

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

**CARACTERIZACIÓN ISOENZIMÁTICA DE MATERIALES GENÉTICOS DE GÜISQUIL
(*Sechium edule* (Jacq) Swartz) PROVENIENTES
DE HUERTOS FAMILIARES DE ALTA VERAPAZ**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD
DE AGRONOMIA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

RONNY WALDEMAR ROMA ARDÓN

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

GUATEMALA, AGOSTO DE 2003

DL
01
T(2031)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. Luis Alfonso Leal Monterroso

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO:	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL PRIMERO:	Ing. Agr. Alfredo Itzep Manuel
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Agr. Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO:	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO:	Br. Luis Antonio Raguay Pirique
VOCAL QUINTO:	Br. Juan Manuel Corea Ochoa
SECRETARIO:	Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes

Guatemala, Agosto de 2003

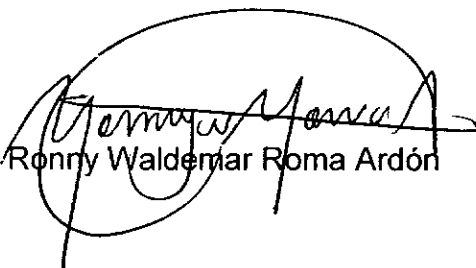
Señores
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a su consideración el trabajo de tesis titulado:

**CARACTERIZACIÓN ISOENZIMÁTICA DE MATERIALES GENÉTICOS DE GÜISQUIL
(*Sechium edule* (Jacq) Swartz) PROVENIENTES DE HUERTOS FAMILIARES DE
ALTA VERAPAZ.**

Presentándolo como requisito, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de licenciado.

Atentamente,



Ronny Waldemar Roma Ardón

PROPRIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

JOSÉ BALDEMAR ROMA SOLÓRZANO
AURA ARDÓN DE ROMA (x SER MIS PADRES)

VICENTE JAVIER ARDÓN (x QUE LE HUBIERA GUSTADO VERLO)
GEORGINA AGUILAR DE ARDÓN (x SER MI SEGUNDA MADRE)
MARIA LUISA SOLÓRZANO (x EXISTIR)

EDDY JOSÉ, AURA WALESKA Y LUISA KARINA
(x SER QUIENES HAN SIDO SIEMPRE, MIS HERMANOS)

TUTO, NATO, LULU, GINA, VANE, MARCE, JOSE, JESSI, LUCHO Y ALLAN
(x SER PARTE DE ESTE TRIUNFO)

TÍA VIOLE, TIA ROSY, TÍA CARMEN Y MI PADRINO TONO SAMAYOA
(x TODO SU APOYO Y CARIÑO)

PABLO POLO, VÍCTOR CABRERA, FERNANDO GÓMEZ, OSCAR AJANEL
OSCAR VALENZUELA, MARVIN PINEDA, MÓNICA GARCÍA, LUIS MONTES,
JUAN CARLOS ANDRADE, LINNEO GARCÍA, DAVID MENDIETA, JORGE CHAPAS,
WILLIAM SÁNCHEZ, HERLESS MARTÍNEZ
(x SER EN LAS ALEGRÍAS Y EN LAS TRISTEZAS, SIEMPRE COMPAÑEROS)

LAS COMUNIDADES: MILPAS, JOLOTES Y BACÚ, SAN JUAN IXCOY
HUEHUETENANGO (x SU EJEMPLO DE LUCHA).

TESIS QUE DEDICO

A:

Amatitlán, Paraíso de Ensueño Robado.

La Asociación Cristiana de Jóvenes –ACJ- Amatitlán

Escuela de Párvulos “María Amanda Irene López Reyes”, Amatitlán

Colegio Mixto “Cultura”, Amatitlán

Instituto San Ignacio -ISI-, Guatemala

Escuela Nacional Central de Agricultura –ENCA-, Bárcena, Villa Nueva.

AGRADECIMIENTOS

Stephen Vizinczey, ha sabido proclamar que nadie puede sobrevivir sin el apoyo de varias persona que crean en él, por lo que retomar el informe final de tesis hubiera sido imposible sin la generosa cercanía de:

Ingeniero agrónomo Francisco Vásquez e Ingeniero agrónomo Domingo Amador, por toda su confianza y apoyo moral.

Ingeniero agrónomo Helmer Ayala y Doctor César Azurdía, por la asesoría brindada para culminar este trabajo.

Ingeniero agrónomo Amílcar Sánchez y Doctor Akio Ueno, por su colaboración y paciencia en el uso del equipo de laboratorio.

Enrique Steinle y Otto Tinschert, por sus sabios consejos y su fe.... Alles ist gut !.

Muchas Gracias También A: Familias Sánchez de León, De León Escobar y Pérez Escobar; Ulrich & Flory Reicher; Karmina Ochoa; Jan, German, Gandul y Capi .

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	3
3.1 MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1 El Güisquil (<i>Sechium edule</i> (Jacq) Swartz)	3
3.1.1.1 Taxonomía del Güisquil	3
3.1.1.2 Descripción de la especie	3
3.1.1.3 Fenología del Güisquil	4
3.1.1.4 Evidencia del origen del Güisquil	4
3.1.1.5 Etnobotánica del Güisquil	5
3.1.1.6 Importancia Actual y Potencial	7
3.1.2 Importancia de los Recursos Genéticos Vegetales	7
3.1.3 Generalidades sobre los huertos familiares	7
3.1.3.1 Definición	7
3.1.3.2 Origen	8
3.1.3.3 Huertos Familiares y Seguridad Alimentaria	8
3.1.3.4 Variación entre huertos familiares	9
3.1.4 Huertos familiares en Latinoamérica	9
3.1.5 Tipología de los huertos familiares de Alta Verapaz	9
3.1.5.1 Huertos familiares de autoconsumo	10
3.1.5.2 Huertos familiares comerciales	10
3.1.6 Caracterización	11
3.1.6.1 Caracterización Morfológica	11
3.1.6.2 Caracterización Bioquímica	12
3.1.6.3 Caracterización Molecular	13
3.1.7 Electroforesis de isoenzimas	14
A. Geles de poliacrilamida y almidón	15
B. Isoenzimas	16
C. Isoenzimas Polimórficas utilizadas	17
C1.EST: Esterasa	17
C2.MDH: Malato Deshidrogenasa	18
C3.PRX: Peroxidasa	18
C4.SKDH: Ácido Shikímico Deshidrogenasa	18
C5.EM: Enzima Máfica	18
3.2 MARCO REFERENCIAL	19
3.2.1 Características generales del área	19
3.2.1.1 Ubicación y población	19
A. Descripción y localización de zonas de procedencias de materiales genéticos caracterizados	19
a. Características morfológicas de los materiales genéticos caracterizados.	21
B. Características climáticas	23

a. Zona de Vida	24
b. Fisiografía y suelos	24
C. Flora	24
4. OBJETIVOS	25
5. HIPÓTESIS	26
6. METODOLOGÍA	27
6.1 Antecedentes y ubicación del área de estudio	27
6.2 Colecta y transporte de la muestra	27
6.3 Obtención del extracto vegetal	28
6.4 Preparación de las geles	28
A. Gel de Almidón	28
B. Gel de Poliacrilamida	29
6.5 Cargado de las muestras	29
6.6 Realización de la corrida electroforética	29
6.7 Tinción y revelación de enzimas	29
6.8 Sistemas enzimáticos que se evaluaron	30
6.9 Análisis de la información	31
A. Frecuencias Alélicas	31
B. Heterocigosis	31
C. Similitud Genética	31
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
7.1 Enzimas Polimórficas	32
a. Enzimas Polimórficas para Poliacrilamida	32
b. Enzimas Polimórficas para Almidón	35
7.2 Estructura Genética de la Población	36
a. Análisis de Grupos	38
7.3 Consideraciones acerca de conservación <i>in situ</i>	40
8. CONCLUSIONES	42
9. RECOMENDACIONES	43
10. BIBLIOGRAFÍA	44
11. APÉNDICE	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Ventajas y Dificultades de la caracterización Morfológica	12
Cuadro 2	Ventajas y Dificultades de la caracterización Isoenzimática	13
Cuadro 3	Ventajas y Dificultades de la caracterización Molecular.	14
Cuadro 4	Localización y coordenadas de sitios de colecta de Güisquil, en el departamento de Alta Verapaz.	20
Cuadro 5	Resumen de las características de los núcleos conformados por el fenograma de los materiales de Güisquil de Alta Verapaz	22
Cuadro 6	Comparación de la variación de caracteres de Güisquil de huertos familiares de Alta Verapaz	23
Cuadro 7	Zimogramas presentes en los materiales de Güisquil.	33
Cuadro 8	Componentes de la estructura genética de Güisquil <u>Sechium edule</u> , en dos eco-regiones de Alta Verapaz, Guatemala.	37
Cuadro 9	Variación en cuanto a número de accesiones por localidad y número de núcleos a los que pertenecen	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Planta de Güisquil (<u>Sechium edule</u> (Jacq.) Swartz)	6
Figura 2	Ubicación y distribución de los sitios de muestreo en el departamento de Alta Verapaz, Guatemala	21
Figura 3	Zimogramas presentes Enzima Esterasa	32
Figura 4	Zimogramas presentes Enzimas SKDH y SOD	34
Figura 5	Zimogramas presentes Enzimas Peroxidasa	35
Figura 6	Zimogramas presentes Enzima Málica	35
Figura 7	Zimogramas presentes Enzima MDH	36
Figura 8	Fenograma isoenzimático	39

**CARACTERIZACIÓN ISOENZIMÁTICA DE MATERIALES GENÉTICOS
DE GÜISQUIL (Sechium edule (Jacq) Swartz) PROVENIENTES
DE HUERTOS FAMILIARES DE ALTA VERAPAZ**

**ISOENZYMATIC CHARACTERIZATION OF GÜISQUIL (Sechium
edule (jacq) Swartz) GENETIC MATERIALS'S FROM ALTA
VERAPAZ HOME GARDENS**

RESUMEN

El güisquil (Sechium edule (Jacq) Swartz), es una especie nativa de Mesoamérica, específicamente del sur de México y Guatemala. El huerto familiar es aquel sitio que posee límites definidos y una vivienda en general, poseyendo especies útiles al hombre, por lo que juega un papel importante en la conservación de Recursos Genéticos Vegetales. El güisquil fue seleccionado para conducir estudios más detallados respecto a su variación genética intraespecífica ya que su presencia en huertos familiares es del 52% para la zona cálida y del 100% para la zona fría de Alta Verapaz.

Se determinó la diversidad genética de los materiales genéticos, la distribución de la variabilidad y aspectos concernientes a la conservación *in situ*. Para ello se colectaron 120 materiales procedentes de 26 localidades del departamento de Alta Verapaz. El protocolo empleado fue el propuesto por Figueroa y Rodríguez. Se evaluaron siete sistemas isoenzimáticos: Esterasa (EST), Ácido Shikímico Deshidrogenasa (SKDH), Fosfata Ácida (ACP), Peroxidasa (PRX) Alcohol Deshidrogenasa (ADH), Enzima Máfica (EM) y Malato Deshidrogenasa (MDH); la ACP y ADH no produjeron resultados consistentes y fácilmente interpretables. La estructura genética de la población demostró que los materiales colectados procedentes de la zona fría son altamente heterocigóticos respecto a los procedentes de la zona cálida. El análisis de grupos mostró núcleos conformados por materiales de ambas zonas (núcleos 2, 3, 4 y 5); los núcleos 6 y 7 poseen origen único y el núcleo 1 está conformado por *Sechium Compositum*, demostrando que se encuentra separado de *Sechium edule*. La información recabada pretende contribuir a determinar el papel de los huertos familiares de Alta Verapaz y la conservación de Recursos Genéticos Vegetales.

1. INTRODUCCIÓN

El güisquil (*Sechium edule*) es una especie nativa de Mesoamérica, específicamente del sur de México y Guatemala, en donde existe su mayor diversidad genética. Se puede encontrar distribuido en un rango altitudinal amplio desde cerca del nivel del mar hasta más de 2000 m de altitud. Encontrándose como cultivo en grandes extensiones o en huertos familiares.

El huerto familiar es aquel sitio que posee límites definidos y una vivienda en general (no siempre), teniendo una mezcla de plantas anuales y perennes así como animales, ejerciendo variedad de funciones biofísicas y socioculturales para su propietario (15). Por tanto, es rico en especies útiles al hombre, jugando dicho agrosistema un papel importante en la conservación de Recursos Genéticos Vegetales.

Por medio del proyecto "Contribución de los huertos familiares para la conservación *in situ* de recursos genéticos vegetales" en la región de Alta Verapaz, se determinó que el güisquil se encuentra presente en el 52% de los huertos de la zona cálida de éste departamento y en el 100% de los huertos de la zona fría del mismo departamento (5). Por ello esta especie se seleccionó como representativa para conducir estudios más detallados respecto a su variación genética intraespecífica utilizando marcadores isoenzimáticos, ya que actualmente solo es conocido que los huertos familiares de Alta Verapaz son ricos en diversidad de güisquil en función de sus caracteres morfológicos (3).

Mediante el uso de isoenzimas se busca determinar la diversidad genética de los materiales de güisquil, la distribución de la variabilidad de los mismos y aspectos concernientes a la conservación *in situ*, con el propósito de determinar la contribución de los huertos familiares de Alta Verapaz a la conservación de Recursos Genéticos de Güisquil.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto "Contribución de los huertos familiares a la conservación *in situ* de Recursos Genéticos Vegetales" de IPRGRI-FAUSAC, pretende definir elementos para establecer programas de conservación de recursos fitogenéticos; en ese sentido, identificó algunas especies para desarrollar estudios de variabilidad genética, con el propósito de conocer su diversidad y distribución en el departamento de Alta Verapaz.

Una de las especies identificadas para tales estudios fue el güisquil (*Sechium edule* (Jacq) Swartz) el cual es cultivado en algunas regiones del país, en extensiones considerables, cuya producción se comercializa en mercados locales y regionales; asimismo, existe güisquil cultivado en huertos familiares, destinado principalmente para el autoconsumo, siendo común observarlo bajo este sistema en la mayor parte de regiones de Guatemala.

En el desarrollo de las explotaciones comerciales los agricultores han recurrido a seleccionar algunos materiales genéticos, lo cual ha creado una presión de selección en los materiales existentes, dando como resultado la existencia de 3 cultivares que son dedicados a estas explotaciones -perulero verde liso, perulero blanco liso y güisquil verde con espinas- (7). La variabilidad presente en dichas explotaciones responde al patrón de exigencia de los consumidores, sin embargo, en los huertos familiares la variabilidad observada es mucho mayor (6). A la fecha no se tiene un estudio que identifique realmente la diversidad genética intraespecífica, por lo cual se hace necesario realizar una caracterización empleando marcadores bioquímicos, para determinar la diversidad genética existente en los materiales provenientes de huertos familiares, posibilitando de esta forma la elaboración de estrategias de conservación *in situ* para esta especie.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 EL GÜISQUIL (Sechium edule (Jacq.) Swartz)

3.1.1.1 TAXONOMIA DEL GÜISQUIL

Es una Cucurbitacea distribuida principalmente en las regiones tropicales del mundo. Dentro de esta familia se incluyen 118 géneros y más o menos 825 especies. Los miembros que constituyen a este grupo vegetal se distinguen, entre otras características, por su hábito rastrero o trepador, la presencia de zarcillos, flores unisexuales, cuya polinización es realizada por insectos y por presentar una gran diversidad estructural en el androceo y el ovario ínfero en las flores femeninas del cual se pueden desarrollar las más diversas e interesantes formas de frutos (22).

El nombre del güisquil deriva del Nahuatl "Huisquilitl" (26). Esta especie fue domesticada probablemente entre el sur de México y Centroamérica . Su cultivo es posible realizarlo dentro de un amplio intervalo altitudinal que abarca desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (22).

3.1.1.2 DESCRIPCION DE LA ESPECIE

Los güisquiles son plantas herbáceas rastreras a trepadoras; la raíz principal engrosada tuberiforme, con raíces adventicias masivas también tuberiformes. Tallos varios originándose simultáneamente a partir de una sola raíz , engrosados y de aspecto leñoso hacia la base, muy ramificados y delgados aunque rígidos hacia el ápice. Hojas sobre pecíolos sulcados, 8-15 cm. de largo, glabros; márgenes enteros a remotamente denticulados (22).

Flores estaminadas en inflorescencias racemosas, pedunculadas, erectas, 10-30 cm. de largo; sépalos 5, angostamente triangulares, 4-6 mm de largo, casi 1 mm de ancho; pétalos 5, verdosos a blanco verdosos, anchamente triangulares, obtusos a agudos, 6-7 mm de largo, 2-3 mm. de ancho, superficie externa puberulenta, la interna glandular puberulenta; estambres 5; filamentos fusionados casi en toda su longitud, formando una columna engrosada, separándose normalmente en 5 (22).

Flores pistiladas en la misma axila que las estaminadas, generalmente solitarias; ovario de muy diversas formas; perianto como en las estaminadas pero más reducido; estilos fusionados en una

columna delgada; estigmas formando una estructura subglobosa obscuramente 2-lobada; nectarios como en las estaminadas (22).

Frutos solitarios o raramente en pares sobre un pedúnculo común, carnosos, con o sin surcos longitudinales, de muy diversas formas (globosos, ovoides, piriformes, periforme-alargados), tamaños (5-29 cm. de largo, 3-13 cm. de ancho) y colores, blancos, amarillos pálidos a verde claro u oscuro, inermes y lisos a diversamente armados o costados, generalmente conservando las características del ovario, con o sin estrías leñosas o lenticelas; pulpa jugoso-carnosa a muy ligeramente fibrosa, de color verde pálido a blanquecino, amarga en las plantas silvestres y de sabor agradable en las cultivadas; semilla ovoide, comprimida, lisa, germinando dentro del fruto, en las plantas cultivadas aun estando el fruto adherido a la planta madre y en las silvestres cuando se ha desprendido de ella (22) (**Figura 1**).

3.1.1.3 FENOLOGIA DEL GÜISQUIL

Las poblaciones silvestres florecen de abril a diciembre y fructifican de septiembre a enero. En contraste, como resultado de la selección artificial, las plantas cultivadas muestran una amplia gama de variación fenológica, encontrándose algunos tipos que pueden producir hasta 4 cosechas (= periodos de floración/fructificación) en un solo año (22). Para el caso de los güisquiles provenientes de huertos familiares, los güisquiles nativos de la zona fría, son producidos entre los meses de noviembre y diciembre. Los güisquiles de la zona cálida fructifican en los meses de mayo y junio (4).

3.1.1.4 EVIDENCIAS DEL ORIGEN DEL GÜISQUIL

A diferencia de lo que ocurre para muchos cultivos, no existen evidencias arqueológicas que permitan precisar la antigüedad del cultivo de S. edule. Sus frutos carnosos, con una sola semilla de testa suave, no permiten su conservación y hasta donde se sabe tampoco se ha reportado la presencia de granos de polen u otras estructuras de esta especie en sitios arqueológicos (22, 26).

Desde el punto de vista etnohistórico, existen crónicas de la época de la conquista que indican que, cuando menos en México, el güisquil o chayote ha sido cultivado desde épocas precolombinas. En cuanto a las evidencias lingüísticas, la estructura de los nombres comunes asignados a esta especie en diversas regiones de América Latina muestra claramente que los

nombres nativos se concentran principalmente en México y Centroamérica y que, en muchos casos, estos mismos nombres (principalmente de origen Náhuatl) ligeramente modificados son usados en otras regiones del mundo a las que esta especie ha sido introducida. Las evidencias artísticas, por su parte, aunque escasas, son bastante claras pues corresponden a ilustraciones de güisquiles en piezas de cerámica precolombina de México y Centroamérica (22, 26).

La distribución ecogeográfica de la diversidad bajo cultivo de S. edule y la de sus parientes silvestres son sin duda las evidencias más importantes para precisar más claramente el centro de origen de esta especie cultivada . Los reportes de exploraciones realizadas por diferentes personas e instituciones en varias épocas, coinciden en indicar que la mayor variación de güisquil se encuentra entre el sur de México y Guatemala en zonas de altitudes entre los 500 y 1500 m. En este contexto la especie que muestra más similitud con el güisquil es Sechium compositum, distribuida de Chiapas (México) y al sur occidente de Guatemala , la cual solo presenta similitud con el güisquil cultivado en la estructura de los nectarios florales y el androceo (22, 26).

3.1.1.5 ETNOBOTANICA DEL GÜISQUIL

El güisquil cultivado es usado fundamentalmente como alimento humano. Los frutos, tallos y hojas tiernas, así como las porciones tuberizadas de las raíces adventicias (especialmente en México, Guatemala y El Salvador donde recibe el nombre Náhuatl de Ichintal), han sido y son consumidos como verdura, tanto solos y simplemente hervidos, como formando parte de numerosos guisos. Aunque el valor nutricional de las partes consumibles de S. edule se dice que es menor en contenido de fibras, proteínas y vitaminas que el de otros vegetales, el contenido de calorías y carbohidratos es alto principalmente en el caso de los tallos jóvenes, la raíz y la semilla respectivamente, mientras que el aporte de micro y macronutrientes por parte de los frutos es bastante aceptable . Los frutos, y principalmente las semillas son ricos en aminoácidos como ácido aspártico, ácido glutámico, alanina, argidina, cisteina, fenilalanina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, metionina (solo en el fruto), prolina, serina, tirosina, treonina y valina (22).

Algunos usos medicinales también han sido reportados en la literatura para esta especie, entre los que destacan el uso de infusiones de hojas para disolver cálculos renales y como auxiliar en el tratamiento de la arteriosclerosis e hipertensión y el uso de infusiones de frutos para aliviar la retención de la orina y los ardores de orina (22).

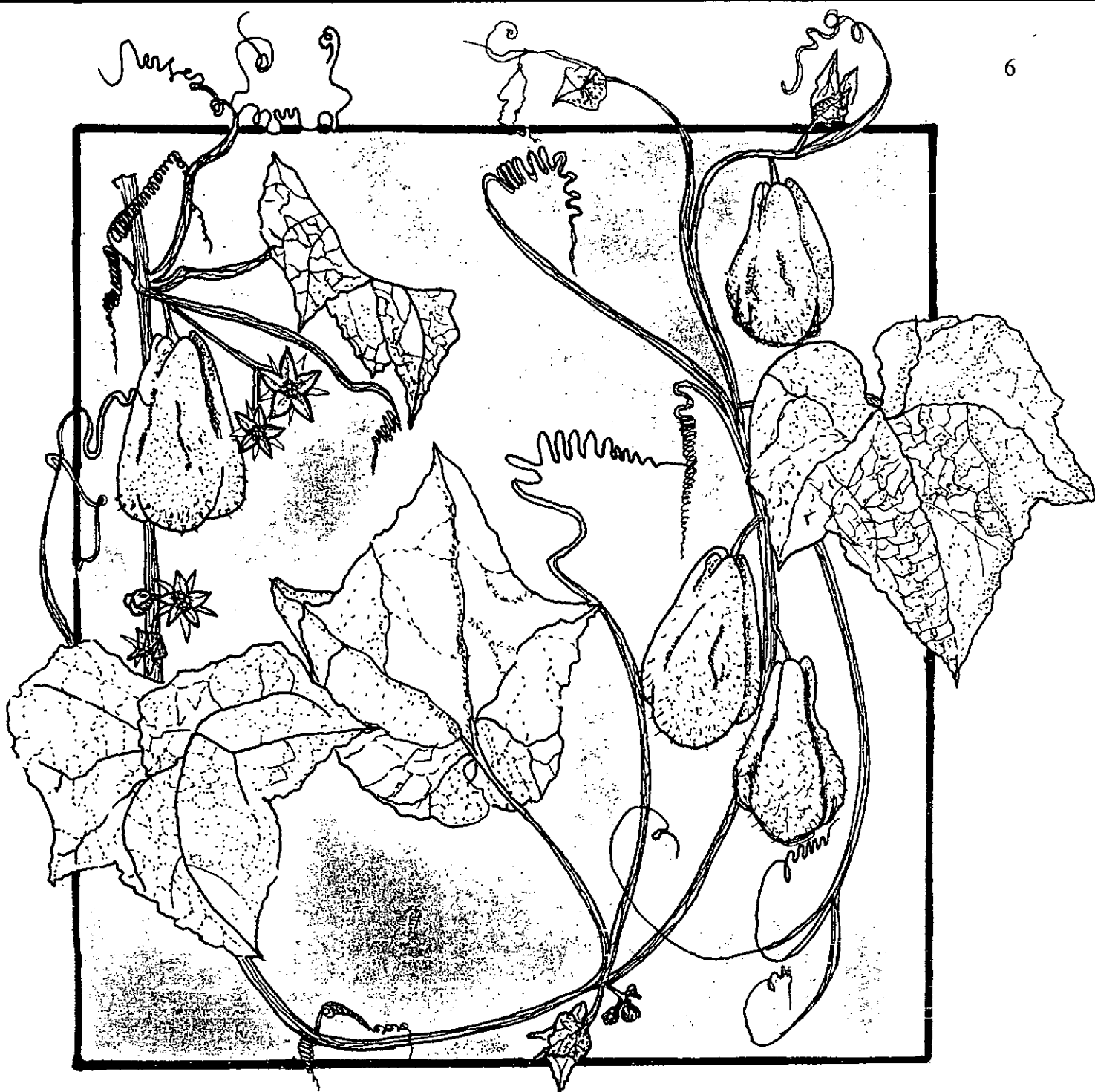


Figura 1. Planta de güisquil (*Sechium edule* (Jacq) Swartz)

3.1.1.6 IMPORTANCIA ACTUAL Y POTENCIAL

El potencial nutritivo de las hortalizas radica en ser una fuente alta de carbohidratos y energía. El güisquil (Sechium edule) ocupa el tercer lugar de consumo en la dieta de la familia guatemalteca. Se encuentra medianamente desarrollado a nivel de explotación comercial, pero tiene un potencial a futuro como producto de exportación fuera del área centroamericana, y dentro del nuevo criterio de desarrollo sostenible, las Organizaciones No Gubernamentales (ONG), impulsan una metodología de trabajo orientada a la organización y gestión de la comunidad. Esto ofrece excelentes perspectivas para incrementar la producción y mejorar la comercialización de hortalizas de consumo interno, como el caso del güisquil, especialmente bajo el sistema de huertos familiares (29).

3.1.2 IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS GENETICOS VEGETALES

Los recursos genéticos vegetales son recursos limitados y perecederos, que potencialmente son útiles al hombre como fuentes de producción y poseedores de genes utilizados para originar mejores variedades de plantas. Los recursos genéticos vegetales incluyen variedades primitivas y modernas de especies cultivadas, especies silvestres y malas hierbas afines a las especies cultivadas; especies de valor actual o potencial y plantas surgidas de combinaciones genéticas útiles en los programas de mejora. Constituyen la despensa de la humanidad, su importancia real como estratégica es enorme y su pérdida una grave amenaza, a mediano y largo plazo (12).

3.1.3 GENERALIDADES SOBRE HUERTOS FAMILIARES

3.1.3.1 DEFINICION

Hay diversos conceptos y sistemas que se quieren designar como "huerto", incluye huertos de hortalizas, huertos mixtos agroforestales cuya producción es destinada para la venta, huertos de frutales, huertos de hortalizas y tubérculos manejados en forma bio-intensiva; hay lugares en donde la "huerta" realiza el papel de la parcela agrícola. Con frecuencia se encuentran diversos nombres en Centro América para lo que se considera como huerto familiar, los más mencionados son: huerto casero, solar, patio, jardín, huerta y lote (23).

Aunque hace falta un consenso universal sobre la definición de huerto casero, Soemarwoto y Soemarwoto citado por IIRR/AVRDC (19) lo define como: "Uso de la tierra que posee límites definidos y una vivienda, en general (no siempre), posee una mezcla de plantas anuales y perennes así como animales, ejerciendo variedad de funciones biofísicas, económicas y socioculturales para su propietario".

3.1.3.2 ORIGEN

Parece ser que los huertos familiares se originaron desde el momento que surge la agricultura, donde el ser humano mejora las herramientas y aplica los conocimientos adquiridos empíricamente en obtener alimentos. Al haber el ser humano avanzado en el desarrollo del lenguaje, sus herramientas, su vivienda y su organización social, se inicia la agricultura con la domesticación y cultivos de plantas y cría de animales; lentamente el hombre transforma a la naturaleza y se transforma así mismo, poco a poco conoce mejor las características de plantas y animales que le rodean, les caza, colecta o las lleva más frecuentemente a sus chozas o cerca de ellas. El origen de los huertos familiares remontan desde los tiempos Neolíticos, como estrategia de domesticación de plantas y de sobre- vivencia (12).

3.1.3.3 HUERTOS FAMILIARES Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

El huerto familiar es un sistema de producción de comida familiar practicado en países en vías de desarrollo; el hecho de cultivar un huerto garantiza o refuerza la seguridad alimenticia de la familia, en varias maneras: 1) provisión de una diversidad de alimentos frescos que contienen la cantidad y calidad de nutrientes disponibles por familia; 2) aumenta el poder adquisitivo de la economía en cuanto a generar ingresos debido al ahorro que significa no comprarlos y por la venta del excedente de la producción; 3) el rol que juega el huerto en la seguridad alimentaria, en tiempos de crisis y severa escasez (23).

En Guatemala, Leiva (21) resalta la importancia de los huertos familiares en las comunidades campesinas, en los siguientes aspectos:

A. Socioeconómico

El rol que juegan los huertos familiares en la economía campesina es importante, dado que el 30% de la economía campesina aproximadamente, depende de la venta de productos

cosechados en el huerto; esta cifra corresponde a los sistemas diversos, donde se vende leña, madera, frutos, cultivos y plantas medicinales; además el ahorro que significa no comprar los productos que son cosechados en el huerto.

B. Ecológico

Son refugio de fauna silvestre y reguladores del microclima en poblaciones urbanas y rurales, especialmente, aquellos que están formados por tres o más estratos verticales, dominados por especies arbóreas.

C. Conservación de recursos Fitogenéticos

El valor sociocultural agregado de las especies vegetales establecidas en los huertos familiares, es un sistema de protección y conservación de especies amenazadas o en peligro de extinción y han hecho del huerto su refugio seguro para su supervivencia.

3.1.3.4 VARIACION ENTRE HUERTOS FAMILIARES

Los huertos familiares varían en su tamaño y estructura, según el ambiente ecológico, socioeconómico y sociocultural donde se desarrollan. Estos difieren al comparar uno de clima templado y otro de clima tropical, uno de clima húmedo respecto a uno de clima seco, un huerto de subsistencia y otro con fines de percibir ingresos económicos por la comercialización de la cosecha, un huerto de poblaciones urbanas respecto a poblaciones rurales; los huertos varían de acuerdo a sus necesidades, oportunidades, situación de mercado, escenas ecológicas, cantidad de mano de obra y tiempo disponible del hogar (23).

3.1.4 HUERTOS FAMILIARES EN LATINOAMÉRICA

Estudios sobre huertos familiares en América precolombina indican especialmente la rica tradición de los huertos mixtos tropicales de Mesoamérica. Los mayas practicaron "la intercultura forestal", una mezcla de cubierta forestal de bosque tropical y cultivo; en el presente los huertos familiares son aún importantes en Mesoamérica, tanto en los trópicos húmedos, semi-húmedos y semi-secos, ya sea para la producción de subsistencia o para la generación de ingresos (23).

3.1.5 TIPOLOGIA DE LOS HUERTOS FAMILIARES DE ALTA VERAPAZ

López (23) define que los huertos familiares de Alta Verapaz pueden dividirse en dos tipos de acuerdo a factores ecológicos: huertos de la zona cálida y huertos de la zona fría, los cuales sobre

la base de la función que le asigna el propietario al huerto familiar (cultivo más importante, densidad a la que se encuentran establecidas las especies, destino de la cosecha, tipo de manejo, superficie cultivada y oportunidades de comercializar) se dividen en dos categorías:

3.1.5.1 HUERTOS FAMILIARES DE AUTOCONSUMO

Son los huertos familiares donde la cosecha se destina para el consumo familiar; no se descarta la posibilidad de venta, siempre que hallan excedentes de producción o se presente la necesidad y oportunidad. Su manejo se limita en la realización de prácticas culturales; no se hace uso de pesticidas y el empleo de mano de obra familiar se realiza conforme lo requiere el sistema. Con frecuencia son propiedad de la población que reside en comunidades aisladas de los mercados, lotes que presentan las menores dimensiones o familias que recientemente inician el establecimiento. No tienen un patrón definido para la siembra de especies y no es común que una sola especie se establezca en altas densidades. Son los huertos que sus propietarios manejan mayor número de especies nativas para diversos usos. Son bancos de recursos genéticos vegetales (23).

El tamaño de los huertos oscila de 0.04 ha. – 0.18 ha. Para la zona cálida y 0.035 ha. – 0.24 ha. para la zona fría, respectivamente. Dentro de éste grupo se encuentra los huertos familiares que poseen mayor diversidad vegetal por unidad de área, presentando las siguientes densidades: entre 270 a 1000 especies/ ha. para la zona cálida y 204 a 1457 especies/ ha. para la zona fría. Correspondiendo para esta tipología el 83% de los huertos de la zona cálida y el 52% de los huertos de la zona fría (23).

3.1.5.2 HUERTOS FAMILIARES COMERCIALES

De acuerdo a López (23), corresponde a esta tipología el 17% de los huertos de la zona cálida y el 48% de la zona fría; son los huertos que los propietarios destinan una superficie significativa del lote para el establecimiento de uno o más cultivos a los que se les aplica un manejo más técnico (siembra sistemática y en ciertos casos aplican pesticidas), se le dedica mayor mano de obra familiar y en ciertos casos se invierten más recursos a un cultivar en particular (en algunos casos se compran agroquímicos y en tiempo de cosecha se contrata mano de obra).

A pesar que a ciertas zonas del huerto se les brinda un manejo más tecnificado, hay espacios con alta diversidad de especies cuya cosecha es destinada para el consumo familiar (23).

Los huertos comerciales con frecuencia presentan las mayores superficies, encontrándose para la zona cálida de 0.06 ha. – 0.28 ha. y para la zona fría de 0.1 – 0.56 ha.; en relación al tamaño, son los huertos que hospedan la menor diversidad por área, con densidades que oscilan entre 221 a 783 especies / ha. para la zona cálida y 104 a 460 para la zona fría, respectivamente (23).

3.1.6 CARACTERIZACIÓN

Al caracterizar Recursos Fitogenéticos, nos referimos a estimar todos los caracteres posibles de un individuo, así como conocer y cuantificar la diversidad biótica que se está conservando (20).

En definitiva se trata de dar respuesta a las siguientes preguntas:

- A. ¿Cuánta diversidad existe?
- B. ¿Cuánta debe ser conservada?
- C. ¿Cuánta es relevante?

Los caracteres que se pueden estudiar se agrupan principalmente en tres grupos:

- A. Morfológicos.
- B. Bioquímicos.
- C. Moleculares (20).

3.1.6.1 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA

Los datos de caracterización y evaluación preliminar permiten discriminar e identificar los fenotipos conservados. Generalmente con variables de alta heredabilidad, que pueden ser detectadas a simple vista y que se expresan de la misma forma en todos los ambientes. Los descriptores de evaluación definen una característica o un atributo de los fenotipos conservados, por ejemplo: color del fruto, tamaño de la semilla, días a emergencia, época de floración ,etc., estos descriptores son establecidos por comisiones de expertos, de tal forma que las caracterizaciones realizadas en

distintos puntos sean comparables y la inclusión de los datos en las bases informáticas y el manejo de dicha información pueda realizarse de una manera sencilla (20).

Dentro de las principales ventajas y dificultades se tienen (**Cuadro 1**).

CUADRO 1. Ventajas y Dificultades de caracterización morfológica

VENTAJAS	DIFICULTADES
<ul style="list-style-type: none"> • Datos permiten discriminar e identificar los fenotipos conservados • Resultados obtenidos suelen ser congruentes. • Se emplea un descriptor que emplea variables de alta heredabilidad, fácilmente detectables a simple vista 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos influenciados por condiciones ambientales. • Necesario, muchas veces, esperar muchos años para poder caracterizar eficientemente. • Imposible determinar el genotipo de la planta

3.1.6.2 CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA

Su variabilidad en los distintos individuos ha sido estudiada con el uso de varias técnicas:

- A. Trabajos de inmunología.
- B. Electroforesis.
- C. Tinciones bioquímicas específicas (20).

Los tipos empleados para caracterizar especies vegetales son:

- A. Proteínas de reserva.
- B. Proteínas totales.
- C. Isoenzimas (20).

Las ventajas y desventajas de la caracterización isoenzimática se muestran en el **Cuadro 2**.

CUADRO 2. Ventajas y Dificultades de caracterización isoenzimática

VENTAJAS	DIFICULTADES
<ul style="list-style-type: none"> • Posible utilización de patrones haploides • Diferente fenotipo = diferente genotipo. • La interpretación aclara: <ul style="list-style-type: none"> * No. Loci * No. alelos • Análisis no está afectado por condiciones ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia movilidad electroforética <ul style="list-style-type: none"> * Tamaño poro gel * pH • Interpretación requiere conocer estructura isoenzimática. • No todas las proteínas pueden ser separadas y detectadas con los métodos que se conocen.

3.1.6.3 CARACTERIZACIÓN MOLECULAR

Los marcadores más apropiados para describir la variación genética deben ser:

- A. Heredables.
- B. Discriminantes entre individuos, poblaciones o taxones.
- C. Fáciles de medir o evaluar.
- D. Proporcionar resultados comparables con otros estudios similares (20).

Pueden ser medidos en todos los taxones vegetales con muy poco material de partida:

- A. Genomas enteros
- B. Cromosomas.
- C. Fragmentos de ADN o ARN.
- D. Nucleótidos individuales (19).

Dentro de los tipos de marcadores moleculares se tienen:

- A. RAPD's (Polimorfismos amplificados al azar)
- B. RFLP's (Polimorfismos en lo largo de la cadena de restricción).
- C. AFLP's (Polimorfismos en la longitud de los fragmentos amplificados).
- D. Microsatélites (20).

Las ventajas y dificultades de la caracterización molecular se muestran en el **Cuadro 3**.

CUADRO 3. Ventajas y Dificultades de la caracterización molecular

VENTAJAS	DIFICULTADES
<ul style="list-style-type: none"> • Los ácidos nucleicos están presentes en todos los organismos. • Los marcadores de ADN, describen genotipos. • Poder decidir que genotipos tienen prioridad en la conservación <i>in situ</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su costo es elevado. • Estructura secundaria de ADN puede causar variación en algunos ensayos.

3.1.7 ELECTROFORESIS DE ISOENZIMAS

En la actualidad para la realización de la mayoría de los estudios a nivel de genoma es necesario realizar electroforesis de gel, ya que es una técnica relativamente sencilla y económica en comparación con otras. Una forma de electroforesis de proteínas – análisis de isoenzimas – es una metodología ampliamente utilizada en diferentes estudios de diversidad genética, biología evolutiva y mejoramiento agrícola y forestal entre otros (25).

Se pueden observar las isoenzimas cuando los extractos de los tejidos se someten a electroforesis en uno de los varios tipos de geles y posteriormente se sumergen en soluciones conteniendo colorantes específicos para cada enzima. El análisis genético puede indicar que algunas de las variantes electroforéticas son codificadas por alelos alternos en un locus, en cuyo caso los productores alélicos se denominan “aloenzimas”. Los datos que se obtienen de las geles consisten de un número de productos enzimáticos con relativa movilidad (bandas), los que con análisis genéticos apropiados se transforman en genotipos con un locus o multilocus para cada individuo analizado (10).

Debido a que las isoenzimas son usualmente heredadas en forma codominante, cruces entre individuos portadores de diferentes electromorfos producirán una progenie F1 que mostrará los electromorfos parentales. Adicionalmente, la F1 puede mostrar bandas híbridas no observadas en ninguno de los progenitores, la presencia y número de ellas depende del número de subunidades de

polipéptidos en la enzima activa. Así, para una enzima dímica, tres bandas son observadas, las dos homodiméricas parentales y un producto adicional de movilidad intermedia o heterodímero, compuesto por un polipéptido codificado por cada uno de los alelos parentales. En el caso de que la enzima sea tetramera, cinco bandas son visibles en individuos heterocigóticos, dos homotetrameras (AAAA y BBBB) y tres heterotetrameras (AAAB, AABB y ABBB). Cabe mencionar que estos son los casos más fáciles de interpretar, sin embargo, cuando dos o más están presentes, la interpretación de las bandas electroforéticas se hace más complicada (1).

A. GELES DE POLIACRILAMIDA Y ALMIDÓN

Los geles de poliacrilamida poseen mayor poder de resolución que el gel de almidón. Los geles de poliacrilamida poseen poros finos, que permiten la penetración de moléculas de hasta un cierto límite de tamaño e impiden la penetración de moléculas mayores. La acrilamida, $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}-\text{CO}-\text{NH}_2$, es un sólido soluble en agua e insoluble en solventes orgánicos no polares. Se le puede polimerizar en 3 formas distintas; mediante calor en que se obtiene un sólido insoluble en todos los disolventes comunes; por polímeros vinílicos de la acrilamida, de los que se obtienen un polímero lineal soluble en agua y con co-polimerización con metilen-bisacrilamida, $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{NH}-\text{CO}-\text{CH} = \text{CH}_2$, en donde se obtiene un material en el que las cadenas de poliacrilamida tienen enlaces cruzados. Los monómeros que se usan en la síntesis de poliacrilamida son tóxicos y deben manejarse con cuidado. Los puntos débiles del material son los grupos amido que pueden ser hidrolizados a pH extremos; al hidrolizarse producen grupos carboxilo que le imparten al gel la propiedad más o menos de intercambiador de iones (14).

La separación electroforética de mezclas complejas de proteínas se puede llevar a cabo en ciertos tipos de medios de soporte incluyendo geles de almidón, poliacrilamida, agarosa y membranas de acetato de celulosa. Estos dos últimos generalmente no se emplean para polimorfismos enzimático. Cuando se requiere del poder máximo de resolución con frecuencia se prefiere geles de poliacrilamida. Una propiedad valuable de la electroforesis en geles de poliacrilamida (PAGE) es la alternancia de la concentración de acrilamida, entonces, se incrementa el rango de los pesos moleculares que son separables. Otras ventajas de las geles de poliacrilamida es la uniformidad y la transparencia, facilitando la cuantificación densidométrica del producto permitiendo una amplia compatibilidad de ensayos. Usualmente se requiere de poco tiempo para las corridas (24).

La electroforesis en geles de almidón continua siendo lo preferido para muchos estudios que involucran el análisis de un gran número de individuos de diferentes enzimas. Entre las razones se encuentra la simplicidad en la preparación de la gel de almidón, no toxicidad en el material utilizado (la acrilamida monómera utilizada por el método PAGE es un neurotóxico), relativo bajo costo de equipo y facilidad del manejo de cargar las muestras dentro de la gel. Las muestras de gel de almidón son homogenizadas en crudo sin centrifugar, pero el método PAGE requiere de la clarificación de las muestras (27).

B. ISOENZIMAS

Las isoenzimas pueden ser utilizadas para identificar distintos números de genes los cuales pueden ser usados en el estudio de diversos problemas en genética, evolución, ecología, así como en aplicaciones en agricultura. Las isoenzimas son proteínas enzimáticas generalmente localizadas en el núcleo de la célula vegetal y que funcionan en diferentes compartimentos subcelulares, por ejemplo cloroplastos, mitocondrias, microsomas o en el citosol. Las isoenzimas catalizan la misma reacción enzimática. En el estudio de las isoenzimas es necesario conocer su herencia o genética, así como su estructura o el conjunto de polipéptidos que componen la enzima. En las células existe un número conservado de isoenzimas, el número de genes que determinan estas isoenzimas es el mismo en todas las plantas, este número se ha conservado debido a que el metabolismo se ha conservado (16).

Las isoenzimas pueden usarse para identificar a los progenitores de una especie, lo cual es crítico para entender la evolución de nuevos atributos en la especie y para determinar el grado de identidad entre diferentes poblaciones. Además usando isoenzimas para distinguir diferentes cultivares es posible estimar proporciones de alogamia, identificar plantas híbridas inmediatamente después de la germinación, sin tener que esperar hasta la floración, en programas de mejoramiento. Es posible supervisar los cambios en variabilidad genética en programas de mejoramiento para evitar las consecuencias de la depresión endogámica (1).

Algunas características de las isoenzimas son las siguientes:

- A. Expresión genética codominante.
- B. Identificación rápida de alelos individuales.
- C. El número de alelos es generalmente alto.
- D. Los efectos epistáticos o pleiotrópicos generalmente ausentes.

E. Pueden evaluarse muchos loci isoenzímicos en un solo cruce (2).

Cuando las geles han sido sometidas a electroforesis son sumergidas en una solución que tiñe determinada isoenzima, una o más regiones de actividad enzimática son reveladas. El patrón de bandas que se obtienen es el correspondiente fenotipo electroforético, el cual generalmente consiste de una o más bandas coloreadas por cada individuo analizado. Este fenotipo varía grandemente en su complejidad, dependiendo de numerosos factores, tales como organismos, tejido y enzima analizada. En algunos casos, esta puede ser simple, consistiendo de una banda invariable en todas las muestras (2).

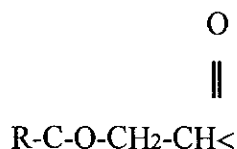
Varios factores son considerados como determinantes principales del número de bandas conservadas en un gel:

- A. El número de genes que codifica la isoenzima.
- B. Estado alélico (homocigótico o heterocigótico).
- C. Estructura de los productos de la proteína.
- D. Su localización subcelular (en plastidios o en el núcleo) (2).

C. ISOENZIMAS POLIMORFICAS UTILIZADAS

C.1 EST: Esterasa

Según Stryer (32), esta enzima pertenece al grupo de las hidrolasas y forma intermediarios covalentes enzima-sustrato. La esterasa posee un grupo reactante serina cuya fórmula molecular es $\text{OH-CH}_2\text{-CH<}$ y su tipo de intermediario covalente es el Acil éster, de la fórmula molecular:



Soltis y Soltis (31) establecen que las esterasas son enzimas que catalizan la hidrólisis de las grasas neutra, originando tres moléculas de ácido graso y una de glicerol, en plantas o animales, también denominadas lipasas.

C.2 MDH: Malato Deshidrogenasa

Esta isoenzima cataliza la reacción:



Debe unirse, en primer lugar el malato con el NAD y rinde el complejo E-NAD; el malato se combina con este último, con lo que se forma el complejo ternario E-NAD-malato (31).

C.3 PRX: Peroxidasa

Según Stryer (32), es una enzima oxireductasa que impide la acumulación del H_2O_2 , anóxico que se forma por la oxidación aeróbica de las flavoproteínas reducidas y del O_2 .

Una catalasa puede descomponer 44000 moléculas de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) por segundo. La enzima casi no muestra energía de activación y la velocidad de reacción parece ser enteramente limitada por difusión. La catalasa o peroxidasa reacciona con el H_2O_2 para formar un complejo enzima-sustrato relativamente estable de estructura no determinada. Las plantas superiores son ricas en actividad peroxidásica (32).

C.4 SKDH: Ácido Shikímico Deshidrogenasa

Según Bidwell (8), la mayoría de los compuestos fenólicos se derivan de los intermediarios del metabolismo respiratorio a través del ácido shikímico. Ciertos aminoácidos del grupo prostético de ciertas enzimas y la sustancia estructural lignina son compuestos fenólicos. El primer intermediario estable de importancia que tiene un anillo bencénico es el ácido shikímico, que da su nombre a esta vía de transformaciones.

C5. EM: Enzima Málica

Esta enzima existe en las mitocondrias de todas las plantas, donde es dependiente del NAD^+ . Cataliza la descarboxilación oxidativa del Malato (34).

3. 2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL AREA

3.2.1.1 UBICACIÓN Y POBLACION

El departamento de Alta Verapaz se encuentra al norte de la República de Guatemala y colinda al norte con el departamento de Petén, al este con Izabal, al sur con los departamentos de Zacapa y Baja Verapaz, y al oeste con el departamento de Quiché, tiene una extensión de 8686 km² (8 % del territorio nacional) y su elevación oscila desde menos de 30 m.s.n.m. hasta más de 1200 m.s.n.m., una población (para 1999) de 781,195 habitantes, de los cuales el 90% es conformado por indígenas pertenecientes a las etnias Quekchí y Pocomchí, siendo considerado para ese momento como el segundo departamento en crecimiento poblacional de todo el país (18).

A. DESCRIPCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE ZONAS DE PROCEDENCIA DE MATERIALES GENÉTICOS CARACTERIZADOS

El área en estudio se divide en dos zonas contrastantes.

La primera abarca 16 comunidades de los municipios de Cobán (Parte centro-sur), San Cristóbal Verapaz, San Juan Chamelco ,San Pedro Carchá (una parte) y Tactic (zona alta del departamento de Alta Verapaz), ubicándose en la zona de vida de Bosque muy húmedo subtropical frío, habitada por indígenas Quekchies y Pocomchies.

La segunda zona abarca 10 comunidades de los municipios de Cobán (parte norte), Chisec y Fray Bartolomé de las Casas (zona baja del departamento), encontrándose en la zona de vida de Bosque muy húmedo subtropical cálido, habitado en su mayoría por una población de origen Quekchí.

Las localidades. Municipios, coordenadas geográficas, altitud sobre el nivel mar y número de muestras colectadas del área en estudio se muestran en el **cuadro 4**. La **figura 2**, detalla con precisión la ubicación de los 26 sitios de muestreo.

CUADRO 4. Localización y Coordenadas de sitios de colecta de güisquil, en el departamento de Alta Verapaz.

ZONA ALTA

No	Localidad	Municipio	Coordenadas	Altura(snm)	No. Muestras
1.	La Colonia	Cobán	Lat 15°27' Long 90°1'	1240	4
2.	Chichoj	San Cristóbal V.	Lat 15°23' Long 90°30'	1523	8
3.	Las Pacayas	San Cristóbal V.	Lat 15°29' Long 90°27'	1280	9
4.	Chamil	San J. Chamelco	Lat 15°25' Long 90°13'	1560	9
5.	San J. Ch.	San J. Chamelco	Lat 15°21' Long 90°28'	1240	3
6.	San Luis	San J. Chamelco	Lat 15°19' Long 90°26'	1240	12
7.	Bancab	San P. Carchá	Lat 15°30' Long 90°14'	1340	5
8.	Carchá	San P. Carchá	Lat 15°30' Long 90°14'	1340	2
9.	Chichoc	San P. Carchá	Lat 15°30' Long 90°15'	1340	4
10.	Chiyaxjí	San P. Carchá	Lat 15°30' Long 90°14'	1340	1
11.	Raxnhá	San P. Carchá	Lat 15°30' Long 90°14'	1340	4
12.	Tanchi	San P. Carchá	Lat 15°32' Long 90°18'	1340	1
13.	Cahaboncito	Tactic	Lat 15°22' Long 90°27'	2390	1
14.	Chizac	Tactic	Lat 15°19' Long 90°26'	1390	3
15.	Güiquel	Tactic	Lat 15°22' Long 90°27'	1560	8
16.	Tampoc	Tactic	Lat 15°19' Long 90°25'	1560	8

ZONA BAJA

No	Localidad	Municipio	Coordenadas	Altura (snm)	No. Muestras
17.	Saholom	Cobán	Lat. 15°54' Long 90°52'	350	1
18.	Salacuim	Cobán	Lat. 15°50' Long 90°41'	300	10
19.	Sn José Icbolay	Cobán	Lat. 15°56' Long 90°33'	250	6
20.	Sn Lucas Samox	Cobán	Lat. 15°40' Long 90°33'	400	3
21.	Sta Lucía Lachuá	Cobán	Lat. 15°57' Long 90°37'	300	2
22.	Coop. Sechaj	Chisec	Lat. 15°46' Long 90°26'	310	5
23.	El Tamarindo	Chisec	Lat. 15°45' Long 90°24'	450	2
24.	Raxhujá	Chisec	Lat. 15°51' Long 90°02'	290	3
25.	Trece Aguas	Chisec	Lat. 15°45' Long 90°24'	600	4
26.	Boñoncó	Fray. B. d. I. C.*	Lat. 15°47' Long 89°32'	300	2

*= Fray Bartolomé de las Casas.

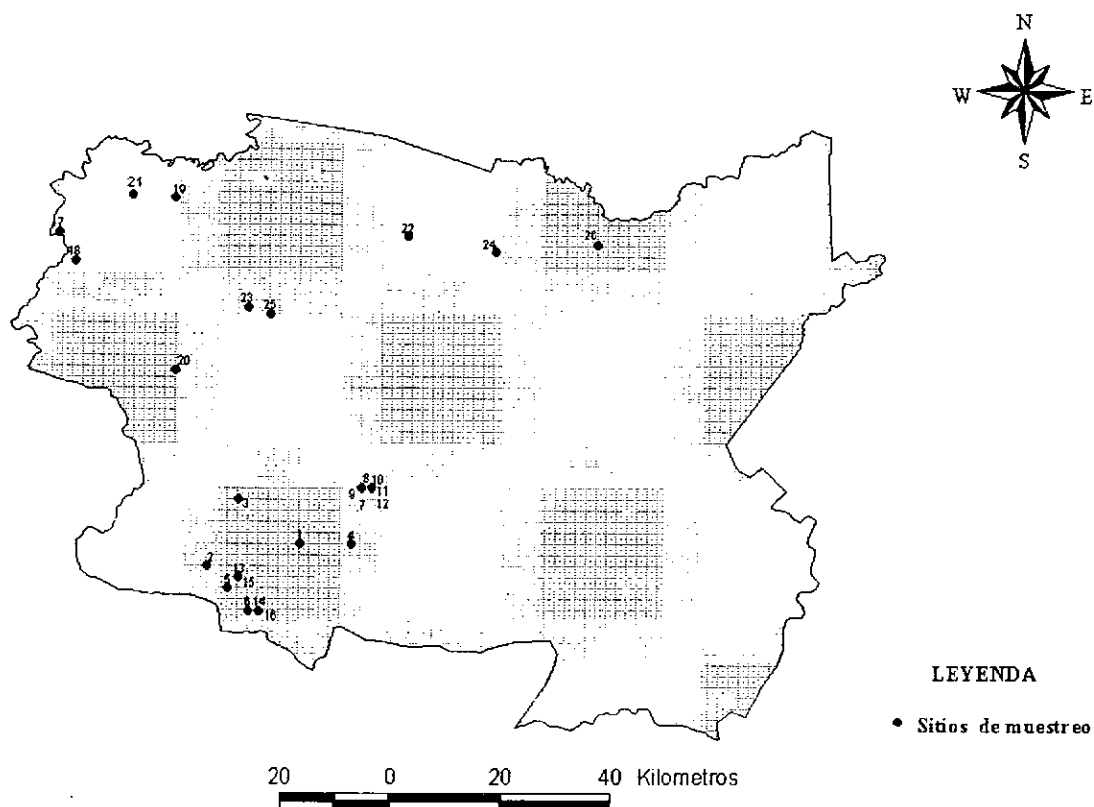


Figura 2. Ubicación y distribución de los sitios de muestreo en el departamento de Alta Verapaz, Guatemala

a. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LOS MATERIALES GENÉTICOS CARACTERIZADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos por Azurdia *et al* (6), indica que los núcleos 2 y 3, del fenograma obtenido en base a caracteres morfológicos, se caracterizan por tener el fruto pesado y color verde a verde oscuro. El núcleo 5 está conformado por materiales que en su mayoría presentan un fruto color blancuzco (57%); el núcleo 6 está conformado sólo por individuos de la zona fría, presentando frutos sin lenticela y de color verde oscuro, siendo éstas las características requeridas por el mercado. El núcleo 7 está constituido solo por individuos de la zona cálida, poseyendo la mayoría de sus frutos color blancuzco o verde, lo cual no es un color común para la parte fría. El Cuadro 5 detalla con más precisión los caracteres que diferencian los núcleos conformados:

Cuadro 5. Resumen de las características de los núcleos conformados por el fenograma de los materiales de güisquil de Alta Verapaz.

No. Núcleo	No. Acc.	Rango Peso Fruto(gr)	Otros caracteres	Zona Proc.	
				Cálida	Fria
1	13	228	Fruto Blanco	13	—
2	43	221	91% frutos color verde	4	39
3	3	145	Frutos blancos	3	—
4	4	293	Fruto forma 11	3	1
5	5	403	Fruto Verde	4	1
6	2	356	Frutos verde intenso	1	1
7	19	525	80% Frutos verde oscuro	—	19
8	25	188	50% Frutos verde 50% Frutos blanquecinos	9	16
9	1	65	Fruto verde claro, sin lenticelas	—	1
10	1	384	El fruto más ancho	—	1
11	3	866	Fruto verde claro, sin lenticelas	—	3

Fuente Azurdia *et al* (6).

La comparación más detallada entre los materiales genéticos colectados, indica que es la zona cálida de Alta Verapaz, en donde se encuentran más formas de frutos (16 de 16 totales) respecto a los presentes en la zona fría (11 de 16 totales). Asimismo, las formas más comunes en la zona cálida no corresponden a las más comunes en la zona fría. Los frutos de la zona fría son más frecuentemente de color verde o verde intenso, con presencia de mayor cantidad de espinas, así como en promedio más pesados que los presentes en la zona cálida. El **Cuadro 6** detalla con precisión estas diferencias.



Cuadro 6. Comparación de la variación de caracteres cualitativos del fruto de güisquil en huertos familiares de Alta Verapaz

Carácter	Zona Cálida	Zona Fría
Forma del Fruto	Forma 6 = 13% Forma 5 = 13% Forma 3 = 4% No. de Formas = 16	Forma 8 = 53% Forma 7 = 17% Forma 9 = 10% No. de Formas = 11
Lenticelas	Ausentes = 52% Pocas = 24% Intermedias = 0% Intensas = 24%	Ausentes = 60% Pocas = 23% Intermedias = 11% Intensas = 6%
Densidad de Espinas	Tipo 1 = 26% Tipo 3 = 18% Tipo 5 = 30% Tipo 7 = 21% Tipo 9 = 5%	Tipo 1 = 19% Tipo 3 = 17% Tipo 5 = 17% Tipo 7 = 25% Tipo 9 = 22%
Color del Fruto	Blanco = 8% Blancuzco = 58% Verde = 21% Verde oscuro = 13%	Blanco = 9% Blancuzco = 2% Verde = 42% Verde oscuros = 47%

Fuente Azurdia *et al* (6).

Parte de los descriptores utilizados en la caracterización morfológica se detallan en el Apéndice 4, y en el Apéndice 5.

B. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Para las 16 comunidades que se encuentran en la zona alta del departamento de Alta Verapaz, de acuerdo a los últimos 16 años de registros (1970 – 1989) proporcionados por la estación meteorológica “Cobán” situada a 1323 msnm., se reporta una temperatura máxima de 24.5°C y una mínima de 13°C, la humedad relativa es elevada durante todo el año (88%). La precipitación pluvial es abundante, teniendo un promedio anual de 2074.9 mm (33).

Para las 10 comunidades que se localizan en la zona baja del departamento, según los últimos 17 años de registros (1972 – 1989) proporcionados por la estación de medición “San Agustín Chixoy” situada en Chisec a 140 msnm, la temperatura máxima es de 31.4°C y una mínima de 20.1°C, la humedad relativa es del 84%. La precipitación promedio anual es de 2477.5 mm (33).

a. ZONA DE VIDA

Según la clasificación de zonas de vida a nivel de Reconocimiento, realizado por De la Cruz (11), para la parte alta del departamento de Alta Verapaz la zona de vida es Bosque muy húmedo subtropical frío (bmh-S(f)); mientras que para la parte baja del departamento de Alta Verapaz, la zona de vida es Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c)).

b. FISIOGRAFÍA Y SUELOS

La zona alta y baja del departamento de Alta Verapaz se encuentra en la región fisiográfica de Tierras Altas Sedimentarias, cuya geforma ha sido originada por pliegues, fallas y procesos erosivos, que crean un paisaje variado de formas de la tierra: colinas paralelas, cerros, "resumideros", hondonadas y planicies, típico de la región kárstica (18).

De acuerdo a Simmons *et al* (30), están presentadas las divisiones fisiográficas de los Cerros de Caliza y las Tierras Bajas del Petén-Caribe; ambas se encuentran sobre roca caliza, además hay serpentina y arcilla esquistosa.

Haciendo uso de la metodología del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), en el departamento de Alta Verapaz están representadas siete de las ocho clases agrológicas de capacidad de uso de la tierra (Clase II, III, IV, V, VI, VII y VIII); el 61% del territorio (4,226.39 km²) están representados por la clase agrológica VII, lo que indica que los suelos tienen severas limitaciones para ser destinados a la agricultura (18).

C. FLORA

Para la zona central del departamento de Alta Verapaz, las especies arbóreas más comunes son: Pino candelillo (*Pinus maximinoii*), Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), Pimientillo (*Rapanea sp.*). Para la zona norte del departamento, las especies arbóreas representativas son: Corozo (*Orbingya cohune*), Canxán (*Terminalia amazonia*), Sangre (*Virola koschnyii*), San Juan (*Vochysia guatemalensis*) entre otras (11).

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General:

Caracterizar los materiales genéticos de güisquil (Sechium edule (Jacq.) Swartz) provenientes de huertos familiares, empleando marcadores isoenzimáticos

4.2 Objetivo Específico:

- 4.2.1 Establecer la diversidad genética de materiales de güisquil (Sechium edule (Jacq.) Swartz) provenientes de huertos familiares de Alta Verapaz.
- 4.2.2 Conocer la distribución de la diversidad genética de cultivares de güisquil procedentes de huertos familiares.

5. HIPÓTESIS

En los huertos familiares de Alta Verapaz existe alta variabilidad genética en los materiales de güisquil

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
Y TECNOLÓGICAS

6. METODOLOGÍA

6.1 ANTECEDENTES Y UBICACIÓN DEL AREA EN ESTUDIO

Este estudio es parte de una serie de subproyectos del proyecto denominado “Contribución de los huertos familiares a la conservación *in situ* de recursos genéticos vegetales” de la Facultad de Agronomía y del Instituto Internacional de Recursos Fitogénéticos (IPGRI), y es realizado en dos regiones contrastantes en cuanto a ambiente (clima, suelo, vegetación) y cultura (diferentes etnias) del departamento de Alta Verapaz. La región norte en la zona de vida de Bosque muy húmedo subtropical cálido habitada en su mayoría por población de origen Quekchí, y la región central del departamento en la zona de vida Bosque muy húmedo subtropical fría habitada por miembros de las etnias Quekchí y Pocomchí (5).

Durante el mes de abril de 2000 se recorrió el área de estudio para definir las épocas apropiadas de recolección de frutos, así como las localidades en las cuales existía mayor cantidad de huertos familiares con presencia de güisquil.

Entre los meses de julio y noviembre de 2000, se realizó la colecta de frutos en ambas zonas (ver Figura 2), obteniéndose un total de 120 materiales, con un promedio de 10 frutos por muestra. Dichos frutos se separaron de acuerdo a su zona de origen y se procedió a sembrar los güisquiles de la zona alta (fría) en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA) y los provenientes de la zona baja (cálida) en la Unidad Productiva “Sabana Grande”, Escuintla. Así también se empleó como comparador el güisquil silvestre (*Sechium compositum*), con el propósito de encontrar diferencias y similitudes entre los materiales colectados en huertos familiares y el que crece en forma natural en el campo.

6.2 COLECTA Y TRANSPORTE DE LA MUESTRA

Se emplearon brotes tiernos, los cuales se transportaron al laboratorio en papel aluminio debidamente identificados y almacenados en una hielera, para mantener la turgencia de las hojas. Para evitar la pérdida de humedad de las muestras, se cortaron inmediatamente en pequeños fragmentos, los cuales se utilizaron para la obtención del extracto vegetal (13).

6.3 OBTENCIÓN DEL EXTRACTO VEGETAL (muestra)

Se tomaron de 1 a 1.5 mg. de hoja recién cortada y se homogenizaron con 850 microlitros de buffer de extracción en mortero frío (13). El buffer de extracción tenía la siguiente composición:

0.1 M Tris Hcl, pH 7.5	15 ml
Tritón x-100	2%
Polyvinylpolypyrrolidone	5%
Sucrosa ultrapura	2%
2 - Mercaptoetanol	2%

Cada muestra vegetal se homogenizó hasta formar un extracto líquido y se trasladó a un tubo eppendorf debidamente identificado, el cual se centrifugó durante 10 minutos a bajas temperaturas. Posteriormente, se tomaron 350 microlitros del sobrenadante de la muestra, el cual se trasladó a otro tubo eppendorf, al cual previamente se le añadió 50 microlitros de glicerina con la finalidad de agregar peso a la muestra. Al llegar a esta fase, las muestras estaban listas para dar inicio a la electroforesis. Estas muestras podrán mantenerse en congelación hasta tres días máximo (13, 27).

6.4 PREPARACIÓN DE LAS GELES

La razón del empleo de los sistemas de poliacrilamida y almidón, es para el caso del primer sistema, su alto poder de resolución, la propiedad de poder alternar la concentración en la misma gel, su uniformidad y transparencia. El segundo sistema se empleó debido a que pueden teñirse un mayor número de geles en una corrida electroforética, simplicidad en su preparación, facilidad de manejo y su no toxicidad. Existen otros dos sistemas electroforéticos (membranas de acetato de celulosa y agarosa), pero estos no se emplean debido a su deficiente poder de resolución para determinar polimorfismos enzimáticos (13, 27).

A) GEL DE ALMIDÓN.

Este gel se utilizó para las enzimas ME y MDH. (ver Apéndice 1)

B) GEL DE POLIACRILAMIDA

El sistema que se utilizó, es el sistema discontinuo, consistente en una gel de resolución con 12% de acrilamida y una gel de concentración al 4% de acrilamida, para las isoenzimas EST, PRX, SKDH y SOD (ver Apéndice 1).

6.5 CARGADO DE LAS MUESTRAS

Después de colocar las geles de concentración ya polimerizadas en el aparato de electroforesis, se procedió a añadir el buffer de electrodo frío. Inmediatamente después se depositan entre 40 a 100 microlitros del extracto vegetal en cada pozo para geles grandes de 20 x 16 cm. Esto se realiza con una micropipeta de 20 microlitros (13, 27).

Para el caso del almidón, el procedimiento es más sencillo debido a que después de homogenizar las muestras se coloca una mecha de papel filtro, el cual absorbe la solución. Después el gel de almidón se corta separándola a 3 cm. a partir de donde se deseaba realizar la corrida, las mechas llenas con la solución se colocaban separadas unas de otras, dentro de esta hendidura, después se unen las porciones del gel y se procede a colocarla en el aparato de electroforesis de almidón (31).

6.6 REALIZACIÓN DE LA CORRIDA ELECTROFORÉTICA

Para geles de poliacrilamida la corrida electroforética se realiza dentro de un ambiente totalmente frío. El aparato de electroforesis se coloca dentro de un refrigerador a -4°C . Además, a éste aparato se le conecta un sistema de circulación de agua fría. Se realizó la corrida electroforética haciendo uso de una carga eléctrica de 200 voltios durante 4 horas proveniente de una fuente de poder (13, 27).

Cuando se trabaja con almidón, el aparato de electroforesis se colocaba en la refrigeradora, el gel hace contacto con el buffer a través de dos esponjas colocadas en cada extremo de la gel y la corrida se realiza con una corriente de 60 miniamperios (aprox. 120-150 V) (13, 27).

6.7 TINCIÓN Y REVELACIÓN DE ENZIMAS

Cuando se usa poliacrilamida, durante el transcurso de la corrida, se procedía a pesar y medir los reactivos para teñir dos enzimas, debido a que sólo se corrían dos geles en cada ensayo.

Inmediatamente después de finalizarse el tiempo de corrida, se procedía a apagar la fuente de poder y el recirculador, y se separaban las geles en forma simultánea. Para identificar el orden de las muestras, se le hacía a la gel un corte en la esquina inferior izquierda. En la tinción se usan 50 ml. de la solución reveladora de la isoenzima para cada gel (13, 27).

Para las geles de almidón, al igual que en poliacrilamida se pesaban los reactivos para teñir las enzimas a revelar, esto debido a que el gel tiene un grueso de alrededor de 1 cm., esta debe cortarse en delgadas láminas de 2mm. de grosor, obteniéndose alrededor de 5, de las cuales no se utiliza la de arriba ni la de abajo. Después cada una de estas se debe teñir con cada sistema enzimático (13, 27).

6.8 SISTEMAS ENZIMÁTICOS QUE SE EVALUARON

Se estudiarán los siguientes sistemas enzimáticos.

Poliacrilamida:

- A. Acido Shikímico Deshidrogenas (SKDH)
- B. Esterasa. (EST).
- C. Peroxidasa (PRX).
- D. Superóxido dismutasa (SOD)*

Almidón:

- A. Enzima Málica (ME)
- B. Malato Deshidrogenasa (MDH)

* La enzima Superóxido dismutasa (SOD) es de reacción negativa a la tinción para SKDH, debido a esto el protocolo para esta enzima no aparece en los anexos, ya que esta enzima es visible cuando se tiñe el gel, con la solución para revelar la enzima SKDH, la gel además de teñir esta enzima queda impregnado un poco de colorante y dentro de esta aparecen bandas de color transparentes, las cuales pertenecen a la enzima SOD que no reacciona con este tinte (31).

Las soluciones reveladoras de estas enzimas se describen en el **Apéndice 2**.

6.9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

A partir de los resultados obtenidos con la tinción de los sistemas enzimáticos a evaluar, se determinó:

A) Frecuencias Alélicas.

Las diferentes frecuencias alélicas de cada familia se refieren al número de veces que se repiten los alelos en los individuos a ser estudiados; estas frecuencias son presentadas como porcentajes de frecuencias para cada alelo. Con estos porcentajes se indica entonces la frecuencia con que un alelo aparece en cada familia, en porcentaje del total de bandas o alelos.

B) Heterocigosis.

Se refiere al porcentaje de individuos que presentan dos alelos distintos.

C) La similitud genética.

Este programa fue desarrollado originalmente para su uso en biología o taxonomía numérica. Pero los programas han sido ampliamente usados en morfometría, ecología y muchas otras disciplinas (28). Un fenograma fue construido a partir de la distancia genética, usando el método de los grupos de pares descargados por medio del programa NTSYS.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 ENZIMAS POLIMORFICAS

Se estudiaron 7 enzimas (EST, SKDH, ACP, PRX, ADH, ME y MDH), sin embargo dos de las siete no produjeron resultados consistentes y fácilmente interpretables desde el punto de vista genético.

La variación observada entre accesiones indica que el germoplasma de guisquil es heterogéneo, existiendo características cualitativas que pueden ser utilizadas para la identificación de los materiales (**Cuadro 7**).

A. Enzimas Polimórficas para Poliacrilamida

Para la enzima Esterasa (EST), los resultados mostrados indican que en la región más catodal (+) existen dos genes, cada uno de los cuales posee dos alelos, coincidiendo con los resultados reportados para frijol y tomate (3), en donde se indica que la Esterasa es una enzima monomérica con dos alelos. Esta enzima presentó un total de cuatro zimogramas, siendo el más frecuente el "d" (40% de las accesiones) y el "a" y "c" (26 y 27 % de las accesiones) (**Figura 3**).

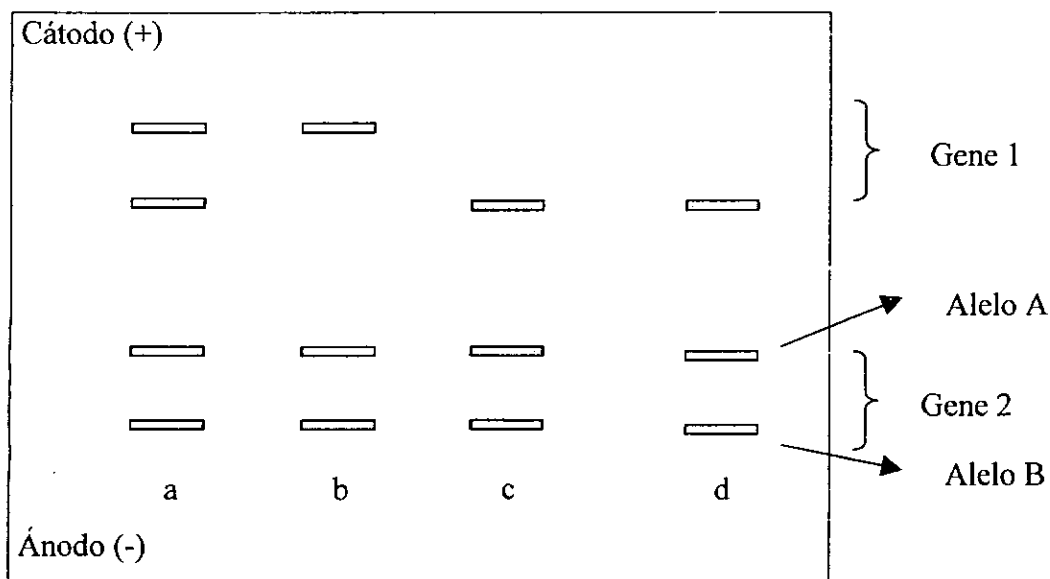


Figura 3 zimogramas presentes Enzima Esterasa

CUADRO 7. ZIMOGRAMAS PRESENTES EN LOS MATERIALES DE GÜISQUIL

Número	ISOENZIMA					
	EST	SOD	SKDH	MDH	ME	PRX
Silvestre	a	c	b	a	a	a
1	c	a	c	b	a	b
9	c	a	c	b	a	b
2	c	a	a	b	a	b
48	a	a	a	a	a	b
61	c	a	a	a	a	b
105	a	a	a	a	a	b
86	c	a	a	a	a	b
120	c	a	a	a	b	b
53	b	a	a	a	a	b
32	c	a	b	b	a	b
54	a	b	a	a	a	b
55	c	b	a	a	a	b
8	d	a	b	b	a	a
15	d	a	a	b	a	a
20	d	a	a	b	a	a
22	d	a	a	b	a	a
30	d	a	a	b	a	a
49	d	a	a	b	a	a
16	d	a	c	a	a	a
29	d	a	c	b	a	a
33	d	a	c	b	a	a
34	d	a	c	b	a	a
14	a	a	a	b	a	a
45	a	a	a	a	a	a
117	a	a	a	a	a	a
114	a	a	a	a	a	a
106	c	a	a	a	a	a
103	c	a	a	a	a	a
99	a	a	a	a	a	a
115	a	a	a	a	a	a
66	a	a	a	a	a	a
21	d	a	a	a	b	a
98	a	c	a	a	a	a
102	a	c	a	a	a	a
119	a	c	a	a	a	a
116	b	c	a	a	a	a
118	b	c	a	a	a	a
19	d	b	b	b	a	a
24	c	b	b	b	a	a
50	a	b	a	b	a	a
46	b	b	a	a	a	a
110	a	b	a	a	a	a
3	c	c	a	b	a	b
6	c	c	a	b	a	b
38	c	c	a	b	a	b
84	a	c	a	a	a	b
85	a	c	a	a	a	b
12	d	c	a	b	a	b
13	d	c	a	b	a	b
17	d	c	a	b	a	b
35	d	c	a	b	a	b
27	d	c	a	b	a	b
4	c	c	c	b	a	b
5	c	c	c	b	a	b
10	c	c	c	b	a	b
25	d	c	c	b	a	b
87	d	c	a	a	b	b
89	d	c	a	a	b	b
88	d	c	a	a	b	b
18	d	c	c	b	a	a
28	d	c	c	b	a	a
26	d	c	c	b	a	a
36	d	c	c	b	b	a

La enzima SKDH (Acido Shikímico Deshidrogenasa) es una enzima monomérica con dos alelos, el control genético de esta isoenzima ha sido mostrado en muchas especies como tomate, chile y petunia, en estudios de varios autores como Tanskley, Meleod y Wisjmasn, mencionados por Azurdia *et al* (3). Esta enzima mostró un total de 3 zimogramas, siendo el más frecuente el zimograma "a" (71% de accesiones). Al revelar esta enzima también aparece en la gel otra enzima que es de reacción negativa a la tinción, la SOD (superóxido dismutasa), la cual es dimérica con dos alelos, lo cual presenta el mismo control genético en zapote (*Pouteria sapota*) (2). Esta enzima mostró 3 zimogramas, siendo el zimograma "a" el más frecuente (48%) de las accesiones. **Ver figura 4.**

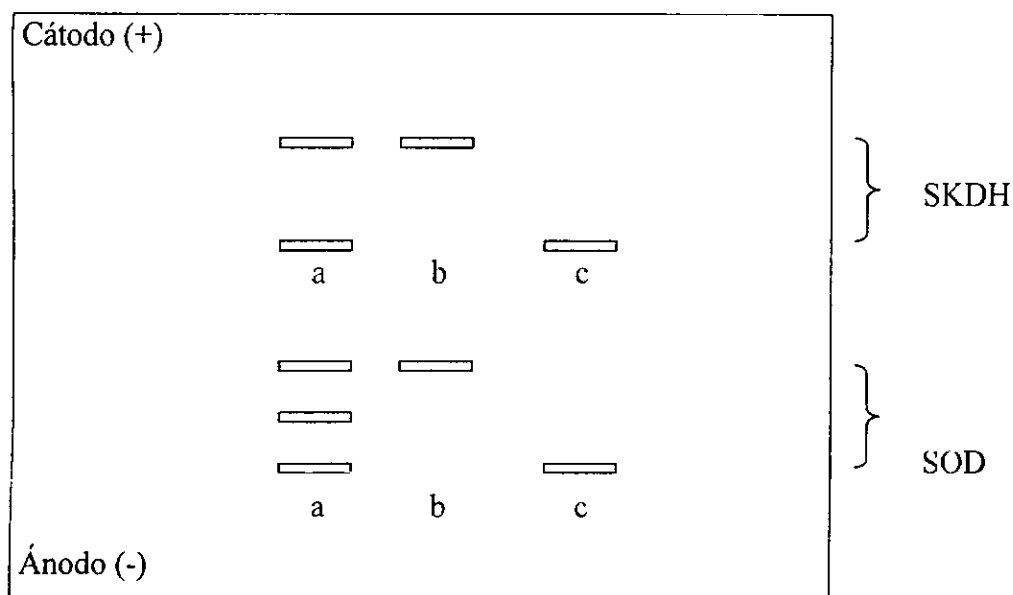


Figura 4 Zimogramas presentes enzimas SKDH y SOD

La enzima PRX (Peroxidasa) es una enzima dimérica, con dos alelos, produciendo un total de tres bandas al ser heterocigótica y una banda en el caso de homocigótica. Dos zimogramas fueron mostrados, siendo "a" el más frecuente (52% de las accesiones), seguido del zimograma "b" (48% de las accesiones). **Ver Figura 5.**

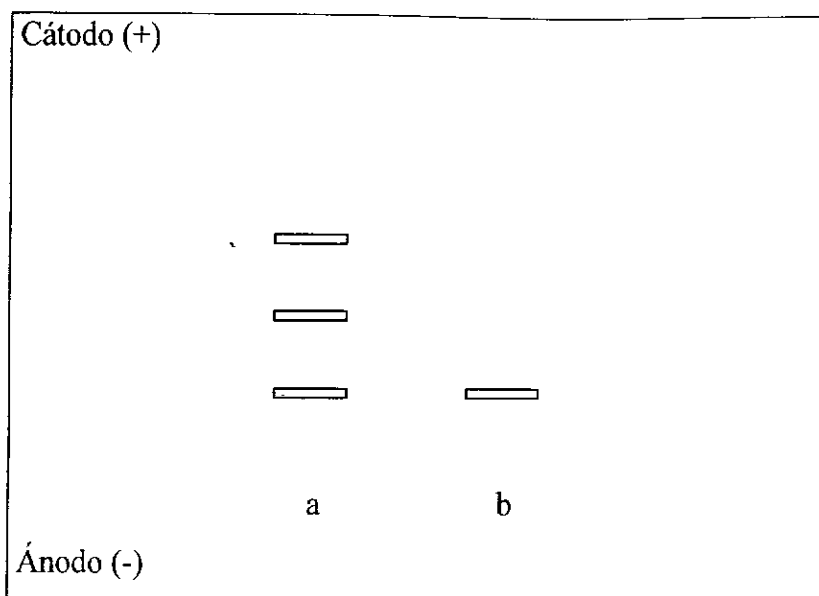


Figura 5 Zimogramas presentes enzima Peroxidasa

b. Enzimas Polimórficas para Almidón

En almidón se observaron dos enzimas polimórficas. La ME (Enzima Málica), la cual es de naturaleza tetramérica, con cinco bandas al ser heterocigóticas, y una banda en el caso de homocigóticas. Esta enzima presentó un total de 2 zimogramas, siendo el más frecuente el identificado como "a" (90% de las accesiones). Ver figura 6.

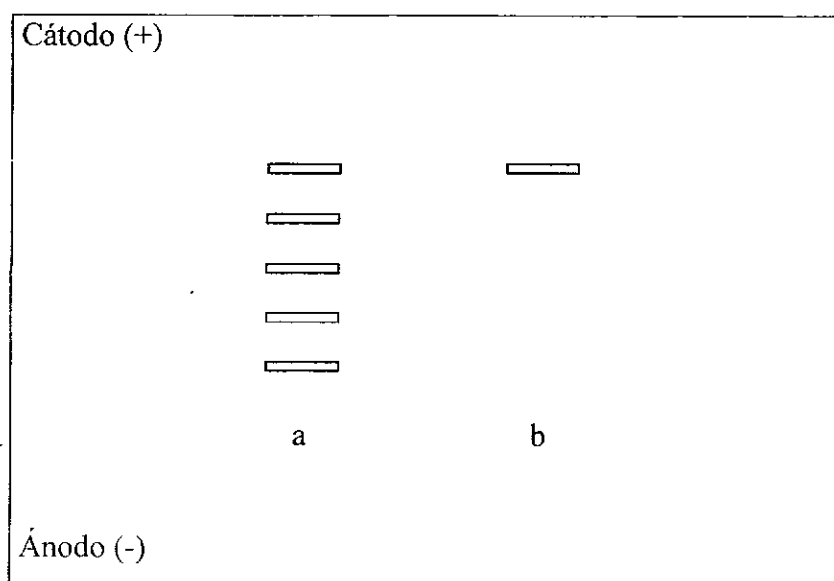


Figura 6. Zimogramas presentes Enzima Málica

La enzima MDH es de naturaleza dimérica produciendo un total de tres bandas al ser heterocigótica y una banda en el caso de ser homocigótica, mostrando un total de 2 zimogramas, siendo el identificado como "b" el más frecuente (55% de las accesiones) y el zimograma "a" (45% de las accesiones). Ver figura 7.

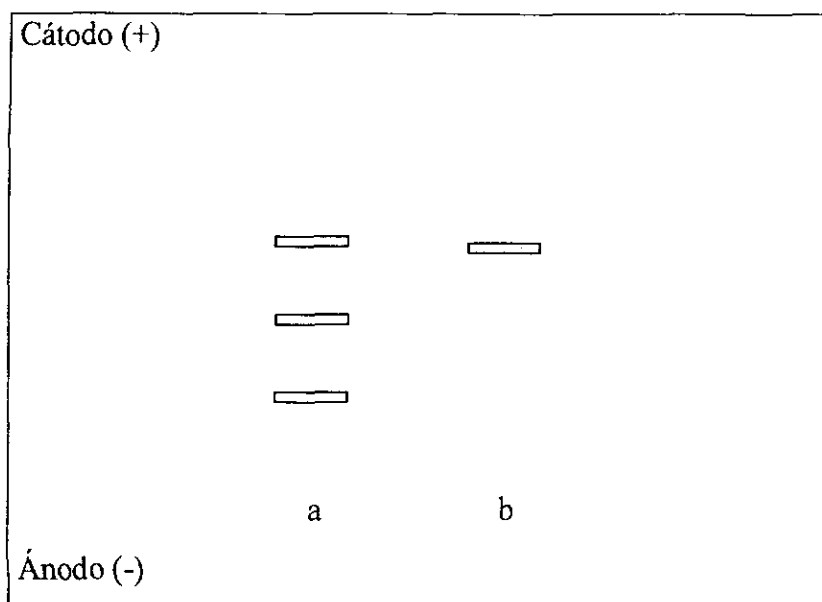


Figura 7. Zimogramas presentes enzima MDH

7.2 ESTRUCTURA GENETICA DE LA POBLACIÓN

La estructura genética de la población es determinada en gran manera por el sistema de cruzamiento de la especie (3). Dicha estructura genética es expresada como la diversidad genética debido a las frecuencias alélicas de los diferentes loci polimórficos, la asociación genotípica entre los diferentes loci y la diferenciación genética entre las poblaciones.

La estructura genética de las poblaciones pueden ser influenciadas por uno o la interacción de estos factores a) el tamaño de la población; b) el comportamiento de los polinizadores (esto incluye insectos, viento, etc.); c) la flor, en su estructura floral y/o en su arreglo, y d) la densidad de la población. (3)

Las frecuencias genéticas para los 6 loci estudiados se presentan en el **Cuadro 8**.

CUADRO 8. Componentes de la estructura genética de materiales de *Sechium edule*, en dos eco-regiones de Alta -Verapaz.

Enzima	Gene	Alelo	<i>Región Fría</i>		<i>Región Cálida</i>	
			Frec.	Heterog.	Frec.	Heterog.
EST	1	100	0.44		0.00	
		101	0.56	54%	1.00	0%
	2	100	0.50		0.47	
		101	0.50	100%	0.53	95%
SKDH	1	100	0.50		0.37	
		101	0.50	100%	0.63	51%
SOD	1	100	0.47		0.29	
		101	0.53	62%	0.71	46%
MDH	1	100	0.62		0.26	
		101	0.38	76%	0.74	51%
PRX	1	100	0.33		0.26	
		101	0.67	65%	0.74	51%
EM	1	100	0.55		0.53	
		101	0.45	89%	0.47	94%

Se puede observar la presencia de un par de genes únicamente para la insoenzima Esterasa, el resto de las enzimas evaluadas presenta únicamente un gen. Cada gen posee un par de alelos.

Al analizar las frecuencias alélicas de los materiales genéticos procedentes de la zona Fría, existe una frecuencia mayor del 50% para el alelo 101, respecto al alelo 100 (gene 1 EST, SOD, PRX). El alelo 100 únicamente presenta una frecuencia mayor del 50% para la enzima Málica y MDH. En Los materiales procedentes de la zona Cálida el alelo 101 presenta el mayor porcentaje de frecuencia (arriba del 50%) para las enzimas EST (gene 2), SKDH, SOD, MDH y PRX . El alelo 100 presenta una frecuencia mayor para la Enzima Málica, y llega a reducirse a un 0% (gene 1 EST) lo cual influye directamente en la heterocigosis.

La heterocigosis muestra que los materiales procedentes de la zona fría, son altamente heterocigóticos, tal como lo muestra el gen dos de Estera y la enzima SKDH y Málica lo cual indica

que el cruzamiento entre los materiales procedentes de esta región es alto. Esto es esperado, debido a que el güisquil es una especie polinizada por insectos, así como también al mayor número de plantas de güisquil por huerto familiar. La región cálida, presenta una baja heterocigosidad, incluso reduciéndose a un 0% (caso gen 1 esterasa), pero en general es intermedia con valores que no superan el 51% para las enzimas SKDH, SOD, MDH y PRX, (a excepción de la Enzima Málica y el gene 2 de EST), lo cual muestra que el cruzamiento entre los materiales procedentes de esta región se reduce debido a que el tamaño de la población cuenta con un menor número de plantas por huerto, produciendo un efecto de aislamiento que conduce a la reducción del cruzamiento y por tanto de la heterocigosidad, sugiriendo deriva genética (genetic drift) como resultado del proceso de cuello de botella (bottleneck).

a. ANÁLISIS DE GRUPOS

Cuando se analiza el fenograma construido en base a caracteres isoenzimáticos, se observa que existen núcleos conformados con materiales propios de la región cálida o fría, aunque se presentan núcleos conformados por materiales de ambas regiones.

Como se puede observar en la **figura 8 (Fenograma isoenzimático)** existe a una distancia de 0.75, siete núcleos establecidos claramente, estos núcleos responden a diferencias y similitudes presentadas al analizarse los alelos de cada una de las isoenzimas. De estos núcleos, cuatro (2,3, 4 y 5) están conformados por individuos de la zona cálida y de la zona fría, indicando de que a lo largo del proceso de utilización de esta especie se ha dado un continuo intercambio de germoplasma. Sin embargo es notorio que el núcleo 6, conformado sólo por individuos de la zona fría, y el núcleo 7, conformado por individuos pertenecientes a la zona cálida, presentan variación única. El núcleo 6 tiene como características distintivas los zimogramas: a (en SKDH), a (MDH), c (EM) y b (PRX) (**Cuadro 7**). A nivel de características morfológicas cualitativas (**Ver Apéndice 3 y 4**). El color predominante es el verde oscuro y una distribución de espinas de nula a dispersa, siendo las formas más comunes la 7, 8 y 9 (**Ver Apéndice 5**). Por otro lado, el núcleo 7 presenta los zimogramas: c (SKDH), b (MDH), a (EM) y a (PRX), (**Cuadro 7**) y a nivel de características morfológicas cualitativas (**Ver Apéndice 3 y 4**), predominan los colores blancuzco y verde, la distribución de espinas es dispersa, teniendo una densidad de espinas de intermedia a muy alta. Las formas más comunes son la 5, 7 y 10 (**Ver Apéndice 5**). Caso aparte es el análisis del núcleo número 1, el cual

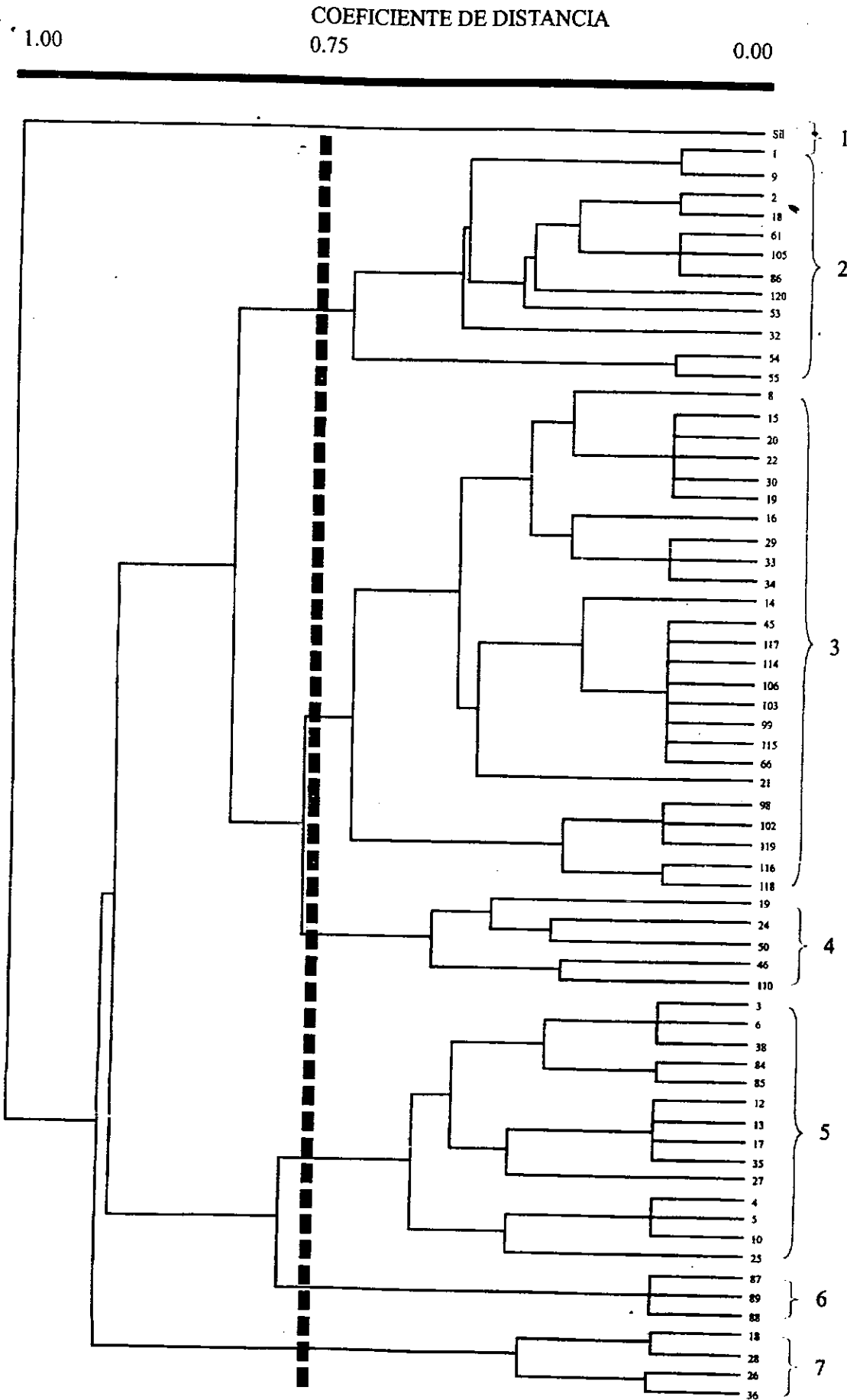


Figura 8 Fenograma isoenzimático

mostró que la especie silvestre emparentada del güisquil (*Sechium compositum*) está completamente separada del resto de materiales de güisquil proveniente de huertos familiares, ya que ésta especie es la que conforma dicho núcleo, por tanto demuestra que existen claras diferencias entre los materiales procedentes de huertos familiares de Alta Verapaz y el güisquil silvestre, que crece naturalmente en el sur-occidente de Guatemala y el sur de México.

7.3 CONSIDERACIONES ACERCA DE CONSERVACIÓN IN SITU

El sistema de cruzamiento del güisquil es de tipo entomófilo, lo cual define que esta especie sea de polinización abierta. Se sabe que las poblaciones de polinización abierta tienen mayor diversidad dentro de la población que entre poblaciones, por tanto se debe de tratar de conservar el mayor número de individuos dentro de una población antes que varias poblaciones. Sin embargo, para el güisquil en huertos familiares no existen poblaciones verdaderas dentro de cada huerto, lo cual también se ve afectada porque cada huerto familiar actúa como una unidad separada (factor aislamiento) debido a la estructura propia del huerto así como al manejo que le es proporcionado por parte de los propietarios.

Por efectos del tamaño reducido de las poblaciones de güisquil en huertos familiares, estas pueden sufrir "inbreeding depression", lo cual conduce a la pérdida de vigor y fecundidad dentro de la población y la disminución de la variabilidad genética intraespecífica. De acuerdo a Frankel & Soule (1981) citados por Guarino y Hoogendijk (17), el tamaño mínimo de una población es de 500 individuos para mantener la diversidad genética, balancear la tasa de mutaciones y reducir los efectos de la deriva genética. Además 50 individuos son suficientes para minimizar los efectos de la "inbreeding depression". Es obvio que este tamaño de población no se puede alcanzar a nivel de huerto familiar para el caso de güisquil, por tanto es necesario pensar en la distribución de la diversidad genética a nivel eco-regional como primera aproximación.

Brown & Marshal (9) proponen un número de 50 sitios por cada eco-región para efectos de conservación in situ. Por tanto permite adelantar que la conservación in situ debe enfocarse en un alto número de huertos familiares caracterizados por pocos individuos.

De acuerdo a lo anterior, se propone establecer un sistema de huertos familiares localizados en dos eco-regiones (cálido y frío), ya que el factor ambiental define en parte la variabilidad presente

en cada una de ellas, por tanto es valedero asumir que se debe hacer una unidad de conservación *in situ* para ambas regiones. De esta forma, en el **cuadro 9** se resume las características de cada uno de los núcleos conformados, siendo notorio que accesiones dentro de una misma localidad se distribuyan en diferentes núcleos del fenograma, localidades como Salacuim, San José Icbolay y Raxhujá son las más variables para la zona cálida y Tampoc, Chichoc y San Luis las más variables para la zona fría.

CUADRO 9. Variación en cuanto a número de accesiones por localidad y número de núcleos a los que pertenecen.

Región Cálida

Localidad	No. Accesiones	No. Núcleos	No. Nuc./No. Acc.
Salacuim	9	4	0.44
Sta. Lucia Lachuá	2	1	0.5
Sn. José Icbolay	5	3	0.6
Coop. Sechaj	4	2	0.5
Raxhujá	3		1
Media			<i>0.61</i>

Región Fría

Localidad	No. Accesiones	No. Núcleos	No. Nuc./No. Acc.
Chichoc	4	2	0.5
Tampoc	5	3	0.6
San Luis	6	3	0.5
Media			<i>0.53</i>

En cada una de las localidades anotadas se debe de tomar el mayor número de huertos familiares de tal manera que la población real (la sumatoria de plantas de güisquil presentes en todos los huertos) sea lo más grande posible. De esta manera se puede aplicar el concepto relativo a especies con polinización abierta, el cual indica (como ya se dijo) que en estas especies la mayor diversidad genética se encuentra dentro de la población antes que entre poblaciones. Por tanto se espera, tener más individuos de güisquil en una localidad antes que seleccionar más localidades.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 Las frecuencias alélicas mostradas por las isoenzimas Esterasa (EST), Peroxidasa (PRX), Ácido Shikímico Deshidrogenasa (SKDH), Superóxido Dismutasa (SOD), Malato Deshidrogenasa (MDH) y Enzima Málica (ME), demuestran que los materiales genéticos de güisquil procedentes de la Zona fría del departamento de Alta Verapaz, poseen una alta heterocigosidad respecto a los materiales procedentes de la Zona Cálida del mismo departamento.
- 8.2 El fenograma obtenido demostró que existe diversidad genética compartida entre la zona fría y la zona cálida de Alta Verapaz, al existir núcleos conformados por materiales de ambas zonas (núcleos 2 ,3 ,4 y 5). Además, existen núcleos conformados sólo por individuos de la zona fría (núcleo 6) y núcleos sólo conformados por individuos de la zona cálida (núcleo 7), que sería importante considerarlos en colecciones nucleares y en estrategias de conservación *in situ*.
- 8.3 El güisquil silvestre (Sechium compositum) se encuentra completamente separado del resto de materiales de güisquil, por tanto demuestra que existe poca similitud entre los materiales procedentes de huertos familiares de Alta Verapaz y el güisquil silvestre que crece naturalmente en el sur-occidente de Guatemala y el sur de México.

9. RECOMENDACIONES

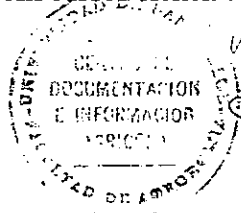
- 9.1 Incrementar el número de sistemas enzimáticos polimórficos. De esta manera se podrán obtener resultados más confiables, al contar con un mayor número de datos para el análisis.
- 9.2 Desarrollar estudios genéticos sobre la Determinación de la tasa de cruzamiento y la estructura genética de poblaciones de güisquil provenientes de huertos familiares de Alta Verapaz, ya que esto permitirá definir el tipo de mejoramiento genético a utilizar y las metodologías de muestreo y conservación.
- 9.3 Realizar el análisis molecular, por medio de AFLP's, ya que esta metodología es de alta confiabilidad en estudios de especies en las que poco o nada se ha evaluado a nivel molecular.
- 9.4 Es necesario complementar el estudio con investigaciones relativas a otras especies importantes del huerto familiar para, de esta forma, estar seguro de que se está conservando la mayor cantidad de especies posibles dentro de una misma unidad. De esta forma se resaltaría aún más el valor de los huertos familiares para el departamento de Alta Verapaz, en su contribución a la conservación *in situ* de Recursos Genéticos Vegetales.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. AZURDIA, C. 1994. Breeding system and genetic structure in Phaseolus species (Phaseolus coccineus, Phaseolus polyanthus and Phaseolus lunatus) in Guatemala. E.E.U.U., University of California. 138 p.
2. AZURDIA, C.; MEJIA, L.; NUFIO, B. 1997. Variabilidad en frutales tropicales nativos de Pouteria, Sapotaceae, utilizando marcadores isoenzimáticos. Ciencia y Tecnología (Gua) No.2: 3-25
3. ____ et al. 1999. Tasa de cruzamiento y estructura genética de la población de zapote (Pouteria sapota). Tikalia (Gua) 17(1): 10-33
4. AZURDIA, C.; AYALA, H.; LEIVA, J. 2001. Diversidad genética de güisquil (Sechium edule) en huertos familiares de Alta Verapaz. Guatemala, FAUSAC/IPGRI/GTZ. 13p.
5. AZURDIA, C.; LEIVA, J.; LOPEZ, E. 2001. Contribución de los huertos familiares para la conservación "*in situ*" de los recursos genéticos vegetales"; II caso de la región de Alta Verapaz, Guatemala. Guatemala, FAUSAC/IPGRI/GTZ. 25 p.
6. ____ et al. s.f. Propuesta para definir unidades de conservación *in situ* en huertos familiares: caso del chayote (Sechium edule) en Guatemala. En Simposio Manejo de la Diversidad Cultivada en los Agroecosistemas Tradicionales (2002, Yucatán, México). p.1-30
Sin Publicar
7. BERGANZA, A. 1987. Importancia del cultivo del güisquil (Sechium edule) en la aldea Santa Lucía los Ocotes, Zona 25 del municipio de Guatemala. II-EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 37 p.
8. BIDWELL, R. 1979. Fisiología vegetal. Trad. Guadalupe Cano. México, Ed. AGT 784p.
9. BROWN, A.; MARSHAL, D. 1995. A basic sampling strategy: theory and practice En: L. Guarino, V. Ramanatha & R. Reid (eds.). Collecting plant genetic diversity; technical guidelines. Rome, Italy, IPGRI. p.75-91
10. CLEMMENS, M. s.f. The cell surface. En: Biochemistry of cellular regulation. London, England, St George's Hospital Medical School. p.29-31
11. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.

12. ESQUINAS, J. 1995. Aspectos técnicos, institucionales y legales en relación con la conservación y el intercambio de recursos fitogenéticos; El sistema mundial de la FAO para la conservación y utilización de recursos fitogenéticos. *Revista Chapingo. (Serie Horticultura) (Mex) 1(4):13-18*
13. FIGUEROA, F. 1997. Determinación del sistema reproductivo y estructura genética del zapote (*Pouteria sapota* (Jacq) Moore & Stearm) usando marcadores isoenzimáticos, en la parte alta de la cuenca del río Hato, municipio de San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 95 p.
14. FISCHER, L. 1975. Introducción a la cromatografía en gel. Trad. Albert Sandoval. México, Ed. AGT. 210 p.
15. GESSLER, M.; HODEL, U.; EYZAGUIRRE, P. 1998. Home gardens and agrobiodiversity; current state of Viet Nam. Serdang, Malaysia, IPGRI. 122 p.
16. GOTTLIEB, L. 1989. Evidencia y aplicaciones de isoenzimas en poblaciones. Seminario-Taller Biotecnología y las Ciencias Agrícolas, Avances y Aplicaciones. (1989, Guatemala). Memoria. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. p.20-34
17. GUARINO, L. ; HOOGENDIJK, M. 2000. Homegardens as a micro-environments: implications for genetic diversity and its conservation. Roma, Italia, IPGRI. s.p.
18. GUATEMALA. SECRETARIA GENERAL DEL CONSEJO NACIONAL DE PLANIFICACIÓN ECONÓMICA. DIVISIÓN TÉCNICA DE COORDINACIÓN REGIONAL Y DEPARTAMENTAL. 1999. Caracterización del departamento de Alta Verapaz, Guatemala. Guatemala. 40 p.
19. INSTITUTO INTERNACIONAL DE RECONSTRUCCIÓN RURAL; CENTRO ASIÁTICO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO. 1993. Guía práctica para su huerto familiar orgánico. Ecuador, ABYA-YALA. 252 p.
20. LAZARO, A. 1999. Caracterización de material vegetal; curso de recursos fitogenéticos. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 21 p.
21. LEIVA, J. 1988. El rol de los huertos familiares para la conservación *in situ* en Guatemala. *Tikalia (Gua) 16 (2):91-101.*
22. LIRA, R. 1995. Estudios taxonómicos y ecogeográficos de las Cucurbitaceae latinoamericanas de importancia económica. Roma, Italia, IPGRI. 281 p.

23. LOPEZ, E. 2001. Estructura y composición florística de los huertos familiares del departamento de Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 89 p.
24. MEJIA, L. 1989. Polimorfismo de fragmentos de restricción (RFLP): aplicaciones al mapeo cromosómico y al mejoramiento genético de plantas. En: Seminario Taller Biotecnología y las Ciencias Agrícolas; Avances y Aplicaciones. (1989, Guatemala). Memoria. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. p.3-9
25. _____. 1992. Estudios con isoenzimas como marcadores genéticos en plantas. Tikalia (Gua) 10 (1): 2-12
26. NEWSTROM, L. 1991. Evidence for the origin of chayote, Sechium edule (Cucurbitaceae). Economic Botany. (E.E.U.U.) 3 (4): 410-426
27. RODRIGUEZ, N. 1999. Determinación de la tasa de cruzamiento con marcadores bioquímicos (isoenzimas) en una población de zapote (Pouteria sapota (Jacq) H.E. Moore & Stearm) de la parte baja del río Hato, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 104 p.
28. ROHLF, J. 1993. NTSYS; numerical taxonomy and multivariate analysis system. E.E.U.U., University of New York Department of Ecology and Evolution. p.1-9
29. SAMAYOA, O. 1999. Diagnóstico de la producción, el consumo y comercialización de hortalizas en Guatemala. Guatemala, IICA/REDCAHOR. 52 p.
30. SIMMONS, C.; TARANO, J. M.; PINTO, J. H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
31. SOLTIS, O.; SOLTIS, P. 1990. Isoenzymes in plant biology; advances in plant sciences series. E.E.U.U., Dioscorides Press. 641 p.
32. STRYER, L. 1985. Bioquímica. Trad. José Maraculla. España, Ed. Reverté. 871 p.
33. TINSCHERT, O.; BEHAR, M. 1998. Guatemala y sus orquídeas. Guatemala, BANCAFE. 240 p.
34. UNIVERSIDAD AMERICA LATINA. 2001. Bioquímica. Argentina. (<http://www.virtual.unal.edu.com/cursos/ciencias/11522/lecciones/cap02.htm>)



Vc B°

Juan De La Rosa

11. APENDICE

APENDICE No. 1**SOLUCIONES MADRES PARA PREPARAR GELES DE POLIACRILAMIDA (Laemmli, 1970)****SOLUCION A.****Acrilamida/ bis (30%T, 2.6%C)**

87.6 g. acrilamida (29.2/100 ml)

2.4 g. de NN'-bis-methylene-acrilamide (0.8g/100ml)

Hacerlo en 300 ml. con agua destilada. Filtrar y almacenar a 4°C en oscuridad (tiempo máximo: 30 días).

SOLUCION B.**1.5 M Tris-Hcl, pH 8.8**

27.23 gr. Tris Base (18.15 g/100 ml)

80 ml de agua destilada.

Se ajusta a pH 8.8 con HCl 1 N. Hacer 150 ml con agua destilada y almacenar a 4°C.

SOLUCION C.**0.5 M Tris-Hcl, pH 6.8**

6 gr. De Tris Base.

60 ml. de agua destilada.

Ajustar a pH 6.8 con HCl 1 N. Hacer en 100 ml con agua Destilada y almacenar a 4°C.

SOLUCION D.**Amortiguador de electrodo 5X, pH 8.3**

9.0 g. de Tris Base (15 g/ml)

43.2 g. de Glicina.

600 ml. de agua destilada.

Almacenar a 4°C. La temperatura ambiente antes de su uso puede ocasionar precipitación. Diluir 60 ml. de Stock 5X en 240 ml. de agua destilada para una corrida electroforética.

**GEL DE CORRIDA (12%) DE POLIACRILAMIDA
(RUNNING GEL)
0.375 M. Tris, pH 8.8**

Agua destilada	20 ml.
Solución B.	15 ml.
Solución A.	24 ml.
Persulfato de Amonio (10% preparado el mismo día)	0.3 μ l.
TEMED	0.020 μ l.

**GEL DE COMPACTACION (4%) DE POLIACRILAMIDA
(STACKING GEL)
0.125 M. Tris, pH 6**

Agua destilada	10 ml
Solución C	4 ml
Solución A	2 ml
Persulfato de Amonio (10% preparado el mismo día)	0.3 μ l.
TEMED	0.020 μ l

GEL DE ALMIDON

Starch potato	43.2 gr.
Agua destilada	252.5 ml
Tris Citrato pH 6.5	7.5 ml

APENDICE No. 2

FORMULAS PARA LA TINCION DE ENZIMAS (Soltis 1989)

1. ACIDO SHIKÍMICO DESHIDROGENASA (SKDH)

0.1 M Tris HCl, pH 8.	5.0 ml
Agua destilado	45.0 ml
Acido Shikímico	25.0 ml.
MTT	5 mg
NADP	5 mg
PMS	1 mg

2. ESTERASA (EST)

Buffer fosfato 0.1 M pH 7.0	50 ml
Fast Blue RR salt	50 mg
* Alfa-Naphthyl acetato	25 mg
* Beta- Naphthyl acetato.	25 mg.

* Se disuelven en 2 ml de N,N-Dimetilformamida.

3. MALIC ENZIME (ME)

Agua destilada	22.5 ml
0.1 M MgCl ₂	2.5 ml
1 M Tris Malate pH 7.2	2.5 ml
Acido Aspártico	10 mg
NADP	3 mg
MTT	3 mg
Meldola Blue	Traza

4. MALATO DESHIDROGENASA (MDH)

50 mM Tris HCl, pH 8.5	50 ml
NAD	10 mg
Acido Málico	150 mg
MTT	10 mg
PMS	2 mg

5. PEROXIDASA (PER)

0.1 M Acetato de Sodio pH 5.0	50 ml
* 0.025%- amino- 9 etilcarbazol	25 mg
0.015% Cloruro de Calcio (CaCl ₂)	15 mg
Agua oxigenada (30%)	0.600 ml
Se disuelve en 2 ml de N,N-dimetilformamida.	

APÉNDICE 3

**VARIABLES CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS CONSIDERADAS PARA
EL ANÁLISIS DE GRUPOS DE GÚISQUIL (*Sechium edule*)**

No	Peso (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grueso (cm)	Forma	Lentículas	Surcos	Dens. Esp.	Distr. Esp.	Largo Esp.	Rigidez Esp.	Color
1	245	13.0	6.20	4.90	1	1	4	7	3	1	1	2
2	404	16.1	7.50	6.00	2	4	4	7	3	1	1	3
3	188	10.6	5.93	4.90	3	1	4	7	3	3	3	2
4	149	9.55	5.42	4.58	3	1	4	7	3	1	3	2
5	265	11.7	6.50	5.50	3	1	3	1	0	0	0	2
6	254	11.5	6.65	5.55	3	2	4	1	0	0	0	2
8	258	10.3	7.15	5.90	4	2	4	3	1	1	2	2
9	279	13.2	6.63	5.13	2	1	6	7	3	5	3	2
10	287	12.2	6.13	5.30	1	1	4	5	3	3	3	2
11	240	10.0	6.40	5.80	4	2	2	3	1	1	1	3
12	197	12.0	5.28	4.38	5	1	4	1	1	1	3	1
13	299	12.2	6.06	5.90	6	2	4	7	3	5	3	3
14	190	10.8	5.90	4.33	6	1	2	3	3	3	1	2
15	274	11.6	6.60	5.70	6	1	4	3	3	3	1	2
16	221	10.8	6.50	4.50	7	1	4	5	3	3	3	2
17	209	7.86	6.23	6.10	8	4	2	1	1	1	1	3
18	152	10.5	4.90	3.93	10	1	2	3	1	1	1	1
19	398	18.5	6.23	5.30	11	4	4	5	1	1	1	3
20	285	13.3	6.16	4.80	1	1	1	7	1	3	1	1
21	219	10.6	5.65	5.60	7	1	2	1	3	1	3	2
22	303	16.3	5.50	4.50	11	2	4	5	3	3	3	2
24	264	13.3	6.10	5.70	6	2	6	5	3	3	3	2
25	336	12.0	7.50	5.75	1	4	4	5	1	3	1	3
26	176	10.8	5.46	4.67	7	4	4	1	1	1	1	3
27	246	11.5	7.50	7.50	13	1	4	9	1	1	3	2
28	335	13.5	7.20	5.30	5	4	2	5	3	1	3	3
29	112	5.50	5.75	4.50	9	1	1	1	0	0	0	4
30	290	15.9	6.50	5.30	12	2	6	5	3	3	3	2
32	242	12.2	6.33	5.43	6	4	4	5	1	3	3	4
33	240	14.5	6.50	4.50	5	4	2	3	3	1	1	4
34	361	11.6	7.80	6.33	15	4	6	3	3	1	3	4
35	172	9.16	5.86	5.18	4	1	6	1	1	0	0	2
36	427	15.8	7.30	5.50	5	1	2	7	1	1	3	2
38	235	10.7	6.50	4.75	1	2	2	5	1	1	3	2
45	65.4	7.1	4.40	4.00	1	3	5	5	3	1	1	4
46	149	8.5	6.30	17.0	8	1	2	7	3	3	1	4
48	665	15.0	9.70	8.50	8	1	2	9	3	5	1	3
49	257	8.7	7.70	6.40	8	2	2	5	3	3	3	3
50	164	8.0	6.60	5.90	8	2	2	7	3	1	3	3
53	268	11.0	7.50	6.30	7	1	4	9	3	1	3	3
54	297	11.0	8.00	6.60	8	1	1	3	1	1	1	3
55	189	11.0	6.60	5.70	7	1	6	1	0	0	0	4

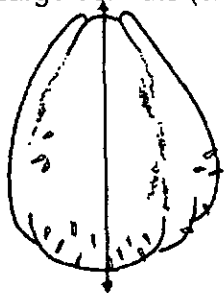
No	Peso (gr)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grueso (cm)	Forma	Lenti-celas	Surcos	Dens. Esp.	Distr Esp	Largo Esp.	Rigidez Esp.	Color
61	63	7.5	4.3	3.9	5	3	2	1	0	0	0	3
66	270	10	7.4	6.1	8	4	1	1	0	0	0	4
84	96	7.6	6.4	5.2	8	1	4	9	3	5	3	4
85	159	8.3	6.9	5.5	8	1	6	3	1	5	1	3
86	199	8.7	7.4	5.9	8	1	4	5	3	5	3	3
87	281	10	7.4	6.3	7	1	4	1	0	0	0	4
88	196	9.1	7.1	5.8	8	1	2	9	3	3	3	4
89	150	7.6	7	5.7	9	1	6	7	3	1	1	4
98	210	9	6.9	5.9	8	1	2	9	3	1	1	4
99	149	8.4	6.2	5.6	8	2	2	7	3	3	3	3
102	416	11	9.2	8.1	8	1	4	5	3	1	1	4
103	769	16	10.2	8.9	7	2	1	7	3	3	3	3
105	221	9.6	6.6	6.6	8	1	1	5	3	5	1	3
106	435	12	9.6	7	8	2	4	5	1	3	1	3
110	347	12	8.3	6.8	8	1	6	5	3	3	3	4
114	461	12	9	8.1	8	4	1	9	3	1	3	4
115	181	15	6	5.8	11	1	4	5	3	1	1	3
116	638	17	9	8.4	5	1	1	7	3	5	3	3
117	410	12	8.9	7.9	4	1	2	1	0	0	0	2
118	408	13	8.7	7.5	7	1	2	1	0	0	0	2
119	417	9.2	8.9	8	9	1	4	7	1	3	3	1
120	425	12	8.9	7.4	8	2	1	7	3	5	1	3

APÉNDICE No. 4

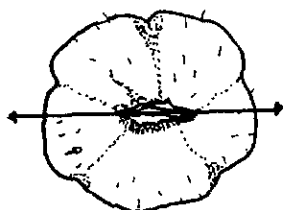
DESCRIPCIÓN DEL FRUTO DE GÜISQUIL (*Sechium edule* (Jacq) Swartz)

1. Peso del fruto (gramos)

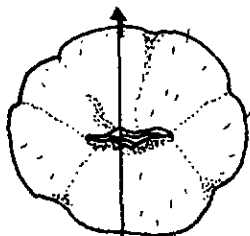
2. Largo del fruto (cm).



3. Ancho del fruto (cm)

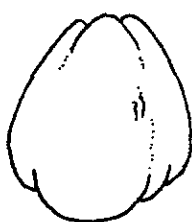


4. Grosor del fruto (cm)

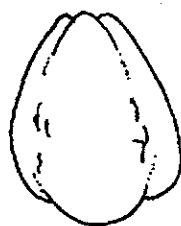


5. Forma del fruto (Ver Apéndice 5).

6. Presencia de lenticelas



1 Ausentes



2 Pocas



3 Intermedias



4 Densas

7. Presencia de surcos.

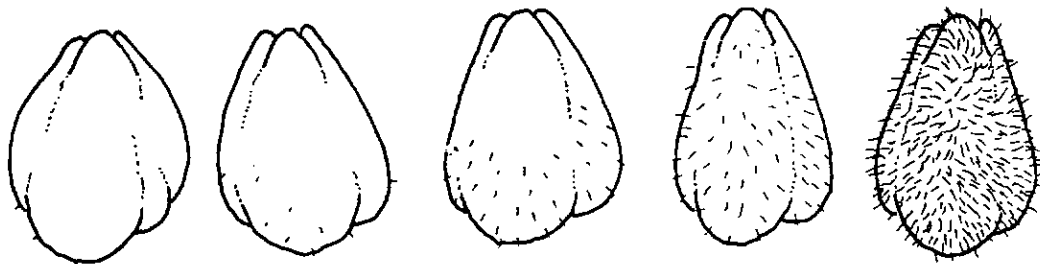
1 Ausentes

2 Superficiales

4 Intermedios

6 Muy profundos.

8. Densidad de espinas



1. Ausente 3 Muy pocas 5 Pocas 7 Intermedio 9 Muy Alta

9. Distribución de espinas.

- 0 Ausencia de espinas
- 1 Dispersas
- 3 En surcos

10. Largo de espinas.

- 0 Ausencia de espinas
- 1 corto
- 3 Intermedio
- 5 Largo

11. Rigidez de espinas.

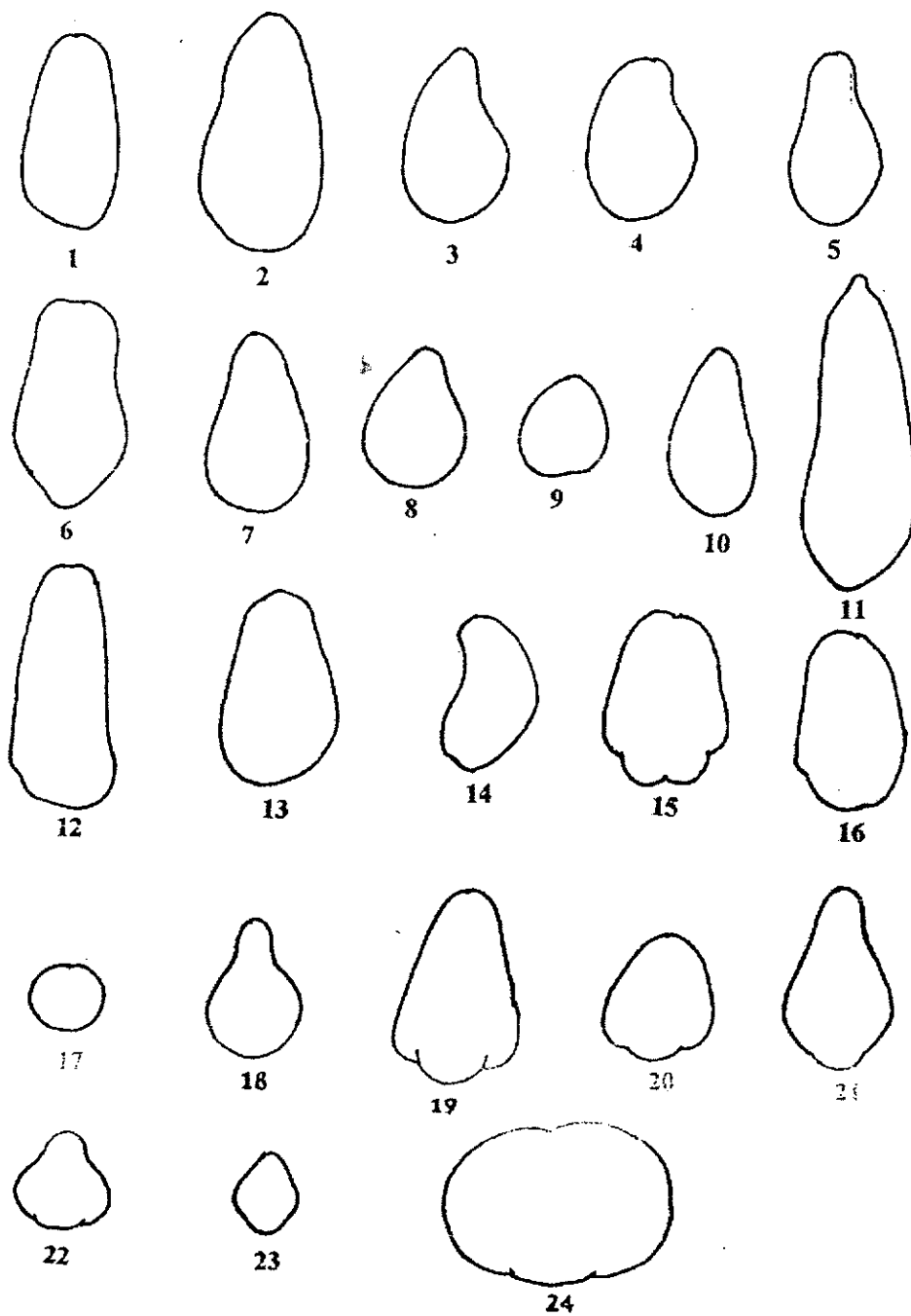
- 0 Ausencia de espinas
- 1 Suave
- 3 Rígida

12. Color del fruto

- 1 Blanco
- 2 Blancuzco
- 3 Verde
- 4 Verde oscuro

APÉNDICE No. 5

FORMAS DEL FRUTO DE GÜISQUIL (*Sechium edule*)





FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA:

" CARACTERIZACION ISOENZIMATICA
DE MATERIALES GENETICOS DE GUI-
QUIL (Sechium edule (Jacq) Swartz)
PROVENIENTES DE HUERTOS FAMILIARES
DE ALTA VERAPAZ".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE:

RONNY WALDEMAR ROMA ARDON

CARNET:

9711701

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES:

Dr. Luis Mejía
Ing. Agr. Gregorio Amílcar Sánchez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

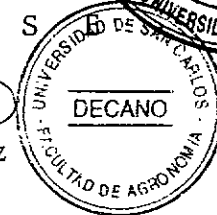
Ing. Agr. Helmer Dagoberto Ayala Vargas
A S E S O R

Dr. César Augusto Azurdia
A S E S O R

Dr. David Monterroso Salvatierra
DIRECTOR DEL IIA

I M P R I M A S

Dr. Ariel A. Ortiz López
D E C A N O



DMS/nm
c.c. ARchivo
IIA

Control Académico

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.

TEL/FAX (502) 476-9794

e-mail: husac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomfa.htm>