

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
POSGRADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES



**“COLECTA Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE  
CAMOTE DE CERRO (*Dioscorea* spp.) EN EL ESTADO DE  
JALISCO”**

**CRISTINA CASTILLO HERNÁNDEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JALISCO, A 17 DE DICIEMBRE DE 2007**

**Universidad de Guadalajara**  
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y  
Agropecuarias  
Programa de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Forestales



La tesis "Colecta y caracterización morfológica de camote de cerro (*Dioscorea* spp.) en el estado de Jalisco" de Cristina Castillo Hernández, se realizó bajo la dirección del consejo particular que se indica, fue aprobada por el mismo y se aceptó como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**Consejo Particular**

Tutor:

Firma manuscrita de Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba.

Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba

Asesor:

Firma manuscrita de Dr. José de Jesús Sánchez González.

Dr. José de Jesús Sánchez González

Asesor:

Firma manuscrita de Dr. Diego Raymundo González Eguiarte.

Dr. Diego Raymundo González Eguiarte

Asesor:

Firma manuscrita de M. C. Martha Isabel Torres Morán.

M. C. Martha Isabel Torres Morán

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., DICIEMBRE DE 2007

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara; al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias y en especial a los profesores por la formación académica recibida.

A la memoria del Dr. Juan Francisco Casas Salas por su incansable labor en la realización de este estudio y por el apoyo otorgado a lo largo de mis estudios de Licenciatura y Maestría.

Al SINAREFI- SAGARPA por el financiamiento para el proyecto HOR-11 y por el apoyo otorgado para los estudios de Maestría en Ciencias.

Al Dr. Enrique Pimienta Barrios por el apoyo otorgado en el proceso de titulación.

Al Dr. Fernando Santacruz Ruvalcaba por las facilidades otorgadas para la realización de la tesis y por el apoyo en las sugerencias y correcciones de la tesis y el artículo.

Al Dr. J. de Jesús Sánchez González por el apoyo en el análisis de datos y a sus acertadas observaciones.

Al Dr. Diego R. González Eguiarte por sus sugerencias y correcciones en el artículo y tesis.

Al M.C. Raúl Pérez Pérez por su apoyo en la identificación de las colectas.

A la M.C. Martha Isabel Torres Morán por su amistad y apoyo otorgados a lo largo los estudios de Maestría.

Al M.C. Francisco J. Bernal Martínez por las facilidades otorgadas en la realización de la tesis.

Al M.C. Salvador A. Hurtado de la Peña por las facilidades otorgadas en la realización de mis estudios.

A la Dr. Alicia de Luna Vega por sus consejos y apoyo otorgados.

A los alumnos de Licenciatura Susana, Rafael, Ismael, Carlos, Lupita y Betancour por su apoyo en el establecimiento de camote de cerro.

A todos y cada uno de ustedes que formaron parte de mi proceso de formación.

MUCHAS GRACIAS

## DEDICATORIA

A la memoria de mi querido profesor: Dr. Juan Francisco Casas Salas<sup>†</sup>

A mis padres:

María Guadalupe Hernández Hernández<sup>†</sup> y Crisoforo Castillo Flores<sup>†</sup> por sus enseñanzas y el amor por la vida.

A mi esposo:

Victor Manuel Delgadillo Carlos por su amor y paciencia.

A mis hijas: Cristina Guadalupe y Ana Cecilia

A mis Hermanos: Minerva, Magdalena, Dora, María del Pilar, Francisco, David y Eugenia.

A mis sobrinos: Isis, Angélica, Paty, Joselin, Litzi, Adolfo, Isaac, Miguel, Yesenia, Idalia y Pedro.

A mis amigos: Leticia segoviano, Leticia Aguilera, Marta Delia, Martha Isabel, Ana, Elva, Celso, Juan Francisco Rico, Susan y Guadalupe.

A mis profesores: Diego Vargas Canela, J. Jesús Rodríguez Batista, Godínez Herrera J. Jesús, Alicia de Luna Vega, Eduardo Rodríguez Guzmán, Aurelio Pérez González, Francisco J. Bernal Martínez, Martha Isabel Torres Morán, J. de Jesús Sánchez González, Fernando Santacruz Ruvalcaba, Lino de la Cruz Larios por sus enseñanzas.

	PÁGINA
ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS PARTICULARES	3
2.3 HIPÓTESIS	3
III REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 EL USO Y LA IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS	4
3.2 APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS LOCALES	6
3.3 EROSIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS	7
3.4 CONSERVACIÓN <i>EX SITU</i>	8
3.5 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA GÉNERO <i>Dioscorea</i>	9
3.5.1 Superorden: Dioscoranas	9
3.5.2 Características de la Familia Dioscoreaceae	9
3.6 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL GÉNERO <i>Dioscorea</i>	10
3.7 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE <i>Dioscorea</i>	10
3.8 DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS ESPECIES DE <i>Dioscorea</i> COMESTIBLES	14
3.9 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LAS ESPECIES DE <i>Dioscorea</i>	16
3.10 MANEJO AGRONÓMICO DE <i>DIOSCOREA</i>	19
3.11 USOS Y PROPIEDADES DEL CAMOTE DE CERRO	21
3.12 CARACTERIZACIÓN DE GERMOPLASMA VEGETAL	23
3.13 ANÁLISIS MULTIVARIADO	23

3.13.1	Análisis de componentes principales	24
3.13.2	Análisis cluster	24
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>		<b>25</b>
4.1	ÁREA DE ESTUDIO Y MATERIAL VEGETAL	25
4.2	COLECTA DE TUBÉRCULOS Y SEMILLAS	25
4.2.1	Documentación de muestras durante la colecta	25
4.2.2	Cuidados durante la colecta	26
4.3	ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CAMOTE DE CERRO DESPUÉS DE LA COLECTA	27
4.4	PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAMOTE DE CERRO	27
4.5	MANEJO AGRONÓMICO DE CAMOTE DE CERRO	28
4.6	IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	29
4.7	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACUERDO AL IPGRI/ITTA, 1997	29
4.7.1	Caracterización morfológica del tallo	29
4.7.1.1	Características del tallo joven	29
4.7.1.2	Características del tallo adulto antes de la senescencia	29
4.7.2	Caracterización morfológica de la hoja	30
4.7.2.1	Características de hojas jóvenes	30
4.7.2.2	Características de las hojas maduras	30
4.7.3	Caracterización morfológica de la flor	31
4.7.4	Caracterización morfológica del fruto	31
4.7.5	Caracterización de los tubérculos subterráneos	31
4.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	32
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		<b>33</b>
5.1	COLECTA	33
5.2	CUIDADOS DURANTE LA COLECTA	34
5.3	ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CAMOTE DESPUÉS DE LA COLECTA	35
5.4	LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE COLECTA	37
5.5	PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAMOTE DE CERRO	39

5.6	IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	45
5.7	ANÁLISIS DE DATOS	47
5.7.1	Análisis de agrupamiento	48
5.7.2	Análisis de componentes principales	52
<b>VI CONCLUSIONES</b>		<b>56</b>
<b>VII BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>57</b>

ÍNDICE DE TABLAS	PÁGINA
Cuadro 1. Nombres vulgares y científicos de algunas especies de <i>Dioscorea</i>	11
Cuadro 2. Especies de <i>Dioscorea</i> presentes en Jalisco	12
Cuadro 3. Especies colectadas y herborizadas en el herbario Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG)	13
Cuadro 4. Análisis bromatológico del rizoma del camote de cerro ( <i>D. dugesii</i> Rob.)	22
Cuadro 5. Localización de los sitios de colecta	38
Cuadro 6. Valores y vectores característicos del análisis de componentes principales, de las variables de mayor valor descriptivo en las 174 plantas colectadas de camote de cerro en el estado de Jalisco, México	53

ÍNDICE DE FIGURAS	PÁGINA
Figura 1. Plantas de camote de cerro en su hábitat silvestre	35
Figura 2. Mapa de los lugares de colecta	37
Figura 3. Almacenamiento y establecimiento de camote de cerro	40
Figura 4. Extracción de tubérculos de camote de cerro en tubo y bolsa	42
Figura 5. Características de los tubérculos	43
Figura 6. Material herborizado y hojas de las 4 especies	46
Figura 7. Flores e inflorescencias de <i>Dioscorea</i>	46
Figura 8. Clasificación de las 174 plantas de camote de cerro con base a 91 características morfológicas de la planta	51
Figura 9. Representación de la variabilidad de 174 muestras de camote de cerro en función de los dos primeros componentes de acuerdo a seis características del tallo	55

	<b>ANEXOS</b>	<b>PÁGINA</b>
ANEXO 1		66
ANEXO 2		70
ANEXO 3		79
ANEXO 4		82

## RESUMEN

El camote de cerro es una planta silvestre cuyo tubérculo es utilizado como fuente de alimento y medicina. En Jalisco, existen especies de *Dioscorea* con importante potencial económico. El objetivo de este trabajo fue la colecta, la conservación, manejo y caracterización morfológica mediante descriptores del IPGRI en *Dioscorea* spp. presentes en el estado de Jalisco. Se colectaron y caracterizaron plantas de camote de cerro en los siguientes 15 localidades del estado de Jalisco: Acatic, Aqualulco del Mercado, Cocula, Cedros, Cuquío, Chapala, El Grullo, El Verde, Jesús María, La Manzanilla de la Paz, San Antonio, Tlajomulco de Zúñiga, Tomatlán, Yahualica y Zapotitlán de Vadillo. El estudio se realizó en los ciclos 2004, 2005 y 2006. Se efectuó un establecimiento *ex situ* de las poblaciones colectadas, se trasplantaron en bolsas de polietileno negro con sustrato, se aplicaron riegos cada 15 días en el vivero del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) para conocer su desarrollo vegetativo y estructuras botánicas. Se caracterizaron 15 poblaciones utilizando un total de 113 descriptores morfológicos reportados por el Instituto Internacional de Recursos Genéticos (IPGRI) para Dioscóreas; los descriptores fueron para tallo, hoja, flor, fruto y raíz, los cuales se representan con 32 caracteres cuantitativos y 81 caracteres cualitativos. Se realizó la clasificación taxonómica de *Dioscorea remotiflora*, *Dioscorea nelsonii*, *Dioscorea dugesii* y *Dioscorea sparciflora*; se herborizaron materiales de *Dioscorea remotiflora* y *Dioscorea nelsonii* y éstos se conservan en el herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG). Se llevó a cabo un análisis de agrupamiento con 91 variables, lo que permitió definir cuatro grupos de las colectas realizadas, mientras que el análisis de componentes principales (PCA) permitió reducir la dimensionalidad de los datos con 77 variables e identificó 36 variables con mayor valor descriptivo.

## I INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha surgido gran interés en todo el mundo para producir alimentos a bajo costo. Se realiza una búsqueda por encontrar y emplear tecnologías para los sistemas de producción en los que se considera sólo a los cultivos tradicionales. La búsqueda de sistemas agrícolas sencillos de bajo costo que estén orientados al sostenimiento productivo de los ecosistemas y la seguridad alimentaria de agricultores de escasos recursos económicos ha sido muy limitada; se ha observado un desconocimiento generalizado del aprovechamiento, manejo y conservación de innumerables recursos.

Siempre se ha dado el aprovechamiento de los recursos naturales que el hombre ha utilizado como alimento. Hoy en día es necesario conservarlos y utilizarlos, para así evitar su pérdida; esto es posible si se conocen sus características y posibles usos. Es importante evitar la pérdida de especies por desconocimiento, por erosión genética, degradación de suelos, malas prácticas agrícolas, además de poco o nulo conocimiento de los recursos genéticos locales. Las plantas que el hombre ha utilizado como alimento y medicina desde tiempos muy antiguos, han alcanzado una riqueza de incalculable valor, tanto para pequeños, como para grandes productores de alimentos. Plantas que son de uso popular en el medio rural pueden aprovecharse, ya que pertenecen a la gran gama de recursos naturales importantes para el hombre; por lo tanto, hay que generar información, tomar y analizar un conjunto de datos que representen la información esencial para conocer las especies de interés. Es importante aprovechar la información que se recoge de las experiencias del campo; son los campesinos los que han resguardado los recursos, los que tienen la experiencia de las plantas de la región, su manejo; así, se pueden obtener resultados valiosos en lo económico, social, cultural, y ambiental para los campesinos productores de México (CONABIO,2000).

La información que se genere al tomar y analizar datos, permitirá determinar la utilidad de los recursos. Uno de los múltiples pasos que lleva a la conservación de los recursos, es la caracterización, una herramienta que permitirá describir los atributos, tanto cuantitativos como cualitativos, de las especies de interés, para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética, relaciones entre las especies; además, localizar

características de interés agronómico, rescatar información etnobotánica y registrar datos de manera precisa y constante (Jaramillo y Baena, 2000). Se requiere de múltiples recursos, esfuerzos y compromiso por parte de universidades e instituciones. El conservar la diversidad existente, requiere de numerosas alternativas que hoy en día se tienen al alcance, como lo es conservar y utilizar los recursos genéticos. No se deben lesionar el hábitat natural, tanto de especies silvestres como cultivadas, ya que el hombre ha sido el principal causante de la pérdida y la erosión genética de su principal fuente de alimentos, las plantas.

Algunas plantas en el medio rural son ampliamente conocidas y recolectadas, como es el caso del camote de cerro (*Dioscorea* spp.), que en algunas localidades de Jalisco es de uso popular. Es una planta de interés como alimento, medicina y con gran potencial. Algunas especies fueron introducidas en México hace muchos años y otras son endémicas de cada una de las regiones de nuestro país.

En el estado de Jalisco, México, no existen variedades cultivadas de camote de cerro; actualmente, solo se dispone de material silvestre que ocasionalmente se propaga por los colectores que llevan muchos años en el trabajo de recolección; aún no existen trabajos de selección de germoplasma sobresaliente con relación a las especies presentes en Jalisco.

El camote de cerro es una planta silvestre, que es recolectada para su venta y consumo por habitantes de algunas localidades; aún no se cuenta con un estudio sistemático de la diversidad morfológica y genética de las especies presentes en Jalisco. El tubérculo del camote de cerro es utilizado como fuente de alimento con gran valor alimenticio y medicinal.

En Jalisco, el camote de cerro tiene gran importancia económica para algunas regiones, por lo que es necesario caracterizar las especies locales, conocer en que condiciones favorables o restrictivas se encuentran, en dónde se desarrollan, para lograr su establecimiento, manejo y conservación de germoplasma para las presentes y futuras generaciones.

## II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Colectar y caracterizar morfológicamente poblaciones de camote de cerro (*Dioscorea spp*) en el estado de Jalisco, para su conservación y estudio.

### 2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Colectar poblaciones de camote de cerro en el estado de Jalisco.
- Caracterizar morfológicamente las poblaciones mediante descriptores del IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Genéticos) para dioscoreas.
- Regenerar el material colectado para su establecimiento *ex situ*.
- Herborizar e identificar las colectas mediante claves taxonómicas.
- Determinar las relaciones taxonómicas entre las poblaciones de diferentes lugares de Jalisco.

### 2.3 HIPÓTESIS

Es posible mediante la colecta de germoplasma y la caracterización morfológica obtener un conjunto de datos para identificar las diferencias de las plantas de *Dioscorea spp* en el estado de Jalisco.

### III REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 EL USO Y LA IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS

Desde tiempos muy antiguos, el hombre ha utilizado los recursos genéticos para su beneficio, los ha domesticado y convertido en dependientes de sus cuidados. En tiempos actuales, los recursos genéticos se han visto amenazados y es importante fomentar su rescate. El hombre aprovecha los recursos fitogenéticos, y para ello debe conocerlos, manejarlos, mantenerlos y utilizarlos racionalmente. El medio natural ha sido profundamente modificado por el hombre para extraer los recursos necesarios para su supervivencia, lo que ha repercutido en la pérdida de recursos valiosos para la vida (Fuentes, 1998; Jaramillo y Baena, 2000).

Los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación (RFAA) están formados por la diversidad del material genético que contienen las variedades tradicionales y los cultivares modernos que cultivan los agricultores, así como las plantas silvestres afines de las cultivadas y otras especies silvestres que pueda aprovechar como alimento, como vivienda y en la industria. La conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos, son fundamentales para mejorar la productividad y la sostenibilidad de la agricultura, la conservación y el uso de la diversidad fitogenética son fundamentales para satisfacer las necesidades del desarrollo futuro del mundo (FAO, 1996; IPGRI, 2000).

Por otra parte, los cambios tan drásticos que ha venido enfrentando la naturaleza, como la erosión de suelos, la erosión genética y la deforestación, representan solo algunos de los problemas que enfrenta. En el caso de la erosión genética, si los cambios sobrepasan a la frecuencia de cambios genéticos, las especies llegarán a extinguirse. La mayor parte de estas especies nunca han sido clasificadas, y otras ni siquiera se han descubierto.

Mientras se permita que organismos no conocidos se extingan, se perderán recursos potenciales de medicina, alimentos y materias primas para la industria. En México, el acelerado ritmo de deterioro y destrucción de los recursos naturales es prueba irrefutable para demostrar que con los patrones vigentes de producción y consumo se está llegando a un nivel tan alto de destrucción, que de no revertirse las actuales tendencias, el daño será tal que

México se convertirá en una de las naciones con mayor pérdida de biodiversidad en el mundo (CONABIO, 2000; Audessirk *et al.*, 2003).

Una alternativa para la obtención de más alimentos es el aprovechamiento sustentable de los recursos genéticos a nuestro alcance y la utilización racional y sostenida de los recursos naturales a largo plazo; porque la producción mundial de alimentos se ha visto afectada, principalmente, por el monocultivo y esto no ha permitido que especies de plantas a nivel regional tengan interés de cultivo para universidades, instituciones de investigación o empresas privadas (Gómez-Pompa, 1996).

El uso inteligente de los recursos fitogenéticos puede contribuir a erradicar la pobreza, tanto a través de la reducción del precio de los alimentos y de otros productos, como a través del aumento y la diversificación de las ganancias de productores y procesadores. Los recursos genéticos, a pesar de contribuir al sustento de la población y al alivio de la pobreza, son vulnerables; se pueden erodar y hasta desaparecer, poniendo en peligro la continuidad de nuestra especie (Fuentes, 1998; Jaramillo y Baena, 2000; IPGRI, 2000).

El uso no implica necesariamente la destrucción, el abatimiento de las poblaciones, ni el riesgo de extinción. Por el contrario, de realizarse adecuadamente el uso, puede ser motivo de mayor protección, de apoyo a la continuidad de patrones y procesos naturales en los ecosistemas, de fomento de las poblaciones, y de una mayor certidumbre en la supervivencia a largo plazo (CONABIO, 2000).

La producción mundial de alimentos, sería suficiente para abastecer a la población mundial adecuadamente, si la distribución se hiciera de forma equitativa (Fuentes, 1998; Calla *et al.*, 1999). Entonces, el problema no radica tanto en la producción sino en que los países tecnificados almacenan grandes volúmenes de alimentos, y en los países menos afortunados, no alcanzan a producir lo necesario para su supervivencia. El 74% de la actividad agrícola en México se realiza en tierras de temporal (14, 508, 829 ha), ya que únicamente 26.5% (5, 221,030 ha) de la superficie agrícola tiene irrigación. La agricultura de temporal está distribuida de forma más uniforme, los estados de Veracruz, Jalisco, Chiapas, Zacatecas y Oaxaca son los que tienen una mayor superficie de temporal y suman 37% de las tierras bajo esta condición. Este panorama, permitirá incorporar nuevos cultivos que no requieran sistema de irrigación y

con los que se pueda lograr un mejor aprovechamiento del agua de temporal (CONABIO, 2000).

Por lo tanto, es importante el aprovechamiento y la conservación de los recursos fitogenéticos, tanto locales como nacionales y del mundo, para evitar problemas de desaparición de especies de interés.

### 3.2 APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS GENÉTICOS LOCALES

En México se localiza 10% de las especies de plantas superiores del planeta, y más de 40% de ellas son habitantes exclusivas del territorio nacional, es decir, son especies endémicas que conforman el mosaico pluriétnico del país. La mayoría de las comunidades indígenas del país, tiene una relación directa con la biodiversidad; algunas han mantenido las prácticas ancestrales en cuanto a los medios de apropiación de la biodiversidad: la pesca, la caza, la cosecha y recolección y algunas prácticas agrícolas (cultivos mixtos de variedades criollas, resultado de años de selección y en muchos casos de franca domesticación) así como de prácticas forestales tradicionales de bajo impacto ambiental. Sin embargo, muchas comunidades han sucumbido ante presiones externas y han abandonado las prácticas tradicionales, menos destructivas, para adoptar otras que ocasionan impactos irreversibles en los ambientes naturales del país (CONABIO, 2000).

Nuestra agricultura configura un complejo de elementos culturales milenarios, de los siglos de la colonia, de introducciones de épocas más recientes, de "revolución verde" y de infiltración de consorcios transnacionales (Hernández, 1985); el aprovechar toda esta gama de conocimientos, nos permitirá crecer en cada una de nuestras regiones. Cada día tenemos menos espacio para cultivar plantas, por lo tanto debemos aprovechar de manera racional nuestros recursos regionales. La pérdida de las tierras cultivadas por efectos de la erosión, salinización y desertización se ha compensado con la incorporación de nuevas tierras al cultivo. El conocimiento de las relaciones suelo-planta, los flujos de materia y de energía en un ecosistema agrícola y las relaciones de unas plantas con otras y con los animales, ayudarán a utilizar mejor la tecnologías propias del sistema, tales como la labranza, la fertilización, el riego (Fuentes, 1998).

Cada especie o variedad tiene características morfológicas y ecológicas distintivas (Hernández, 1985); esto permite aprovechar las condiciones ambientales presentes en cada una de las regiones de nuestro país. Actualmente, entre el año 1976 y el 2000, se han perdido más de 2 millones de hectáreas de bosques, y estas pérdidas se han intensificado en las selvas tres veces más que los bosques para el mismo periodo (Inventario Forestal Nacional, 2002).

### 3.3 EROSIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS

Una de las causas de la erosión de los recursos genéticos, ha sido la erosión cultural; las culturas indígenas son las que han mantenido y generado la diversidad genética básica; pero cada día se ha venido incrementando su desorganización, por lo tanto se han perdido valiosos recursos que se habían empleado como medicina y alimentos (Hernández, 1987).

Las plantas medicinales son muy importantes dentro de las prácticas terapéuticas tradicionales, además, proporcionan a los recolectores ingresos económicos aún no cuantificados, por medio de la venta del material vegetal a los médicos tradicionales, así como a acopiadores que se encargan de la distribución nacional e internacional de estas plantas. De 1930 a 1970 se produjo una drástica disminución en el uso de sustancias naturales con propiedades medicinales. Esto fue provocado por la producción, a gran escala, de productos sintéticos con características similares o aparentemente de mayor eficacia curativa (Huerta, 1997).

El aumento de la población, la introducción, la aceptación de materiales mejorados a los campos de los pequeños agricultores y las condiciones agrícolas muy específicas de las regiones geográficas de México, traen como consecuencia la erosión de los suelos, así como la reducción de la fertilidad de los mismos por la utilización prolongada de monocultivos (Fuentes, 1998).

Tanto el aprovechamiento, como la pérdida de los recursos fitogenéticos, dependen de la intervención humana. El aumento de la población, la industrialización y la extensión de la frontera agrícola contribuyen a la erosión genética. A ello se suman la adopción de germoplasma élite y la modificación y/o destrucción de los centros de variabilidad genética. Esta pérdida de

recursos fitogenéticos pone en evidencia la urgente necesidad de conservarlos y usarlos de manera sostenible (Jaramillo y Baena, 2000).

### 3.4 CONSERVACIÓN *EX SITU*

La conservación de los recursos naturales en la actualidad es de suma importancia; cuando no es posible conservar en el sitio se puede recurrir a la conservación *ex situ*. Este tipo de conservación busca conservar fuera de su centro de origen o diversidad, tanto las especies como la variabilidad producida durante el proceso evolutivo de domesticación. La conservación *ex situ* pertenece al importante conjunto de actividades que componen el manejo de los recursos fitogenéticos (Jaramillo y Baena, 2000).

Se han buscado métodos de conservación *ex situ*, en los que se establecen metodologías y directrices para la recolección de muestras representativas de la diversidad genética de numerosos cultivos; también se preparan métodos para la recolección *in vitro* de especies de propagación vegetativa o recalcitrantes; las semillas de muchas especies se pueden conservar a largo plazo. Estas especies, se dice que poseen semillas ortodoxas y no presentan graves problemas para su conservación. Las semillas de algunas especies no se pueden conservar, ni almacenar por largos períodos, se dice que poseen semillas recalcitrantes; el criterio que se use para almacenar depende de la biología de la especie, de los órganos vegetales que se elijan para la conservación y regeneración (FAO, 1996).

El hombre ha sido y es el factor más importante para el desarrollo y mantenimiento de los cultivares, cada uno de ellos ha permanecido porque el hombre ha cuidado de ellos (Hernández, 1985).

### 3.5 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA GÉNERO *Dioscorea*

División: Espermatofita
Subdivisión: Angiosperma
Clase: Monocotiledónea
Orden: Dioscoreales
Familia: Dioscoreaceae
Género: <i>Dioscorea</i>
Especie: Varias
(Álvarez, 2000)

#### 3.5.1 Superorden: Dioscoranas

El grupo comprende tres familias y alrededor de 770 especies herbáceas, entre ellas plantas trepadoras (Dioscoreaceae), orden Dioscorales. Las dioscoráceas (Dioscoreaceae) son plantas fundamentalmente de zonas tropicales y subtropicales. Escasamente representadas en las zonas templadas (Audessirk *et al.*, 2003).

#### 3.5.2 Características de la Familia Dioscoreaceae

La familia está compuesta de 10 géneros y alrededor de 600 a 650 especies, ampliamente distribuidas en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, extendiéndose ligeramente hasta las zonas templadas del Hemisferio Norte (Sánchez, 1990; López y Lemus, 1998; Thurston, 1998; Klu *et al.*, 2005; Mignouna *et al.*, 2003; Andrade *et al.*, 2005; Mantell, 1998; Borges *et al.*, 2003). El género de *Dioscorea* se divide en cuatro subgéneros, estos son: *Helmia*, *Eudioscorea*, *Stenophora*, *Testudinaria* y cerca de 70 secciones aproximadamente; ocho secciones son las más importantes económicamente por su uso alimenticio y farmacéutico (Pantoja, 1997; Álvarez, 2000).

Son plantas trepadoras, por lo general dioicas, con bases rizomatosas o tuberosas; rizomas hipogeos o epigeo, tallos volubles, enroscándose a la derecha o a la izquierda, a veces angulares, ocasionalmente con espinas, o con bulbillos en las axilas foliares; hojas alternas u opuestas, enteras lobadas o divididas, pecioladas, láminas sagitadas o acorazonadas, nervaduras de 3-13

sagitadas y las venúlas; inflorescencias frecuentemente axilares, en espigas, sagitadas, racimos o panículas; flores inconspicuas, actinomorfas unisexuales, perianto biseriado de 6 divisiones más o menos unidas en la base, flores estaminadas con 6 estambres fértiles o 3 fértiles y 3 estaminodios, ocasionalmente 3 fértiles, filamentos separados o algo fusionados, anteras generalmente pequeñas, subglobosas a oblongas, basifijas, biloculadas; flores femeninas con el ovario ínfero, linear u oblongo, de sección triangular, trilocular, óvulos generalmente 2 en cada lóbulo, rara vez más numerosas, anátropos y de placentación axilar, estilos 3 libres o unidos, estigmas 3, cortos, simples o bifidos; fruto una cápsula trivalvada, frecuentemente trialada u ocasionalmente, una baya; semillas comprimidas o globosas, semillas aladas alrededor o solamente en la parte inferior o casi esféricas sin alas, lisas o reticuladas (Sosa *et al.*, 1987; Sánchez, 1990; Martínez y Matuda, 1979).

### 3.6 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL GÉNERO *Dioscorea*

Plantas díocas, volubles, trepadoras, herbáceas, subleñosas; con tubérculo hipogeo o epigeo; hojas alternas y opuestas, enteras, cordadas en la base; flores pequeñas, unisexuales, inflorescencias, simples o muy ramificadas, flores masculinas, perianto campanulado 6 parte en 2 series, globosos, tubiformes; estambres 3 o 6 fértiles, o 3 estaminodios y 3 fértiles, periantos femeninos persistentes, 6-partidos, estaminodios pequeños 3, 6 o ausente; ovario ínfero, linear oblongo, de 3 lóculos; estilos 3; libres, unidos, erectos, enteros, o bipartidos; fruto capsular, menudo de sección triangular o trialado, de dehiscencia loculicida; semillas comprimidas, frecuentemente aladas (Martínez y Matuda, 1979; Mc Vaugh, 1989; Sánchez, 1990).

### 3.7 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE *Dioscorea*

El género *Dioscorea* tuvo una amplia dispersión mundial a fines del Cretáceo. Como resultado de evoluciones posteriores en el viejo y nuevo mundo, se desarrollaron en los dos hemisferios, secciones separadas del género de las cuales ninguna está representada en ambos (Perea, 2000).

La domesticación del ñame (*Dioscorea* ssp.) ha ocurrido independientemente en Asia, África y América; en muchos pueblos de África Tropical, del Pacífico y las zonas del Caribe, el ñame se cultiva a gran escala

(Borges *et al.*, 2003). En el caso de *Dioscorea rotundata* y *D. cayenensis* fueron domesticados en el Oeste de África hace 7000 años, mientras que en América fue domesticada *D. trifida* (Mignouna *et al.*, 2003). Algunas especies cultivadas de ñame se conocen su origen y gran parte de las especies silvestres se desconoce de donde se originaron.

*Dioscorea alata* L. es nativa del sudeste Asiático de donde se extendió a Indonesia, África y América tropical. *Dioscorea rotundata* es la variedad más popular en África, especialmente en Nigeria y Ghana. *Dioscorea alata*, a través de diversos cultivares, ocupa la mayor superficie cultivada en los trópicos. Siguen en importancia: *D. cayenensis*, *D. bulbífera*, *D. trifida* y *D. esculenta* (Perea, 2000).

De los 10 géneros en que se compone la familia Dioscoreacea, solo el género *Dioscorea* se encuentra en México (Mc Vaugh, 1989). En el país, se habían reconocido 63 especies (Martínez y Matuda, 1979) y años más tarde alrededor de 70 especies (Sosa *et al.*, 1987).

Para Jalisco se reconocen 18 especies (Mc Vaugh, 1989); y Sánchez (1990) reconoce que *Dioscorea galeottiana* Kunt se encuentra presente en Jalisco, otros mencionan que *Dioscorea ulinei*, se distribuye en los estados de México, Jalisco, Michoacán, Morelos y Querétaro (Ramírez y Téllez, 1992). En el Cuadro 2 se muestra algunas de las especies encontradas en Jalisco.

Algunas especies de *Dioscorea* se conocen localmente por sus nombres comunes como se muestra (Cuadro 1). En cada parte del mundo tiene sus respectivos nombres comunes. Conocidos como yam en inglés y ñame en español; camote de cerro en Jalisco, México.

CUADRO 1. Nombres vulgares y científico de algunas especies de *Dioscorea*

Nombre científico	Nombres comunes
<i>D. composita</i> Helmsl	Barbasco, tepecamote, cabeza de negro
<i>D. convolvulácea</i> Cham. Schlecht	Camote blanco, madre del maíz, chichiúo.
<i>D. esculenta</i> (Lour.)	Papa ñame, diente de perro
<i>D. floribunda</i> Mart. Gal	Barbasco, tepecamote
<i>D. mexicana</i> Guill.	Barbasco, cabeza de negro
<i>D. spiculiflora</i> Hemsl	Pata de mula, Barbasco, papa ñame
<i>D. trifida</i> L	Yame, mapeo
<i>D. remotiflora</i>	Camote de cerro

Fuente: (González, 1984)

CUADRO 2. Especies de *Dioscorea* presentes en Jalisco

Especie	Lugar de localización	Autor(s)/año
<i>Dioscorea alata</i> L.	Jalisco, Nueva Galicia	Mc Vaugh, 1989; Cosatti, 1981
<i>Dioscorea convolvulácea</i> Schlecht & Cham	En Jalisco, se encontró cercano a Chamela, al Suroeste de Autlán, Chapala y cerca de Guadalajara, en la Barranca de Huentitán, 27 Km. al Este de Guadalajara.	Ramírez y Téllez, 1992; Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea jaliscana</i> S. Wats.	Al Este de Jesús María, Noroeste de Tepic, entre Mascota y San Sebastián del Oeste, Talpa, Suroeste de Autlán, Tecalitán; km 40 Suroeste de Guadalajara, en La Primavera, Oeste de Guadalajara y el Cerro de Tepopote.	Martínez y Matuda, 1979; Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea mexicana</i> Scheidw	Al Sureste de Autlán, 15-16 Km. al Suroeste de Autlán, entre Jilotlán y Tepalcatepec	Sosa <i>et al.</i> , 1987
<i>Dioscorea militaris</i> B.L.Rob	En la Barranca de Guadalajara, entre Huejuquilla y Mezquitic, también se encontró en Tlajomulco y Tamazula	Cosatti, 1981
<i>Dioscorea nelsonii</i> Uline Ex R. Knuth	En el Sur Oeste de Autlán	Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea nematodes</i> Uline Ex R. Knuth	Al Suroeste de Autlán	Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea remotiflora</i> Knuth.	Mpio de Jocotepec, Sierra del Tecuán, San Juan Cosalá, Cerro de la Cruz	Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea sparsiflora</i> Helmsl	San Martín de Bolaños, Noroeste de el Platanar, en Talpa, entre el Chante y la Sierra de Manantlán, El Molino, 40 km al Suroeste de Guadalajara, en el Mpio de Jocotepec, Cerro de San Juan, Sierra de Tecuán, en el Mpio. de Poncitlán , en la Barranca de Huentitán, Guadalajara.	Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea subtomentosa</i> Miranda	Cercano a Chamela, al Suroeste de Autlán	
<i>Dioscorea galeottiana</i> Kunth	De Jalisco al estado de México, Morelos y Chiapas	Sánchez, 1990
<i>Dioscorea ulinei</i> Greenm Ex R. Knuth	Jalisco	Ramírez y Téllez, 1992
<i>Dioscorea dugesii</i> Robinson	Jalisco	Ramírez y Téllez, 1992
<i>Dioscorea chamela</i> Mc Vaugh	Jalisco	Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea berenicea</i> Mc Vaugh	Jalisco	Mc Vaugh, 1989
<i>Dioscorea liebmannii</i> Uline	Jalisco	Sosa <i>et al.</i> , 1987
<i>Dioscorea orizabensis</i> Uline Ex R. Knuth	Jalisco	Sosa <i>et al.</i> , 1987

Las siguientes especies se encuentran dentro del listado florístico de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, en donde *Dioscorea nematodes* es considerada endémica de Nueva Galicia. *Dioscorea convolvulácea*, *D. cymosula*, *D. jaliscana*, *D. mexicana*, *D. militaris*, *D. nematodes*, *D. pringlei*, *D. remotiflora*, *D. sparsiflora*, *D. subtomentosa*, *D. ulinei* (Vázquez et al., 1995).

En el Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG) se encuentran algunas especies de *Dioscorea* herborizadas como se muestra en el Cuadro 3; se tienen registro de colectas desde 1965, algunos se han vuelto a coleccionar y herborizar en años más recientes.

CUADRO 3. Especies colectadas y herborizadas en el herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG)

Especie	Hábitat	Año de colecta	Altitud (msnm)
<i>Dioscorea remotiflora</i>	BTD, BM	197- 1995	300- 2300
<i>D. jaliscana</i>	BPE, BTD, BM	1980-1991	1390-2300
<i>D. convolvulácea</i>	BPE, SBD	1981-1990	1460-2200
<i>D. plumifera</i>	BM, BTD	1970-1988	1000-2200
<i>D. dugesii</i>	BTD	1988	1750-1800
<i>D. subtomentosa</i>	BTD	1989	1000
<i>D. galeottina</i>	BDE	1987	1550
<i>D. sparsiflora</i>	BTD	1992-1995	1000-1580
<i>D. militaris</i>	BM, BE, BP, BTD	1970-1996	1800-2200
<i>D. palmeri</i>	BTD	1995	-
<i>D. pringlei</i>	BPE	1965-1989	1700-1800
<i>D. hintonii</i>	BTD	1988	1500
<i>D. uruapanensis</i>	BTD	1986	1000

BTD: Bosque tropical deciduo  
 BM: Bosque mesofilo  
 BPE: Bosque de pino y encino  
 BE: Bosque espinoso  
 BTP: Bosque tropical perennifolio

### 3.8 DESCRIPCIÓN DE ALGUNAS ESPECIES DE *Dioscorea* COMESTIBLES

#### *Dioscorea alata* L.

Tallos trepadores, de más de 2 metros alado cuadrangulares, hojas opuestas, acuminadas, lampiñas, cordiformes, flores verdosas (Mc Vaugh, 1989; Cosatti, 1981).

#### *Dioscorea convolvulácea* Schlecht & Cham.

Tallos dextrovolubles, inermes, rollizos, en ocasiones angulados, glabros a escasamente pubescentes, surcados, hojas alternas, enteras, cordadas, en ocasiones lanceoladas, glabras o escasamente pubescentes en ambas superficies, ápice cuspidado base cordada; pecíolo glabro a hirsuto, inflorescencias estaminadas 1-3 racimos, perianto de 2 mm de largo, crema-amarillento, pistilodio ausente. Inflorescencias pistiladas, 1 de 4 a 11 cm., perianto de 3-5 ml de largo, crema, cápsula elíptica, semillas aladas lateralmente rugosas (Ramírez y Téllez, 1992).

#### *Dioscorea dugesii* Robinson

Tallos levovolubles, inermes, pubescentes, cuadrados, estriados y en ocasiones surcados. Hojas (1.5)4-8 cm de largo, (1.5)3-8 cm de ancho, alternas raramente opuestas, enteras, cordadas, pubescentes en las nervaduras de haz y envés, 9-11-13-nervaduras; ápice caudado, base cordada; pecíolo de (1-) 3.5-6 cm largo, de 0.5-1 mm de diámetro, pubescente. Inflorescencia estaminadas 1-4 racimos de cimmas de (3) 5-10 cm de largo; brácteas externas de 2-2.1 mm de largo, 1mm de ancho; brácteas internas de 1.1 mm de largo, 0.5 mm de ancho, lanceoladas; flores de 1-3 por cima, pedicelos 0.5-1.1(-3) mm de largo; perianto de 1.1-1.3(-3) mm de largo, violáceas, los tépalos de 1 mm largo, 0.7-0.8 mm de ancho, ovados; estambres 6, 3 largos de 0.8 mm, 3 cortos de 0.6 mm, insertados en la base de los tépalos. Inflorescencias pistiladas 1 racimo por axila de 8-22 cm de largo, Cápsula rugosa, pardo-oscura, semillas aladas periféricamente, rugosas (Ramírez y Téllez, 1992).

*Dioscorea remotiflora* Knuth.

Tallos levovolubles, inermes, rollisos, en ocasiones angulados, profundamente surcados, cinéreo-pubescentes. Hojas alternas, enteras, cordadas, glabras a escasamente pubescentes, 7-9 nervias; ápice cuspidado, base cordada; peciolo de 1-4 cm de largo, 0.5-1 mm de diámetro, cinéreo-pubescente, angulado-serrulado. Inflorescencias estaminadas 1-2 panículas de cima de 2- 15 cm de largo; brácteas, ovado-lanceoladas; flores de 1-5 por cima, subsésiles; perianto de 1-4 mm de largo, pardo amarillento, Inflorescencias pistiladas de 5-22 cm de largo; flores pistiladas subsésiles; estaminodios, 6 insertados en la base de los tépalos. Cápsula de 1.1- 1.5 cm de largo, 0.9-1 cm de ancho, elíptica-romboide, comprimida hacia el centro, pubescente, pardo-clara brillante; semillas de 0.5-0.7 cm de largo, 0.3-0.4 cm de ancho, alada periféricamente, rugosa (Mc Vaugh, 1989).

*Dioscorea sparsiflora* Helmsl

Tallos tetra-angulados, alados, carnosos, variegados con púrpura; peciolo alado, cerca de tres veces más largo que la variedad típica (Mc Vaugh, 1989).

*Dioscorea galeottiana* Kunth

Planta herbácea, perenne, trepadora; tallos hasta de 10 metros de largo, prismáticos casi glabros; hojas alternas, pecioladas, suborbiculares a ovado acorazonadas, generalmente glabro, envés hirtulo sobre las nervaduras, inflorescencias masculinas en forma de racimos simples o ramificados desde la base, perianto de las flores masculinas de color morado, café oscuro, segmentos oblongo-lanceolados, estambres fértiles, filamentos cortos, estaminodios ausentes, rudimento de gineceo a veces presente inflorescencias femeninas racimosas, las flores sésiles o muy cortamente pediceladas, de color morado oscuro, estigmas enteros cápsula oblonga, glabra; Se conoce de Jalisco al estado de México, Morelos y Chiapas (Sánchez, 1990).

*Dioscorea nelsonii* Uline Ex R. Knuth

Tallos inermes, levovolubles, rollizos, viloso-pubescentes, sulcados. Hojas, alternas, enteras, cordadas a suborbiculares, esparcidamente

pubescentes, 9- 11 nervias; ápice cuspidado, base cordada; pecíolo, viloso. Inflorescencia estaminada 1-3 racimos de cimas 12-35 cm de largo; brácteas, oblongo-deltadas; flores (1)3(-5) por cima, subsésiles; perianto de 2-3 mm de largo, blanquecino a crema, pubescente; tépalos, oblongo-deltados; cónico, robusto. Inflorescencias pistiladas 1 racimo de 30 cm de largo, brácteas, oblongo-lanceoladas; perianto de 0.7-2 mm de largo, pardo- verdoso, pubescente; tépalos, oblongo-lanceolado; estaminodios 6, de 0.8-1 mm de largo, filiformes, insertados en la base de los tépalos. Cápsula de 2.5-3 cm de largo, 1.5-2 cm de ancho, ovado-elípticas; lisa a rugosa, amarillenta mate; semillas de 1.1-1.5 cm de largo, 0.7-1.5 cm de ancho, aladas periféricamente, rugosas (Mc Vaugh, 1989).

### 3.9 IMPORTANCIA ECONÓMICA DE LAS ESPECIES DE *Dioscorea*

La importancia económica de *Dioscorea* de las 60 especies cultivadas por sus tubérculos, que son usados como alimento y al aprovechamiento de las especies con interés farmacéutico por el contenido de sustancias tóxicas; 12 de las especies cultivadas en el mundo son conocidas como drogas (López, 1998).

La producción de dioscoreas en zonas tropicales y subtropicales del mundo es altamente significativa. Las bondades del género *Dioscorea*, ya son consideradas en otros lugares del mundo en donde se trabaja con materiales mejorados, con rendimientos alcanzados en países como África que llegaron a ser, en 2004, de 350,000 toneladas. En América del Sur se cultiva en Colombia, Venezuela y en un menor porcentaje en Belice. También se cultiva en las Islas de Jamaica y Cuba. Según las estadísticas de la FAO en el 2006, la cantidad producida en algunos países como Colombia fue de 320,000 ton, en Jamaica 148.00 ton, Venezuela 69.88 ton, Belice 0.03 ton.

En cuanto a las especies *D. rotundata* y *D. cayenensis*, que son las más populares y económicamente importantes en el oeste y centro de África, en África con Nigeria en el 2003 se produjo el 68% de la producción total del mundo, con 39 millones de toneladas, y en 2004 África produjo 350 millones de toneladas (FAO, 2006; Mignouna *et al.*, 2003; Thurston, 1998).

En México no existe ningún dato de producción ante alguna organización de prestigio, el país se encuentra en ceros en las estadísticas de la FAO. Esto es debido a que las dioscoreas en nuestro país solo son de recolección, aún no

se tiene un sistema de producción y no se tiene ningún dato que aclare si las especies presentes en México aún existen o ya desaparecieron, o están en peligro de extinción; en las estadísticas de la UICN (Unión Mundial para la Naturaleza) se encuentra Mesoamérica, y aquí se ubica México. En Mesoamérica, la familia *Dioscoreaceae* cuenta con cinco especies en sus diferentes categorías: *Dioscorea chiborazensis* y *D. chorianda* en peligro de extinción, *D. lanata* presenta preocupación menor, *D. rimbachii* casi amenazada, *D. rosei* vulnerable (UICN, 2006; UICN, 2001).

Las investigaciones sobre las especies de *Dioscorea* en México se realizaron en los años de 1930 a 1979 con mayor importancia, por el aprovechamiento de diosgenina. El barbasco se encuentra dentro de los Productos no maderables y potencial relativo por tipo de ecosistema para selvas dentro del Programa Estratégico Dirección General Forestal-SEMARNAT (CONABIO, 2000).

Dentro del manejo del género en México, se realizaron pruebas sobre propagación vegetativa de *Dioscorea composita* y *D. floribunda*, utilizándose como material de propagación vegetativa, partes medias, coronas y puntas, de los tubérculos de camote; el resultado fue que las colas o partes terminales daban mejor resultado, las coronas brotan pero no producen rizomas; así, como al propagarlo de forma vegetativa representaba pérdidas en el establecimiento por pudriciones, y para evitarlas se realizaron pruebas a los tubérculos; en la parte del corte del tubérculo se esperaba la cicatrización y se evitaba las heridas en los tubérculos (Reyes, 1980). Al aumentar la presión sobre las especies que trataron de cultivar sobrevinieron plagas y enfermedades, por lo que se realizó un estudio para reconocer las principales plagas; se encontraron pulgón, que ataca a las hojas tiernas, su mayor incidencia se presentaba en enero y marzo y también algunas enfermedades del barbasco provocadas por hongos del género *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Carrizales y Segura, 1980). Con el fin de conocer más a las especies que producían mayor cantidad de diosgenina, se realizaron estudios sobre domesticación y cultivo de barbasco por parte de empresas farmacéuticas de México (Hernández, 1980). Las empresas farmacéuticas trabajaron con *D. composita*, *D. floribunda*, *D. freidestalli*, *D. spiculiflora* var. *Chiapanensis*, en varios estados de la República como Veracruz, Chiapas, Tabasco y Puebla; con

*Dioscorea composita* se obtuvieron excelentes resultados tanto de propagación vegetativa, como sexual (Reyes, 1980).

En Veracruz de 1975-1979 se observaba ya un decremento en la extracción de barbasco que inicia en 1975 con 5,000 toneladas y en 1979 con 652 toneladas; esto se da por la falta de infraestructura para el aprovechamiento racional, ya que se abusa de la extracción en las áreas que tienen vías de comunicación (Navar y López, 1980). Esto no solo sucede con los recursos silvestres que se encuentran en México, sino que con grandes extensiones agrícolas que con la mancha urbana y las vías de acceso se han perdido, bosques, terrenos para cultivos, cada día son menos las áreas verdes.

En los años 1970 a 1978 también se producía harina de barbasco; el estado de Puebla produjo 8,420 ton, Veracruz 38,546 ton, Oaxaca 26,372 ton, Tabasco 7,420 ton, Chiapas 17,206 ton y otros estados 1,352 ton. En los mismos años se produjo en la República Mexicana 496,230 ton de barbasco en seco y 99,316 ton en verde (Enríquez, 1980).

La búsqueda mundial de materia prima vegetal, con alto contenido de sapogenina para la aplicación comercial de las brillantes investigaciones bioquímicas que condujeron a la síntesis de esteroides, redundó en el descubrimiento de las extensas producciones espontáneas de *Dioscorea floribunda*, *D. macrostachya* y *D. composita* en las regiones cálido-húmedas de la vertiente mexicana del Golfo de México (Hernández, 1985). Los estudios ecológicos mostraron que la mayor producción de barbasco ocurre en los acahuals (fases seriales de 20 a 25 años de edad de los tipos vegetativos primarios), donde las condiciones son las más idóneas para el desarrollo de una planta con rizoma perenne, guías anuales y heliófilas (INIF, 1980).

El mayor aprovechamiento de este recurso en México, se logró durante los años 1940 a 1979, con la obtención de diosgenina; los laboratorios se instalaron en la República Mexicana, en especial en las regiones tropicales y subtropicales en donde se observaba la presencia de plantas de esta familia. La explotación de este recurso, la comercialización y la industrialización para la extracción de diosgenina, trajo como consecuencia la sobreexplotación, la cuál ya no fue redituable para las empresas farmacéuticas. Dentro de esta gama de investigaciones que se realizaron el mayor auge correspondió a algunas especies en México como *Dioscorea composita* y *Dioscorea mexicana*, con

gran contenido de diosgenina; se realizaron trabajos de investigación en la propagación de estas especies, en cultivo masivo, así como evaluación de contenido de diosgenina.

En México se manejó este recurso en forma exhaustiva e incluso salieron materiales para la propagación en otros trópicos del mundo. Parece ser que los contenidos en diosgenina de los materiales reproducidos en África o en Brasil, son notablemente inferiores a los de las especies mexicanas silvestres (González, 1984), y así, las transformaciones a que se sometieron estos recursos estuvieron en función del cambio en la producción barbasquera y de la dinámica del uso de los recursos para explotaciones agropecuarias (Hernández, 1985).

En la actualidad, y con miras a aprovechar recursos disponibles a nivel regional, en Jalisco se ha acrecentado el interés de este recurso. Se aprovecha en algunas localidades del estado, como fuente de alimento, se extrae de los cerros para venta en las localidades y en las afueras de la ciudad. Se aprovecha de manera silvestre, aún no se cuenta con establecimientos de cultivos masivos, por lo que los recolectores traen el recurso de los cerros, los cuales se han visto cada día con menor número de estas plantas. Aunque algunos camoteros tienden a cultivar el camote, suelen obtener ingresos a los tres años, cuando los tubérculos son buenos para recolectar en continuas recolecciones de pequeños tubérculos (Mostul y Chazaro, 1996).

### 3.10 MANEJO DE AGRONÓMICO *Dioscorea*

En otros países se cultivan algunas variedades de *D. alata*, que es la de mayor importancia comercial; para la producción de ñames se requiere de suelos fértiles, temperatura promedio de 24 °C. Los tubérculos usados como semilla oscilan entre 100 y 150 gramos, con una densidad de 25,000 a 35, 000 plantas por hectárea a una distancia de 20 a 30 cm por planta; requiere soporte a un mes después de que desarrolla la planta (DGIEA, 1991).

Algunas especies, como *D. convolvulacea* en México y Costa Rica, es semicultivada en America Central, desde México a Panamá, se usa como alimento (Hanelt, 2001).

Como la explotación de las especies de *Dioscorea* se obtiene de la vegetación espontánea, es decir de forma silvestre, y la extracción las realizan

los colectores de las localidades cercanas además de que no hay un control al respecto de la extracción del material vegetal, su explotación ha sido realizada en forma irracional (González, 1984).

Los sistemas actuales de extracción de los rizomas de barbasco incluyen la práctica consciente de dejar fracciones del rizoma, lo que ayuda al restablecimiento de las poblaciones espontáneas. Dicha regeneración es complementada por la producción de plántulas a partir de la semilla que se produce en abundancia y es distribuida por el viento hasta 300 m de distancia o más (Hernández, 1985; Gómez-Pompa, 1996).

Al menos 24 de las especies de *Dioscorea* del mundo se han cultivado (López y Lemus, 1998), de las especies cultivadas; la de mayor importancia económica en el mundo es *D. alata*; de ellas se tienen numerosos estudios; de conservación *in vitro* de germoplasma, regeneración y multiplicación *in vitro* (Borges *et al.*, 2003; Borges *et al.*, 2004), así como protocolos de criopreservación para *D. alata* al igual que para *D. cayenensis* (Leunufna y Keller, 2003) y microtuberización *D. alata*, *D. cayenensis*, *D. rotundata* y *D. bulbifera* (Tor *et al.*, 1998).

En cuanto a clasificación de las especies, se detectó polimorfismo en la evaluación de diversas isoenzimas; en la caracterización bioquímica y clasificación de germoplasma se utilizó el PGD(6-fosfogluconatodeshidrogenasa o 6PGD), el que se reveló como uno de los mejores al caracterizar y clasificar el ñame (Mignouna y Dansi, 2003). También se han utilizado marcadores moleculares como microsatélites en *Dioscorea alata*, *D. abisinia* y *D. praeheinsless*. Se obtuvieron 16 loci polimórficos caracterizados; así mismo, varios marcadores moleculares que son transferibles a otras especies de dioscoreas; se han amplificado fragmentos con ocho especies de dioscorea en el caso de *D.alata*, *D. rotundata*, *D. cayenensis*, *D. bulbifera*, *D. trifida* con el 50% de los loci usados de SSR fueron transferidos al 100% (Tostain *et al.*, 2006); como en otro estudio realizado han evaluado el nivel de ploidia y contenido de ADN nuclear en *D. alata* (Dansi *et al.*, 2005).

Es interesante hacer notar la dificultad de realizar los estudios de las especies de *Dioscorea* presentes en Jalisco de manera *in situ*. Por la disponibilidad de tiempo para realizar los experimentos en el lugar de colecta. Se procedió a realizar trabajos en campo de manera *ex situ* para poder

establecer el experimento en campo de las especies colectadas en el estado de Jalisco.

### 3.11 USOS Y PROPIEDADES DEL CAMOTE DE CERRO

Las especies *Dioscorea composita*, *Dioscorea mexicana*, *Dioscorea trifida* fueron usadas para extracción de diosgenina, y así, como los tubérculos radiculares sirven para almacenar hidratos de carbono, por este motivo es utilizado por el hombre, con frecuencia, para alimento, como el caso de la raíz del ñame (*Dioscorea batata*), la cual almacena almidón. Algunas otras especies se han utilizado para la extracción de compuestos como la diosgenina (Luttge *et al.*, 1993).

La diosgenina, una sapogenina esteroidea producida por el ñame silvestre, es un material de partida para la síntesis química de la progesterona. Los tallos y el tubérculo son aprovechados para la obtención de compuestos esteroideos, que sirven como materia prima para comenzar la síntesis química de hormonas esteroideas (Robbers y Tyler, 1999).

La explotación comercial de dichos esteroides pone al alcance económico del pueblo, medicamentos para el tratamiento de la temible enfermedad llamada arteriosclerosis y de las dolencias sexuales. La concentración de la explotación en *Dioscorea composita*, colocó a México en posición favorable de obtener beneficios económicos de sustancias que con anterioridad derivaban utilidad rural. Se utilizó para el "embarbasque" de peces, práctica prohibida por nuestras leyes forestales (Hernández, 1985). Las dioscoreas, usadas para la extracción de diosgenina tenían un sabor amargo; las consumían cocidas para evitar toxicidad y los de sabor suave como *Dioscorea esculenta*, tienen un delicado sabor dulce, libres de toxicidad; en cambio, no son fáciles de almacenar (González, 1984).

En nuestros días aún es aprovechada la raíz del barbasco, la cual con base en el uso del conocimiento local está siendo aprovechada por la empresa Syntex para la producción de hormonas esteroides que son utilizadas en la fabricación de píldoras anticonceptivas (Loa *et al.*, 2000).

Algunas especies de *Dioscorea*, en Jalisco, son conocidas como camote de cerro, gualacamote, camote real (Martínez, 1991); es utilizado como fuente de alimentos en las poblaciones rurales, se le considera como un alimento exótico

que personas de la ciudad de Guadalajara solían extraer de los cerros cercanos como la Barranca de Huentitán. Con el paso de los años, la situación demográfica cambió y los posibles lugares donde se podía localizar esta planta ya no era accesible, cada día se veía menor número de poblaciones a distancias más alejadas. El camote de cerro se distribuye en algunos mercados de Guadalajara, como el mercado Felipe Angeles, el mercado Corona, el mercado San Juan de Dios, entre otros; también se encuentra en algunos tianguis de Zapopan y Tlaquepaque. El producto se vende crudo en alrededor de treinta pesos, y cocido a cuarenta pesos (\*Com. Personal, Santacruz, 2007).

Actualmente, algunas de las especies presentes en Jalisco son usadas principalmente como alimento, obteniendo ingresos extras para las familias de los recolectores y vendedores de camote de cerro (Mostul y Cházaro, 1996).

Los tubérculos del ñame son una excelente fuente de carbohidratos; contiene vitaminas como carotenos, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico. Además, posee la mayor parte de los aminoácidos esenciales: arginina, leucina, isoleucina y valina; en menor cantidad se encuentran histidina, metionina y triptófano; el contenido de proteínas del ñame es del 11.21%, es rico en minerales como calcio, hierro y fósforo (Perea, 2000) y en México se han realizado análisis bromatológicos a *D. dugesii* con los resultados que se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis bromatológico del rizoma del camote de cerro (*D. dugesii* Rob.)

Elemento	Cantidad
Agua	86.2784%
Materia seca	13.7216%
Cenizas	3.5267%
Proteínas	6.363%
Extracto etereo (grasas)	0.3937%
Fibra cruda	3.4382%
Sólidos solubles	6 B
pH	5.7
Acidez titulable	4.5 Meq.
Calorías	4230.8463 Cal/gr

B = Grados Brix; Cal/gr= calorías por gramo; Meq.= Miliequivalentes de ácido  
Fuente (Maldonado, 1994)

\* Santacruz R. F. 2007. Laboratorio de cultivo de tejidos vegetales. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

### 3.12 CARACTERIZACIÓN DE GERMOPLASMA VEGETAL

Caracterizar germoplasma consiste en describir de manera sistemática las accesiones de una especie a partir de características cualitativas y cuantitativas como el hábito de crecimiento, la altura de la planta y el color de las flores entre otras. Algunos caracteres usados para la caracterización morfológica son altamente heredables, pero en algunos casos son muy influenciados por el ambiente, por lo que es importante tomar en cuenta otras alternativas para complementar el estudio, como el análisis molecular de las especies de interés.

La caracterización se realiza en una muestra representativa de la población y mediante una lista de descriptores (características) y los instrumentos para registrarlos. La muestra que se caracteriza debe representar la variabilidad genética total de la población de manera que permita observar y registrar las características que posee. Los descriptores son las características mediante las cuales podremos conocer el germoplasma y determinar su utilidad potencial. Muchos atributos pueden describir un material pero los caracteres realmente útiles son aquellos que se pueden detectar a simple vista, registrar fácilmente, que tienen alta heredabilidad, alto valor taxonómico y agronómico, que se pueden aplicar a muestras pequeñas y permiten diferenciar una accesión de otra (Jaramillo y Baena, 2000).

### 3.13 ANÁLISIS MULTIVARIADO

El análisis multivariado se refiere a todos los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples de cada individuo u objeto sometido a investigación; el propósito es medir, explicar y predecir el grado de relación de los valores teóricos. El análisis multivariante es un conjunto de técnicas de análisis de datos en expansión. Entre las técnicas más conocidas: regresión múltiple y correlación múltiple; análisis discriminante múltiple; componentes principales y análisis factorial común; análisis multivariante de varianza y covarianza; correlación canónica; análisis cluster; análisis multidimensional y análisis conjunto y el objeto de cada una de estas técnicas es resumir grandes cantidades de datos por medio de relativamente pocos parámetros y su uso depende de investigación (Hair *et al.*, 1999; Dallas, 2004).

### 3.13.1 Análisis de componentes principales

En el análisis de componentes principales se usa un procedimiento matemático que transforma un conjunto de variables respuesta correlacionadas, en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas. Se puede hacer sobre una matriz de varianza-covarianza de las muestras o una matriz de correlación. El objetivo es reducir la dimensionalidad del conjunto de datos e identificar nuevas variables significativas (Hair *et al.*, 1999; Dallas, 2004).

### 3.13.2 Análisis cluster

El análisis cluster, también conocido como análisis de clasificación o taxonomía numérica, es una técnica analítica para desarrollar subgrupos significativos de individuos u objetos; el objetivo es clasificar una muestra de entidades de un número pequeño de grupos mutuamente excluyentes basados en similitudes entre las entidades, clasifica objetos; los objetos dentro de los conglomerados estarán muy próximos cuando se representen gráficamente, y los diferentes grupos estarán muy alejados. El uso tradicional del análisis cluster ha sido para propósitos exploratorios y la formulación de una taxonomía; una clasificación de objetos realizada empíricamente (Hair *et al.*, 1999; Dallas, 2004).

## IV MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 ÁREA DE ESTUDIO Y MATERIAL VEGETAL

Para las actividades de recolección se consideraron 15 localidades ubicadas en los siguientes nueve municipios del estado de Jalisco: Ahualulco del Mercado, Ameca, Chapala, Cocula, Cuquío, Ixtlahuacán de los Membrillos, La Manzanilla, Tomatlán y Zapotitlán de Vadillo. En estos municipios se desarrollan de manera silvestre las plantas de camote de cerro y el tubérculo se aprovecha para consumo humano.

### 4.2 COLECTA DE TUBÉRCULOS Y SEMILLAS

Se colectó como material vegetativo, tubérculos frescos para propagarlos posteriormente. Se tomaron muestras de plantas completas, se realizó extracción manual de los tubérculos, excavando pozos dependiendo del tamaño del tubérculo con una barra y pala. Se tomaron las medidas apropiadas para evitar que las muestras presenten deshidratación o descomposición, pues puede afectarse la viabilidad.

Cuando fue posible, se cosecharon frutos, ya que éstos mantienen las semillas; se realizó la extracción manual de las semillas, en el Laboratorio de Cultivos vegetales del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), seleccionando cada una de ellas.

En el total de las 15 localidades colectadas, se obtuvieron aproximadamente de 2 a 15 plantas por localidad, dependiendo de las plantas presentes y como lo reporta Sánchez (2005); por ser plantas de propagación vegetativa, no se recomienda recolectar más de un propágulo de cada 10-15 plantas vecinas, tratando de cubrir un área amplia. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico y las mismas se transfirieron en cajas del mismo material para su transporte fácil y seguro.

#### 4.2.1 Documentación de muestras durante la colecta

Cada una de las muestras fue identificada y documentada registrando datos de pasaporte en cada una de las localidades. El número de orden de la ficha de colecta se inició con 1 para el primer lugar de colecta y la primera planta y así, sucesivamente, el género, (sólo algunas se les colocó la posible

especie), el nombre de las localidades del estado de Jalisco en donde se realizó la colecta, el nombre del recolector, la fecha de colecta, y la georeferenciación del lugar para el caso de algunas localidades. En algunos casos se tomaron fotografías de las plantas en campo y de los tubérculos extraídos.

#### 4.2.2 Cuidados durante la colecta

Para evitar que el hábitat se viera afectado de manera severa, al ser plantas silvestres, se localizaron las poblaciones y se colectaron solo las muestras necesarias; en algunos sitios no fue posible colectar las muestras requeridas para obtener la mayor variabilidad posible; asimismo, se evitó tomar muestras grandes en poblaciones pequeñas.

Es importante mencionar, que no solo es la colecta de las plantas, sino tomar en cuenta la región en donde se desarrolla la planta, así como también la gente que tradicionalmente la consume y el respetar costumbres, conocimientos y creencias de las comunidades que habitan en el sitio de colecta, esto no solo permite conocer el uso que se les da a las plantas locales que utilizan cotidianamente, sino que garantiza su colaboración con los investigadores durante la expedición, o cuando se requiera de su apoyo en el futuro. Se visitó a las personas que vendían camote de cerro en las localidades cercanas para solicitarles su colaboración en la extracción de material vegetal; también se buscó a personas que conocieran la zona para obtener mejores resultados. Las medidas de seguridad tomadas con respecto a la realización de la colecta son muy importantes; las herramientas utilizadas como pala, machete, barra, permitió la extracción de los tubérculos; para protección de las personas, se utilizó ropa adecuada para campo y protección del sol. Los equipos utilizados, como cámaras fotográficas o los utensilios de medición (geoposicionador), así como los demás materiales utilizados para la extracción de los tubérculos, se manipularon con precaución.

La localización geográfica de los sitios en donde fue realizada la colecta se hizo mediante un recorrido en campo para localizar las plantas presentes en la zona; se tomaron datos de latitud y longitud con un geoposicionador.

#### 4.3 ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CAMOTE DE CERRO DESPUÉS DE LA COLECTA

Se limpiaron los tubérculos para evitar que las muestras se dañaran o contaminaran; la limpieza consistió en retirar todos los contaminantes ajenos a la muestra, como piedras, tierra y otros residuos vegetales. Para evitar el ataque de hongos, los tubérculos fueron sumergidos en una solución de un litro de agua y 2 gramos de Captan (fungicida), que permitió almacenar las muestras libres de hongos.

Las muestras acondicionadas se secaron y colocaron en bolsas de papel, se almacenaron en anaqueles a temperatura ambiente para su posterior propagación. Las semillas se limpiaron, retirando aquellas que estuvieran infectadas, perforadas o que pertenecieran a otras especies; se almacenaron en recipientes de plástico alejadas de la luz. Se colocaron las semillas disponibles en cajas petri para someterlas a pruebas de germinación en el laboratorio.

Se realizó una prueba con las bolsas de papel que contenían los tubérculos para conservación y posterior propagación; se colocaron en un anaquel los de la parte superior con mayor exposición a la luz y la parte inferior con menor exposición para ver el comportamiento de los tubérculos en cuanto a inicio de brotación.

#### 4.4 PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAMOTE DE CERRO

El trabajo de propagación se desarrolló en el CUCBA en las Agujas Zapopan, Jalisco, en un invernadero tipo malla sombra, para darle las condiciones adecuadas a las plantas silvestres de camote de cerro. Cada accesión estuvo representada por una planta (Anexo1).

La caracterización morfológica se realizó durante los ciclos 2005 y 2006. El material que se caracterizó se estableció en invernadero, en parcelas debidamente identificadas y en condiciones de manejo uniformes. Una vez establecidas las poblaciones, se observaron las características de las especies presentes en las colectas, en las diversas etapas de desarrollo y se registró la expresión a partir de un conjunto seleccionado de descriptores. Los datos se tomaron y registraron de forma sistemática, ordenada y consistente para facilitar su posterior análisis estadístico.

Los descriptores utilizados fueron los específicos para dioscoreas (IPGRI/IITA, 1997) considerándose un total de 116 caracteres para tallo, hoja, flor, fruto y tubérculo (Anexo 2).

#### 4.5 MANEJO AGRONÓMICO DE CAMOTE DE CERRO

El experimento se realizó en condiciones de riego. Los riegos fueron cada 15 días; las plantas se colocaron en bolsas de plástico. Las bolsas de plástico fueron de polietileno negro de 1 m de largo y 20 cm de diámetro contenían un sustrato con un 50% de tierra de campo, 20% de arena y 30% de abono de lombriz; para que el sustrato fuera homogéneo, se mezcló con una pala. Los tubérculos fueron cortados con navaja, en segmentos de aproximadamente 100 g, y esto dependió de la cantidad de material que se tenía de cada localidad; se colocaron directamente a bolsas.

Se empleo una separación entre hileras de 70 y 40 cm entre plantas. Cada planta se sujetó con rafia a una varilla que se enterró en el suelo con un martillo para dejarla firme, y así evitar que se voltearan las bolsas; se trasplantaron al azar las 174 plantas de las 15 localidades.

Dado que las plantas son de hábito trepador se requirió de tutores; que se habilitó colocando hilos de rafia y éstas se sujetaron de un tendido de rafia que se colocó en todo el invernadero para que las plantas pudieran trepar; a cada una de ellas se colocaron etiquetas enceradas para que permanecieran por más tiempo e identificar la accesión; cada etiqueta contenía número de identificación en campo y la localidad de procedencia.

El control de maleza se realizó de manera manual para las bolsas y con una desbrozadora para las hileras y alrededores del invernadero.

No se realizó fertilización química, ya que se aplicó al sustrato abono de lombriz para un buen desarrollo de las plantas.

Es importante tomar en cuenta el tipo de polinización que presentan las plantas. Se menciona en algunos reportes que las dioscoreas son polinizadas por el viento y algunos insectos; en el experimento se observaron algunos insectos polinizadores, pero no se llevó a cabo la identificación de los mismos. Todas las colectas fueron colocadas al azar en el invernadero.

#### 4.6 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Antes de completar el desarrollo fisiológico algunas plantas fueron herborizadas y se trasladaron al herbario IBUG (Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara) por el M. en C. Raúl Pérez Pérez. La clasificación taxonómica de las plantas que completaron su ciclo hasta floración se realizó en los años 2004 y 2005; se cortaron flores masculinas y femeninas para la identificación con las claves de material pistilado y estaminado, para identificar a *D. remotiflora*, *D. nelsonii* (Mc Vaugh, 1989) y con las claves artificiales para *Dioscorea* se identificó a *D. sparsiflora*, *D. dugesii* (Ramírez y Téllez, 1992). Se utilizó el microscopio esteroscopio para la identificación de las flores, se midió tamaño de la corola, tamaño de los estambres, color de la corola, número de estambres y forma de flor.

#### 4.7 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE ACUERDO AL IPGRI/ITTA, (1997)

##### 4.7.1 Caracterización morfológica del tallo

###### 4.7.1.1 Características del tallo joven

Cuando brotó el tallo joven, se registró el número de días entre la plantación y el brote; además de longitud del tallo joven en cm, registrada 20 días después del brote; número de entrenudos en el tallo contados 20 días después del brote; color del tallo observado 20 días después del brote; ausencia/presencia de cera; ausencia/presencia de alas; color de las alas observado 20 días después del brote; ausencia/presencia de pelos; ausencia/presencia de espinas; ausencia/presencia de mancha de color en la base de la espina, observada 30 días después del brote; ausencia/presencia de trozos cortezudos observados 30 días después del brote.

###### 4.7.1.2 Características del tallo adulto antes de la senescencia

El tipo de planta; la viabilidad de la planta; el hábito de trepado de la planta; modalidad de trepado; altura del tallo; número de tallos maduros por planta; color del tallo maduro; número de entrenudos hasta la primera ramificación; número de ramificaciones en el tallo, se registró el número de ramas sobre la superficie; diámetro del tallo maduro en cm, se midió a 15 cm

sobre la base de la planta; forma de la sección transversal del tallo maduro en la base; longitud de los entrenudos, registrado a una altura de un metro con un promedio de cinco plantas; ausencia/presencia de cera; ausencia/presencia de alas; posición de las alas; tamaño de las alas registrado a una altura de un metro; color de las alas; ausencia o presencia de cresta; pilosidad del tallo; tipo de pelo; superficie rugosa del tallo; ausencia/presencia de hojas escamadas; posición de las hojas escamadas; espinas en la base del tallo; espinas arriba de la base del tallo; posición de las espinas; forma de las espinas; longitud de las espinas; ausencia/presencia de espinas coalescentes; color de la mancha en la base de la espina.

#### 4.7.2 Caracterización morfológica de la hoja

##### 4.7.2.1 Características de hojas jóvenes

Primer brote de hojas; número de hojas registrado 30 días después del brote; color de las hojas; color del borde; color de la nervadura; color del pecíolo; color del ala del pecíolo; pilosidad del haz/envés de la hoja.

##### 4.7.2.2 Características de las hojas maduras

Posición de las hojas; densidad de las hojas; número de entrenudos hasta las hojas totalmente abiertas; tipo de hoja madura; borde de la hoja madura; correosidad de la hoja; color de las hojas; color de la nervadura en el haz; color de la nervadura en el envés; color del borde; pilosidad en el haz; pilosidad en el envés; serosidad en el haz/envés; forma de las hojas (Anexo 2; Figura 3); forma del ápice (Anexo 2; Figura 4), ondulación de la hoja; distancia entre los lóbulos (Anexo 2; Figura 5); hoja madura doblada hacia arriba a lo largo del nervio medial; hoja madura arqueada hacia abajo a lo largo del nervio medial; lóbulos de la hoja madura formando una copa; lóbulos de la hoja madura arqueadas hacia abajo; medida de la hoja madura en cm, observado en cinco hojas de cada planta; posición de la parte más ancha de la hoja; longitud de la punta; color de la punta; longitud del pecíolo; longitud del pecíolo en relación con el limbo de la hoja madura; pilosidad del pecíolo; color del pecíolo;

color del ala del peciolo; espinosidad del peciolo; ausencia/presencia de estípulas en la hoja madura.

#### 4.7.3 Caracterización morfológica de la flor

La floración se registro cuando se observó presencia de flores; días a la floración se contó a partir del trasplante; sexo, posición de la inflorescencia en relación con las ramas; número de inflorescencia por planta; color y tipo de la inflorescencia se comparó con los descriptores (Anexo 2; Figura 7); longitud media de la inflorescencia, número de inflorescencias por entrenudo; número de flores femeninas por inflorescencia, color de la flor, longitud y diámetro de la flor masculina y femenina se tomó en mm con vernier y en estereoscopio.

#### 4.7.4 Caracterización morfológica del fruto

Cuando el fruto ya estaba maduro, se tomaron datos de formación del fruto, desarrollo del fruto, posición del fruto, forma, tamaño, pilosidad ausencia o presencia de cera, ausencia o presencia de manchas, ausencia o presencia de semillas, forma de la semilla, estructura del ala de la semilla, número de semillas; éstas fueron contadas manualmente y se colocaron en frascos y bolsas pequeñas de aluminio con datos de identificación para el banco de germoplasma del CUCBA. Se cosecharon las semillas antes de que se abrieran los frutos en invernadero para evitar su dispersión.

#### 4.7.5 Caracterización de los tubérculos subterráneos

Número de tubérculos, tendencia del tubérculo a la ramificación, longitud y diámetro del tubérculo, se tomó con vernier y regla; el pesado de los tubérculos se realizó en una balanza; para obtener los kilogramos por planta se pesaron después de la extracción en los meses de enero y febrero de 2005 y 2006, época en que la planta ya se encontraba en senescencia.

Se caracterizó la planta, considerando aquellas características como el tipo de planta con hábito trepador, la modalidad de trepado contra reloj (trepado hacia la derecha), que presenten consistencia en todas las colectas se detallan en el Anexo 4. Todos los demás caracteres se sometieron a un análisis estadístico; se depuraron los datos, conservando los de mayor variación; se

utilizó la nomenclatura X1 a X91 para identificar las variables usadas en el análisis.

#### 4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

La información derivada del análisis fenotípico de la planta, así como de los caracteres tanto cuantitativos como cualitativos con 91 variables (Anexo 4) se sometió a un análisis de agrupamiento con base en el programa NTSYS – PC versión 2.1. Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (CP), con base en el paquete estadístico de SAS Versión 8 para determinar las características que tienen mayor valor descriptivo y que mejor explican la variabilidad de la planta.

## V RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 COLECTA

En las colectas de semillas de camote de cerro de las 15 localidades muestreadas en el estado de Jalisco, se requirió de la obtención de frutos secos, antes que abrieran. Estas plantas tienden a dispersar sus semillas de manera rápida; de acuerdo a Ramírez y Tellez (1992) esto se debe a la presencia de alas en las semillas y se infiere que la dispersión es anemócora, por lo anterior se debe coleccionar en el momento apropiado, antes que las semillas se dispersen. Según, Jaramillo y Baena (2000), la colecta debe hacerse cuando las semillas están maduras para que toleren la desecación sin perder viabilidad. Por lo tanto si tenemos semillas sanas tendremos mayor probabilidad de obtener excelentes resultados en el establecimiento.

Dado que las plantas son dioicas, fue posible obtener semillas para propagación sexual. Al respecto de la presencia de plantas masculinas y femeninas en campo López (1999) reportó que la proporción de sexos en las poblaciones es a una relación de 3:1 con respecto a plantas machos y hembras, en promedio para el caso de *Dioscorea remotiflora* y *Dioscorea remotiflora* var. *maculata*. Sosa (1980) menciona que las plantas han sufrido en millones de años una evolución; en el proceso ha cambiado su carácter drásticamente y con el principio de que dos son mejores que uno y a la unión de sus genes, la nueva planta resultante puede adquirir un potencial de supervivencia mayor que el de cada progenitora sola, por lo tanto se puede decir que la reproducción es un proceso de conservación.

Además de semillas se colectaron tubérculos en nueve municipios del estado de Jalisco en un total de 15 localidades colectadas. Se colectaron de una a dos plantas en poblaciones pequeñas en poblaciones mayores se colectaron de 11 a 20 plantas.

No se presentó ningún problema con hongos; debido a la aplicación de fungicidas previo al almacenado de las muestras de los segmentos de tubérculos, se encontraron en condiciones apropiadas para la propagación vegetativa. Obteniéndose excelentes resultados en la propagación con todos los materiales provenientes de las diferentes colectas. Al respecto, López y Lemus (1998) reporta que los tubérculos o trozos de éstos presentan una

capacidad de regeneración de 80% sin tratamiento desinfectante y 100% con tratamiento desinfectante. Las colectas almacenadas (tubérculos) y con períodos de hasta 3 meses, conservadas adecuadamente en el laboratorio, se sometieron a propagación vegetativa. Todas las colectas fueron propagadas con un porcentaje de regeneración de los tubérculos de un 95 %, por lo tanto, los resultados obtenidos difieren con los informados por Reséndiz (1996), indica que un 79 % de brotación se requería de coleccionar e inmediatamente sembrar para obtener hasta el 100% de los tubérculos usados como semilla.

## 5.2 CUIDADOS DURANTE LA COLECTA

Las muestras fueron debidamente identificadas, incluyendo número de muestra, lugar de colecta y las iniciales del recolector, para facilitar su posterior identificación. Teniendo en cuenta que las especies colectadas son silvestres es necesario tener especial cuidado al momento de coleccionarlas. Dado que puede haber pérdidas de poblaciones y consecuentemente dañar un hábitat. Esto ocurre cuando se toman muestras grandes en poblaciones pequeñas, se transporta germoplasma contaminado o se introducen especies que pueden desplazar a las nativas por competencia y/o hibridación. Para el caso de camote de cerro, en donde se aprovecha solo por recolecta y en donde la actividad de la recolección es una práctica común para quienes la extraen de los cerros. Los que año tras año han sido los principales conservadores de este recurso, con su experiencia, han permitido conocer y cuidar este recurso, que siendo silvestre aún prevalece hasta nuestros días. A pesar de la extracción desmedida que en algunas zonas se observa y como nos menciona López y Lemus (1998), que la extracción es una de las causas de la disminución de las poblaciones en el Occidente de México y según López (1999), las camoterías o poblaciones de camote de cerro, presentan una distribución por parches discontinuos, los cuales poseen una forma alargada, siguiendo el contorno de las faldas de lomas y cerros en terrenos planos, son escasas, debido al uso agrícola, en lugares con vegetación perturbada, no se observó crecimiento de plántulas. Todo esto hace más difícil que este recurso pueda estar disponible a la población, ya que cada día, es mayor la distancia que recorren los recolectores en busca de plantas de camote de cerro (Figura 1).



Figura 1. Plantas de camote de cerro en su hábitat silvestre. a) Extracción de camote de cerro, b) Plantas de camote de cerro en su hábitat. C) Colecta en cerro de Ameca

### 5.3 ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE CAMOTE DESPUÉS DE LA COLECTA

Las semillas después de colectadas se limpiaron, y las perforadas se retiraron de la muestra las semillas que no presentaban daño visible, pero que no germinaron, se sometieron a pruebas de germinación para observar su viabilidad; algunas semillas se observaron al microscopio con detenimiento, se detectaron daños provocados por insectos procedentes de campo para algunas colectas. Las semillas dañadas presentaban un orificio en el endospermo, por lo que ya no era posible la germinación.

De las pruebas de germinación realizadas, la colecta proveniente de Ahualulco fue la que permitió realizar la prueba completa, se obtuvo un 99% de semilla germinada, esto debido a que las semillas estaban sanas, sin ningún

daño; en las otras localidades se tenía muy poca semilla, por lo que las pruebas realizadas fueron con poca semilla. Se obtuvieron porcentajes muy bajos de germinación, lo que se debió a los daños observados en el microscopio, que a simple vista no se detectaron.

En las colectas de Chapala que presentaban daño, algunas semillas ya tenían daño en campo, y al realizar pruebas de viabilidad no se obtuvieron buenos resultados; sometiéndose a dichas pruebas de selección, se obtuvieron semillas de muy buena calidad y viabilidad; Sosa (1980), recomienda que la semilla se guarde en recipientes cerrados herméticamente, a una temperatura de 0 a 5° C; de esta manera puede conservarse su viabilidad hasta por más de tres años. Por otro lado, el mismo autor menciona que la pureza tiene el fin de identificar las distintas especies de semillas y la materia inerte que constituye un lote.

Los tubérculos colectados y conservados para propagación (Figura 3a), presentaron dormancia; dependiendo de la especie son los meses que tarda en rebrotar. Algunas colectas iniciaron muy rápido el rebrote, las localidades, Tomatlán, la Manzanilla, Jesús María, San Antonio, fueron las que rebrotaron al inicio del mes de Abril. Las otras colectas, fueron apareciendo paulatinamente con rebrote, ya que según los resultados obtenidos, fueron cuatro las especies presentes en las colectas, por lo tanto el periodo de dormancia podría ser diferente; aún no se han realizado, pruebas de dormancia de estas especies colectadas, pero al respecto, en otras especies de *Dioscorea* se han realizado pruebas de dormancia como en el caso en el DGIEA (1991), quienes mencionan que *Dioscorea alata* tiene un periodo de dos a tres meses de dormancia, en el cual no produce brotes, y para el caso de *D. trifida* es de un mes y medio. Por otro lado Hudson y Dale (1986), reporta que los tubérculos de ñame pueden removerse en otoño, almacenarse durante el invierno y plantarse en primavera para su desarrollo. Los días cortos inducen la tuberización; la iniciación de la tuberización y el crecimiento de los tubérculos ocurren como resultado de una exposición continua a días cortos de menos de 12 horas.

#### 5.4 LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE COLECTA

Se localizaron un total de 174 accesiones de las 15 localidades en el estado de Jalisco (Anexo1), cada una con datos de latitud, longitud, nombre local de la planta como se muestran en el Cuadro 5 y la distribución de las diferentes localidades se muestra en Figura 2.

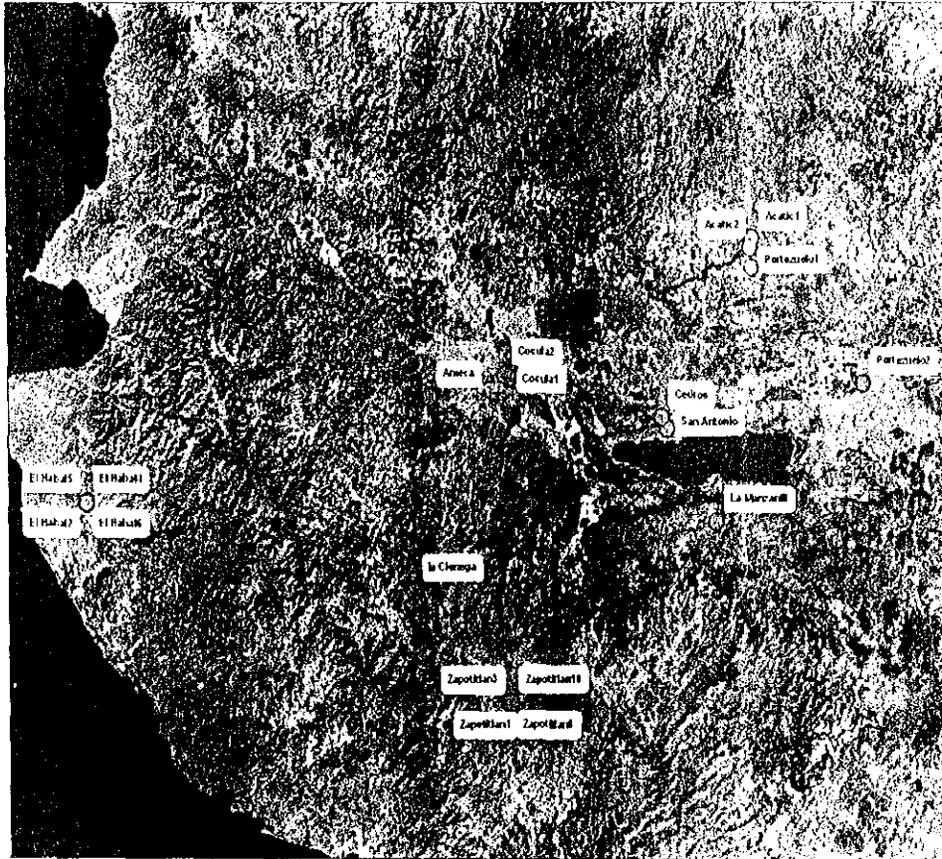


Figura 2. Mapa de los lugares de colecta

Cuadro 5. Localización de los sitios de colecta

Número de plantas	Localidad	Nombre local de la planta	Latitud	Longitud
17	Acatic	Camote de cerro Camote amargo	20° 52'10.7" 20° 50'41.12"	102° 54'24.1" 102° 54'45.7"
4	Ahualulco	Camote de cerro		
13	Cedros	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
19	Chapala	Camote de cerro		
13	Cocula	Camote de cerro	20°28'19.0" 20° 28'67.1"	103°46'88.4" 103°47'05.7"
7	Cuquio	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
2	El Grullo	Camote de cerro	19° 51'42.2"	104° 07'48.2"
5	El Verde	Camote de cerro		
2	Jesús María	Camote de cerro		
23	La Manzanilla	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
39	San Antonio	Camote de cerro	20° 19'18.0"	103° 13'17.9"
4	Tlajomulco	Camote de cerro		
14	Tomatlán	Camote de cerro Camote tableado Costillon macho Camote chino	20° 06'59.3" 20° 06'59.1" 20° 06'58.2" 20° 06'58.5" 20° 06'58.0"	105° 18'47.6" 105° 18'47.6" 105° 18'46.3" 105° 108'47.6" 105° 18'47.7"
7	Yahualica	Camote de cerro		
4	Zapotitlán de Vadillo	Camote de cerro	19° 32'46.5" 19° 32'46.5" 19° 32'45.8" 19° 32'52.8"	103° 47'50.0" 103° 47'50.4" 103° 47'50" 103° 47'18.9"

## 5.5 PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE CAMOTE DE CERRO

Tomando en cuenta que las plantas de camote del cerro son de enredadera se requiere de un soporte para que puedan trepar. Inmediatamente después del transplante, se prepararon los soportes con rafia para facilitar el trepado de las plantas y el uso de malla sombra para evitar quemaduras de sol a las plantas. De acuerdo a Reyes (1980), que afirma que si no se usa soporte, el desarrollo del bejuco es lento y la mortalidad muy alta por quemaduras de sol y competencia de malezas, este investigador reportó el uso de soportes vivos, pero éstos compiten severamente con la planta y a la vez dificultan la cosecha por el enraizado. Adicionalmente, reportaron el uso de postes de concreto, alambre galvanizado e hilo de acrílico y algodón, pero resultó muy costoso. El costo del sistema de soportes es elevado, y es amortizable a tres o más ciclos de cultivo. Para el caso de cultivos perennes; López (1998), indica que uno de los problemas que tiene el cultivo de las dioscoreas en el ámbito mundial, es precisamente la escasez de materiales para ser usados como espalderas debido al costo de los mismos. Actualmente, con el uso del plástico en la agricultura se pueden abaratar los altos costos, como el caso del uso del hilo de rafia y la bolsa (Figura 3b) para el camote de cerro.



Figura 3. Almacenamiento y establecimiento de camote de cerro a) almacenamiento en los anaqueles, b) bolsas de plástico para cultivo de camote de cerro y uso de rafia para el trepado de las guías de camote de cerro, c) planta con dificultad en su desarrollo y plantas tiradas en el suelo, d) maleza en los alrededores del invernadero.

Las plantas que perdieron la guía y se colgaron hacia abajo llegando al suelo (Figura 3c), tuvieron mayor posibilidad a ser pisadas, por estar en contacto con el suelo y por ser las partes más tiernas se rompen con facilidad; esto dificulta su desarrollo y cuando trepan en el lugar de otras plantas vecinas, también se pueden dañar; algunas vuelven a emitir una nueva guía, otros quedan igual que al momento que se rompió el ápice; se observó en plantas de *D. remotiflora* que no presentaban ramificación, que al romperse, se dificultaba su desarrollo, algunas de ellas quedaron de 40 a 50 cm en el momento que se dañó. Las plantas con ramificación, no presentaron problemas en su desarrollo; algunas plantas fueron dañadas por el viento por lo que se vio afectado su desarrollo.

En el año 2004, previo al establecimiento de las plantas en bolsa como fase experimental, se colocaron en tubo las colectas de ese mismo año. El tubérculo creció más de un metro y el mayor grosor se observó en el suelo a una mayor profundidad; esto se debió a que el tubo no tenía un tapón que

impidiera el paso de las raíces al suelo, y, además, porque la pérdida de humedad en el tubo fue más rápida y las plantas tienden a buscar el agua para continuar con su desarrollo fisiológico. Se extrajeron los tubérculos que penetraron en el suelo con mayor dificultad (Figura 4a), al tener que excavar hasta donde la planta libremente desarrolló sus tubérculos (Figura 4b). Este problema lo observan día a día los recolectores, que tienen que excavar a más de 2 metros de profundidad, por que se requiere de mucha energía para extraer los tubérculos. Lo que coincide con Reséndiz (1996), que con una profundidad de 90 cm tuvo problemas para la extracción de *Dioscorea dugessi*. Este investigador debió de realizar un gran esfuerzo físico para la recolección de los tubérculos que pusieron en experimentación; por su parte, y así como reporta Maldonado (1994), refiere el problema que representa el escarvar de 10 a 15 metros de profundidad para obtener el tubérculo, en ocasiones entre rocas muy difíciles de mover.

La extracción de las plantas colocadas en bolsas de plástico (Figura 4), fue más fácil, se desataron de la varilla donde se habían sujetado, se colocaron en forma vertical para romper las bolsas (Figura 4c) y se cortó con una navaja por todo lo largo para extraer de forma manual el tubérculo (Figura 4d). En este trabajo el uso de bolsas de plástico para la propagación de *Dioscorea* dio excelentes resultados; es muy fácil de extraer el tubérculo, el plástico es económico y el trabajo de campo es posible realizarlo de manera más fácil.



Figura 4. Extracción de tubérculos de camote de cerro en tubo y bolsa. a) extracción manual en tubo, b) extracción de trozos en suelo, c) corte de la bolsa, d) eliminación de la bolsa y extracción manual del tubérculo

Se encontraron plantas con características agronómicas ideales para el cultivo, tal es el caso de las colectas provenientes de la Manzanilla, Jesús María (Figura 5) que presentan desarrollo superficial del tubérculo (Figura 5a), peso aceptable del tubérculo: 500 gramos por planta a 6 meses de su plantación; las plantas de Tomatlán presentaron tubérculo grueso, de un solo tubérculo (Figura 5b) que pudiera aprovecharse. Las de Chapala, las de San Antonio y las de

Cedros, presentaron ramificación en los tubérculos de cada planta (Figura 5c y 5d); para futuros trabajo se pueden seleccionar estas características.

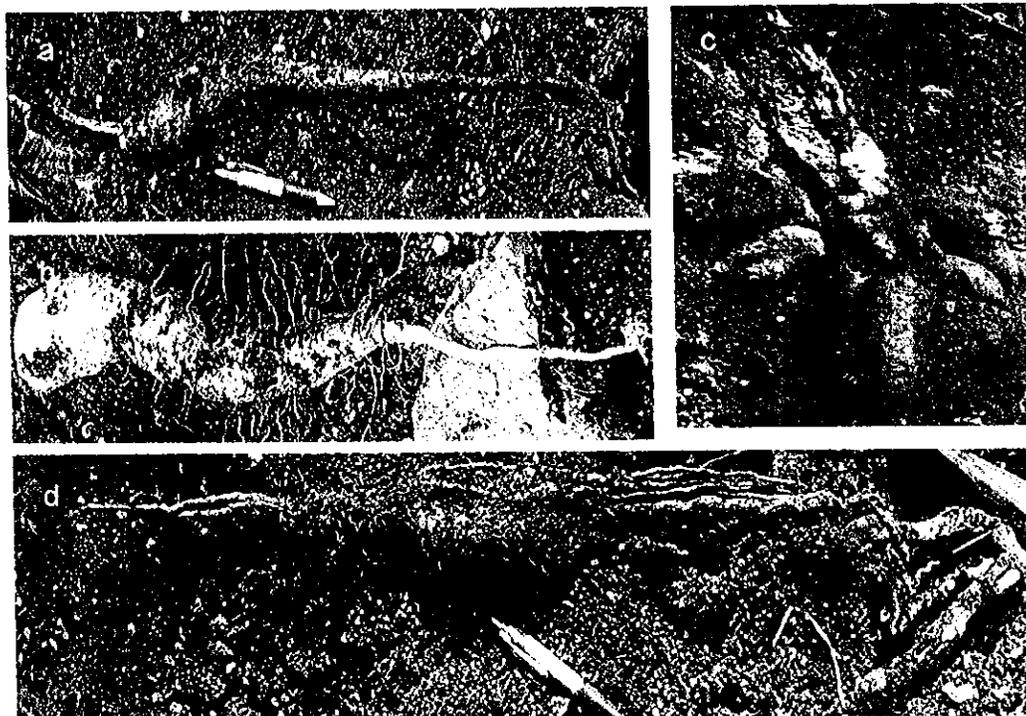


Figura 5. Características de los tubérculos. a) un solo tubérculo largo, b) un solo tubérculo corto, c) varios tubérculos cortos d) varios tubérculos largos.

La fecha de siembra directa en bolsas se decidió en el momento que se observó que las plantas al ser trasplantadas sufrían estrés y detenían su desarrollo, ya que presentaban una mayor cantidad de raíz. Por lo tanto al ser colocadas directamente en las bolsas de plástico se observaron mejores resultados; el desarrollo de los trozos fue excelente, se utilizaron trozos 20 a 100 gramos, según la disponibilidad de los mismos. Reséndiz (1996) menciona que en base a los resultados que obtuvo en relación a la longitud del camote que se siembra, se obtienen los mismos resultados con camotes enteros o con fracciones pequeñas que oscilan entre 4 a 20 cm, y según López (1998), utilizando trozos de camote de cerro de 70 a 100 g para propagación, se

obtuvo 1 Kg/planta en el estado de Colima. Por lo tanto se recomienda evaluar el tamaño apropiado de tubérculo para producción.

Aún no se han realizado pruebas para detectar algún tipo de hibridación entre las especies, pero según Ramírez y Téllez (1992), algunas especies de *Dioscorea* cohabitan en forma simpátrica y frecuentemente se encuentran poblaciones de dos a cuatro y hasta cinco taxones distintos compartiendo el mismo hábitat, sin haberse detectado ningún tipo de hibridación entre las especies.

El inicio de la floración de las plantas provenientes de las distintas colectas se observó en julio y agosto para la mayoría de las colectas, pero en el caso de algunas de ellas, se observó flor hasta septiembre; esto podría deberse a que eran cuatro diferentes especies presentes en el invernadero. Por otro lado, en un estudio realizado en Morelos, Ramírez y Téllez (1992) reportan que la mayoría de las especies florecen entre agosto y octubre y fructifican entre septiembre y noviembre. De la misma manera, Álvarez (2000), establece que existen algunas plantas que no florecen.

Sosa (1980), para *D. composita* afirma que la época de floración fluctúa entre los meses de junio y agosto; en algunos lugares llega hasta septiembre y la polinización natural, cuando se habla de plantas silvestres, no es frecuente, ya que rara vez se encuentran plantas masculinas y femeninas cerca; en estos casos, los vientos y los insectos son los principales agentes para lograr la transferencia de polen. En plantas bajo condiciones de cultivo, la forma más frecuente es la polinización natural, ya que plantas masculinas y femeninas florecen durante el mismo período y al estar muy cerca las enredaderas se entrelazan sin ninguna dificultad. La maduración de las semillas dura alrededor de 6 meses, con ligeras variaciones, dependiendo de la humedad y temperatura existentes en el lugar.

Las plantas, al ser colocadas en las bolsas de plástico, se observó la presencia de malezas en las filas y los alrededores del invernadero (Figura 3d); su control, fue manual, al igual que las que desarrollaron en las bolsas; en el DGIEA (1991), se citó que el ñame es sensible a la competencia de malezas los primeros cuatro meses de cultivo, ya que sin un buen control de las mismas se puede afectar el rendimiento; Carrizalez y Segura (1980), mencionan que el control de maleza se considera una de las labores más costosas del cultivo, ya

que se efectúa a mano requiriendo de 12 a 14 limpiezas por año, por no permitir el sistema de soportes la entrada de maquinaria y por que la planta es muy susceptible a los herbicidas. Con el método que se propone se eliminan en gran medida estas tareas.

Las plagas y enfermedades presentes no fueron un problema grave por lo que no se aplicó ningún producto químico para su control. En otros países, el cultivo del ñame ya es una práctica común y se tienen reportes de los problemas que se presentan, como el caso de Colombia, donde se menciona que en el cultivo de ñame, los productores destinan entre un 3% y un 10% del total de la producción para utilizarla como semilla (Perea y Buitrago, 2000).

Las semillas cosechadas, fueron secadas y guardadas en los meses de diciembre 2004 y enero de 2005 y de 2006.

## 5.5 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

De las plantas que se colocaron en el invernadero, solo se enviaron un total de 27 al herbario en 2004; las plantas completas se destinaron para caracterización, por tal motivo no se tuvo réplicas del total de las colectas; se les colocaron los datos de identificación en las fichas para herbario, se enviaron 27 plantas herborizadas de nueve localidades (Figura 6a y 6b).

De acuerdo con las claves taxonómicas de material pistilado y estaminado de Mc Vaugh (1989) se identificaron las siguientes especies con las siguientes características distintivas:

### *D. remotiflora*

Tallos y pecíolos alados, los tallos la mayoría de las veces obtusos, de 6 a 8 surcos, flores campanuladas, verde-amarillo (Figura 7a), anteras en filamentos delgados, estambres alternadamente largos y cortos; hojas debajo de la inflorescencia cordada (Figura 6c).

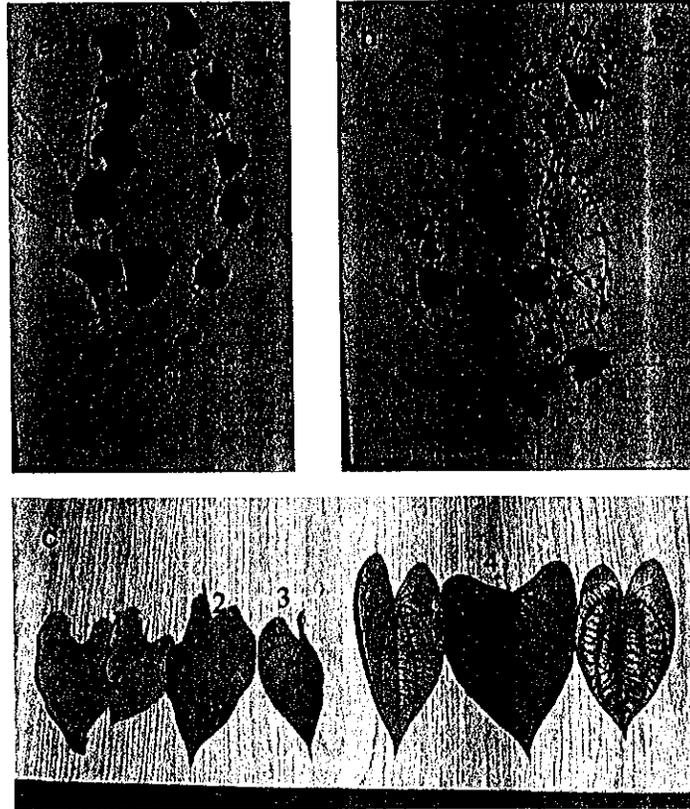


Figura 6. Material herborizado y hojas de las 4 especies . a) planta masculina *D. nelsonii*, b) planta masculina *D. remotiflora*, c) hojas de las 4 especies (1) *D. nelsonii*, (2) *D. dugesii*, (3) *D. sparsiflora* y (4) *D. remotiflora*

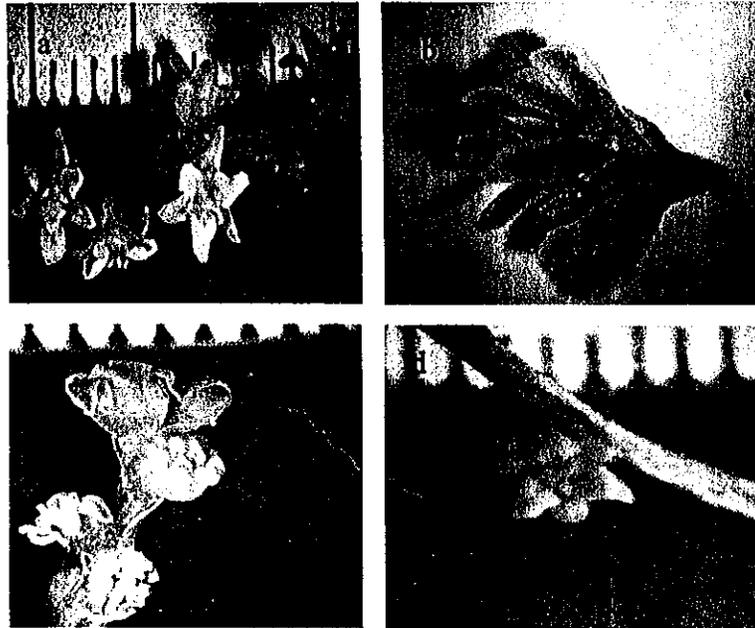


Figura 7. Flores e inflorescencias de *Dioscorea*. A) *D. remotiflora* b) *D. dugesii*  
C) *D. sparsiflora* D) *D. nelsonii*

#### *D. nelsonii*

Hojas alternas, tallo liso, frutos más largos que anchos, pecíolos cortos y robustos, hojas debajo de la inflorescencia comúnmente de 5 a 10 cm de ancho, cordadas (Figura 6c), flores sésiles, flores amarillas o verdosas (Figura 7d), frutos de 1.5 a 2 cm de largo.

De acuerdo a la clave para las especies de *Dioscorea* de (Ramírez y Téllez, 1992) se identificaron a las siguientes especies con las características más distintivas; estas especies se caracterizaron en el 2005, no se tuvo réplica para el herbario ya que se requería de plantas con flor y fruto.

#### *D. dugesii*

Hojas 9 a 11 nervias (Figura 6c); tallos levovolubles, cuadrados, estriados y en ocasiones surcados; tépalos oblongo-deltados u ovado-deltados, flores estaminadas con seis estambres insertados en la base de los tépalos, erectos o reflejos, periantos violáceos (Figura 7b); tres estambres largos y tres cortos; capsulas pardo oscuras.

#### *D. sparsiflora*

Plantas herbáceas; hojas ovadas (Figura 6c); capsulas angostas en la parte media, brillantes, tallos alados, color verde con manchas púrpuras (Figura 7c).

### 5.6 ANÁLISIS DE DATOS

De un total de 113 descriptores utilizados para la caracterización de las plantas de camote de cerro (Anexo 2) se sacaron promedios y desviación estándar de todos los caracteres, tanto cuantitativos como cualitativos. Se eliminaron algunos descriptores que no presentaron desviación Anexo 4, quedando un total de 91 variables usadas para el análisis de agrupamiento. Se realizó un primer análisis de componentes principales con las 91 (Anexo 3) que permitió eliminar las variables que no contribuyeron a la variación en los componentes uno y dos, se mantuvo un total de 77 variables que se utilizaron para el análisis de componentes principales.

### 5.7.1 Análisis de agrupamiento

El análisis de agrupamiento permitió identificar cuatro grupos en las colectas de camote de cerro con las 91 variables utilizadas. Se generó un dendograma con las 91 variables de las 117 accesiones de las colectas de los 12 municipios, que se muestra en la Figura 8, en dicha Figura se observa la división de cuatro grandes grupos con características morfológicas similares, a una distancia de ligadura de 0.43 unidades.

El primer grupo se encuentra integrado por las colectas de Cha003, Cha007, Cha008, San039, Cha008, Cha007, Cha010, Cha010, San082, San086, EIV066, San037, ZdV098, San039, San037, Coc076, Coc055, Tom093, Tom093, ZdV111, Cuc119, ZdV101, San030, Cuc119, Cuc119, Ced168, San046, Tom126 y Coc048, con un total de ocho localidades agrupadas. Las características similares de estas colectas son tallo joven y adulto, predominan los tallos verdes y verde morado, presencia de alas en los tallos, con una longitud de tallo joven de 32 a 120 cm, en tallos adultos de 40 cm a 2 metros, con número de hojas jóvenes de 5 a 26 hojas; son plantas de viabilidad baja a intermedia media, el color del pecíolo en tallo joven y adulto predominan los colores todo verde con base morada; todo verde, morado ambas puntas; todo verde morado, ambas puntas moradas y el verde; los bordes de hoja enteros y serrado, con presencia de floración y predomina el sexo masculino, con posición de la inflorescencia hacia abajo, con tipo de inflorescencia en espiga y color de la flor amarillenta; peso del tubérculo de 22 a 272 g, longitud de tubérculo de 25 a 120 cm, con diámetro de 1 a 4.1 cm, con número de tubérculos de 1 a 4 por planta. Este grupo se supone que tiene las características más distintivas de las colectas.

El segundo grupo constituido por las colectas: Cuq117, San085, Cha006, Cha001, San035, San032, San086, Cha010, San027, San042, Tla096, San028, EIV062, Cuq120 San033, San028, Cuq120, San033, San028, San027, San033, San034, San033, San030, San085, San031, San031, San084, San043, Aca245, San036, Aca236, San036, Aca232, Coc072, Aca232, Aca239, LMa212, Yah160. Este grupo constituido por 10 diferentes localidades con características similares de tallo joven y adulto con colores verde, verde morado y morado, tallos con alas y sin alas, con una longitud de tallo joven de 30 cm a

120 cm, en tallos adultos de 1 a 2.5 metros, con un número de hojas de 4 a 25 hojas jóvenes, son plantas de viabilidad intermedia y alta, el color del pecíolo de la hoja joven con color verde con la base morada; todo verde con la junta de la hoja morada; todo verde, morado en ambas puntas; todo verde morado con base morada, verde y morado; los colores que predominan en el pecíolo de la hoja adulta son todo verde con la base morada; todo verde, morado en ambas puntas; todo verde morado con la junta de la hoja morada; todo verde morado, ambas puntas moradas; verde y morado, con bordes de la hoja donde predominan los bordes de hoja entero; ocasionalmente aparecen borde serrado, este grupo presenta plantas que no presentaron floración y las que presentaron predomina el sexo femenino, con color de amarillenta, tipo de inflorescencia espiga, con desarrollo de fruto casi siempre bien desarrollado, peso del tubérculo de 10 a 307 g, con longitud del tubérculo 24 a 79 cm; con diámetros de 0.4 a 4 cm y con tubérculos de 1 a 6 por planta.

El tercer grupo constituido por las colectas de:

Cha004, Cha006, Ced087, Cha009, Ahu068, Cha004, Cuq124, Cha005, Cha002, Yah600, coc051, Ced088, Ced090, Coc055, San032, EIV065, Aca247, Aca243, Aca224, Aca243, Coc051, Coc072, Coc053, Ced088, EIV063, Ced091, San027, Ced088, EIV063, Ced091, San027, Ced088, Aca243, Yah160, LMa204, Ced169, EIG116, Ahu067, Tla099, Yah260, Coc073, Ced089, Ced090, LMa208, San042, Aca224, Aca223, EIV062, Aca231, Tom095, Coc051, Ced091, Tla075, LMa213, Cha002, Cha008, coc049, San034, San032, San036, Aca221, Tom093, Tom094 y Tom093. Con un total de 13 localidades con las siguientes características. Color de tallo joven verde y verde morado; en tallo adulto predomina el color verde, pero aparece también el color verde morado, predominan los tallos con alas, con una longitud de tallo joven de 15 a 120 cm y la longitud en tallos adultos de .15 a 2.17 metros, con un número de hojas jóvenes de 3- 17, son plantas de viabilidad baja a alta, con un color de pecíolo de hoja joven con las siguientes características, todo verde con base morada; todo verde, morado en ambas puntas; todo verde morado con base morada, verde y morado, con borde de la hoja entero; la mayoría no presentó floración, con peso de tubérculo de 2- 368 g por planta, con longitud de tubérculo de 6 a 115 cm, con diámetro de .4 a 3.6 y con tubérculos de 1- 10 por planta.

El cuarto grupo constituido por las siguientes colectas EIG114, Tom131, Ced089, Tom126, LMa205, LMa500, Ahu070, LMa209, LMa205, LMa210, LMa211, Tom126, LMa207, Aca225, LMa209, LMa205, Yah160, LMa204, LMa201, Ahua068, LMa500, JeM700, LMa209, LMa204, LMa203, LMa201, Yah160, ZdV112, LMa204, LMa212, Tom130, Ced089, JeM700 y AcM221. Este grupo constituido por 10 diferentes localidades con las siguientes características similares Color de tallo joven y adulto en verde, verde morado y morado, predominan los tallos sin alas, la longitud de tallo joven va de 30 a 120 cm y en tallo adulto de .56 a 2.65 metros con número de hojas jóvenes de 3-15, son plantas de viabilidad intermedia y alta; con el color del pecíolo de la hoja joven todo verde con base morada, todo verde con la junta de la hoja morada, todo verde morado en ambas puntas, verde y morado, con bordes de hoja entero y serrado, una mayor parte del grupo lo representa las plantas que no presentan floración y otro parte plantas con floración tanto masculinas como femeninas, con colores de flor morado, amarillento y verde, con tipo de inflorescencia en racimo y espiga, con peso del tubérculo 32- 398 g por planta, con longitud de tubérculo de 30 – 122 cm con diámetro de 1- 7.5 cm y número de tubérculos 1-9 por planta.

Los análisis de agrupamiento se han usado con éxito para clasificar materiales con características similares, tal es el caso de ñame (Martínez, 2001), chile manzano (Chávez y Castillo, 1999), manzano (González-Horta *et al.*, 2005) y guayabo (Padilla-Ramírez *et al.*, 2002).

Se observa gran variación morfológica en las colectas presentes en Jalisco, coincidiendo con Martínez (2001) quien caracterizó 32 colectas de ñame (*Dioscorea spp*) en La Chontalpa, Tabasco; utilizaron 19 descriptores morfológicos. Las colectas se encuentran distribuidos en cada uno de cuatro cuadrantes, se refleja una amplia variación y pudiera deberse a que en cada una de las localidades existían diferentes especies conviviendo y se encontraron las cuatro diferentes especies dentro de los tres primeros grupos, en el cuarto grupo solo se observa la presencia de dos especies y las colectas se relacionan directamente con la distribución geográfica; así como lo reportan Ramírez y Tellez (1992) en un estudio realizado en Morelos que *D. remotiflora*, *D. plumicicola*, *D. subtomentosa* *D. nelsonii*, *D. remotiflora* var. *maculata* se encuentran en un mismo hábitat.

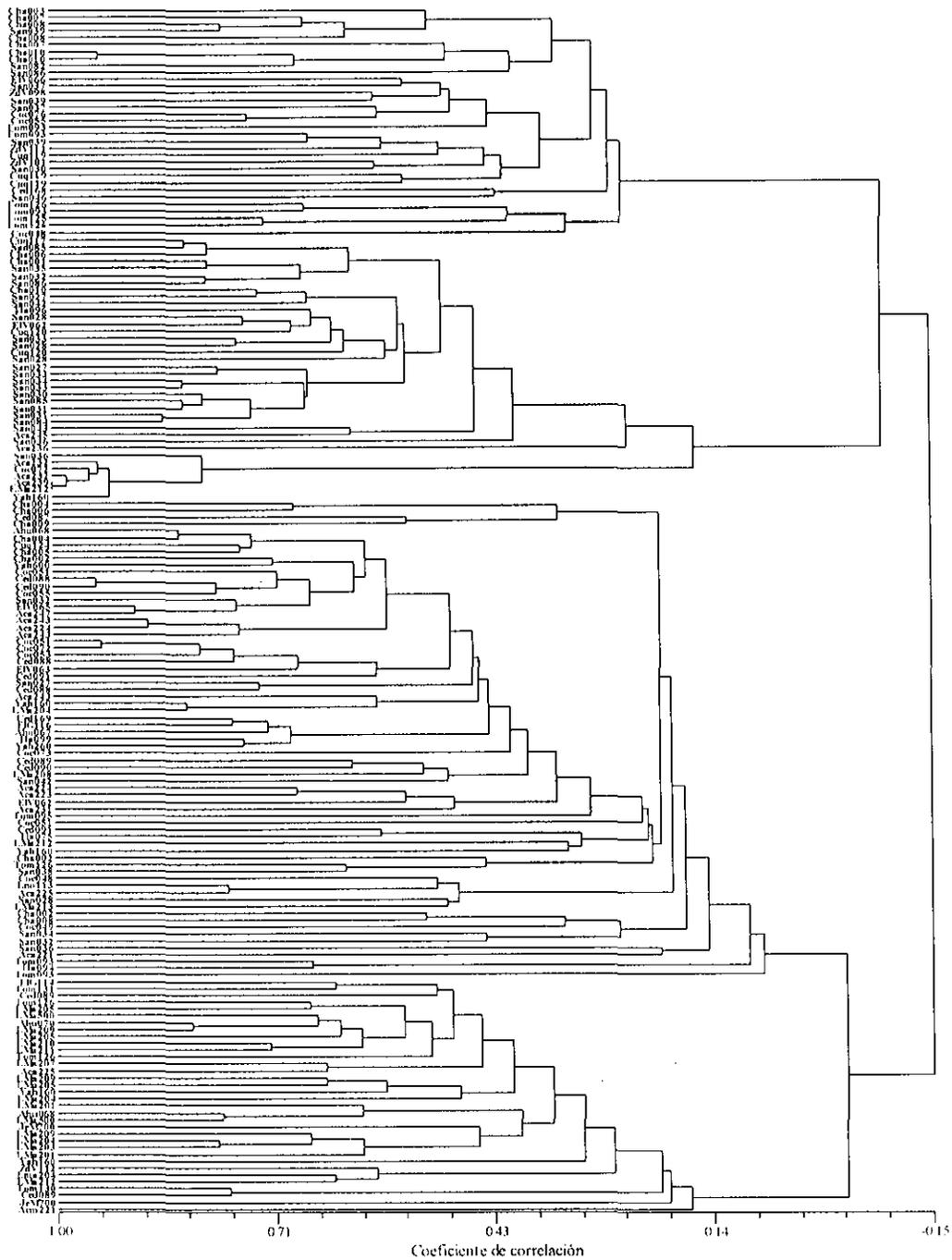


FIGURA 8. Clasificación de las 174 plantas de camote de cerro con base a 91 características morfológicas de la planta. ( Las tres primeras letras corresponden al nombre de la localidad, los números identifican el número de colecta) Cha = Chapala; EIG = El Grullo; Ced = Cedros; LMa = La Manzanilla; Yah = Yahualica; ZdV = Zapotitlán de Vadillo; JeM = Jesús María; Ahu = Ahualulco; San = San Antonio; Tom = tomatlán; Tla = Tlajomulco; EIV= El Verde; Aca= Acatic; Coc = cocula; Cuq = Cuquio.

### 5.7.2 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP), indicó que los dos primeros componentes principales que se produjeron por la combinación de 77 variables morfológicas explican el 71.82% de la variabilidad total (Cuadro 6). Estudios similares se han realizado en algunos cultivos; entre ellos un estudio realizado por Chávez y Castillo (1999) para evaluar la variabilidad de caracteres de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.) con el análisis de componentes principales. Con dos componentes explican el 74.47% de la variabilidad total, y en el caso de guayaba los componentes principales CP1 y CP2 explicaron 64% de la variabilidad de las características del fruto de guayabo estudiadas (Padilla-Ramírez *et al.*, 2002).

Otro estudio realizado por Latournerie *et al.* (2002) reflejó que con el análisis de componentes principales seleccionaron tres componentes con siete variables morfológicas que contribuyeron con el 79.5% de la variabilidad morfológica fenotípica en chiles, así como en cactáceas en que Luna-Morales y Aguirre (2001) seleccionaron tres componentes principales relacionados con el tamaño de la semilla, peso y calidad de fruto, tamaño y peso de semilla resumieron un 67 % de la variación morfológica.

El primer componente con valor propio de 21.2309 explicó el 27.57% de la variabilidad total, donde las variables que contribuyeron en la proporción fueron:

X6,X7,X10,X11,X17,X20,X21,X23,X24,X25,X26,X27,X28,X29,X31,X32,X34,X36 ,X39,X40,X45,X46,X47,X49,X50,X51,X53,X54,X55,X56,X57,X58,X61,X62,X63, X65,X66,X67,X68,X69,X70,X71,X72,X73,X74,X75,X76,X77,X78,X79,X80,X81,X 82,X82,X85,X86,X87,X88,X89 Anexo 3. Las de mayor contribución fueron floración (X45), posición de la inflorescencia (X47), color de la flor (X50), días hasta el brote (X59), altura del tallo maduro (X62), diámetro del tallo maduro (X66), días hasta la floración después del brote (X76), número de inflorescencias por planta (X77), número de inflorescencias por entrenudo (X79), tamaño de corola (X87).

Cuadro 6. Valores y vectores característicos del análisis de componentes principales de las variables de mayor valor descriptivo de las 174 plantas de las colectas de camote de cerro en el estado de Jalisco, México.

NÚMERO	VARIABLES	CP1	CP2
X20	Posición de las hojas maduras	0.3606	0.8142
X24	Color de las hojas maduras	0.3618	0.5999
X25	Color de la nervadura de la hoja madura (haz)	0.4035	0.9139
X26	Color de la nervadura de la hoja madura (envés)	0.4035	0.9139
X27	Color del borde de la hoja madura	0.3155	0.7610
X28	Pilosidad en el haz de la hoja madura	0.3490	0.7883
X29	Pilosidad en el envés de la hoja madura	0.3863	0.8639
X31	Forma de la hoja madura	0.2557	0.4636
X32	Forma del ápice de la hoja madura	0.4035	0.9139
X34	Distancia entre los lóbulos de la hoja madura	0.3500	0.7774
X39	Posición de la parte más ancha de la hoja madura	0.4035	0.9139
X40	Color de la punta de la hoja madura	0.3791	0.8105
X41	Pilosidad del pecíolo de la hoja madura	0.3109	0.7634
X45	Floración	0.5718	0.6892
X47	Posición de la inflorescencia	0.5896	0.7076
X49	Tipo de inflorescencia	0.3832	0.4521
X50	Color de la flor	0.5245	0.6479
X51	Formación del fruto	0.3763	0.6236
X52	Desarrollo del fruto	0.4124	0.6962
X53	Posición del fruto	0.4468	0.7663
X54	Forma del fruto	0.4468	0.7663
X55	Pilosidad del fruto	0.4468	0.7663
X56	Ausencia/presencia de semillas en fruto	0.4468	0.7663
X57	Forma de la semilla	0.4468	0.7663
X58	Estructura del ala de la semilla	0.4468	0.7663
X62	Altura del tallo maduro	0.5757	0.5757
X66	Diámetro del tallo maduro	0.5225	0.5347
X76	Días hasta la floración después del brote	0.5597	0.6728
X77	Número de inflorescencias por planta	0.5043	0.6061
X78	Longitud media de la inflorescencia	0.4023	0.4567
X79	Número de inflorescencias por entrenudo	0.4514	0.5318
X81	Longitud de la flor femenina	0.4047	0.6748
X82	Diámetro de la flor femenina	0.3768	0.6096
X85	Tamaño del fruto	0.4167	0.7170
X86	Número de semillas totalmente desarrolladas	0.4494	0.7587
X87	Tamaño de corola	0.5312	0.6262
	Proporción de la varianza global explicada	0.2757	0.4424
	<i>Valor característico o valor propio</i>	21.2309	12.8405
	<i>Varianza acumulada</i>	0.27573	0.16676

El segundo componente nos explica el 12.8405 del valor propio nos explica el 16.60 % de la variabilidad total y las variables que influyen en mayor proporción para determinar este componente son:

X6,X7,X9,X11,X20,X21,X23,X25,X26,X27,X28,X29,X31,X32,X34,X36,X38,X39, X40,X41,X43,X45,X46,X47,X49,X50,X51,X52,X53,X54,X55,X56,X57,X58,X62, X63,X66,X67,X68,X70,X71,X72,X71,X72,X73,X74,X75,X76,X77,X78,XX79,X80 X81,X82,X83,X85,X86,X87. Estas variables pueden observarse en el Anexo 3.

Las variables de mayor contribución fueron: posición de las hojas maduras (X20), color de las hojas maduras (X24), color de la nervadura de la hoja madura (haz) (X25), color de la nervadura de la hoja madura (envés) (X26), color del borde de la hoja madura (X27), pilosidad en el haz de la hoja madura (X28), pilosidad en el envés de la hoja madura (X29), forma de la hoja madura (X31), forma del ápice de la hoja madura (X32), distancia entre los lóbulos de la hoja madura (X34), posición de la parte más ancha de la hoja madura (X39), color de la punta de la hoja madura (X40), pilosidad del pecíolo de la hoja madura (X419), floración (X45), posición de la inflorescencia (X47), tipo de inflorescencia (X49), color de la flor (X50), formación del fruto (X51), desarrollo del fruto (X52), posición del fruto (X53), forma del fruto (X54), pilosidad del fruto (X55), ausencia/presencia de semillas en fruto (X56), forma de la semilla (X57), estructura del ala de la semilla ( X58), altura del tallo maduro (X62), diámetro del tallo maduro (X66), días hasta la floración después del brote (X76), número de inflorescencias por planta (X77), longitud media de la inflorescencia (X78), número de inflorescencias por entrenudo (X79), longitud de la flor femenina (X81), diámetro de la flor femenina (X82), tamaño del fruto (X85), número de semillas totalmente desarrolladas (X86), tamaño de corola (X87).

En la Figura 9 se presenta la distribución de las 15 localidades representadas en las 174 plantas de camote de cerro mediante los componentes principales; se encuentran distribuidos en los cuadrantes, lo que representa que existe una amplia variación en las colectas provenientes de los nueve municipios del estado de Jalisco. Se observa tres manchones definidos por seis características de tallo que definen las características en común de las plantas en el grupo.

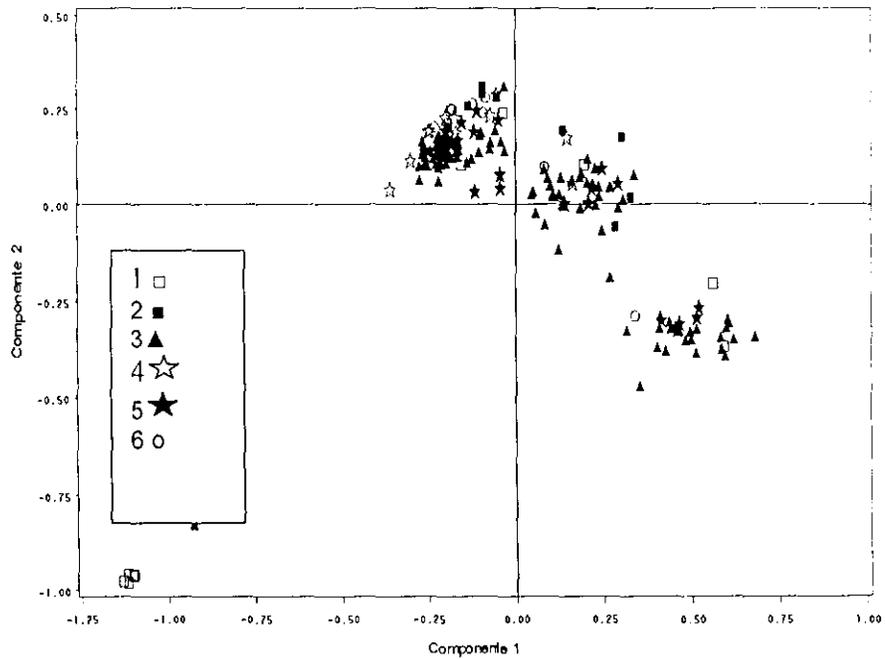


FIGURA 9. Representación de la variabilidad de 174 muestras de camote de cerro en función de los dos primeros componentes de acuerdo a seis características del tallo. 1 diferente característica, 2 sin alas, 3 con alas verde morado, 4 sin alas verde, 5 con alas verde morado, 6 sin alas verde morado.

## VI CONCLUSIONES

Fue posible conservar tubérculos y semillas, los datos de georeferenciación servirán para futuras localizaciones de las plantas de camote de cerro presentes en las 15 localidades de Jalisco.

Es factible implementar con éxito un programa masivo de propagación de *Dioscorea*, ya que es viable la regeneración de los tubérculos hasta un 95% y las semillas germinan hasta un 99%. Por lo tanto se puede desarrollar esta especie utilizando bolsas de plástico para evitar la generación de pozos en el suelo, así evitar la erosión propiciada por la extracción. El uso de rafia permite un buen desarrollo de la planta y sostiene la misma. El control de malezas se facilita con el uso de la bolsa y se puede emplear control mecánico.

Se logró la caracterización morfológica de las 174 accesiones con 113 características de la planta y fue oportuno reducir los datos de las características usadas con el análisis de componentes principales y agrupar las colectas con el análisis de agrupamiento, pero es necesario introducir en futuros trabajos análisis moleculares para mayor precisión.

Se identificaron 4 especies en las 15 localidades del estado de Jalisco; la más predominante fue *D. remotiflora*, le sigue *D. sparsiflora* y las de menor presencia en las accesiones fueron *D. dugesii* y *D. nelsonii*.

## VII BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez S. A. 2000. Prácticas Agronómicas para el cultivo del ñame. En: Ñame: Producción de semillas por biotecnología. Guzmán B.M., Buitrago H.G. Departamento de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Córdoba. 33-39 pp.
- Andrade B. E., Veasey E. A., Peroni N., Perez F. A., Pacheco D.S. M. 2005. Collecting Yam (*Dioscorea batatas*) germoplasm in traditional agriculture small-holdings in the vale do Ribeira, São Paulo, Brazil. Plant Genetic Resources Newsletter.144: 8-13.
- Audessirk T., Audessirk G., Byers E. B. 2003. Biología 1 Unidad en la diversidad, Ed. México. Pearson Educación. 324 p.
- Borges M., Ceiro W., Meneses S., Aguilera N., Vázquez J. Infante Z., Fonseca M. 2004. Regeneration and multiplication of *Dioscorea alata* germplasm maintained *in vitro*. Plant Cell Tissue and Organ Culture. 76: 87-90.
- Borges M., Meneses S., Vázquez J., García M., Aguilera N., Infante Z., Rodríguez A.; Fonseca M. 2003. Conservación *in vitro* de germoplasma de *Dioscorea alata* L. por crecimiento mínimo. Plant Genetic Resources Newsletter.133:8-12.
- Calla A.F.M.C., Pérez D.V.J.,Serra G.C. 1999. La Agricultura en el Umbral del Siglo XXI. Foro Agrario. Ediciones Mundi-Prensa, España. 251 p.
- Carrizales, N. S., Segura, G. A. 1980. Control de calidad de barbasco cultivado y silvestre de diferentes regiones de México. En: Reunión para el análisis y reorientación de investigaciones sobre barbasco. Veracruz. Publicación especial No. 21 I.N.I.F., S.A.G. 97-121 pp.

- Chávez S. J. L., Castillo G.F. 1999. Variabilidad en caracteres morfológicos de colectas de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 22: 27- 41.
- Cosatti C. 1981. Flora Taxonómica Mexicana II (plantas Vasculares), I.P.N. Centro Nacional de Enseñanza Técnica Industrial. México. 206-210 pp.
- CONABIO, 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 103 p.
- Dallas E. J. 2004. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. Thomson Editores, S.A. de C.V. 385 p.
- Dansi A., Daïnou O., Agbangla C., Ahanhanzo C., Brown S., Adoukonou-Sagbadja H. 2005. Ploidy level and nuclear DNA content of some accessions of water yam (*Dioscorea alata*) collected at Save, a district of central Benin. Plant Genetic Resources Newsletter. No. 144: 20-23.
- Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola (DGIEA). 1991. Ñame En: Aspectos Técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos Agrícolas de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José Costa Rica. 31 p.
- Enríquez Q. M. 1980. Aspectos económicos. En: Reunión para el Análisis y Reorientación de Investigaciones sobre Barbasco. Veracruz. Publicación especial No. 21 I.N.I.F., S.A.G. 161-170 pp.
- FAO. 2006. Faostat.:<http://faostat.fao.org/>
- FAO. 1996. Informe Sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos en el Mundo. Dirección de Producción y Sanidad Vegetal. Roma Italia.75 p.
- Fuentes Y.J.L. 1998. Botánica Agrícola. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 315p.

- González, C. M. 1984. Especies Vegetales de Importancia Económica en México. Contribución a su conocimiento. Editorial Porrúa, S. A. México. 305 p.
- Gomez-Pompa, A. 1996. Los recursos bióticos de México (reflexiones). Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioticos. Xalapa, Veracruz, México. 122 p.
- González-Horta A.D.C., Fernández-Montes M.R., Rumayor-Flores A., Castaño T.E., Martínez P. R. A. 2005. Diversidad genética en poblaciones de manzano en Querétaro, México revelada por marcadores RAPD. Revista Fitotecnia Mexicana. 28(2): 83-91.
- Hair J.F., Anderson R. E., Tatham R.L., Black W.C. 1999. Análisis Multivariante. Editorial Pearson Prentice Hall. Quinta edición. 382 p.
- Hanelt P. 2001. Dioscoreaceae- Iridaceae. En: Mansfeld's enciclopedia of agricultural and horticultural crops. Institute of plant genetic and crop plant research. 4: 2147- 2149.
- Hernández, P. L. 1980. Investigaciones sobre domesticación y cultivo de barbasco realizado por las empresas farmacéuticas de México. En: Reunión para el Análisis y Reorientación de Investigaciones sobre Barbasco. Veracruz. Publicación especial No. 21 I.N.I.F., S.A.G. 124-144 pp.
- Hernández X. E.1985. Xolocotzia. Geografía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. México. Tomo I. 428 p.
- Hernández X. E.1987. Xolocotzia. Geografía Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. México. Tomo II. 799 p.
- Hudson T. H., Dale E. K. 1986. Propagación de plantas. Editorial Continental, S. A. de C. V., México. 814 p.

- Huerta, C. 1997. La herbolaria: Biodiversidad. En: Conabio, 2000. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Año 3, núm. 12.
- Instituto Nacional de Investigaciones forestales ( INIF. S.A.G.). 1980. Reunión para el análisis y reorientación de investigaciones sobre barbasco. Veracruz. 170 p.
- Inventario Forestal Nacional. 2002. Potencial de uso y alcances en: Boletín bimestral de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2000. Año 6 ( 41) : 8
- IPGRI/IITA.1997.Descriptores para el ñame (*Dioscorea spp*). Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Ibadán, Nigeria/Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia. 24-43 pp.
- IPGRI. 2000. Importancia de los recursos fitogenéticos. [www.ipgri.org/](http://www.ipgri.org/)
- Jaramillo S., Baena M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia.
- Klu Y.P. G., Kwabena A. E., Tumbo B. E., Ng S.Y.C. 2005. Effect of medium type and incubation duration on improved *in vitro* tuberization in three *Dioscorea rotundata* poir Cultivars. Plant Genetic Resources Newsletter. 144: 24-29.
- Latournerie M. L., Chávez S. J. L., Pérez P. M., Castañón N. G., Rodríguez H. S. A., Arias R. L. M., Ramírez V. P. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annuum* L. y *Capsicum chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Revista Fitotecnia Mexicana. 25 (1): 23-33.
- Leunufna S., Keller E. R., J. 2003. Investigating a new cryopreservation protocol for yams (*Dioscorea spp*). Plant Cell. 21: 1159-1166.

- Loa L. E., Cervantes A. M., Durand S. L., Peña J. A. 2000. Uso de la biodiversidad En: CONABIO. Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 104-152 pp.
- López P. J., Lemus J. S. 1998. El Camote de Cerro (*Dioscorea remotiflora* Kunt) Alternativa Agroforestal para el Trópico Seco. Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario. Herbario Hortorio. Programa de Manejo y Conservación de Recursos Naturales. Alianza para el Campo. Colima. México. 31 p.
- López P. J. 1999. Tendencias Evolutivas en la Variación Cromosómica y Morfofisiológica de *Dioscorea remotiflora* Kunth y *D. remotiflora* var. *Maculata* uline. Dioscoreaceae Bajo Selección Artificial. Tesis de Doctorado. Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 167 p.
- Luttge U., Klug M., Bawer G. 1993. Botánica. Mc. Graw. Hill. 581 p.
- Luna-Morales C.C., Aguirre R. J. R. 2001. Variación morfológica del fruto y domesticación de *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxb. y *S. stellatus* (Pfeiff.) Riccob. (Cactaceae) en la Mixteca baja, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 24 (2): 213- 221.
- Maldonado G. E. 1994. Contribución al conocimiento agronómico del camote de cerro (*Dioscorea dugesii*, Robinson), germinación y bromatología. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 71 p.
- Mantell H.S.1998. Microbes intimatel y associated with tissue and cell cultures of tropical *Dioscorea* yams. Plant cell.Tissue and Organ Culture. 52:47-52.
- Martínez M., Matuda E. 1979. Flora del Estado de México. Tomo III. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México. 217- 275 p.

- Martínez M. 1991. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. Fondo de Cultura Económica. Segunda reimpresión. 1247 p.
- Martínez M. E. 2001. Colecta y caracterización de tubérculos de ñame (*Dioscorea* spp) en la chontalpa, Tabasco. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados, Montecillo, Texcoco, edo. de México. 94 p.
- Mc Vaugh, R. 1989. Dioscoreaceae. En: Flora Novo-Galiciana, a descriptive account of the vascular plants of Western México. Bromeliaceae to Dioscoreaceae. Anderson, W.R. The university of Michigan Herbarium, Ann. 15: 355-388 p.
- Mignouna H. D., Abang M. M., Asiedu R. 2003. Harnessing modern biotechnology for tropical tuber crop improvement: Yam (*Dioscorea* spp.) molecular breeding. Africam Journal of Biotechnology. 2 (12): 478-485 pp.
- Mignouna H.D., Dansi A. 2003. 6- phosphogluconate dehydrogenase (6-PDG) in yam (*Dioscorea* spp.): Variation and potential in germplasm characterization and classification. Plant Genetic Resources Newsletter. 133: 27-30.
- Mostul B., Cházaro B. M. 1996. Camote de cerro, an edible, Caudiciform *Dioscorea* from México. Cactus and succulent Journal (U.S.A) 68: 6-8.
- Navar H. J.A., López F. R.M. 1980. Control de la producción y de los aprovechamientos de barbasco silvestre en el estado de Veracruz. En: Reunión para el análisis y reorientación de investigaciones sobre barbasco. Veracruz. Publicación especial No. 21 I.N.I.F., S.A.G. 147-170 pp.
- Padilla-Ramírez J.S., González-Gaona E., Esquivel-Villagrana F., Mercado-Silva E., Hernández-Delgado S., Mayek-Pérez N. 2002. Caracterización de germoplasma sobresaliente de guayabo de la región Calvillo-Cañones, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 25 (4): 393-399.

- Pantoja P. P. 1997. El camote de cerro (*Dioscorea dugesii* Robinson) una especie silvestre con potencial de cultivo. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo. 61 p.
- Perea D. M. 2000. Utilización de los Sistemas *in Vitro* para la obtención de plantas de ñame (*Dioscorea* spp.) libres de patógenos. En: Ñame: Producción de semillas por biotecnología. Guzmán, B. M., Buitrago, H. G. Instituto de Biotecnología Universidad Nacional de Colombia. Unibiblos. 41-51 pp.
- Perea D. M., Buitrago H. G. 2000. Aplicación de la biotecnología agrícola al cultivo del ñame. En: Ñame: Producción de semillas por biotecnología. Guzmán, B. M., Buitrago, H. G. Instituto de Biotecnología Universidad Nacional de Colombia. Unibiblos. 17- 32 pp.
- Ramírez R. R., Téllez V.O. 1992. Las Dioscóreas (*Dioscoreaceae*) del Estado de Morelos, México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, serie Botánica. 63(1): 67-99 p.
- Reséndiz I. P. 1996. Propagación vegetativa del Camote de Cerro *Dioscorea dugesii* Robinson. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo. 79 p.
- Reyes C. R. 1980. Ensayos Sobre Técnicas de Propagación Vegetativa del Barbasco. En: Reunión para el análisis y reorientación de investigaciones sobre barbasco. Veracruz. Publicación Especial No. 21 I.N.I.F., S.A.G. 40-58 pp.
- Robbers J.E., Tyler V.E. 1999. Las hierbas medicinales de Tyler, uso terapéutico de las fitomedicinas. Editorial Acribia, S.A, Zaragoza, España. 169-170 pp.

UICN.  
rev  
Vázquez  
Gu:  
de  
Ime

Sanchez C.S. 1990. Dioscoreaceae. En: Flora Fanerogámica del Valle de México. Volumen III. Monocotyledoneae. J Rzedowski y G.A. de Rzedowsky. Instituto de Ecología, Centro Regional de Bajío. Pátzcuaro, Michoacán. México. 321-323 pp.

Sánchez G. J.J. 2005. Manejo de Recursos Fitogenéticos. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Notas de Curso. 258 p.

Sosa V.C. 1980. Reproducción sexual del barbasco. En: Reunión para el análisis y reorientación de investigaciones sobre barbasco. Veracruz. Publicación especial. I.N.I.F., S.A.G. 21: 23-38

Sosa V., Schubert B.G., Gomez-Pompa A.1987. Flora de Veracruz. Dioscoreaceae. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bioticos, Xalapa, Veracruz, México. 46 p.

Thurston H. D. 1998. Yams. En: Tropical Plant Diseases. Segunda Edición. Cornell University. I Thaca, New Cork. Ap. S Press. 79-81 pp.

Tor M., Twyford C.T., Funes I., Boccon-Gibod J., AinsWorth C.C., Mantell S.H. 1998. Isolation and culture of protoplasts from immature leaves and embryogenic cell suspensions of *Dioscorea* yams: tools for transient gene expression studies. Plan Cell, Tissue and Organ Culture 53: 113-125.

Tostain S., Scarcelli N., Brottier P., Marchand J.L., Pham J.L., Noyer J.L. 2006. Development of DNA microsatellite markers in tropical yam(*Dioscorea sp.*). Molecular Ecology. 6: 173-175.

UICN. 2001. Categorías y criterios de la lista roja de la UICN. Versión 3.1. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 33 pp.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### LOCALIZACIÓN DE LOS SITIOS DE COLECTA

NUMERO DE ACSESIÓN	NOMBRE DE LA LOCALIDAD	NOMBRE LOCAL DE LA PLANTA	LATITUD	LONGITUD
Aca221	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca223	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca224	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca224	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca225	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca225	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca231	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca232	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca232	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca236	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca239	ACATIC	Camote de cerro	20° 52'10.7"	102° 54'24.1"
Aca243	ACATIC	Camote de cerro	20° 50'41.12	102° 54'45.7"
Aca243	ACATIC	Camote de cerro	20° 50'41.12	102° 54'45.7"
Aca243	ACATIC	Camote de cerro	20° 50'41.12	102° 54'45.7"
Aca245	ACATIC	Camote de cerro	20° 50'41.12	102° 54'45.7"
Aca247	ACATIC	Camote de cerro	20° 50'41.12	102° 54'45.7"
Acm221	ACATIC	Camote amargo	20° 50'41.12	102° 54'45.7"
Ahu067	AHUALULCO	Camote de cerro		
Ahu068	AHUALULCO	Camote de cerro		
Ahu068	AHUALULCO	Camote de cerro		
Ahu070	AHUALULCO	Camote de cerro		
Ced087	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced088	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced088	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced088	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced089	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced089	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced089	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced090	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced090	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced091	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced091	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced168	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Ced169	CEDROS	Camote de cerro	20° 21'14.5"	103° 14'27.4"
Cha001	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha002	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha002	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha002	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha003	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha004	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha004	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha005	CHAPALA	Camote de cerro		

Cha006	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha006	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha007	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha007	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha008	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha008	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha008	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha009	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha010	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha010	CHAPALA	Camote de cerro		
Cha010	CHAPALA	Camote de cerro		
Coc048	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc048	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc049	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc051	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc051	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc051	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc053	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc055	COCULA	Camote de cerro	20°28'19.0"	103°46'88.4"
Coc055	COCULA	Camote de cerro	20° 28'67.1"	103°47'05.7"
Coc072	COCULA	Camote de cerro	20° 28'67.1"	103°47'05.7"
Coc072	COCULA	Camote de cerro	20° 28'67.1"	103°47'05.7"
Coc073	COCULA	Camote de cerro	20° 28'67.1"	103°47'05.7"
Coc076	COCULA	Camote de cerro	20° 28'67.1"	103°47'05.7"
Cuq117	CUQUIO	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
Cuq119	CUQUIO	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
Cuq119	CUQUIO	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
Cuq119	CUQUIO	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
Cuq120	CUQUIO	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
Cuq120	CUQUIO	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
Cuq124	CUQUIO	Camote de cerro	20° 54'35"	103° 00'05.8"
EIG114	EL GRULLO	Camote de cerro	19° 51'42.2"	104° 07'48.2"
EIG116	EL GRULLO	Camote de cerro	19° 51'42.2"	104° 07'48.2"
EIV062	EL VERDE	Camote de cerro		
EIV062	EL VERDE	Camote de cerro		
EIV063	EL VERDE	Camote de cerro		
EIV065	EL VERDE	Camote de cerro		
EIV066	EL VERDE	Camote de cerro		
JeM700	JESUS MARIA	Camote de cerro		
JeM700	JESUS MARIA	Camote de cerro		
LMa201	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa201	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa203	LA MANZA NILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
Lma204	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa204	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa204	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa204	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa205	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa205	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"
LMa205	LA MANZANILLA	Camote de cerro	20° 03'16.1"	103° 03'02.4"



San086	SAN ANTONIO	Camote de cerro	20° 19'18.0"	103° 13'17.9"
San086	SAN ANTONIO	Camote de cerro	20° 19'18.0"	103° 13'17.9"
Tla075	TLAJOMULCO	Camote de cerro		
Tla094	TLAJOMULCO	Camote de cerro		
Tla096	TLAJOMULCO	Camote de cerro		
Tla099	TLAJOMULCO	Camote de cerro		
Tom093	TOMATLÁN	Camote de cerro	20° 06'59.3"	105° 18'47.6"
Tom093	TOMATLÁN	Camote de cerro	20° 06'59.3"	105° 18'47.6"
Tom093	TOMATLAN	Camote de cerro	20° 06'59.3"	105° 18'47.6"
Tom093	TOMATLÁN	Camote de cerro	20° 06'59.3"	105° 18'47.6"
Tom093	TOMATLAN	Camote de cerro	20° 06'59.3"	105° 18'47.6"
Tom095	TOMATLAN	Camote de cerro	20° 06'59.1"	105° 18'47.6"
Tom125	TOMATLAN	Camote de cerro	20° 06'59.1"	105° 18'47.6"
Tom126	TOMATLAN	Camote tableado	20° 06'58.2"	105° 18'46.3"
Tom126	TOMATLAN	Camote tableado	20° 06'58.2"	105° 18'46.3"
Tom126	TOMATLAN	Camote tableado	20° 06'58.2"	105° 18'46.3"
Tom126	TOMATLAN	Camote tableado	20° 06'58.2"	105° 18'46.3"
Tom126	TOMATLAN	Camote tableado	20° 06'58.2"	105° 18'46.3"
Tom130	TOMATLAN	Costillon macho	20° 06'58.5"	105° 108'47.6"
Tom131	TOMATLAN	Camote chino	20° 06'58.0"	105° 18'47.7"
Yah160	YAHUALICA	Camote de cerro		
Yah160	YAHUALICA	Camote de cerro		
Yah160	YAHUALICA	Camote de cerro		
Yah160	YAHUALICA	Camote de cerro		
Yah160	YAHUALICA	Camote de cerro		
Yah260	YAHUALICA	Camote de cerro		
Yah600	YAHUALICA	Camote de cerro		
ZdV098	ZAPOTITLAN DE VADILLO	Camote de cerro	19° 32'46.5"	103° 47'50.0"
ZdV101	ZAPOTITLÁN DE VADILLO	Camote de cerro	19° 32'46.5"	103° 47'50.4"
ZdV111	ZAPOTITLÁN DE VADILLO	Camote de cerro	19° 32'45.8"	103° 47'50"
ZdV112	ZAPOTITLAN DE VADILLO	Camote de cerro	19° 32'52.8"	103° 47'18.9"

## ANEXO 2

### LISTA DE CARACTERES PARA DIOSCOREAS

#### CARACTERIZACION

##### Descriptores de la planta

##### Características del tallo (Tallo joven)

##### Días hasta el brote

Número de días entre la plantación y el brote

##### Longitud del tallo joven [cm]

Registrada 20 días después del brote

##### Número de entrenudos en el tallo joven

Contados 20 días después del brote

##### Color del tallo joven

Observado 20 días después del brote

1 Verde

2 Verde morado

3 Verde marrón

4 Marrón oscuro

5 Morado

##### Ausencia/presencia de cera en el tallo joven

0 Ausente

1 Presente

##### Ausencia/presencia de alas en el tallo joven

0 Ausente

1 Presente

##### Color de las alas del tallo joven

Observado 20 días después del brote

1 Verde

2 Verde con bordes morados

3 Morado

##### Ausencia/presencia de pelos en el tallo joven

0 Ausente

1 Presente

##### Ausencia/presencia de espinas en el tallo joven

0 Ausente

1 Presente

##### Ausencia/presencia de mancha de color en la base de la espina

(Del tallo joven). Observada 30 días después del brote

0 Ausente

1 Presente

##### Ausencia/presencia de trozos cortezudos en el tallo joven

Observados 30 días después del brote

0 Ausente

1 Presente

##### Tallo maduro - antes de la senescencia

##### Tipo de planta

1 Enana

2 Tipo arbusto

3 Trepadora

##### Viabilidad de la planta

3 Baja

5 Intermedia

7 Alta

##### Hábito de trepado de la planta

0 No

1 Si

##### Modalidad de trepado de la planta

1 Sentido de las agujas del reloj (trepado hacia la izquierda)

2 Contra reloj (trepado hacia la derecha)

##### Altura del tallo maduro

1 <2 m

2 2-10 m

3 >10 m

##### Número de tallos maduros por planta

**Color del tallo maduro**

- 1 Verde
- 2 Verde morado
- 3 Verde marrón
- 4 Marrón oscuro
- 5 Morado

**Número de entrenudos hasta la primera ramificación**

Observado en el tallo maduro

**Número de ramificaciones en el tallo maduro**

Registrar el número de ramas sobre la superficie

**Diámetro del tallo maduro [cm]**

Medido a 15 cm sobre la base de la planta

**Forma de la sección transversal del tallo maduro en la base**

- 1 Cuadrada
- 2 Cuadrangular
- 3 Octogonal
- 4 Redonda

**Longitud de los entrenudos en el tallo maduro [cm]**

Registrada a una altura de 1 m. Promedio de cinco plantas

**Ausencia/presencia de cera en el tallo maduro**

0 Ausente

1 Presente

**Ausencia/presencia de alas en el tallo maduro**

0 Ausente

1 Presente

**Posición de las alas en el tallo maduro**

1 En la base

2 Sobre la base

**Tamaño de las alas del tallo maduro**

Registrado a una altura de 1 m

1 <1 mm

2 1 - 2 mm

3 > 2 mm

**Color de las alas del tallo maduro**

1 Verde

2 Verde con bordes morados

3 Morado

**Ausencia/presencia de cresta en el tallo maduro**

0 Ausente

1 Presente

**Pilosidad del tallo maduro**

3 Escasa

7 Densa

**Tipo de pelo en el tallo maduro**

1 Radial

2 En forma de T

3 Sencillo

**Superficie rugosa del tallo maduro**

0 No

1 Si

**Ausencia/presencia de hojas escamadas en el tallo maduro**

0 Ausente

1 Presente

**Posición de las hojas escamadas en el tallo maduro**

1 Alternadas

2 Opuestas

3 Ambas

4 Verticiladas

**Espinas en la base del tallo maduro**

3 Pocas

7 Muchas

**Espinas arriba de la base del tallo maduro**

3 Pocas

7 Muchas

**Posición de las espinas del tallo maduro**

- 1 Alas
- 2 Crestas
- 3 Tallo

**Forma de las espinas del tallo maduro**

- 1 Derechas
- 2 Curvadas hacia arriba
- 3 Curvadas hacia abajo

**Longitud de las espinas del tallo maduro**

Media de 20 espinas situadas aproximadamente entre 0,5 y 1,5 m de la longitud del tallo

- 3 Corta
- 5 Intermedia
- 7 Larga

**Ausencia/presencia de espinas coalescentes en el tallo maduro**

- 0 Ausente
- 1 Presente

**Color de la mancha en la base de la espina del tallo maduro**

- 1 Roja
- 2 Morada
- 3 Marrón

**Hojas (Hojas jóvenes)**

**Primer brote de las hojas**

- 1 Temprano
- 2 Tardío

**Número de hojas jóvenes**

Registrado 30 días después del brote

**Color de las hojas jóvenes**

- 1 Amarillento
- 2 Verde claro
- 3 Verde oscuro
- 3 Verde morado
- 4 Morado

**Color del borde de las hojas jóvenes**

- 1 Verde
- 2 Morado

**Color de la nervadura de la hoja joven**

- 1 Amarillento
- 2 Verde
- 3 Morado claro
- 4 Morado

**Color del peciolo de la hoja joven**

- 1 Todo verde con la base morada
- 2 Todo verde con la junta de la hoja morada
- 3 Todo verde, morado en ambas puntas
- 4 Todo verde morado con base morada
- 5 Todo verde morado con junta de la hoja morada
- 6 Todo verde morado, ambas puntas moradas
- 7 Verde
- 8 Morado
- 9 Verde marrón
- 10 Marrón
- 11 Marrón oscuro

**Color del ala del peciolo de la hoja joven**

- 1 Verde
- 2 Verde con bordes morados
- 3 Morado

**Pilosidad del haz/envés de la hoja joven**

- 1 Haz
- 2 Envés
- 3 Ambas

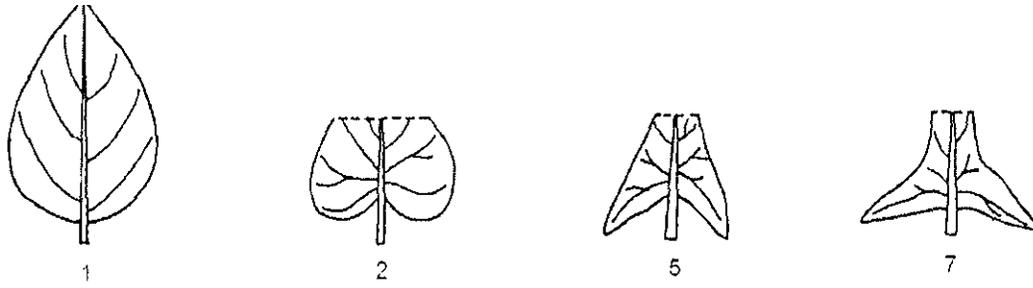
**Hojas maduras**

**Posición de las hojas maduras**

- 1 Alternadas
- 2 Opuestas
- 3 Alternadas en la base/opuestas más arriba

**Densidad de las hojas maduras**

- 3 Baja
- 5 Intermedia
- 7 Alta
- Número de entrenudos hasta las hojas totalmente abiertas**
- Tipo de hoja madura**
- 1 Simple
- 2 Compuesta
- Borde de la hoja madura**
- 1 Entero
- 2 Serrado
- Lobulado de las hojas maduras**
- 1 Lobulado poco profundo
- 2 Lobulado profundo
- Número de folíolos en la hoja madura compuesta**
- 1 Casi siempre tres (trifoliada)
- 2 Casi siempre cinco (quinada)
- 3 Más de cinco
- Correosidad de la hoja madura**
- 0 No
- 1 Sí
- Color de las hojas maduras**
- 1 Amarillenta
- 2 Verde clara
- 3 Verde oscura
- 4 Verde morada
- 5 Morada
- Color de la nervadura de la hoja madura (haz)**
- 1 Amarillenta
- 2 Verde
- 3 Morada clara
- 4 Morada
- Color de la nervadura de la hoja madura (envés)**
- 1 Amarillenta
- 2 Verde
- 3 Morada clara
- 4 Morada
  
- 7.2.18 Color del borde de la hoja madura**
- 1 Verde
- 2 Morada
- 7.2.19 Pilosidad en el haz de la hoja madura**
- 3 Escasa
- 7 Densa
- 7.2.20 Pilosidad en el envés de la hoja madura**
- 3 Escasa
- 7 Densa
- 7.2.21 Cerosidad en el haz/envés de la hoja madura**
- 1 Haz ceroso
- 2 Envés ceroso
- 3 Ambos
- Forma de la hoja madura**
- (Véase la Fig. 3)
- 1 Oval
- 2 Cordiforme
- 3 Cordiforme larga
- 4 Cordiforme ancha
- 5 Sagitifforme larga
- 6 Sagitifforme ancha
- 7 Hastada

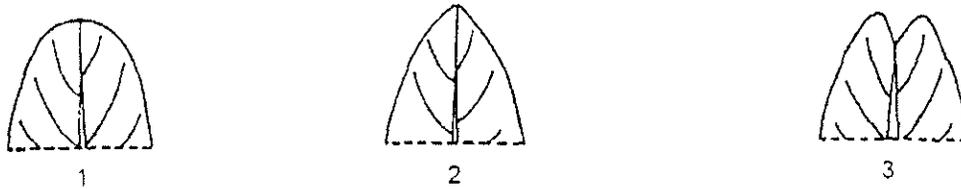


**Fig 3. Forma de la hoja madura**

**Forma del ápice de la hoja madura**

(Véase la Fig. 4)

- 1 Obtuso
- 2 Agudo
- 3 Emarginado



**Fig. 4. Forma del ápice de la hoja madura**

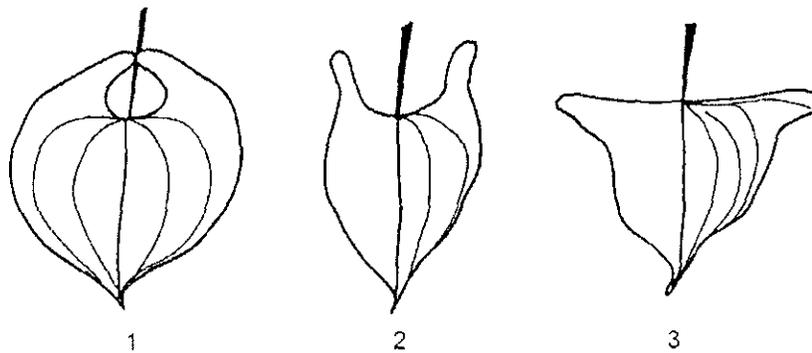
**Ondulación de la hoja madura**

- 3 Poca
- 7 Mucha

**Distancia entre los lóbulos de la hoja madura**

(Véase la Fig. 5)

- 1 Sin distancia
- 5 Intermedia
- 9 Muy distante



**Fig. 5. Distancia entre los lóbulos de la hoja madura**

**Hoja madura doblada hacia arriba a lo largo del nervio medial**

- 3 Poco doblada
- 7 Muy doblada

**Hoja madura arqueada hacia abajo a lo largo del nervio medial**

- 0 No
- 1 Sí

**Lóbulos de la hoja madura doblados hacia arriba, formando una copa**

- 0 No
- 1 Sí

Lóbulos de la hoja madura arqueados hacia abajo

- 0 No
- 1 Sí

Medida de la hoja madura [cm]

Observada en 20 hojas adultas. (Véase la Fig. 6)

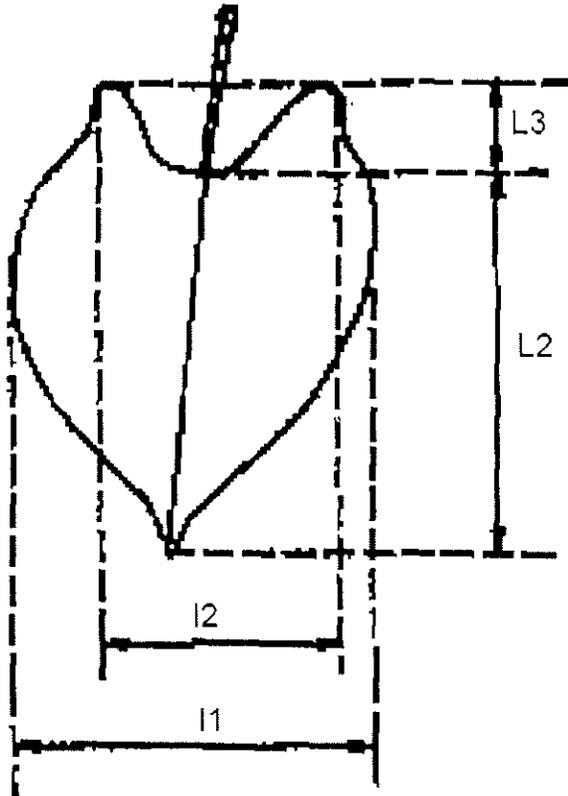


Fig. 6. Medida de la hoja madura

Posición de la parte más ancha de la hoja madura

- 1 Tercio superior
- 2 Medio
- 3 Tercio inferior

Longitud de la punta de la hoja madura

- 1 <2 mm
- 2 2 - 5 mm
- 3 >5 mm

Color de la punta de la hoja madura

- 1 Verde claro
- 2 Verde oscuro
- 3 Verde/morado
- 4 Roja

Longitud del peciolo de la hoja madura

- 1 5 cm
- 2 6 - 9 cm
- 3 10 cm

Longitud del peciolo en relación con el limbo de la hoja madura

- 3 Corto (<2)
- 5 Intermedio (=2)
- 7 Largo (>2)

Pilosidad del peciolo de la hoja madura

- 3 Escasa
- 7 Densa

Color del peciolo de la hoja madura

- 1 Todo verde con la base morada

- 2 Todo verde con la junta de la hoja morada
- 3 Todo verde, morado en ambas puntas
- 4 Todo verde morado con base morada
- 5 Todo verde morado con junta de la hoja morada
- 6 Todo verde morado, ambas puntas moradas
- 7 Verde
- 8 Morado
- 9 Verde marrón
- 10 Marrón
- 11 Marrón oscuro

**Color del ala del peciolo de la hoja madura**

- 1 Verde
- 2 Verde con bordes morados
- 3 Morado

**Espinosidad del peciolo de la hoja madura**

- 3 Escasa
- 7 Densa

**Ausencia/presencia de estípulas en la hoja madura**

- 0 Ausente
- 1 Presente

**Floración**

- 0 Sin floración
- 1 Floración en algunos años
- 2 Floración todos los años

**Días hasta la floración después del brote [d]**

**Sexo**

- 1 Femenino
- 2 Masculino
- 3 Femenino y masculino (predominantemente femenino)
- 4 Masculino y femenino (predominantemente masculino)

**Posición de la inflorescencia**

(En relación con las ramas)

- 1 Hacia arriba
- 2 Hacia abajo

**Número de inflorescencias por planta**

Observado en 10 plantas

- 1 10
- 2 11 - 29
- 3 30

**Olor de la inflorescencia**

- 0 No
- 1 Sí

**Tipo de inflorescencia**

(Véase la Fig. 7)

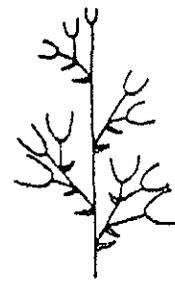
- 1 Espiga
- 2 Racimo
- 3 Panícula



1



2



3

Fig. 7. Tipo de inflorescencia

Ausente  
 Presente  
 Tipo de tubérculo  
 Tubérculo  
 Rizoma  
 Longitud de  
 20 cm  
 21 - 40 cm  
 41 cm  
 Anchura de  
 registrada e  
 número tot  
 la cosecha  
 peso total c  
 calculado pa

**Longitud media de la inflorescencia**  
 1 5 cm  
 2 6 - 10 cm  
 3 11 - 15 cm  
 4 16 cm

**Número de inflorescencias por entrenudo**  
**Número de flores femeninas por inflorescencia**  
 1 10  
 2 11 - 25  
 3 26 - 100  
 4 101

**Color de la flor**  
 1 Morada  
 2 Blanca  
 3 Amarillenta

**Longitud de la flor femenina**  
 1 2,5 cm  
 2 2,6 - 5 cm  
 3 5,1 cm

**Diámetro de la flor femenina [mm]**  
**Diámetro de la flor masculina**  
 1 2 mm  
 2 3 - 5 mm  
 3 >5 mm

**Longitud de la flor masculina [cm]**

**Fruto**  
**Formación del fruto**  
 0 No  
 1 Sí

**Desarrollo del fruto**  
 1 Casi siempre bien desarrollado  
 2 Casi siempre poco desarrollado

**Posición del fruto**  
 1 Hacia arriba  
 2 Hacia abajo

**Forma del fruto**  
 1 Longitud y anchura iguales  
 2 Alargado  
 3 Cápsula trilobulada

**Tamaño del fruto**  
 1 <3 cm  
 2 3 cm

**Pilosidad del fruto**  
 3 Escasa  
 7 Densa

**Ausencia/presencia de cera en el fruto (2.8.6)**  
 0 Ausente  
 1 Presente

**Ausencia/presencia de manchas oscuras dentro del fruto**  
 0 Ausente  
 1 Presente

**Ausencia/presencia de semillas en el fruto**  
 0 Ausente  
 1 Presente

**Forma de la semilla**  
 1 Alargada-oblonga  
 2 Redonda

**Estructura del ala de la semilla**  
 1 Ala alrededor de todo el embrión  
 2 Ala en uno u otro lado del embrión  
 3 Ala sólo en un lado del embrión

**Número de semillas totalmente desarrolladas**

**Tubérculos subterráneos**  
**Ausencia/presencia de tubérculos subterráneos**

Anexo 3

Tabla de las variables y los componentes 1 y 2 significativas de las 74 variables

NOMBRE DE LA VARIABLE	X	CP1	CP2
Ausencia/presencia de alas tallo joven	X3	0.0028	0.1070
Viabilidad de la planta	X6	0.2166	0.2171
Altura del tallo maduro	X7	0.4108	0.4332
Color del tallo maduro	X8	0.0414	0.1300
Forma de la sección transversal del tallo maduro en la base	X9	0.0453	0.3530
Ausencia/presencia de alas tallo maduro	X10	0.1094	0.1094
Posición de las alas en el tallo maduro	X11	0.2024	0.2134
Color de las alas del tallo maduro	X12	0.0917	0.0920
Color del borde de las hojas jóvenes	X17	0.1046	0.1457
Posición de las hojas maduras	X20	0.3606	0.8142
Densidad de las hojas maduras	X21	0.3602	0.4235
Lobulado de las hojas maduras	X23	0.1194	0.2207
Color de las hojas maduras	X24	0.3618	0.5999
Color de la nervadura de la hoja madura (haz)	X25	0.4035	0.9139
Color de la nervadura de la hoja madura (envés)	X26	0.4035	0.9139
Color del borde de la hoja madura	X27	0.3155	0.7610
Pilosidad en el haz de la hoja madura	X28	0.3490	0.7883
Pilosidad en el envés de la hoja madura	X29	0.3863	0.8639
Cerosidad en el haz/envés de la hoja madura	X30	0.0322	0.1180
Forma de la hoja madura	X31	0.2557	0.4636
Forma del ápice de la hoja madura	X32	0.4035	0.9139
Ondulación de la hoja madura	X33	0.0045	0.1431
Distancia entre los lóbulos de la hoja madura	X34	0.3500	0.7774
Hoja madura doblada hacia arriba a lo largo del nervio medial	X35	0.0388	0.0465
Hoja madura arqueada hacia abajo a lo largo del nervio medial	X36	0.1034	0.3277
Lóbulos de la hoja madura arqueados hacia abajo	X38	0.0235	0.2886
Posición de la parte más ancha de la hoja madura	X39	0.4035	0.9139
Color de la punta de la hoja madura	X40	0.3791	0.8105
Pilosidad del pecíolo de la hoja madura	X41	0.3109	0.7634
Color del pecíolo de la hoja madura	X42	0.0002	0.1590
Color del ala del pecíolo de la hoja madura	X43	0.0780	0.2543

Floración	X45	0.5718	0.6892
Sexo	X46	0.3700	0.3982
Posición de la inflorescencia	X47	0.5896	0.7076
Tipo de inflorescencia	X49	0.3832	0.4521
Color de la flor	X50	0.5245	0.6479
Formación del fruto	X51	0.3763	0.6236
Desarrollo del fruto	X52	0.4124	0.6962
Posición del fruto	X53	0.4468	0.7663
Forma del fruto	X54	0.4468	0.7663
Pilosidad del fruto	X55	0.4468	0.7663
Ausencia/presencia de semillas en fruto	X56	0.4468	0.7663
Forma de la semilla	X57	0.4468	0.7663
Estructura del ala de la semilla	X58	0.4468	0.7663
Días hasta el brote	X59	0.0575	0.0605
Número de entrenudos tallo joven	X61	0.1691	0.1767
Altura del tallo maduro	X62	0.5757	0.5757
Número de tallos maduros	X63	0.2027	0.2435
Número de entrenudos a la primera ramificación	X64	0.0609	0.0942
Número de ramificaciones en el tallo maduro	X65	0.1581	0.1599
Diámetro del tallo maduro	X66	0.5225	0.5347
Longitud de los entrenudos	X67	0.2510	0.2671
Tamaño de las alas del tallo maduro	X68	0.3260	0.4027
Número de hojas jóvenes	X69	0.1652	0.1681
Número de entrenudos hasta las hojas totalmente abiertas	X70	0.3848	0.3858
Medida del largo de la hoja madura	X71	0.1402	0.2049
Medida del ancho de la hoja madura	X72	0.2000	0.2529
Longitud de la punta de la hoja madura	X73	0.3223	0.4311
Longitud del pecíolo de la hoja madura	X74	0.2390	0.3334
Proporción del pecíolo en relación con el limbo de la hoja	X75	0.1533	0.2504
Días hasta la floración después del brote	X76	0.5597	0.6728
Número de inflorescencias por planta	X77	0.5043	0.6061
Longitud media de la inflorescencia	X78	0.4023	0.4567
Número de inflorescencias por entrenudo	X79	0.4514	0.5318
Número de flores femeninas por inflorescencia	X80	0.2151	0.3373
Longitud de la flor femenina	X81	0.4047	0.6748
Diámetro de la flor femenina	X82	0.3768	0.6096
Diámetro de la flor masculina	X83	0.0548	0.0666
Longitud de la flor masculina	X84	0.0559	0.0664
Tamaño del fruto	X85	0.4167	0.7170
Número de semillas totalmente desarrolladas	X86	0.4494	0.7587

Tamaño de corola	X87	0.5312	0.6262
Peso gramos del tubérculo	X88	0.1688	0.1983
Longitud tubérculo cm	X89	0.1259	0.1262
Número de tubérculos	X91	0.0042	0.0580

Anexo 4

TABLA VARIABLES USADAS PARA ANÁLISIS DE COMPONENTES Y VARIABLES ELIMINADAS

Caracteres	X	CP1	CP2
Color del tallo joven*	X1	0.0017	0.0668
Ausencia/presencia de cera tallo joven X	X2	0.0024	0.0046
Ausencia/presencia de alas tallo joven*	X3	0.0035	0.1296
Color de las alas del tallo joven*	X4	0.0031	0.0958
Ausencia/presencia de pelos en el tallo joven X	X5	0.0050	0.0148
Viabilidad de la planta*	X6	0.2147	0.2166
Altura del tallo maduro*	X7	0.4090	0.4337
Color del tallo maduro*	X8	0.0408	0.1479
Forma de la sección transversal del tallo maduro en la base*	X9	0.0430	0.3817
Ausencia/presencia de alas tallo maduro*	X10	0.1127	0.1139
Posición de las alas en el tallo maduro*	X11	0.2041	0.2207
Color de las alas del tallo maduro*	X12	0.0946	0.0946
Pilosidad del tallo maduro X	X13	0.0287	0.0312
Superficie rugosa del tallo maduro*	X14	0.0396	0.0571
Primer brote de las hojas*	X15	0.0058	0.0400
Color de las hojas jóvenes	X16	0.0003	0.0066
Color del borde de las hojas jóvenes*	X17	0.1030	0.1416
Color del pecíolo de la hoja joven X	X18	0.0194	0.0605
Color del ala del pecíolo de la hoja joven X	X19	0.0003	0.0158
Posición de las hojas maduras*	X20	0.3571	0.8049
Densidad de las hojas maduras*	X21	0.3555	0.4300
Borde de la hoja madura X	X22	0.0036	0.0147
Lobulado de las hojas maduras*	X23	0.1210	0.2191
Color de las hojas maduras*	X24	0.3594	0.5946
Color de la nervadura de la hoja madura (haz)*	X25	0.3990	0.9028
Color de la nervadura de la hoja madura (envés)*	X26	0.3990	0.9028
Color del borde de la hoja madura*	X27	0.3117	0.7507
Pilosidad en el haz de la hoja madura*	X28	0.3458	0.7790
Pilosidad en el envés de la hoja madura*	X29	0.3825	0.8538
Cerosidad en el haz/envés de la hoja madura*	X30	0.0316	0.1155
Forma de la hoja madura*	X31	0.2507	0.4709
Forma del ápice de la hoja madura*	X32	0.3990	0.9028

Ondulación de la hoja madura*	X33	0.0040	0.1359
Distancia entre los lóbulos de la hoja madura*	X34	0.3456	0.7711
Hoja madura doblada hacia arriba a lo largo del nervio medial*	X35	0.0412	0.0513
Hoja madura arqueada hacia abajo a lo largo del nervio medial*	X36	0.1012	0.3202
Lóbulos de la hoja madura doblados hacia arriba, formando una copa X	X37	0.0371	0.0443
Lóbulos de la hoja madura arqueados hacia abajo*	X38	0.0210	0.2809
Posición de la parte más ancha de la hoja madura*	X39	0.3990	0.9028
Color de la punta de la hoja madura*	X40	0.3753	0.7983
Pilosidad del peciolo de la hoja madura*	X41	0.3075	0.7561
Color del peciolo de la hoja madura*	X42	0.0001	0.1651
Color del ala del peciolo de la hoja madura*	X43	0.0769	0.2518
Ausencia/presencia de estípulas en la hoja madura X	X44	0.0041	0.0320
Floración*	X45	0.5765	0.6877
Sexo*	X46	0.3725	0.3976
Posición de la inflorescencia*	X47	0.5933	0.7051
olor de la inflorescencia X	X48	0.0042	0.0042
Tipo de inflorescencia*	X49	0.3849	0.4491
Color de la flor*	X50	0.5282	0.6495
Formación del fruto*	X51	0.3800	0.6253
Desarrollo del fruto*	X52	0.4157	0.6936
Posición del fruto*	X53	0.4501	0.7654
Forma del fruto*	X54	0.4501	0.7654
Pilosidad del fruto*	X55	0.4501	0.7654
Ausencia/presencia de semillas en fruto*	X56	0.4501	0.7654
Forma de la semilla*	X57	0.4501	0.7654
Estructura del ala de la semilla*	X58	0.4501	0.7654
Días hasta el brote*	X59	0.0585	0.0630
Longitud del tallo joven X	X60	0.0343	0.0385
Número de entrenudos tallo joven*	X61	0.1692	0.1784
Altura del tallo maduro*	X62	0.5736	0.5739
Número de tallos maduros*	X63	0.2036	0.2414
Número de entrenudos a la primera ramificación*	X64	0.0600	0.0966
Número de ramificaciones en el tallo maduro*	X65	0.1548	0.1595
Diámetro del tallo maduro*	X66	0.5228	0.5334
Longitud de los entrenudos*	X67	0.2485	0.2630
Tamaño de las alas del tallo maduro*	X68	0.3292	0.4119
Número de hojas jóvenes*	X69	0.1671	0.1696

Número de entrenudos hasta las hojas totalmente abiertas*	X70	0.3838	0.3860
medida de la hoja largo*	X71	0.1391	0.2038
Medida de la hoja madura ancho*	X72	0.1980	0.2513
Longitud de la punta de la hoja madura*	X73	0.3218	0.4292
Longitud del peciolo de la hoja madura*	X74	0.2351	0.3354
Proporción del peciolo en relación con el limbo de la hoja*	X75	0.1492	0.2490
Días hasta la floración después del brote*	X76	0.5634	0.6713
Número de inflorescencias por planta*	X77	0.5076	0.6072
Longitud media de la inflorescencia*	X78	0.4048	0.4575
Número de inflorescencias por entrenudo*	X79	0.4549	0.5313
Número de flores femeninas por inflorescencia*	X80	0.2169	0.3342
Longitud de la flor femenina*	X81	0.4064	0.6711
Diámetro de la flor femenina*	X82	0.3781	0.6030
Diámetro de la flor masculina*	X83	0.0547	0.0682
Longitud de la flor masculina*	X84	0.0559	0.0672
Tamaño del fruto*	X85	0.4208	0.7184
Número de semillas totalmente desarrolladas*	X86	0.4515	0.7561
Tamaño de corola*	X87	0.5325	0.6202
Peso del tubérculo gr*	X88	0.1667	0.2056
Longitud tubérculo cm*	X89	0.1249	0.1250
Diámetro tubérculo cm X	X90	0.0085	0.0086
Número de tubérculos*	X91	0.0044	0.0582

\* variables usadas para componentes principales  
X variables eliminadas