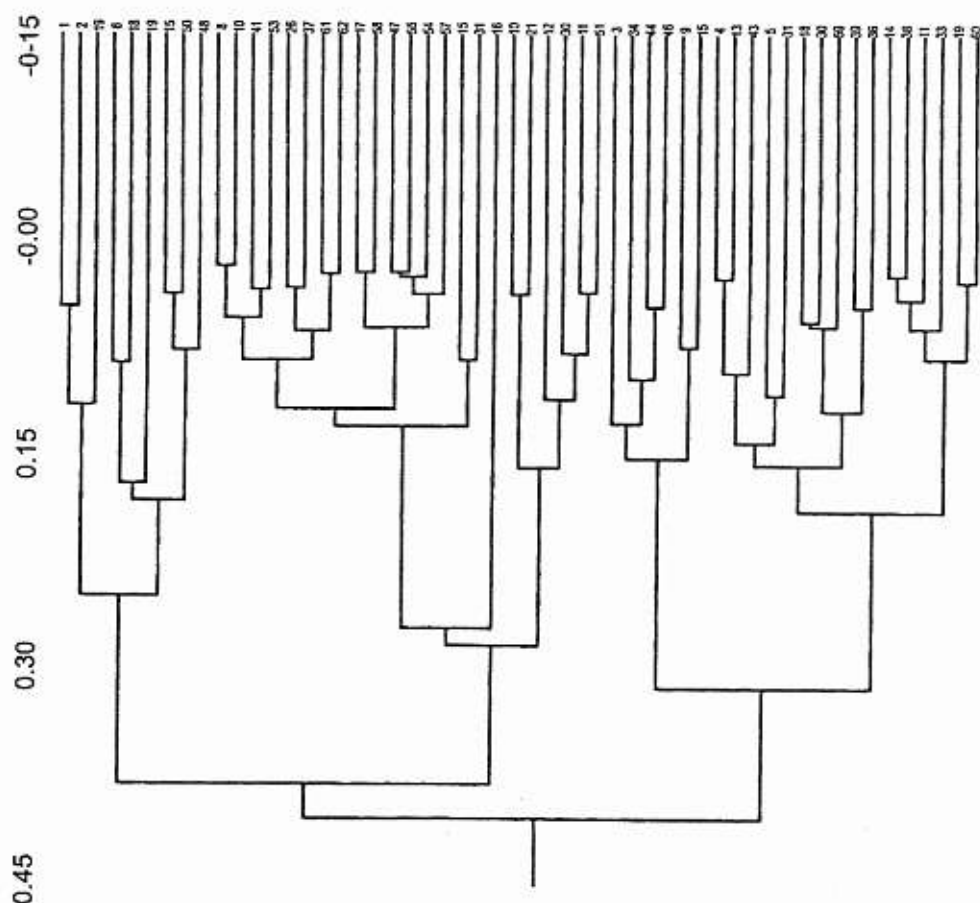
Otro elemento que es parte de la llamada estructura genética de las poblaciones es la diversidad genética debido a las frecuencias alélicas de los diferentes loci polimórficos (Cuadro 3); comparación de estos resultados con los obtenidos para la localidad de San Agustín Acasaguastlán muestra claras diferencias en las frecuencias alélicas para cada gene.

Cuadro 3
FRECUENCIA GENÉTICA DE LOS LOCI EN UNA
POBLACIÓN DE *POUTERIA SAPOTA* DE SACAPULAS, QUICHÉ

Skdh1	0.33
Skdh2	0.42
Skdh3	0.25
Estl-1	0.56
Estl-2	0.44
Est2-1	0.67
Est2-2	0.33
Adh-1	0.46
Adh-2	0.49
Adh-3	0.05

El análisis de diversidad genética utilizando el coeficiente Nei [1973] indicó que los diferentes árboles maternos están agrupados en dos núcleos (Figura 2). Sin embargo, al comparar los árboles componentes de cada uno de estos núcleos con su distribución en

Figura 2
DENDROGRAMA MOSTRANDO LA SIMILITUD ENTRE
LOS MATERIALES GENÉTICOS DE ZAPOTE (*P. SAPOTA*)



el campo (Figura 1), se puede observar que no existe una agrupación que responda a su distribución en el campo. Esto resulta razonable si se tiene en cuenta que el área de estudio es relativamente pequeña, en donde los miembros de las aldeas que la componen tienen grandes facilidades de comunicación entre ellos, permitiendo el intercambio de materiales genéticos. Este comportamiento ya había sido reportado por Azurdia *et al.* [1999] para el caso de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, en donde similar comportamiento se observa a pesar que se tienen dos poblaciones separadas por condiciones ecológicas contrastantes. Sin embargo, la información contenida en la Figura 2 puede ser utilizada apropiadamente cuando se pretenda coleccionar material genético del área de estudio, ya que basta con obtener algunas procedencias que formen parte de los diferentes núcleos y sub núcleos formados, de tal manera que se esté totalmente seguro de obtener una muestra representativa de la diversidad genética presente en la región. De igual manera, el conocimiento de la distribución genética del zapote de Sacapulas tal como se muestra en la Figura 2 puede servir para elaborar colecciones nucleares [Azurdia, 1997a].

4. Heterocigosidad en plantas maternas y su progenie

La reducción en la tasa de cruzamiento necesariamente tiene que reflejarse en la disminución relativa de la heterocigosidad en las poblaciones, debido a que el incremento de la autogamia reduce el número de probabilidades de formación de heterocigotos. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 4. Si se comparan estos resultados con los obtenidos

para la localidad de San Agustín Acasaguastlán, se puede observar que en esta última localidad la heterocigosidad observada es más alta debido en parte a que la tasa de cruzamiento también es más alta que la reportada en Sacapulas. En ambas localidades en mención tanto los valores de F para los árboles maternos como para la progenie fueron significativamente diferentes de cero, el valor de F esperado bajo condiciones de equilibrio según la ley de Hardy-Weinberg.

5. Consideraciones generales

Los resultados obtenidos en el presente estudio vienen a confirmar que la especie *P. sapota* es predominantemente alógama con cierto grado de autogamia, dependiendo del tipo de población y año de medición, es decir, la tasa de cruzamiento es el resultado de la interacción génica propia de cada población con su particular ambiente. Esta consideración es válida al analizar el primer estudio conducido en San Agustín Acasaguastlán y el presente, por lo tanto, los resultados generales de este proyecto de genética de poblaciones de zapote dan las bases para conocer la estructura genética de las poblaciones de zapote en Guatemala y a partir de dicha información generar una metodología de muestreo y de conservación *in situ*.

Cuadro 4
HETEROCIGOSIDAD ESPERADA (HEXP) Y OBSERVADA (HOB),
TASA DE CRUZAMIENTO (TM) E ÍNDICE DE FIJACIÓN (F) PARA LA POBLACIÓN
MATERNA Y DE LA PROGENIE DE *POUTERIA SAPOTA* DE SACAPULAS, QUICHÉ

Población	Hexp	Hobs	Ftm	(%)
Materna	0.57	0.60	-0.06	70
Progenie	0.54	0.48	0.11	

Está claro que en poblaciones predominantemente alógamas la recolección de propágulos debe enfocarse en el aumento de individuos en cada población, antes que en aumentar el número de poblaciones. De igual manera, la conservación *in situ* debe ser enfocada en conservar la mayor parte de una población antes que tratar de proteger diferentes poblaciones.

Con respecto al efecto que tiene el manejo de las poblaciones por parte del hombre (grado de domesticación), se espera que a mayor intervención en el manejo de la población, la tasa de cruzamiento tiende a ser más baja. Sin embargo, para tener más evidencia de este supuesto, es necesario conducir un estudio en poblaciones creciendo eminentemente bajo condiciones silvestres.

BIBLIOGRAFÍA

- AZURDIA, C.; E. MARTÍNEZ; H. AYALA. 1996. Distribución, variabilidad y riesgo de erosión genética de canistel o caca de niño (*Pouteria campechiana*) en Guatemala. En: C. Azurdia (ed.). *Lecturas en Recursos Fitogenéticos*. 121-124.
- _____. 1996. Germoplasma de Muc o Canistel (*Pouteria campechiana*) en la aldea Río Blanco, Sacapulas, Quiché: Rico reservorio de una especie en peligro de extinción. *Boletín de Recursos Fitogenéticos* (5) 1-3.
- AZURDIA, C.; E. MARTÍNEZ; H. AYALA; V. MARTÍNEZ. 1997. Sapotáceas de sur-occidente de Guatemala. *Ciencia y Tecnología* (Guatemala) (2): 35-55.

- AZURDIA, C.; E. MARTÍNEZ; H. AYALA; B. NUFIO. 1997a. Colección nuclear, una alternativa para el manejo de colecciones de germoplasma: caso del zapote en Guatemala. *Ciencia y Tecnología* (Guatemala) (2): 105-114.
- AZURDIA, C.; L. MEJÍA; B. NUFIO. 1997. Variabilidad en frutales tropicales nativos de *Pouteria* (Sapotaceae) utilizando marcadores isoenzimáticos. *Ciencia y Tecnología* (Guatemala) (2): 3-25.
- AZURDIA, C.; H. AYALA; L. MEJÍA; M. GRUM; E. FIGUEROA; N. COLINDRES; S. AYALA. 1999. Tasa de cruzamiento y estructura genética de una población de zapote (*Pouteria sapota*). *Tikalía* (Guatemala) 17 (1): 59-80.
- FREELING, M. and D. SCHWARTZ. 1973. Genetic relationships between the multiple alcohol dehydrogenases of maize. *Biochem. Genet.* 8:27-36.
- HAMRICK, J.L. 1982. Plant population genetics and evolution. *Amer. J.* 69 (10): 1685-1693.
- MURAWSKI, D.A. and J.L. HAMRICK. 1992. Mating system and phenology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in central Panama. *J. Hered.* 83:401-404.
- MURPHY, R. W. ; J. W. SITE; D.G. BUTH; CH. HAUFLE. 1992. Protein I: isozyme electrophoresis. In: D. M. Hillis and C. Mortiz (eds.): *Molecular Systematics*. Sinauer Associate Inc. Publishers.
- NEI, M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA.* 70(12): 3321-3323.
- RAMOS, E. 1999. Caracterización morfológica y fenológica *in situ* de materiales genéticos de injerto *Pouteria viridis* y zapote *Pouteria sapota* en cuatro municipios de Quiché. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 74 p.

- RITLAND, K. 1990. A series of Fortran computer programs for estimating plant mating systems. *J. Hered.* 81:235-237.
- RITLAND, K.; and S.K. JAIN. 1981. A model for the estimation of autcrossing rate and gene frequencies using independent loci. *Heredity* 47:35-52.
- SCHEMSKE, D.W. and R. LANDE. 1985. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants. II. Empirical observations. *Evolution* 39 (1):41-52.
- STACY, E.A.; J.L. HAMRICK; J.D. NASON; S.P. HUBBELL; R.B. FOSTER; R. CONDIT. 1996. Pollen dispersal in low-density populations of three neotropical tree species. *The American Naturalist*. 148 (2):275-298.

DISTRIBUCIÓN Y USOS DE LA PALMA DE ESCOBA (*SABAL GUATEMALENSIS* BECCARI) EN EL MUNICIPIO DE GUASTATOYA, EL PROGRESO

José Miguel Leiva P. y
Henry Ortiz Paiz



Resumen

Se realizó un trabajo preliminar de la palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari) para determinar la distribución actual, manejo y los usos que tiene la especie en el municipio de Guastatoya, El Progreso y que pueda servir de base para estudios más profundos. La metodología consistió en dividir el municipio de Guastatoya, El Progreso en 4 sectores: sector I (Río Guastatoya), sector II (Cerro Malpais), sector III (Cerro El Pinal) y sector IV (Cerro La Virgen), ubicando los diferentes rodales por medio de fotointerpretación y mediante caminamientos. Se utilizó el muestreo simple al azar dentro de los rodales encontrados de cada uno de los sectores. En cada unidad de muestreo se tomaron las siguientes variables: altura del fuste, área basal, diámetro a la altura del pecho (DAP) y el número de hojas por planta, determinándose además, la vegetación con las que se encuentra asociada el *Sabal guatemalensis* Beccari y la forma de regeneración de la misma. Los resultados indican que esta palma ocurre en forma natural en el área de estudio y también se maneja dentro de sistemas agroforestales. La distribución de los sistemas agroforestales con palma de escoba encontrada fue de 5,354.87 hectáreas (76.47% del área con palma de escoba), asociada principalmente con pastos, frutales, cultivos y en huertos familiares. Los rodales de palma con un uso no establecido cubren 1,647.66 hectáreas del área total. La forma de dispersión de la especie en el área de estudio ocurre

principalmente de forma natural por medio de especies animales como el Gato de Monte (*Urocyon cinereo ardentus*), Mapache (*Poncyon lotor*), Tacuazín (*Didelphis marsupialis*), etc. y las especies vegetales principales con las que se interrelaciona son 82 especies arbóreas y arbustivas, 9 especies herbáceas, 7 especies de lianas y epifitas, 44 especies de uso alimenticio y medicinal y 16 especies forrajeras. Los usos que se le dan a esta palma van desde la utilización como alimento, construcción de viviendas hasta la fabricación de una serie de tejidos artesanales, siendo una actividad económica familiar del 60% del total de las familias de la comunidad de El Callejón municipio de Guastatoya y la comunidad de Espíritu Santo del municipio de El Jícaro, ambas del departamento de El Progreso.

INTRODUCCIÓN

Guatemala presenta una gran riqueza de recursos naturales y un reservorio genético vegetal amplio, reconocido mundialmente. El manejo adecuado de estos recursos genéticos, conduciría no solo a la satisfacción de las necesidades del pueblo guatemalteco; sino también aportaría beneficios significativos para el desarrollo sostenido, la seguridad alimentaria, salud y conservación del medio ambiente. La palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari); es una especie ampliamente distribuida, formando una comunidad característica de la región seca y muy seca del país (Bosque seco sub-tropical y Monte espinoso sub tropical).

El estudio se realizó con el objetivo de determinar la distribución actual y los usos de la palma real o palma de escoba, en el municipio de Guastatoya, El Progreso. Debido a la poca información existente sobre la palma de escoba y todas sus interrelaciones con el medio biótico y abiótico, se hizo necesario la realización de este estudio, para que con base en ello se genere información para estudios posteriores. En el municipio de Guastatoya, se encuentran rodales de

La palma de escoba (Sabal guatemalensis Beccari); es una especie ampliamente distribuida, formando una comunidad característica de la región seca y muy seca del país (Bosque seco sub-tropical y Monte espinoso sub tropical).

palma de escoba la cual es ampliamente utilizada por los agricultores del municipio y sus alrededores, principalmente para la construcción de techos de viviendas, bodegas, elaboración de artesanías, alimento, etc.

La metodología que se siguió en el presente estudio está enmarcada en la distribución y usos de los rodales existentes en el área de estudio. Se dividió en cuatro sectores al municipio de Guastatoya, utilizándose para llevar a cabo este propósito la fotografía aérea donde se determinó la distribución de esta especie. Los rodales se dividieron en parcelas, se midieron las variables como: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, propagación, distribución y usos en que se encuentra presente la palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari).

La palma de escoba para nuestro país, cambió de especie desde 1990; de *Sabal mexicana* Mart a *Sabal guatemalensis* Beccan según la monografía elaborada por Scott [1990].

ASPECTOS GENERALES DE LA PALMA DE ESCOBA.

Esta especie se conoce en algunas regiones de México con los nombres comunes de Guano (Yucatán), Guano redondo, Sayate (Chiapas) [Pennington y Sarukhan, 1968]. En Guatemala se le conoce como palma real o palma de escoba y huano [Aguilar, 1996]. Según Williams [1981], la palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari) es nativa de México y Guatemala; países en los cuales la palma es importante en la elaboración de artesanías y construcción de viviendas en los valles calurosos y secos. Las hojas se utilizan para construir techos de las casas en los pueblos y los tallos viejos se utilizan para construir casas y puentes [Pennington y Sarukhan, 1968]. Las hojas

tiernas se utilizan para hacer sombreros, canastos, escobas y otros objetos; las hojas plenamente desarrolladas se utilizan para construir techos de casas en las aldeas donde se recoge o cultiva [Pennington y Sarukhan, 1968]. Su mayor importancia es en la industria de sombreros, repercutiendo en que el uso de la palma se aumente en éstas áreas [Pennington y Sarukhan, 1968].

En cuanto a la ecología y distribución de la palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari); es una planta que se ha desarrollado en forma silvestre en Guatemala. Encontrándose principalmente en colinas abiertas, sobre las orillas de las planicies o valles de los ríos, algunas veces a lo largo de los bordes de los pantanos de mangle (*Rysophora sp.*) o bambú (*Bambusa sp.*). Se le encuentra en alturas que van desde los 1,400 metros sobre el nivel del mar hasta regiones costeras de los mares Atlántico y Pacífico; existe en los departamentos de El Progreso, Chiquimula, Escuintla, Retalhuleu, San Marcos, Huehuetenango, Santa Rosa y Jutiapa [Stanley y Steyermark, 1974].

METODOLOGÍA

RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO. Se realizaron varios caminamientos en el área de estudio con el fin de ubicar las áreas con rodales de palma de escoba en sistemas naturales y en sistemas agroforestales. Se dividió el área de estudio en cuatro sectores (río Guastatoya, Cerro Malpais, Cerro El Pinal y Cerro La Virgen) a causa de que son áreas relativamente diferentes en rango de altitud y en biodiversidad.

FOTOINTERPRETACIÓN. Mediante el empleo de fotografía aérea a escala 1:30,000 y las hojas cartográficas de El Progreso escala 1:50,000; se determinó la distribución espacial de los diferentes rodales existentes en el área de estudio. A los rodales identificados se les hizo reconocimiento de campo, con fines de verificación, estableciéndose el área de cada rodal.

MÉTODO DE MUESTREO Y TAMAÑO DE LA MUESTRA. Se utilizó el muestreo simple al azar, dentro de las áreas de cobertura de rodales identificados mediante la fotografía aérea y el caminamiento. Se determinó un tamaño de muestra general mediante la realización de un premuestreo de acuerdo al área total con presencia de palma, con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{t^2 (CV)^2}{E^2}$$

Donde:

n= Tamaño de la muestra

t= t de Student con n-1 grados de libertad

CV= Coeficiente de variación

E= Error admisible porcentual.

En el Cuadro 1 se puede visualizar el número de parcelas que se tomaron por sector, considerando para el presente estudio que los estratos de regeneración natural y adulto fueron estudiados en el misma parcela poder determinar el comportamiento de los estratos en una misma área. En cuanto al tamaño y forma de la parcela de muestreo, ésta fue de 500 metros cuadrados; de 50 metros de largo y 10 metros de ancho, con parcelas rectangulares a favor de la pendiente.

VARIABLES. Las variables que se midieron fueron las siguientes: densidad, área basal, altura total, características climáticas y edáficas, usos de la palma, formas de propagación, opciones de manejo, determinación de sistemas agroforestales con palma.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN. Se hizo el análisis de regresión y correlación entre las variables: altura del fuste y diámetro a la altura del pecho (DAP) y área basal para determinar si tienen relación con el número de hojas, utilizando para ello el paquete estadístico SAS (*Statistical Analysis System*) en el Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos.

Resultados y discusión

1. Características generales de los rodales

En lo que respecta a las características generales de los rodales, éstos se ubican en las zonas de vida Bosque Seco Subtropical, Bosque Húmedo Subtropical Templado Monte Espinoso Subtropical. La mayoría se desarrollan sobre laderas escarpadas, con un rango de leve a alta pedregosidad. La altitud varía de los

Cuadro 1
TAMAÑO DE MUESTRA POR SECTOR EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Sector	t de Student	Coefficiente de Variación	Error permisible	Tamaño de muestra
I) Río Guastatoya	2.23	0.409135	15	37
II) Cerro Malpais	2.14	0.428967	15	38
III) Cerro El Pinal	2.26	0.385476	15	34
IV) Cerro La Virgen	2.78	0.206995	15	14
Total de parcelas				123

100 a 720 metros sobre el nivel del mar. Todos los rodales son iguales en cuanto al uso de la hoja de la palma, pero diferentes en el manejo dado al rodal, que depende principalmente de la disponibilidad de agua. Tal es el caso del sector I (río Guastatoya), donde los sistemas agroforestales existentes son manejados de una manera intensiva, mientras que en los sectores II, III y IV (cerro Malpais, cerro El Pinal, cerro La Virgen respectivamente) los sistemas agroforestales se encuentran asociados con árboles frutales y cultivos de invierno.

2. Cobertura de los sistemas agroforestales con *Sabal guatemalensis* Beccari

A través de la fotointerpretación y el caminamiento por los diferentes rodales en el municipio de Guastatoya, se determinó que el área donde existe la distribución de la palma de escoba es de 7,002.54 hectáreas, el cual representa el 26.73% del área total del municipio. De mejor manera se puede visualizar en el Cuadro 2.

Los diferentes tipos de sistemas agroforestales encontrados en el área de estudio se pueden apreciar en el Cuadro 3, encontrándose el sistema pastoril (792.23 hectáreas), frutícola (882.05 hectáreas), frutícola-cultivos (1,146.19 hectáreas), cultivos (1,977.10 hectáreas), en huertos (557.30 hectáreas) y en sistemas de uso establecido (1,647.66 hectáreas).

El *Sabal guatemalensis* Beccari, se establece naturalmente en el municipio de Guastatoya, El Progreso; es de gran importancia para los campesinos, ya que con las hojas construyen ranchos de descanso o bodegas dentro de sus áreas productivas y generan ingresos económicos al vender sus hojas para la

Cuadro 2
SISTEMAS AGROFORESTALES CON SABAL GUATEMALENSIS BECCARI,
ENCONTRADOS EN EL MUNICIPIO DE GUASTATOYA, EL PROGRESO

Sector	Distribución	Cultivo anual	Cultivo	Manejo	Área (Ha.)
Río Guastatoya	Sistema agroforestal	<i>Lycopersicon esculentum</i>	<i>Citrus spp.</i>	Sí	2,059.57
		<i>Capsicum spp.</i>	<i>Aloe vera</i>		
		<i>Carica papaya</i>	<i>Panicum sp.</i>		
		<i>Cucumis sativus</i>	<i>Pennisetum purpureum</i>		
		<i>Musa spp.</i>	<i>Oliva orellana</i>		
		<i>Zea mayz</i>	<i>Fernaldia pandurata</i>		
		<i>Sorghum vulgare</i>	<i>Ananas spp.</i>		
		<i>Manihot sp.</i>			
II. Cerro Malpais	Sistema agroforestal	<i>Citrus spp.</i>	<i>Citrus spp.</i>	Sí	1,235.74
		<i>Spondia sp.</i>	<i>Spondia sp.</i>		
		<i>Aloe vera</i>	<i>Aloe vera</i>		
		<i>Panicum sp.</i>	<i>Panicum sp.</i>		
		<i>Hyparrhenia rufa</i>	<i>Hyparrhenia rufa</i>		
		<i>Rhynchosyris repens</i>	<i>Rhynchosyris repens</i>		
		<i>Ananas sp.</i>	<i>Ananas sp.</i>		
		<i>Fernaldia pandurata</i>	<i>Fernaldia pandurata</i>		
	Uso no establecido	<i>Citrus spp.</i>	<i>Citrus spp.</i>	No	102.98
		<i>Spondia sp.</i>	<i>Spondia sp.</i>		
		<i>Ananas sp.</i>	<i>Ananas sp.</i>		
		<i>Aloe vera</i>	<i>Aloe vera</i>		
	Uso no establecido	<i>Citrus spp.</i>	<i>Citrus spp.</i>	No	1,029.78
		<i>Spondia sp.</i>	<i>Spondia sp.</i>		
		<i>Aloe vera</i>	<i>Aloe vera</i>		
		<i>Hyparrhenia rufa</i>	<i>Hyparrhenia rufa</i>		
		<i>Rhynchosyris repens</i>	<i>Rhynchosyris repens</i>		
		<i>Ananas sp.</i>	<i>Ananas sp.</i>		
		<i>Fernaldia pandurata</i>	<i>Fernaldia pandurata</i>		
		<i>Cucurbita spp.</i>	<i>Cucurbita spp.</i>		

Cuadro 2
SISTEMAS AGROFORESTALES CON SABAL GUATEMALENSIS BECCARI,
ENCONTRADOS EN EL MUNICIPIO DE GUASTATOYA, EL PROGRESO

Sector	Distribución	Cultivo anual	Cultivo	Manejo	Área (Ha.)
III. Cerro El pinal	Sistema agroforestal	Zea mayz	Citrus spp.	Sí	1,040.25
		Cucurbita spp.	Spondia sp.		
		Capsicum spp.	Aloe vera		
		Phaseolus vulgaris	Panicum sp.		
		Spondia sp.	Hyparrhenia rufa		
		Aloe vera	Rhynchelytrum repens		
		Fernaldia pandurata	Ananas sp.		
IV. Cerro la Virgen	Sistema agroforestal	Zea mayz	Ananas sp.	Sí	1,019.31
		Cucurbita spp.	Zea mayz		
		Aloe vera	Citrus spp.		
		Fernaldia pandurata	Aloe vera		
		Panicum sp.			
		Hyparrhenia rufa			
	Uso no establecido			No	205.96
			Zea mayz		
			Citrus spp.		
			Aloe vera		
			Ananas sp.		
			Phaseolus vulgaris		
	Uso no Establecido			No	308.94
			Zea mayz		
			Citrus spp.		
			Aloe vera		
			Ananas sp.		

construcción de techos de viviendas, salones, restaurantes, porquerizas, gallineros, etc. La palma cubre 7,002.53 hectáreas del área de estudio, distribuyéndose en 127 rodales, los cuales se encuentran en el sector I (río Guastatoya) con 2,162.55 hectáreas, sector II (cerro Malpais) con 2,265.52 hectáreas, sector III (cerro El Pinal) con 1,246.21 hectáreas y sector IV (cerro La Virgen) con 1,328.25 hectáreas. Todos los rodales están debidamente comunicados por veredas que facilitan el tránsito a pie, por medio de animales de carga (burros, asnos, caballos, etc.) y en algunos rodales se puede entrar en vehículos de tracción sencilla y doble, por donde el campesino o el intermediario, cortador de palma, saca el producto ya listo para ser utilizado.

El área con sistema agroforestal encontrado en diferentes rodales de palma de escoba es de 5,354.87 hectáreas (76.47% del área con palma de escoba), sistema que el campesino ha utilizado desde hace mucho tiempo en sus labores agrícolas cultivando dentro de los mismos especies como: *Zea maíz*, *Phaseolus vulgaris* de la variedad criolla de la región; *Cucurbita* spp., *Capsicum* spp., *Citrus* spp., *Annona* sp.; especies que se encuentran sembradas en los rodales en forma dispersa.

Cuadro 3
USO ACTUAL DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Uso actual	Área en hectáreas	Porcentaje
Bosque latifoliadas, matorrales, cultivos perennes	16,280.30	64.14
Sistemas agroforestales	7,002.54	26.73
Cultivos limpios y/o pastos naturales	1,923.96	7.34
Playas	410.98	1.57
Centros poblados	582.22	2.22
Total	26,200.00	100%

Dentro de los rodales en el área de estudio se encontraron diferencias que se pueden apreciar en los Cuadros 4 y 5. En el estrato adulto la densidad por área es más grande en el sector II (Cerro Malpais) con un valor de 1.41 palmas por hectárea, esto a causa de que son lugares donde los campesinos practican muy poco la técnica de tumba y roza para que de esta manera no dañen sus cultivos permanentes como el jocote (*Spondia* spp.), que es el segundo producto más importante en la economía familiar y el valor

Cuadro 4
ÁREA (HA.) OCUPADA POR LOS SISTEMAS AGROFORESTALES CON
SABAL GUATEMALENSIS BECCARI, ENCONTRADOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Sistema agroforestal	I. Río Guastatoya	II. El Malpais	III. El Pinal	IV. La Virgen	Total
Pastos	702.68	89.55	0.00	0.00	792.23
Frutales	290.76	0.00	183.57	407.72	882.05
Frutales/cultivos	0.00	1,146.19	0.00	0.00	1,146.19
Cultivos	508.83	—	856.63	611.59	1,977.10
Huerto	557.30	0.00	0.00	0.00	557.30
Subtotal	2,059.57	1,235.74	1,040.25	1,019.31	5,354.87
Uso no establecido	102.98	1,029.78	205.96	308.94	1,647.66
Total	2,162.55	2,265.52	1,246.21	1,328.25	7,002.53

Cuadro 5
ESTRATO DE REGENERACIÓN NATURAL DE PALMA DE ESCOBA
(SABAL GUATEMALENSIS BECCARI) PROMEDIO POR SECTOR

Característica	Sector			
	I. Río Guastatoya	II. El Malpais	III. El Pinal	IV. La Virgen
No. rodales	50	66	6	5
No. parcelas	97	226	20	9
No. plantas/sector	37,013	35,801	4,734	2,087
Altura de tronco de palma (promedio, m)	0.11	0.18	0.05	0.06
Altura total de palma (promedio, m)	1.03	1.12	0.61	0.76
Diámetro de base (promedio, m)	0.07	0.06	0.02	0.03
DAP (promedio, m)	0	0	0	0
No. hojas (promedio)	4	4	3	4

menor de densidad para el sector IV (Cerro La Virgen) con un valor de 0.25 palma.: por hectárea, esto a causa de que es un sector donde la técnica de tumba y roza es mal manejada ocasionando incendios forestales todos los años.

Para el estrato de regeneración natural de palma de escoba, el sector que presenta mayor población es el sector I (Río Guastatoya) con una densidad de 17.12 palmas por hectárea, esto se debe a que los rodales se encuentran en las márgenes del río Guastatoya, donde existen grandes cantidades de áreas de descanso, fuentes de alimento y agua, de aves principalmente, encontrándose hasta 109 plántulas de palma de escoba por metro cuadrado. En el sector que menor densidad de regeneración natural se encontró fue el sector IV con un valor de 1.5 palmas de escoba por hectárea, esto debido a los incendios forestales que ocurren constantemente en la época de la preparación de los suelos (tumba y roza) por parte de los campesinos y a la falta de lugares donde puedan pernoctar y comer las animales silvestres del lugar.

En el Cuadro 5 se muestra que los rodales de los sectores I y II (Río Guastatoya y Cerro Malpais

Cuadro 6
ESTRATO ADULTO DE PALMA DE ESCOBA
(SABAL GUATEMALENSIS BECCARI) PROMEDIO POR SECTOR

Característica	Sector			
	I. Río Guastatoya	II. El Malpais	III. El Pinal	IV. La Virgen
No. rodales	50	66	6	5
No. parcelas	97	226	20	9
No. plantas/sector	793	3,197	506	334
Altura de tronco de palma (promedio, m)	5.39	3.59	3.78	3.59
Altura total de palma (promedio, m)	7.69	5.45	5.48	5.29
Diámetro de base (promedio, m)	0.38	0.34	0.33	0.39
DAP (promedio, m)	0.28	0.25	0.23	0.21
No. hojas (promedio)	13	11	13	13

respectivamente) presentan el mayor número de regeneración natural de *Sabal guatemalensis* Beccari; teniendo un promedio de altura de fuste de 0.11 y 0.18 metros, así como, un diámetro a la altura del pecho promedio de 0.07 y 0.06 metros respectivamente.

El Cuadro 6 muestra el estado adulto de *Sabal guatemalensis* Beccari; con un rango promedio de altura del fuste en el área de estudio de 3.59 a 5.39 metros y una área basal promedio de 0.26 a 0.31 metros cuadrados y un diámetro a la altura del pecho (DAP) de 0.21 a 0.28; el *Sabal guatemalensis* Beccari, recibe cierto manejo al momento del corte de sus hojas permitiendo la fácil penetración de la luz, sin embargo el estrato herbáceo es casi ausente en los rodales donde se encuentra en sistemas agroforestales con cultivos como el *Zea mayz*, *Licopersicum esculentum*, *Capsicum* spp., *Citrus* sp. y *Aloe vera* entre otros, se mantienen con poca densidad a causa de las limpiezas que el campesino le da a los cultivos.

3. Composición florística de los rodales de *Sabal guatemalensis* Beccari

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA POR ESTRATOS. La composición florística por estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo), se presenta en los Cuadros 7 y 8. En todos los rodales, la especie dominante fue la palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari), aunque se encontraron otras especies características de la región, en altitudes que oscilan entre los 100 a 720 metros sobre el nivel del mar. Los sectores con mayor regeneración natural fueron el I y el II (Río Guastatoya y Cerro Malpais respectivamente), los sectores III y IV (Cerro El Pinal y Cerro La Virgen) poseen el menor

Cuadro 7

**LISTADO DEL ESTRATO ARBÓREO Y ARBUSTIVO QUE SE ENCUENTRA EN
LA COMUNIDAD DE SABAL GUATEMALENSIS BECCARI EN EL ÁREA DE ESTUDIO**

Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
<i>Acacia cornigera</i>	Ishcanal	<i>Grinum amabile</i>	Flor de reyna
<i>Acacia deamii</i>	Orotoguaje	<i>Guayacum sp.</i>	Guayacan
<i>Acacia farneciana</i>	Subin	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Caulote
<i>Acacia sp.</i>	Cacho de toro	<i>Gyrocarpus americana</i>	Regador
<i>Alvaradoa sp.</i>	Plumajillo	<i>Haematoxylum brasileto</i>	Brasil
<i>Albizia idiopoda</i>	Quebracho	<i>Hetropogon contortus</i>	Aceitillo
<i>Albizia longepedata</i>	Cadeno	<i>Hura crepitans</i>	Jabillo
<i>Alvaradoa amorfoidea</i>		<i>Jaquinia sp.</i>	Duruche
<i>Arundinella donax</i>	Carrizo	<i>Juliana adstringens</i>	Caraño
<i>Bambusa sp.</i>	Bambú	<i>Karwinskia calderoni</i>	Fruta de cabro
<i>Beucarnea sp.</i>	Pony	<i>Leucaena sp.</i>	Yaje
<i>Brachiaria sp.</i>	Chilco	<i>Ligustrum sp.</i>	Trueno
<i>Bucida macrotachys</i>	Almendo de cerro	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Ronron
<i>Bursera simaruba</i>	Palo de bote	<i>Manilkara sapota</i>	Chico
<i>C. emarginata</i>	Vainillo	<i>Melia azederach</i>	Paraíso
<i>Cactus spp.</i>	Cacto, tuno	<i>Mimosa sp.</i>	zarza
<i>Caesalpia eriostachys</i>	Palo hediondo	<i>Muntingia sp.</i>	Capulín
<i>Caesalpinia velutina</i>	Aripin	<i>Nopalea guatemalensis</i>	Lengua de vaca
<i>Casuarina sp.</i>	Casuarina	<i>Nyctocereus guatemalensis</i>	Cola de zorro
<i>Cecropia sp.</i>	Guarumo	<i>Opuntia sp.</i>	Tuno barba de viejo
<i>Cedrella sp.</i>	Cedro	<i>Opuntia sp.</i>	Overo
<i>Ceiba aescutifolia</i>	Murul	<i>Pachira acuatica</i>	Zapoton
<i>Ceiba sp.</i>	Ceiba	<i>Pereskia autumnalis</i>	Manzanote
<i>Cestrum dumetorum</i>	Huele de noche	<i>Pereskia sp.</i>	Pitaya de árbol
<i>Cnidoscylus tubulosus</i>	Chichicaste de caballo	<i>Pithecalabium arboreum</i>	Cola de coche
<i>Cibystax sp.</i>	Palo blanco	<i>Pithecolobium dulce</i>	Jaguay
<i>Cocus nucifera</i>	Coco	<i>Pithecolobium sp.</i>	Cenicero
<i>Coffea arabica</i>	Café	<i>Pluchea odorata</i>	Siguapate
<i>Copal sp.</i>	Copal	<i>Plumeria rubra</i>	Palo de la cruz
<i>Cordia alba</i>	Upay	<i>Prunus barbata</i>	Escobillo
<i>Cordia truncatifolia</i>	Chaparro	<i>Salix sp.</i>	Sauce
<i>Crescentia alata</i>	Morro	<i>Schizoldbium parahybum</i>	Zorrillo
<i>Crescentia cujete</i>	Jicara	<i>Sideroxylon capirii</i>	Tempisque
<i>Crudia lacus</i>	Cascarillo	<i>Sterculea sp.</i>	Castaño
<i>Delphinium sp.</i>	Esquila de gallo	<i>Tabebuia rosae</i>	Matilisguate
<i>Ehretia tinifolia</i>	Naranjillo	<i>Tabebuia sp.</i>	Cortes
<i>Enterolobium sp.</i>	Conacaste	<i>Tallia olivaeformis</i>	Jurgay, jururuguay
<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto	<i>Tamarindus indicus</i>	Tamarindo
<i>Ficus guatemalensis</i>	Palo de hule	<i>Thouinidium decandrum</i>	Pescadito
<i>Ficus sp.</i>	Amate	<i>Zanthoxylon sp.</i>	Lagarto
		<i>Zygia latifolia</i>	Pepenance

número de regeneración natural a causa de que en las dos áreas se producen los incendios forestales todos los años. El sector con mayor área basal es el sector IV (Cerro La Virgen), debido a los incendios. Las palmas sobrevivientes tienden a engrosar su fuste más que en crecer y así tener mayor capacidad de almacenamiento de fluidos y poder.

En el Cuadro 9 se presenta el listado de especies epífitas de plantas que viven sobre la planta de palma; encontrándose principalmente en el sector II (cerro Malpais), en su mayoría las epífitas se encontraron en palmas adultas específicamente.

En los rodales en donde se basa específicamente el pastoreo; la diversidad florística se atribuye a la ubicación ya que son áreas protegidas por sus dueños y por temor de las personas a ser agredidas por el ganado vacuno en el caso del sector I (Río Guastatoya);

Cuadro 8
LISTADO DEL ESTRATO HERBÁCEO QUE SE ENCUENTRA EN LA
COMUNIDAD DE SABAL GUATEMALENSIS BECCARI EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
<i>Bromelia</i> sp.	Piña de coche	<i>Lantana camara</i>	Siete negritos
<i>Cenchrus echinatus</i>	Mozote	<i>Mimosa</i> sp.	Zarza
<i>Colocacia sculentum</i>	Quequexque	<i>Oxalis</i> sp.	Trebol
<i>Combretum fruticosum</i>	Peineta	<i>Priva lappulacea</i>	Pega pega
<i>Cnidoscylus tubulosus</i>	Chichicaste		

Cuadro 9
LISTADO DEL ESTRATO DE LIANAS Y EPÍFITAS QUE SE ENCUENTRA EN LA
COMUNIDAD DE SABAL GUATEMALENSIS BECCARI EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
<i>Brassavola nodosa</i>	Orquideas	<i>Fernaldia</i> spp.	Loroco
<i>Encyclia adenocarpa</i> , <i>Laelia</i> sp.		<i>Loranthus americana</i>	Mata palo
<i>Coccoloba belizensis</i>	Uva de monte	<i>Passiflora</i> sp.	Granadilla (bejuco)

en el caso del sector II (Cerro Malpais) la diversidad florística se atribuye a la ubicación, ya que se basa específicamente por estar en áreas con pendientes pronunciadas y estar aisladas de los centros poblados. Los pastos se utilizan de todos los estratos verticales del rodal. Es notable que las familias *Mimosaceae*, *Papalonaceae*, *Asteraceae* y *Poaceae* son dominantes debido a su alto contenido proteínico y buena palatabilidad para el ganado bovino equino.

La composición florística de la comunidad de *Sabal guatemalensis* Beccari, también presenta especies de uso alimenticio actual y potencial: como se

Cuadro 10

LISTADO DEL ESTRATO DE PLANTAS DE USO ALIMENTICIO Y MEDICINAL ACTUAL Y POTENCIAL QUE SE ENCUENTRA EN LA COMUNIDAD DE SABAL GUATEMALENSIS BECCARI EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
<i>Acrocomia</i> sp.	Coyol	<i>Fernaldia</i> spp.	Loroco
<i>Amarantus</i> sp.	Bledo	<i>Helianthus annuus</i>	Girasol
<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Rosa de Jamaica
<i>Ananas sativa</i> L.	Piña	<i>Inga lauriana</i>	Cushin
<i>Annona</i> sp.	Guanaba	<i>Inga</i> sp.	Cuje
<i>Annona</i> sp.	Anona	<i>Licania platypus</i>	Zunzo
<i>Annona squamosa</i>	Anona blanca	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Tomate
<i>Bixa orellana</i>	Achiote	<i>Mammea americana</i> L.	Mamey
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango
<i>Cajanus</i> sp.	Alberja	<i>Manihot</i> sp.	Yuca
<i>Capsicum frutescens</i>	Chiltepe	<i>Musa</i> sp.	Banano
<i>Carica papaya</i>	Papaya	<i>Opuntia</i> sp.	Tuno
<i>Chamaedorea tepejilote</i>	Pacaya	<i>Lippia graveolens</i>	Orégano
<i>Cnidocaulis tubulosus</i>	Chichicaste de caballo	<i>Persea americana</i>	Aguacate
<i>Citrullus</i> sp.	Sandía de cerro	<i>Pouteria mammosa</i>	Zapote
<i>Citrus paradisi</i>	Pomelo	<i>Psidium guajaba</i>	Guayaba
<i>Citrus</i> sp.	Naranja	<i>Sorghum vulgare</i>	Maicillo
<i>Citrus</i> sp.	Limón	<i>Spondia</i> sp.	Jocote
<i>Citrus</i> sp.	Mandarina	<i>Syzygium jambos</i>	Manzana rosa
<i>Crotalaria</i> sp.	Chipilin	<i>Vicia faba</i>	Haba
<i>Cucumis sativus</i>	Pepino	<i>Yuca elephantipes</i>	Izote
<i>Cucurbita pepo</i>	Ayote	<i>Zea mays</i>	Maíz

muestra en el Cuadro 10 el tomate (*Lycopersicon esculentum*), chiles (*Capsicum* spp.), papaya (*Carica papaya*), cítricos (*Citrus* spp.), son las más importantes y explotadas dentro del sector I (Río Guastatoya); el loroco (*Fernaldia* spp.), orégano (*Lippia graveolens*), maíz (*Zea mays*) y chiles (*Capsicum* spp.) son las más extraídas y usadas para el sector II, III y IV (Cerro Malpais, Cerro El Pinal y Cerro La Virgen).

Entre las plantas medicinales de uso actual y potencial presentes en la comunidad de palma de escoba están la albahaca (*Ocimum* sp.), orégano (*Lippia graveolens*), té de limón (*Cymbopogon citratus*), hierba cáncer (*Acalypha guatemalensis*), las cuales son utilizadas como desinflamatorias y tranquilizantes de los nervios.

4. Factores climáticos y edáficos del área de estudio

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS. El área de estudio se localiza dentro de las zonas de vida Bosque Seco Subtropical (bs-S), Bosque Húmedo Subtropical Templado (bh-St) y Monte Espinoso Subtropical (MeS). La época lluviosa comprende los meses de mayo a

Cuadro 11
LISTADO DE ESPECIES FORRAJERAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA
COMUNIDAD DE SABAL GUATEMALENSIS BECCARI EN EL ÁREA DE ESTUDIO

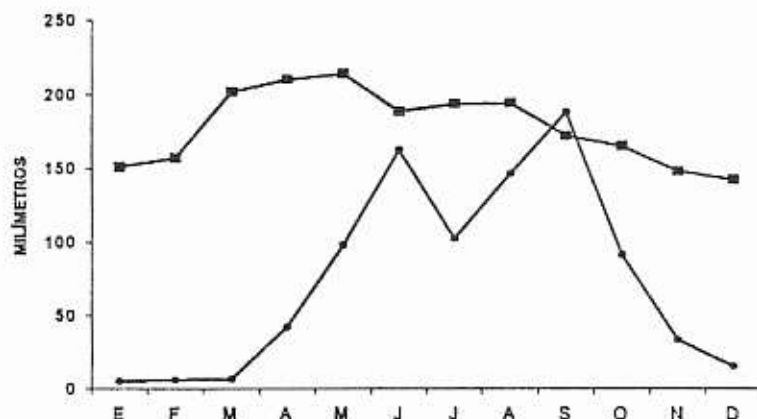
Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común
<i>Acacia</i> sp.	Subín	<i>Panicum</i> sp.	Zacaton
<i>Digitaria</i> sp.	Digitaria	<i>Pennisetum purpureum</i>	Napier
<i>Eragrostis pilosa</i>	Pasto ilusión	<i>Rhynchelytrum repens</i>	Pasto ilusión
<i>Gliricidia sepium</i>	Madrecacao	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar
<i>Hyparrhenia rufa</i>	Jaragua	<i>Setaria liebmani</i>	Zacate collar
<i>Lasiacis rhizophora</i>	Pasto	<i>Setaria</i> sp.	Cola de zorro
<i>Leucaena leucacephala</i>	Leucaena	<i>Tillandsia usneoides</i>	Pashte
<i>Mimosa</i> sp.	Zarza	<i>Zebrina pendula</i>	Tripa de pollo

octubre con una precipitación anual de 892 milímetros. Las elevaciones sobre el nivel del mar que se encuentran dentro del área de estudio se encuentran comprendidos entre los 100 a 720 metros. Su evapotranspiración anual es de 1,626.6 milímetros.

El relieve va desde ondulado hasta escarpado, las principales especies vegetales son el subín (*Acacia* sp), zarza (*Mimosa* sp) y leucaena (*Leucaena* sp) las cuales son especies características del paisaje de la región.

La evapotranspiración (etp), en términos generales, al hacer la siguiente relación para un rango de 20 años con valores promedio, se determinó que es de 426,169,200 metros cúbicos y una precipitación (pp) promedio de 216,936,000 metros cúbicos, se obtiene una relación ETP/PP de 196.45%. La relación evapotranspiración sobre precipitación indica para esta región, que del 100 por ciento del volumen de agua precipitada el 96.45% se pierde por evapotranspira-

Figura 1
CLIMADIAGRAMA DEL ÁREA DE ESTUDIO



ción y el 3.55% se filtra en el suelo, provocando de esta manera un déficit hídrico; por lo que para fines agrícolas es necesario el riego o sembrar en la época lluviosa en las áreas que carecen de sistemas de riego.

De acuerdo al climadiagrama (Figura 1), la estación seca presenta un déficit de humedad de once (11) meses que va desde octubre hasta agosto. Se observa que durante la estación lluviosa en el mes de julio presenta una disminución en la cantidad de agua precipitada y la mayor precipitación ocurre en los meses de junio y septiembre en cantidades de 161.99 mm y 187.29 mm respectivamente, con un promedio mensual de 58.75 mm. Los meses que presentan menores cantidades de lluvia son enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre en cantidades de 4.89, 5.61, 6.32, 41.94, 32.94 y 14.91 milímetros respectivamente.

Para la evapotranspiración las mayores valores se dan en los meses de marzo, abril y mayo siendo de 201.6, 209.7 y 213.5 milímetros respectivamente. Los meses de enero, febrero, noviembre y diciembre presentan los menores valores de evapotranspiración siendo de 151.1, 156.9, 147.3 y 141.4 milímetros.

Se observa que el mes de septiembre es el único mes de los 11 restantes que no presenta déficit de precipitación, ya que la precipitación es mayor que la evapotransportación.

CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS. En la comunidad de *Sabal guatemalensis* Beccari, los rodales estudiados de acuerdo con Simmons [1959] se desarrollan en las series de suelos Sansare y Subinal. Los suelos Sansare son poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre esquistos arcillosos calcáreos, en clima seco o húmedo seco. Ocupan relieves inclinados a

altitudes medias, el perfil del suelo Sansare es franco arcillo-gravoso:

- a) El suelo a 15 centímetros de profundidad es franco arcilloso, esquistoso o gravoso, con 14% de materia orgánica, estructura granular, pH de 7.0 a 7.4.
- b) El subsuelo, a una profundidad de 40 a 50 centímetros es franco arcilloso esquistoso o gravoso. Los esquistos forman el 50% o más; el pH de 6.0 a 7.0.
- c) El sustrato es esquistoso arcilloso, la mayoría es calcáreo, en gran parte del esquisto es piedra limosa, en algunos lugares es filita de arcilla, el color varía de gris a rojo.

Los afloramientos esquistos arcillosos son numerosos, la textura superficial es franco arena fina en algunas áreas, no son componentes para pastos, pero con el pastoreo controlado puede evitarse la erosión. Las áreas muy inclinadas deben de reforestarse, la pendiente en muchos lugares es mayor del 50%.

Los suelos Subinal son poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre caliza en un clima cálido, seco a húmedo seco. Ocupan declives inclinados a altitudes medianas en la parte sur central de Guatemala. Están asociados con los suelos Sansare y Crol, pero se distinguen de éstos por la naturaleza calcárea de su material madre. La vegetación natural consiste en árboles decíduos y matorrales, pero gran parte del área ha sido limpiada y sembrada con maíz (*Zea mays*).

El perfil del suelo Subinal es:

- a) El suelo superficial, a una profundidad alrededor de los 10 centímetros, es arcilla café muy oscura o casi negra que es plástica cuando está húmeda.

En la superficie y en el suelo hay muchos fragmentos de caliza. El contenido de materia orgánica es alrededor del 8%. La estructura es granular. La reacción es neutra a ligeramente alcalina, pH alrededor de 7.5.

- b) El subsuelo, a una profundidad alrededor de 50 centímetros, es una mezcla de arcilla café muy oscura y fragmentos de caliza. El suelo es calcáreo.
- c) El substrato es caliza fragmentada parecida a laja. La mayoría de los fragmentos son entre 15 y 30 centímetros de ancho y 2 a 5 centímetros de grueso.

El suelo superficial en algunas áreas es franco o franco limoso. En algunos lugares el substrato es una caliza masiva; en otros pocos, se ha desarrollado un subsuelo café rojizo de 10 a 20 centímetros de espesor. Gran parte del área ha sido severamente erosionada y la superficie es muy pedregosa y está, o ha sido usada para maíz, un cultivo no adecuado, lo que ha ocasionado una severa erosión. Este suelo poco profundo es fértil, pero se encuentra en un clima muy seco para maíz y en declives muy inclinados para cultivos limpios. Es adecuado para pastos y, en condiciones controladas, debería tener una capacidad alta de pastoreo.

Los suelos Acasaguastlán son poco profundos, de color café rojizo, que se han desarrollado sobre roca serpentina en el Este central de Guatemala. Se encuentra en sitios semi-áridos, o húmedo-secos, a altitudes entre 300 y 900 metros sobre el nivel del mar, donde las temperatura son altas. Son los suelos más pobres de Guatemala y rara vez se ven cultivados, aunque en la mayoría de los lugares se usan para

*Los suelos
Acasaguastlán
son poco
profundos,
de color
café rojizo,
que se han
desarrollado
sobre roca
serpentina en
el Este central
de Guatemala.*

potreros. La mayoría de las áreas ocupan las faldas onduladas a inclinadas de las montañas, en regiones donde se encuentran rocas de caliza.

Los suelos Siquinalá están bien drenados, son poco profundos, desarrollados sobre brecha de toba máfica en un clima cálido, húmedo seco. Ocupan relieves relativamente inclinados a altitudes bajas, se han desarrollado sobre materiales más duros. La vegetación natural consiste de cactus y otras plantas xerofíticas; el suelo tiene una capacidad muy baja para almacenar agua y no puede soportar plantas que requieren mucha humedad.

5. Manejo y propagación del *Sabal guatemalensis* Beccari

El manejo se inicia con el corte de hoja de palma de escoba en los meses de febrero a mayo, cuatro días después de la fase lunar cuarto menguante, fecha en la que, de acuerdo con los campesinos se encuentra en condiciones óptimas para el corte. El corte promedio de la hoja que los campesinos realizan en el caso del sector I es de 0.32 metros en el estrato adulto y 0.20 metros para el estrato de regeneración natural; el sector II de 0.29 metros para el estrato adulto y 0.20 metros para el estrato de regeneración natural; el sector III de 0.26 metros para el estrato adulto y 0.00 metros para el estrato de regeneración natural y el sector IV de 0.24 metros para el estrato adulto y 0.00 metros para el estrato de regeneración natural. En la mayoría de los casos sólo dejan una hoja N el cogollo central de la copa.

La propagación es por medio de semilla; se lleva a cabo básicamente de forma natural, durante los meses de marzo a julio, fechas en la cual el maranchan

(racimo de frutas de una palma de escoba) se encuentra maduro y listo para ser esparcido mediante la ayuda de especies animales como: mapache (*Poncyon lotos*), tacuazín (*Didelphis marsupialis*), zorro (*Vulpes virginianus*), gato de monte (*Urocyon cinereo arctus*), murciélago (*Vesperugo paroneus*), chacha (*Ortalis vetula*), paloma (*Columbus* spp) y la urraca (*Calocitta formosa*) principalmente.

La propagación artificial casi no ocurre porque la propagación natural es bastante grande y lo que realizan algunos campesinos es transplantar las plántulas a bolsas de polietileno de 6 por 8 pulgadas y después de pegadas en las bolsas las trasladan a lugares como las riberas del río como protección de sus terrenos ante las crecientes que cada año ocurre en el río Guastatoya (sector I) especialmente.

La semilla del *Sabal guatemalensis* Beccari, de acuerdo a la experiencia de los campesinos, es una semilla con viabilidad corta y de allí que hay que tener en cuenta el tiempo en que las semillas están fisiológicamente aptas para su cosecha y siembra. De forma natural se logró comprobar que en suelos arenosos el tamaño de la hoja principal era de 0.24 metros, 0.055 metros de cuello, 0.01 metro de tamaño de semilla y la raíz principal con un largo de 0.18 metros y en suelos donde la única fuente de agua para riego es la época lluviosa el largo de la hoja principal es de 0.11 metros, 0.011 metros de cuello, 0.01 metro de semilla y la raíz principal de 0.35 metros de largo.

La regeneración natural y el adulto de *Sabal guatemalensis* Beccari, en los sectores III y IV (Cerro El Pinal y Cerro La Virgen) es una especie que está siendo fuertemente eliminada de las áreas productivas de los campesinos, esto producido por ser áreas de cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en el caso

La semilla del Sabal guatemalensis Beccari, de acuerdo a la experiencia de los campesinos, es una semilla con viabilidad corta y de allí que hay que tener en cuenta el tiempo en que las semillas están fisiológicamente aptas para su cosecha y siembra.

del sector III y por problemas de incendios forestales en el caso del sector IV.

Las alternativas de manejo de los rodales de *Sabal guatemalensis* Beccari de sistemas naturales en sistemas agroforestales, estarían enmarcadas en la puesta en marcha de programas integrales de capacitación con respecto a las técnicas de corte de las hojas al momento de podas anuales, manejo de limpiezas al momento del guataleo, planes de control y manejo de las rozas hasta programas de reforestación con especies frutícolas como el jocote (*Spondias* spp.), cítricos, mango (*Mangifera indica*), izote (*Yuca elephantipes*), y otros. Esto con el fin de formar sistemas agroecológicos, donde el campesino optimice al máximo su unidad productiva y promover la propagación controlada de la palma de escoba en el área de estudio.

RELACIONES ENTRE VARIABLES. El análisis de regresión y correlación realizado para los 127 rodales estudiados, donde los sectores I y II (Río Guastatoya, Cerro El Malpais) para los estratos adulto y de regeneración natural sugiere que existe una asociación directa estadísticamente entre el diámetro basal y la altura del fuste respecto al número de hojas como se puede apreciar en el Cuadro 12.

Se determinó mediante regresión lineal, que el estrato de regeneración natural en los sectores I y II, es la etapa fisiológica de la planta donde existe principalmente esta asociación, generándose la siguiente ecuación de regresión lineal:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2$$

Donde:

Y= Número de hojas.

bo= Parámetro estimado del intercepto (3.201120)

b1= Parámetro estimado del intercepto para la altura del fuste (3.673588)

b2= Parámetro estimado del intercepto para el diámetro basal (4.914325)

x1= Altura del fuste de palma de escoba a muestrear.

x2= Diámetro basal de palma de escoba a muestrear.

Para determinar la aplicabilidad de la ecuación de regresión lineal en el ámbito de campo, se realizó una reconfirmación donde al azar en los sectores I

Cuadro 12
COEFICIENTES DE CORRELACIÓN ENCONTRADOS
PARA CADA UNO DE LOS SECTORES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Sector	Estrato	Variables	r	Ho.	r ²
I) Río Guastatoya	Adulto	Altura fuste	0.62	0.0001	0.47
		DAP	0.55	0.0001	
	Regeneración natural	Altura fuste	0.60	0.0001	0.50
		DAB	0.53	0.0001	
II) Cerro Malpais	Adulto	Altura fuste	0.57	0.0001	0.36
		DAP	0.45	0.0002	
	Regeneración natural	Altura fuste	0.60	0.0001	0.39
		DAB	0.62	0.0001	
III) Cerro El Pinal	Adulto	Altura fuste	-0.44	0.3844	0.65
		DAP	0.41	0.4162	
	Regeneración natural	Altura fuste	0.51	0.2962	0.52
		DAB	0.71	0.1161	
IV) Cerro La Virgen	Adulto	Altura fuste	0.87	0.0568	0.76
		DAP	-0.16	0.8031	
	Regeneración natural	Altura fuste	0.46	0.4397	0.38
		DAB	0.25	0.6850	

Fuente: Análisis de las variables independientes diámetro a la altura del pecho, diámetro a basal, altura del fuste y variable dependiente el número de hojas por palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari), utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

Referencias: DAP: Diámetro a la altura del pecho.

DAB: Diámetro basal

r: Coeficiente de correlación.

Ho.: Hipótesis nula.

r²: Coeficiente de determinación.

y II se midieron las variables de altura del fuste y diámetro basal, y poder determinar el número de hojas, lográndose dar por aceptada la ecuación de regresión lineal planteada.

En los sectores III y IV no hay una asociación entre la altura del fuste y el diámetro basal, debido a que los rodales de *Sabal guatemalensis* Beccari en los estratos adulto y regeneración natural, han sufrido año con año los incendios forestales provocando que la altura del fuste y el diámetro basal se comporten en forma diferente con respecto a los sectores I y II.

6. Uso actual y potencial del *Sabal guatemalensis* Beccari

El uso del Sabal guatemalensis Beccari, considerando que es una especie no maderable por los agricultores de la región, se basa en la utilización de la hoja de palma para la construcción de viviendas, tapescos de usos múltiples, etc.

El uso del *Sabal guatemalensis* Beccari, considerando que es una especie no maderable por los agricultores de la región, se basa en la utilización de la hoja de palma para la construcción de viviendas, tapescos de usos múltiples, trojas para secar y almacenar granos, construcción de gallineros, cochiqueras, cercos para protección de huertos familiares y para la artesanía en la elaboración de sombreros, escobas, sopladores, envases, adornos, etc.

Las hojas tienen demanda por los agricultores dedicados al cultivo de tabaco y por empresarios que los utilizan para la construcción de techos en restaurantes, hoteles, centros recreativos, y otros, de la región tomando en cuenta que el precio por zonte (un zonte es igual a 400 hojas) oscila entre 80 y 120 quetzales y para la fabricación de artesanías la docena de cogollos tiene un valor de 15 quetzales. La madurez óptima para su uso ocurre en los meses de marzo a mayo, temporada en la que empieza el proceso de corte, secado y traslado hacia un lugar donde llegue

algún camión o pick-up, para el caso de construcción de techos y para el caso de cogollos para las artesanías los cortan todo el tiempo. El corte de las hojas es realizado por la familia en donde intervienen padres e hijos y lo hacen solo bajo pedido y si es muy grande son contratados ayudantes. Un cortador puede cortar hasta 334 hojas al día; las hojas tardan 4 días en secarse y todas tienen que ser extendidas antes de llegar al proceso de secado.

El cortador de la hoja de palma de escoba viene a ser un intermediario entre el dueño del rodal y el consumidor final pagándole al dueño 20 centavos de quetzal por hoja en el caso de que el cortador no es dueño del rodal. El cortador recibe 25 quetzales diarios y la persona encargada de tender y extender la hoja de palma 30 quetzales diarios.

Las razones que aducen los usuarios para la utilización de las hojas son: la facilidad de obtención, el ambiente fresco que le da a la vivienda y lo económico que representa para las familias de escasos recursos construir su vivienda. La duración en la construcción de los techos de sus viviendas oscila de 8 a 30 años; esta durabilidad de la hoja en el techo de una vivienda radica básicamente en la época de corte de la hoja y el traslape existente entre cada hoja, encontrando techos de viviendas con un traslape de 2 a 4 pulgadas de separación.

7. Estrategias de fomento y comercialización

La estrategia para el fomento del uso de la palma de escoba (*Subal guatemalensis* Beccari) consiste en incentivar por parte de las organizaciones estatales y privadas programas integrales que incluyan planes de uso y manejo de sistemas agroforestales,

la promoción del ecoturismo; donde se ejemplifique las ventajas y desventajas de este tipo de sistemas y como complemento se incentive e incremente la capacitación y asesoría técnica a campesinos en sistemas agroforestales y a artesanos con nuevos estilos de tejidos y poder mediante la activación de créditos promover la industrialización e intensificación de la actividad artesanal.

El fomento de la comercialización estará en función de crear programas publicitarios y la búsqueda de nuevos mercados de los productos y subproductos de la palma de escoba en el ámbito nacional e internacional.

La palma de escoba (Sabal guatemalensis Beccari), es una planta de usos múltiples en el departamento de El Progreso, ya que el primordio floral (pacaya) y la parte apical de la palma (cabeza) son utilizados como fuente de alimento y sus hojas para la construcción techos de viviendas y procesos artesanales.

8. Impacto económico del *Sabal guatemalensis* Beccari

La palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari), es una planta de usos múltiples en el departamento de El Progreso, ya que el primordio floral (pacaya) y la parte apical de la palma (cabeza) son utilizados como fuente de alimento y sus hojas para la construcción techos de viviendas y procesos artesanales. El proceso artesanal es una actividad donde muchas familias han encontrado una fuente de trabajo en su propio hogar y con la participación de al menos un 70% de las familias que componen las comunidades de El Callejón, del municipio de Guastatoya y Espíritu Santo del municipio de El Jícaro, ambos del departamento de El Progreso. La economía de las familias de artesanos de la palma de escoba se basa en la elaboración de una serie de tejidos que se describen en el Cuadro 13. El proceso de preparación de las hojas del cogollo para su trabajo en la artesanía empieza desde el momento del corte donde solo se ocupan

Cuadro 13
ARTESANÍAS QUE SE ELABORAN CON PALMA DE ESCOBA (SABAL
GUATEMALENSIS BECCARI) EN EL ÁREA DE ESTUDIO Y DE INFLUENCIA. AÑO 1998

Artesanía elaborada	Tipo	Tiempo de elaboración mensual	Precio (Q)	Capacidad productiva
Sombrero	Cuadrado	1.5 Unidades/día	Q. 40.00 c/u.	45 unidades
	Mexicano		Q. 50.00 c/u.	
	Bolero		Q. 40.00 c/u.	
	Típico		Q. 50.00 c/u.	
Cunas	Redondo	0.67 Unidades/día	Q. 65.00 c/u.	20 unidades
	Cuadrado		Q. 65.00 c/u.	
	Típico		Q. 80.00 c/u.	
Abanicos	Grandes	8 Docenas/día	Q. 8.00/doc.	240 docenas
	Pequeños			
Funda de botella	Típicas	1.5 Docenas/día	Q. 60.00/doc.	45 docenas
	Zacapa Centenario		Q. 50.00/doc.	
Canastas	Cuadrados	1 Docena/día	Q. 45.00/doc.	30 docenas
	Ovalados			
	Redondos			
Zepelín	Normal	0.67 Docenas/día	Q. 45.00 c/u.	20 unidades
Vasos	Normal	2.5 Docenas/día	Q. 15.00/doc.	75 docenas
Respaldo para sillón de automóvil	Normal	1 Unidad/día	Q. 35.00 c/u.	30 unidades
Escoba	Primera (Cogollo)	2 Docenas/día	Q. 60.00/doc.	60 docenas
	Segunda (Vena)		Q. 25.00/doc.	60 docenas
Individual	Sencillo	0.5 Docenas/día	Q. 20.00/doc.	14 docenas
	Típico		Q. 45.00/doc.	
Petate (tipo individual)	Normal	0.75 Docenas/día	Q. 10.00/doc.	22 docenas
	Grande	0.5 Docenas/día	Q. 15.00/doc.	15 docenas
	Típico	0.5 Docenas/día	Q. 18.00/doc.	15 docenas
	Leyenda	1 Unidad/día	Q. 35.00 c/u.	30 unidades
Barriles para ropa	Grandes	0.5 Unidad/día	Q. 75.00 c/u.	15 unidades
	Pequeños	0.67 Unidad/día	Q. 60.00 c/u.	20 unidades
Bolsa de Colgar para Dama	Normal	1 Unidad/día	Q. 30.00 c/u.	30 unidades
Recuerdos para festividades	Venados Abanicos Culebras	5 Docenas/día	Q. 12.00/doc.	150 docenas

los cogollos que tengan de 1 a 1.10 metros de largo. Posteriormente lleva un proceso de secado donde se extienden mediante el uso de piedras que dura entre 3 y 4 días, tiempo en el cual ocurre el cambio de color de verde a blanco del cogollo; posteriormente sigue el proceso de tinción donde las hebras (tiras de las hojas de 0.3 a 0.5 centímetros de ancho y de 30 a 50 centímetros de largo) se tiñen en recipientes con una mezcla de agua hirviendo y añilina, la cual compran en pequeñas cantidades en el municipio de Esquipulas, Chiquimula. El tiempo en la elaboración de artesanías va desde 3 minutos a 1 día, dependiendo del tejido a confeccionar.

Las artesanías elaboradas por las distintas familias del área de estudio son trabajadas solo bajo pedido y su mercado mayoritario es el mercado central de la ciudad capital de Guatemala y la empresa Licorera Nacional.

Las artesanías elaboradas por las distintas familias del área de estudio son trabajadas solo bajo pedido y su mercado mayoritario es el mercado central de la ciudad capital de Guatemala y la empresa Licorera Nacional; aunque tienen trabajos artesanales con intermediarios, estos artesanos aún no cuentan con un mercado formal. Los precios de los diferentes estilos de tejidos están basados en la cantidad de material y el tiempo que se llevan en su elaboración que normalmente van cobrando el jornal diario, condición que se mejoraría con programas de divulgación de los diferentes tejidos que ellos elaboran en su localidad.

CONCLUSIONES

1. Los rodales de palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari), poseen una alta diversidad florística típica de el municipio de Guastatoya, la cual se encuentra asociada con un total de 176

- especies arbóreas y herbáceas y 8 especies de lianas y epífitas.
2. La palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari), en el municipio de Guastatoya, El Progreso es una especie de uso múltiple, utilizada por los agricultores como suplemento alimenticio, construcción de techos de viviendas, trojas de almacenamiento de cosechas, bodegas, gallineros, porquerizas y artesanías; encontrándose ampliamente distribuida en sistemas naturales y en sistemas agroforestales.
 3. En la comunidad de *Sabal guatemalensis* Beccari, las especies *Fernaldia spp*, *Lippia graveolens*, *Zea maíz*, son las plantas más importantes en la alimentación las cuales son extraídas de los rodales en los sectores II, III y IV (Cerro Malpais, Cerro El Pinal y Cerro La Virgen). Las especies *Lycopersicum sculentum*, *Capsicum spp*, *Carica papaya* y *Citrus spp* en el sector I (río Guastatoya).
 4. La mayoría de los rodales estudiados se localizan en suelos marginados para la agricultura y son de propiedad privada.
 5. La regeneración del *Sabal guatemalensis* Beccari, ocurre por semilla y en forma natural por especies silvestres (tacuazín, mapache, gato de monte, chachas, murciélagos, etc.) al momento de la maduración de éstas en los meses de marzo a julio.
 6. El manejo de los rodales de *Sabal guatemalensis* Beccari, ocurre en los meses de febrero a mayo al momento del corte para su aprovechamiento y al momento de la preparación del área del terreno usado en sus labores agrícolas.
 7. Los rodales de *Sabal guatemalensis* Beccari, se encuentran en propiedad privada cubriendo el

26.73 por ciento del área total del municipio de Guastatoya.

8. El estrato de regeneración natural de *Sabal guatemalensis* Beccari, para el sector I (río Guastatoya) presenta una asociación directa entre el diámetro basal y la altura del fuste con respecto al número de hojas por planta.
9. El *Sabal guatemalensis* Beccari, es una planta muy usada en procesos artesanales en los municipios de Guastatoya y El jícaro.
10. Los tejidos artesanales elaborados con *Sabal guatemalensis* Beccari, representan el 60 por ciento del ingreso de las familias dedicadas a esta actividad.

Que entidades estatales y privadas promuevan campañas publicitarias en el ámbito nacional e internacional, dando a conocer los tejidos artesanales que se elaboran con *Sabal guatemalensis* Beccari y poder así incrementar los procesos de comercialización formal de la misma.

RECOMENDACIONES

1. Las entidades gubernamentales y no gubernamentales deben incentivar el fomento de programas de manejo sostenible de rodales de palma de escoba *Sabal guatemalensis* Beccari, promoviendo la producción, explotación y comercialización de productos y subproductos derivados de ésta, así como el aprovechamiento óptimo de plantas silvestres de uso medicinal y alimenticio.
2. Apoyar la actividad crediticia entre los artesanos del *Sabal guatemalensis* Beccari, para poder tener acceso a capital de trabajo.
3. Que entidades estatales y privadas promuevan campañas publicitarias en el ámbito nacional e internacional, dando a conocer los tejidos artesanales que se elaboran con *Sabal guatemalensis* Beccari y poder así incrementar los procesos de comercialización formal de la misma.

GLOSARIO

COGOLLO. Es la parte alta de la copa de un vegetal donde surge una nueva estructura vegetal.

EPIFITAS. Plantas que viven sobre otras plantas sin ocasionarle daño en su estructura fisiológica.

FOTOINTERPRETACIÓN. Proceso de utilización de fotografías aéreas para establecer los elementos de base de un mapa (topográfico, climático, etc.).

RODAL. Conjunto de árboles o plantas que en un bosque, en un matorral, en una pradera, etc., se distingue por la naturaleza de las especies que lo integran, por su desarrollo, homogeneidad, etc., de cuanto los rodea.

TAPESCO. Especie de zarzo que sirve de cama hecha de partes de especies vegetales en técnicas de cultivos aéreos.

ZONTE, ZONTLE. Unidad de medida, equivalente a 400 hojas de palma de escoba.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR G., J.I. 1996. Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. 2 ed. Guatemala, Tipografía Nacional. 383 p.
- CRUZ S., J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de conocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 h.

- FONT QUER, P. 1985. Diccionario de botánica. Barcelona, Labor. 952 p.
- GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. Guatemala. tomo 3, p. 421-423.
- . 1986. Mapa climatográfico preliminar de la República de Guatemala, según el sistema Thornthwaite. Guatemala. Esc. 1:1,000,000. Color.
- GUATEMALA. SECRETARIA GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN ECONÓMICA; INSTITUTO NACIONAL FORESTAL; INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. 1988. Mapa de capacidad productiva de la República de Guatemala. Guatemala. Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:500,000. Color.
- HOSCH, B. 1971. Planificación de un inventario forestal. Italia, FAO. 254 p.
- LITTLE, E.L. 1980. Árboles de Puerto Rico y las Islas Virgenes. Puerto Rico, Panamericana. 210 p.
- LUNDELL, C.L. 1937. The vegetation of Petén. Washington, EE.UU., Carnegie Institution of Washington. 221 p.
- MATEUCCI, S.D.; COLMA, D. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Washington, D. C., OEA. Serie Biológica. Monografía No. 22. 161 p.
- PENNINGTON, T.D.; SARUKHAN, S. 1968. Árboles tropicales de México. México, Iberoamericano. 320 p.
- SCHEAFFER, D. 1987. Elementos de muestreo. México, Iberoamericano. 321 p.
- SCOTT, Z. 1990. A monography of *Sabal guatemalensis* Beccari. California, EE.UU., Rancho Santa Ana, Botanic Garden. p. 362-363.

- SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. p. 109.
- STANLEY, P.C.; STEYERMARK, J.A. 1974. Flora of Guatemala. Chicago, EE.UU., Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany. v. 24, pte 2, no. 3, p.60.
- WILLIAMS, L.O. 1981. The useful plants of Central America. Ceiba. (Hond.) 24:1-2.

LOS AUTORES

Waldemar Nufio

Ing. Agr. de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Profesor-Investigador de la FAUSAC.

César Azurdia

Ing. Agr. PhD. en Genética. Profesor-Investigador, Instituto de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

David Williams

Etnobotánico. Científico de la Oficina de las Américas del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).

Karen Williams

Especialista en Botánica. Encargada del Banco de Germoplasma de la Secretaría de Agricultura de Estados Unidos.

Helmer D. Ayala Vargas

Ing. Agr. de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Profesor-Investigador de la FAUSAC.

José Miguel Leiva

Ing. Agr. MsC. Recursos Naturales. Profesor-Investigador, Instituto de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Werner Ovando

Estudiante tesista en la carrera de ingeniero agrónomo en recursos naturales renovables, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Edín López

Estudiante tesista en la carrera de ingeniero agrónomo en recursos naturales renovables, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Luigui Guarino

Especialista en Genética. Científico de la Oficina de las Américas del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).

Henry Ortiz Paiz

Estudiante tesista en la carrera de ingeniero agrónomo en recursos naturales renovables, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



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

CONTENIDO

Aplicación de los sistemas de información geográfica en el uso y conservación de los recursos genéticos vegetales

Diversidad genética de maní (*Arachis hypogaea*) en el norte de Guatemala

El loroco, *Fernaldia pandurata* (Apocynaceae), una especie en vías de domesticación

Tasa de cruzamiento y estructura genética de la población de zapote (*Pouteria sapota*) de Sacapulas, Quiché

Distribución y usos de la palma de escoba (*Sabal guatemalensis* Beccari) en el municipio de Guastatoya, El Progreso

Facultad de Agronomía
Universidad de
San Carlos de Guatemala

