

23 ENE 1998

RECIBIDO

Turrialba, Costa Rica

LAS JICAMAS SILVESTRES Y CULTIVADAS

(Pachyrhizus spp.)

W. Phillips-Mora, J. Morera, M. Sorensen

**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION
Y ENSEÑANZA (CATIE)**

**ROYAL VETERINARY AND AGRICULTURAL
UNIVERSITY OF DENMARK**

**TURRIALBA, COSTA RICA
JULIO DE 1993**

CONTENIDO

Páginas

CONTENIDO	ii
LISTA DE CUADROS	v
INTRODUCCION	1
<i>Pachyrhizus spp.</i> : CARACTERISTICAS GENERALES	3
CLASIFICACION TAXONOMICA	3
DESCRIPCION BOTANICA	4
RANGOS DE ADAPTACION	4
GERMOPLASMA	5
Colecciones	5
Caracterización del germoplasma	6
MEJORAMIENTO GENETICO	7
Mejoramiento para producción	8
Mejoramiento de la fijación de nitrógeno	8
Mejoramiento de la calidad	9
ESTUDIOS INTERESPECIFICOS	10
<i>Pachyrhizus erosus</i>	11
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	11
SINONIMIA	12
NOMBRES COMUNES	12
ORIGEN Y DISTRIBUCION	13
DESCRIPCION BOTANICA	14
FISIOLOGIA DEL CULTIVO	16
COMPOSICION NUTRICIONAL	19
UTILIZACION	22
Alimentación humana	23
Alimentación animal	24
Fuente de almidón	24
Fuente de aceite	24
Fuente de agua	25
Fuente de fibra	25
Abono verde	25
Fijación de nitrógeno	25
Insecticida	26
Veneno para peces	28
Propiedades medicinales	28
Efectos perjudiciales de su consumo	29
ECOLOGIA DEL CULTIVO	30
Clima	30
Suelo	31

PRACTICAS DE CULTIVO	31
Preparación del suelo	32
Material de siembra	32
Fecha de siembra	33
Distancias y forma de siembra	33
Intercultivo	34
Fertilización	35
Combate de malezas y aporca	35
Irrigación	36
Eliminación de flores	36
Eliminación de guías y retoños	37
Producción de semillas	37
Cosecha	37
Manejo poscosecha	38
Normas de calidad	39
ENFERMEDADES	40
Enfermedades virosas	40
Enfermedades fungosas	41
Enfermedades causadas por bacterias	42
Enfermedades causadas por nemátodos	42
PLAGAS	43
<i>Phyllophaga</i> spp.	43
<i>Ferrisia virgata</i>	43
<i>Frankliniela occidentalis</i>	44
<i>Diabrotica</i> spp.	44
Escarabajo rosado	44
Afidos	44
Otras plagas	44
ECONOMIA DE LA PRODUCCION	45
Rendimiento	45
Rentabilidad	45
Comercialización	49
<i>Pachyrhizus tuberosus</i>	50
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	50
HISTORIA	50
SINONIMIA	51
NOMBRES COMUNES	51
ORIGEN Y DISTRIBUCION	51
DESCRIPCION BOTANICA	52
FISIOLOGIA	52
COMPOSICION NUTRICIONAL	53
UTILIZACION	53
Alimentación humana	53
Alimentación animal	54
Fuente de almidón	54
Fuente de aceite	54
Insecticida	54
Propiedades medicinales	54

ECOLOGIA DEL CULTIVO	55
PRACTICAS DE CULTIVO	55
Cosecha	55
ECONOMIA DE LA PRODUCCION	55
Rendimiento	55
ENFERMEDADES Y PLAGAS	56
<i>Pachyrhizus ahipa</i>	57
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	57
HISTORIA	57
SINONIMIA	58
NOMBRES COMUNES	58
ORIGEN Y DISTRIBUCION	58
DESCRIPCION BOTANICA	59
COMPOSICION NUTRICIONAL	59
UTILIZACION	60
Alimentación humana	60
Fijación de nitrógeno	60
Insecticida	60
ECOLOGIA DEL CULTIVO	61
PRACTICAS DE CULTIVO	61
Manejo poscosecha	62
ENFERMEDADES Y PLAGAS	62
ECONOMIA DE LA PRODUCCION	62
Rendimiento	62
<i>Pachyrhizus ferrugineus</i>	63
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	63
SINONIMIA	63
ORIGEN Y DISTRIBUCION	63
DESCRIPCION BOTANICA	64
UTILIZACION	64
PLAGAS	64
<i>Pachyrhizus panamensis</i>	65
IMPORTANCIA DE LA ESPECIE	65
ORIGEN Y DISTRIBUCION	65
DESCRIPCION BOTANICA	65
UTILIZACION	65
LITERATURA DISPONIBLE SOBRE <i>Pachyrhizus spp</i>	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1	Composición nutricional de muestras de raíces, vainas verdes y semillas de <i>Pachyrhizus erosus</i> (L) Urban según varios autores.	20
2	Composición nutricional de una muestra de 100 g de jícama (<i>Pachyrhizus erosus</i>), ñame (<i>Dioscorea sp.</i>), yuca (<i>Manihot esculenta</i>) y soya (<i>Glycine max</i>).	21
3	Producción bajo condiciones experimentales y en siembras comerciales de raíces de jícama (<i>Pachyrhizus erosus</i> (L) Urban) en diferentes localidades.	46
4	Costos en términos porcentuales e ingresos rupias de una hectárea de jícama de la variedad "Rajendra Mishrikand-1" en Bihar, India.	47
5	Costos en términos porcentuales e ingresos de una hectárea de jícama en Malasia.	48

LAS JICAMAS SILVESTRES Y CULTIVADAS

(*Pachyrhizus spp.*)

*W. Phillips-Mora, *J. Morera, **M. Sorensen

INTRODUCCION

El constante incremento de la población mundial, particularmente en las regiones tropicales, ha obligado a explorar nuevas opciones agrícolas que aseguren el alimento a las presentes y a las futuras generaciones. Es quizás por esta razón, que los cultivos leguminosos de raíz han recibido una renovada atención en los países del tercer mundo, interés que se ha incrementado a partir de la década de los 80.

De las aproximadamente 18000 especies que posee la familia de las Fabáceas o Leguminosas, al menos 25 son cultivadas para el consumo de sus raíces en varias partes del mundo (Vietmeyer 1986). De acuerdo con la experiencia obtenida con algunas de ellas, este tipo de plantas constituye un importante recurso a ser explotado, debido a su alta capacidad de producción, su habilidad para fijar nitrógeno y su adecuado valor nutricional (National Academy of Sciences 1979, Vietmeyer 1986).

Dentro de este grupo, las especies pertenecientes al género *Pachyrhizus*, conocidas genéricamente como "jicamas", son una de las opciones más importantes y las que han tenido los avances más significativos en los últimos tiempos (Grum 1990a), sobre todo a partir de 1985 en que se estableció el "Yam Bean Project", proyecto dedicado exclusivamente al estudio de este género a nivel mundial.1/

* Unidad de Recursos Genéticos, Programa de Agricultura Sostenible. Ap.7170, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

** Botanical Laboratory, University of Copenhagen, Gothersgade 140, DK-1123 Copenhagen, Denmark.

1/ El "Yam Bean Project" es un proyecto de la CEE ejecutado por la "Royal Veterinary and Agricultural University" de Dinamarca y con las siguientes entidades contraparte: INIFAP/SARH de México, CATIE de Costa Rica, MAF de Tonga, INIAP y UTE de Ecuador, ISRA/CNRA de Senegal y la Universidad de Benín.

Las jícamas son autóctonas del continente americano y consideradas por algunos como uno de los cultivos alternativos más promisorios que existen (Zinsou y Venthou-Dumaine 1988). El género posee dos especies silvestres y tres especies cultivadas (Sorensen 1988), siendo *P.erosus* la más importante y a la cual se refiere la mayor parte de la literatura. Algunas de las especies han sido cultivadas en América desde tiempos ancestrales, sin embargo, se les considera comparativamente nuevas dentro de los cultivos hortícolas del mundo (Schroeder 1967).

Su alto potencial productivo y su bajo costo de producción, hacen de las jícamas un conveniente cultivo de exportación para pequeños agricultores en los países en vías de desarrollo y un producto barato para los consumidores locales. Su poco impacto sobre el ambiente debido al limitado uso de fertilizantes y pesticidas, y su capacidad para utilizar el nitrógeno atmosférico y reciclarlo mediante los residuos de cosecha, las convierte en el cultivo casi ideal para la agricultura sostenible (Grum y Sorensen 1993, Manu *et al.* 1993).

Las jícamas se caracterizan por una amplia adaptabilidad climática y ecológica y gran capacidad de incrementar esa adaptación, mediante la selección de genotipos que no respondan a la duración del día (Grum 1990a, Sorensen 1990).

Desde el punto de vista agrícola, *Pachyrhizus spp.* posee una estabilidad productiva relativamente alta, es fácil de cultivar y se le conocen pocos enemigos naturales. Su amplia variabilidad genética, evidencia sus grandes posibilidades para el mejoramiento. Es excepcional que sea un cultivo tuberoso, autopolinizado y propagado sexual y asexualmente, ya que ninguno de los cultivos más importantes del mundo presenta esta combinación de características (Grum 1990a).

La literatura relacionada con el género está muy dispersa y no existen documentos en extenso relativos al tema. Por esta razón, se consideró como una prioridad, recopilar y revisar la información disponible, produciendo en última instancia un documento que resuma toda esa información. Luego de una ardua labor, ponemos a disposición de los interesados esta monografía, esperando que sea de apoyo para incrementar el conocimiento y la utilización de este importante grupo de plantas.

Pachyrhizus spp:

CARACTERISTICAS GENERALES

CLASIFICACION TAXONOMICA

El género *Pachyrhizus* (del griego pachys=grueso y rhiza=raíz) pertenece a la familia Fabaceae (anteriormente llamada Leguminosae), subfamilia Faboideae (Papilionoideae), tribu Phaseoleae y subtribu Diocleinae (Phaseolinae) (Allen y Allen 1981, Sorensen 1988).

Basado en una descripción hecha por Plukenet en 1696, Lineo le llamó inicialmente al género *Dolichos*. Du Petit-Thouars en 1806 lo separó de dicho género y le asignó el nombre de *Cacara*. Posteriormente, De Candolle cambió el nombre a *Pachyrhizus* en 1825 y a *Pachyrhizus* en 1826 (De Candolle 1825, Sorensen 1988), sin embargo, el nombre *Pachyrhizus* prevaleció sobre esta última forma y sobre la utilizada posteriormente por otros autores, quienes le acostumbran agregar una "r" al nombre original (*Pachyrrhizus*) (Allen y Allen 1981).

Durante mucho tiempo existió una gran confusión taxonómica y florística dentro del género, la cual se debió a diversas razones (Schroeder 1967, Sorensen 1988). Una de las más importantes fue la introducción de *Pachyrhizus* (específicamente *P.erosus*), que es un género neotrópico, en amplias áreas de los paleotrópicos, lo que llevó a creer que era originario de estas áreas e inclusive a incluir dentro del mismo, a muchas especies pertenecientes a los géneros Paleotrópicos *Neorautanemia* y *Pueraria* (Sorensen 1988). Otro factor importante fue que la clasificación propuesta por Clausen (1945a), a pesar de haber sido la más popular, no fue aceptada por algunos taxonomistas, ya que se basó en una revisión incompleta del género, debido a que el autor no pudo consultar el material de los herbarios del viejo mundo por motivo de la II Guerra Mundial (Sorensen 1988).

En México, muchas de las inconsistencias en cuanto a la clasificación y nomenclatura botánica de las diferentes especies y formas relacionadas, se pueden atribuir al uso de parámetros de clasificación inadecuados, debido a su gran variación y a su fuerte dependencia de las condiciones ambientales (Schroeder 1967).

Basado en un estudio más exacto y detallado del género, Sorensen en 1988 propuso una nueva clasificación del género, que es actualmente la más moderna y aceptada. Esta clasificación es consistente inclusive, con estudios realizados posteriormente por el autor, en los que documentó la morfología distintiva del polen de las especies propuestas (Sorensen 1989a).

Con base en esta clasificación, se reconocen tres especies cultivadas: *P.erosus*, *P.tuberosus* y *P.ahipa* y dos especies silvestres: *P.ferrugineus* y *P.panamensis* (Sorensen 1988). *P.erosus* y *P.tuberosus* se cultivan por sus raíces engrosadas, suculentas, azucaradas y de buen contenido proteínico (Sorensen 1988). El cultivo de *P.ahipa* se da en forma más restringida (León 1987).

DESCRIPCION BOTANICA

El género posee plantas rastreras ordinarias, que recuerdan el hábito de crecimiento de *Calopogonium*, *Canavalia* y *Stizolobium*, con la única excepción de *P.ahipa* que tiene plantas erectas (Sorensen 1988).

A continuación se da una descripción botánica más detallada del género, obtenida a partir de varios autores (Allen y Allen 1981, Clausen 1945a, D'Arcy 1980, Pittier 1944, Purseglove 1968, Sorensen 1988).

Las hojas son pinnadas trifoliadas con estípites y estípulas presentes. Los peciolo tienen pulvínulos prominentes. Las inflorescencias son axilares y presentan brácteas y dos bracteolas pequeñas, cerdáceas y caducas. Las flores poseen un pedúnculo largo, son largas, caducas y de color morado, rosado o blanco. El cáliz es campalunado, la corola papilionácea, los estambres diadelfos (9+1), las anteras uniformes y el ovario subsésil y multiovulado. Los frutos son legumbres oblongas, transversalmente deprimidas entre las semillas, pero débilmente septados en su parte interna. Las semillas son rojas, moradas o negras, ovales, cuadradas o arriñonadas. Las raíces son tuberosas.

La naturaleza herbácea de los tallos es característica de todas las especies, excepto de *P.ferrugineus*, que se distingue por tener una porción leñosa arriba de la raíz. Esta característica es muy evidente en *P.erosus* y en *P.panamensis*, en las cuales, como una respuesta adaptativa a la estación seca, los tallos se marchitan hasta el nivel del suelo. Por proceder de bosques húmedos sin períodos secos marcados, *P.ferrugineus* no tiene necesidad de esta adaptación, lo cual es la razón probable, de que sus raíces sean las menos tuberosas del género (Sorensen 1988).

RANGOS DE ADAPTACION

El género está ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales, tanto en forma cultivada como silvestre (Clausen 1945a). En América existen especies desde México hasta la parte norte y central de Suramérica, sin embargo, es probable que en tiempos precolombinos su distribución incluyera parte del territorio de la Argentina (Sorensen 1990).

Desde el punto de vista altitudinal, *Pachyrhizus* está presente en una extensa área geográfica, que abarca muy diversos ambientes ubicados desde las planicies costeras a nivel del mar, hasta los valles andinos y el valle Central de México a más de 2000 msnm (National Academy of Sciences 1979, Sorensen 1988).

Los habitats que ocupa el género son muy diversos. Sus especies se ubican en suelos desde pobres hasta ricos y en áreas desde estacionalmente secas con cobertura de maleza, hasta densos bosques tropicales lluviosos (National Academy of Sciences 1979, Sorensen 1990). La variación en cuanto a los rangos de precipitación promedio anuales van desde 250-500 mm en la península de Yucatán y en las regiones costeras de Ecuador, hasta más de 1500 mm en Centro América y el Amazonas (Sorensen 1990).

GERMOPLASMA

Colecciones

A pesar de que existen solo cinco especies, las investigaciones han demostrado claramente, que este género posee una variación considerable, concentrada principalmente en América Tropical, que es donde se originaron todas las especies.

De acuerdo con el National Research Council (1989), para evitar la pérdida de muchos materiales valiosos, es prioritaria la recolección y conservación de material genético. Muchos genotipos están amenazados con la extinción, como ocurre con las variedades de *P.ahipa* en las provincias argentinas de Jujuy y Salta y en el Valle de los Yungas en Bolivia. Para esta especie, se ha recomendado emprender una recolección de especímenes en las tierras cultivadas por los indígenas en los Andes, antes de que sea demasiado tarde. Se debería dar una atención especial al contenido de proteína, ya que es probable que se encuentren genotipos con contenidos excepcionalmente altos.

Los materiales genéticos deben ser ubicados en bancos de germoplasma, que reúnan y preserven la variabilidad genética del género, proveniente tanto de genotipos silvestres como cultivados. Según la National Academy of Sciences (1979), es necesario conservar aquellos genotipos cultivados que muestren capacidad adaptativa a diferentes ambientes, producción superior, características ideales de raíz, alto valor nutricional, resistencia a plagas y enfermedades, etc.; también debe darse especial atención al contenido de proteína de la raíz y a la calidad en general.

En muchos países, uno de los principales factores limitantes para el mejoramiento genético de la jícama, ha sido la ausencia de bancos de germoplasma. En México por ejemplo, hasta hace poco tiempo, esta era una de las principales debilidades (Heredia y Heredia 1991). Al respecto, se ha recomendado que alguna institución de investigación agrícola latinoamericana, se haga cargo de esta responsabilidad. Esta institución debe también mantener duplicados de todas las colecciones de semillas en un moderno banco de semillas con condiciones ambientales controladas (National Academy of Sciences 1979).

A continuación se indican algunos detalles con respecto a las colecciones de germoplasma que se mencionan en la literatura.

Dinamarca: Una de las más importantes colecciones de germoplasma de jícama se encuentra en el "Royal Veterinary and Agricultural University" de Copenhague, Dinamarca. De aquí se obtienen los materiales para un programa de selección e hibridización que se está llevando a cabo a nivel mundial. Este banco ha incrementado sustancialmente la cantidad de introducciones por medio de dos colectas de germoplasma realizadas en Latinoamérica, a partir de las cuales se logró obtener el siguiente material: 49 genotipos de *P.erosus*, 7 de *P.ferrugineus*, 1 de *P.panamensis*, 3 de *P.tuberosus* y 2 de *P.ahipa* (Grum *et al.* 1990a, Sorensen 1992).

Brasil: El Instituto Nacional de Investigaciones de la Amazonía en Manaus, Brasil, tiene una colección de 15 introducciones de *Pachyrhizus spp.* con características fenotípicas distintivas considerados de alta heredabilidad, como son, el color y la forma de la semilla y la forma de la raíz. Entre otras labores, el Instituto procura el enriquecimiento y preservación de su colección, la selección de líneas de alta producción y la caracterización bioquímica y nutricional de esas líneas (Noda *et al.* 1991).

Costa Rica: Ha partir de 1989, en el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica, se ha llevado a cabo el rejuvenecimiento, caracterización y evaluación de genotipos de *Pachyrhizus*. Actualmente se cuenta con 150 introducciones de las 5 especies. De estas introducciones, el 70% corresponde a tipos cultivados y el resto a híbridos interespecíficos (Morera 1992).

Ecuador: El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP), inició recientemente la colección, conservación y evaluación de germoplasma. Han realizado 4 colectas de materiales de *P.tuberosus*, los cuales han empezado a ser evaluados para una gran cantidad de parámetros (Estrella 1993).

Caracterización del germoplasma

Dado que el mejoramiento genético depende de la magnitud de la variabilidad genética y del nivel de heredabilidad que los caracteres deseables tengan, para iniciar un programa efectivo de mejoramiento es indispensable la determinación de la variabilidad genética existente (Sinha *et al.* 1977 a). Para esto es necesario contar con parámetros adecuados (descriptores) y con un sistema uniforme de descripción y evaluación. Indudablemente los bancos de germoplasma juegan un papel determinante en el proceso.

Los descriptores son características de la planta que permiten distinguir las especies y variedades entre sí y determinar la homogeneidad y estabilidad de cada una de ellas por separado. Deben ser fácilmente reconocibles y tener una variación definida dentro de las especies. Además, deben tener alta heredabilidad para que puedan ser fácilmente reconocidos bajo condiciones ambientales variables (Grum 1990a).

En relación con esto, Schroeder (1967) considera que muchas de las inconsistencias que se dieron en México en cuanto a la clasificación y nomenclatura botánica de las diferentes especies de jícama y de formas relacionadas, se debieron a que algunos parámetros de clasificación (ej. forma de la raíz) son altamente variables y probablemente dependientes de las condiciones ambientales, por lo que es dudosa su aplicabilidad con estos fines.

Para caracterizar introducciones de jícama, Márquez (1992) identificó 10 caracteres cualitativos y 9 cuantitativos de la planta que poseían el mayor poder discriminante, siendo los caracteres de la flor los de mayor importancia. El color del estandarte de la flor, porcentaje de raíces medianas, número de botones florales por inflorescencia y la forma de la raíz fueron útiles para discriminar grupos e introducciones entre grupos, por lo que podrían utilizarse para la descripción inicial de cualquier colección.

Estrella (1993) en Ecuador propone una amplia lista de descriptores tanto morfológicos como agronómicos, dentro de los que incluye: días a la brotación y a la floración, vigor de las plántulas, rendimiento, peso y volumen de 100 semillas, etc.

En India se estudió la variabilidad genética de la jícama utilizando 34 variedades. Se encontró diferencias altamente significativas entre ellas para todos los caracteres bajo estudio excepto para ramas/planta. Para la mayoría de los caracteres se obtuvo un amplio rango de variación fenotípica. Se concluyó que la selección de plantas individuales con base en el peso de 100 semillas, número de hojas, longitud del tallo principal, diámetro y longitud de la raíz podría ser adecuada en este cultivo (Sinha *et al.* 1977 a). Estos autores encontraron también que existe una alta heredabilidad del diámetro de la raíz y una correlación altamente significativa (0,78) de este parámetro con la producción.

MEJORAMIENTO GENETICO

El género *Pachyrhizus* y en particular *P.erosus*, tiene grandes posibilidades para su mejoramiento genético, ya que posee líneas de alto rendimiento, una estabilidad relativamente alta en su producción y una gran variabilidad genética (Grum 1990a).

Adicionalmente, sus especies en forma individual poseen características que podrían ser de gran utilidad para el mejoramiento, como son, el vigor de la semilla de *P.ahipa* y *P.tuberosus* (Grum 1992), la resistencia de *P.ferrugineus* al "virus del mosaico de la jícama" y a los suelos pobres en fósforo (Sorensen 1990), el ciclo de vida más corto, porte pequeño y erecto y neutralidad a la duración del día de *P.ahipa* (National Research Council 1989) y la tolerancia a las altas precipitaciones de *P.tuberosus*, etc. (Sorensen 1990)

Se ha demostrado que bajo condiciones naturales el género posee genotipos de alto rendimiento. Así por ejemplo, Sorensen (1990) encontró que para *P.panamensis* y para una forma silvestre de *P.erosus*, se obtenían producciones similares o mayores a las obtenidas con las especies cultivadas. Esto sugiere que los cultivares actualmente disponibles, no han sido seleccionados por el hombre únicamente por su producción: en el caso de *P.erosus* y *P.ahipa*, pareciera que ha jugado un papel más importante la selección de plantas con una sola raíz (Sorensen 1990).

Grum (1990a) hizo una amplia revisión sobre el mejoramiento genético de *Pachyrhizus*. Indica que para estas plantas pueden usarse todos los métodos de mejoramiento que sean aplicables a los cultivos autofertilizados, con la única excepción del método masal. Recomienda dar más énfasis a los cruzamientos utilizando gran cantidad de padres.

En muchos países, como por ejemplo México (Heredia y Heredia 1991) y la India (Tiwari *et al.* 1977), el problema principal del cultivo ha sido la baja producción y la mala calidad de las variedades locales. Como consecuencia de esto, en México se han hecho grandes esfuerzos para la obtención de variedades de alto rendimiento y buena calidad en términos de tamaño, forma, consistencia y sabor de las raíces, así como aceptación por parte del consumidor (Heredia y Heredia 1991).

El mejoramiento en este país se inició en 1961, seleccionando las mejores raíces a partir de la variedad local. Luego de 10 años se obtuvieron las dos primeras variedades mejoradas, muy superiores en rendimiento y con mejor sabor que la variedad local. Luego se incluyeron genotipos de otros estados, con los cuales se realizó selección clonal y multiplicación sexual de cada selección por medio de autofecundaciones, con lo que se obtuvo tres nuevas variedades con producciones muy superiores a las inicialmente seleccionadas (Heredia y Heredia 1991). Recientemente, se ha informado de la selección de dos nuevas variedades (San Juan y La Vega de San Juan), obtenidas mediante la selección individual de plantas combinada con selección clonal. Estos nuevos materiales superan en rendimiento, calidad y precosidad a las variedades Agua Dulce, Cristalina y San Miguelito (Heredia 1992).

El mejoramiento genético utilizando la selección de líneas puras, ha sido muy exitoso en México, ya que permitió duplicar la producción de raíces. No obstante, para incrementar la capacidad productiva de los materiales, en las etapas subsiguientes del mejoramiento se recomendó utilizar hibridaciones (Grum 1990a). Esta estrategia ya se está empleando, mediante el uso de un "método alternativo de mejoramiento" que involucra reproducción asexual y sexual (Heredia, E. 1993). El método consiste en hacer autofecundaciones y cruzamientos cruzados entre materiales seleccionados, pertenecientes a generaciones F₄, F₅ y F₆ provenientes de cruces interespecíficas, y en establecer parcelas para la selección de raíces a partir de materiales segregantes.

Mejoramiento para producción

Algunos genotipos de *P.erosus* han mostrado un gran potencial de producción. Así por ejemplo, en Guanajuato, México, sin la adición de ningún químico se han alcanzado producciones bajo riego de más de 150 t/ha, y en Tonga bajo condiciones de precipitación, una producción de más de 100 t/ha (Grum y Sorensen 1993).

El CATIE ha realizado en Costa Rica 8 experimentos tendientes a evaluar el rendimiento y caracterizar genotipos de *P.erosus* y de otras especies. En estos experimentos se obtuvo mucha variación en los rendimientos (0,4-63 TM/ha), debida en parte, a las diferencias entre localidades y distancias de siembra usadas (Morera 1992).

En otra evaluación realizada por Morera *et al.* (1993) se obtuvo bajo las condiciones de la Estación Experimental Fabio Baudrit en Alajuela, un promedio de producción de las 10 introducciones evaluadas de 100 TM/ha, con un máximo de 126 TM/ha para la introducción EC-523 y un mínimo de 52 TM/ha para la EC-534. Bajo las condiciones más lluviosas de Turrialba, las variedades tuvieron producciones inferiores.

En India también se han realizado evaluaciones para la selección de genotipos superiores. En una evaluación de 6 variedades locales y de 10 cultivares mexicanos realizada en este país, se encontró que algunos de los materiales mexicanos poseían un potencial mayor de producción (10 cv con más de 10,4 TM/ha) y maduraban entre los 180 y 200 días, mientras que ninguno de los locales superaban el límite de producción de los 9,5 TM/ha y maduraban entre los 225 y los 250 días (Singh *et al.* 1981).

También en India, Bhagmal y Kawalkar (1982) evaluaron 31 líneas de jícama provenientes de México en cuanto a su germinación, vigor de planta, hábito de crecimiento, altura de planta, emisión de hojas, floración y características de las vainas y las semillas. Los datos indican que los cultivares mostraron una considerable variación en el número y la producción de raíces durante las diferentes estaciones. Para todas las introducciones, la producción de raíces fue mayor durante la estación lluviosa.

Mejoramiento de la fijación de nitrógeno

Existe evidencia en *Pachyrhizus*, de que la fijación de nitrógeno se puede mejorar considerablemente, lo cual redundaría en un incremento de la producción y de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas que incluyen jícama entre sus componentes (Grum y Sorensen 1993). No obstante, hay poca indicación directa si esto es más factible lograrlo mediante la selección de aislamientos de *Rhizobium* o seleccionando mejores plantas hospederas (Grum 1990a).

Ambas estrategias han sido ensayadas pero aún no se cuenta con resultados totalmente concluyentes. Con respecto a la selección de mejores hospederos, Grum (1990b) evaluó la capacidad de fijación de nitrógeno de 16 introducciones usando como tratamientos la combinación de los siguientes factores: con o sin *Rhizobium* y con o sin desfloración. No encontró diferencias entre tratamientos para las siguientes variables evaluadas: producción de raíces, porcentaje de cosecha no comercializable y sólidos solubles, lo cual indicó que se debía a la alta fertilidad del suelo usado.

Con relación a la selección de cepas más eficientes de *Rhizobium*, Woomer (1979) evaluó 23 aislamientos de la bacteria, encontrando dos cepas que dieron producciones de nitrógeno total más alto que el tratamiento con nitrato.

Por otra parte, Vansuyt y Zinsou (1989) estudiaron las interacciones existentes entre aislamientos de *Rhizobium* y tipos de suelo y su efecto sobre la simbiosis con *P.erosus*, encontrando que la fijación de nitrógeno era pobre en suelos ácidos (pH 4,6). Lynd y Purcino (1987) estudiaron el efecto de la fertilidad del suelo sobre la fijación de nitrógeno y encontraron que el fósforo, calcio y potasio eran elementos importantes para este proceso.

Halafihi (1992) en Tonga, evaluó en 28 variedades de jícama, el efecto de la adición de nitrógeno y de la inoculación con bacterias fijadoras. Encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos para las variables: extensión del tallo principal, peso fresco de la parte aérea y número y peso de las nodulaciones.

Mejoramiento de la calidad

Aunque como línea general de los programas internacionales de mejoramiento genético está la selección de dos tipos de raíces, aquellas con un bajo contenido de materia seca y adecuadas para comerse crudas, y otras más almidonosas para cocinar, pocas consideraciones se han hecho tendientes a satisfacer los gustos de los consumidores (Grum 1990a).

El hecho de que la jícama no esté entre los cultivos de raíz más importantes del mundo, está relacionado con su grado de aceptación en algunas comunidades (Grum 1990a). Consecuentemente, este debe ser uno de los aspectos fundamentales a considerar en el mejoramiento genético de esta planta.

Uno de los pasos más difíciles es la definición de los criterios que llenen las expectativas del consumidor, criterios que dependen de los diferentes gustos y requerimientos que posean las personas según sus valores estéticos y hábitos de consumo (Grum 1990a).

Únicamente existen menciones aisladas pero no estudios extensivos al respecto. Schroeder (1968) establece que el jugo debe ser claro, ya que algunas raíces tienden a producir un jugo lechoso que en México es considerado como indeseable. Schneider (1986) indica que la textura crujiente es muy deseable en ensaladas y en comidas cocinadas. Paull y Chen (1988) señalan que el contenido de fenol podría ser indeseable en altas concentraciones.

En los Estados Unidos se considera que la dulzura de las raíces es una característica desventajosa (Porterfield 1951). Al respecto, Grum (1990b) encontró una correlación negativa y significativa entre la producción y los sólidos solubles, concluyendo que la selección para mayores producciones puede resultar en raíces menos dulces, lo que sería de gran ventaja en la selección de genotipos destinados a los Estados Unidos, pero inconveniente para otros países en que esta característica es apreciada.

En Tonga se llevó a cabo un experimento para probar algunas recetas con jícama y para obtener una impresión general de la aceptabilidad del cultivo. La mayoría de los evaluadores encontraron que el olor no era deseable tanto crudo como cocinado sin ningún otro ingrediente. La mayoría no se mostró ansiosos de probar las raíces crudas. Cuando se herbía o horneaba en horno de tierra, la raíz era húmeda y aguada aunque crujiente, lo cual va en contra de la tradición de esta isla, en donde las variedades almidonosas son preferidas. Mezclada con leche de coco, cebolla, carne de carnero y sal fue del gusto de los europeos pero no de los nativos de la isla (Grum 1989).

En Nigeria, tiene más aceptación otras leguminosas tuberíferas como el "african yam bean" (*Sphenostylis stenocarpa*) o el frijol alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) debido a que en este país se consume principalmente los granos en tanto que las raíces son desperdiciadas. En todo caso prefieren la yuca, papas, camotes y ñames (Ene 1992)

ESTUDIOS INTERESPECIFICOS

Sorensen (1989b) observó una considerable compatibilidad al cruzar las tres especies cultivadas de jícama (*P.erosus*, *P.tuberosus* y *P.ahipa*). Aunque demostró que existen diferencias de compatibilidad entre cruces recíprocos, encontró que la fertilidad del polen de los híbridos se reducía solamente en forma leve. La producción de semillas de los híbridos fue considerablemente mayor que la de las especies y su germinación únicamente se reducía con el cruce *P.tuberosus* x *P.ahipa*. Este autor señala la posibilidad de crear nuevos cultivares adaptados a condiciones climáticas específicas por medio del cruzamiento interespecífico.

De acuerdo con Hoof y Sorensen (1989), de este trabajo se puede concluir que todas las especies cultivadas son interfértiles y que a partir de las hibridaciones se pueden obtener individuos con características deseables como por ejemplo, hábito de crecimiento erecto y bajo, insensibilidad a las variaciones en la longitud del día, incremento en la tolerancia a mayores y menores tasas de precipitación, etc.

De acuerdo con Manu *et al.* (1993), el híbrido interespecífico ideal debería ser capaz de fijar el nitrógeno atmosférico eficientemente con una asociación de *Bradyrhizobium*, utilizar eficientemente el fósforo del suelo y tener una alta producción de raíces tuberosas con todas las cualidades de mercado. A partir de híbridos entre *P.ahipa* y *P.erosus* se podría también, producir individuos que fueran menos sensibles que sus padres a la duración del día, de tal forma que su crecimiento no estuviera limitado por la latitud ni por la estación del año (National Research Council 1989).

Pachyrhizus erosus (L.) Urban.

IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

De las especies cultivadas de jícama, *P.erosus* es la más importante y la de mayor potencial para el futuro.

Existen importantes áreas de producción de esta especie en México, El Salvador, Hawaii y en regiones tropicales de China, India, Indonesia y Filipinas (Duke 1981, Hoof y Sorensen 1989), sin embargo, debido a su amplio potencial como cultivo extensivo, se considera que debería estar más difundida en Africa, Asia, Oceanía y obviamente en Latinoamérica y el Caribe (National Academy of Sciences 1979).

En algunos países latinoamericanos su consumo es muy popular, particularmente entre personas de nivel económico bajo (Schroeder 1967). En México se le encuentra abundantemente en todos los mercados y es una especie de importancia comercial, tanto por su alto consumo local como por sus exportaciones a los Estados Unidos. En el estado de Guanajuato su cultivo tiene gran importancia socioeconómica, debido al gran número de familias de escasos recursos que lo cultivan, quienes acostumbran sembrarlo asociado con granos básicos, dando lugar a un sistema de producción tradicional de la región (Arguelles 1979, Díaz 1978, Heredia 1985).

Su consumo en los Estados Unidos está creciendo rápidamente. Actualmente se le encuentra durante todo el año en los mercados de las comunidades hispanas y chinas y en muchos supermercados a través de todo el país, alcanzando precios muy altos para un cultivo de raíz (hasta US\$ 2,5/kg) (Hoof y Sorensen 1989, National Research Council 1989, Schneider 1986).

En ese país, se le considera un alimento con grandes posibilidades culinarias (Schneider 1986) y es promovida como un alimento saludable. Al respecto, la revista Newsweek del 30 de Julio de 1990, hace la siguiente mención: "el americano promedio puede encontrar difícil pasar de una hamburguesa con queso a una ensalada de jícama y pepinos, lo cual puede constituir la diferencia entre padecer o no de un ataque al corazón".

En California su popularidad se ha incrementado en los últimos años, pues sirve como sustituto de la escasa "castaña de agua" en las comidas chinas (León 1987, National Academy of Sciences 1979, Schroeder 1967) y como un bocadillo de bajas calorías, lo cual responde a su alto contenido de agua y a sus carbohidratos fácilmente digeribles (León 1987, Schneider 1986, Tadera *et al.* 1984).

En Brasil se ha considerado su reintroducción como un cultivo alimenticio útil para los trópicos húmedos (Noda y Kerr 1983). En India se le ha considerado como un cultivo con grandes posibilidades por cuanto da las mayores ganancias con una mínima inversión (Singh *et al.* 1981). En otros países es sembrado como sustituto de otros cultivos, en caso de que estos fallen (Portefield 1939), o bien, como simple reemplazo de un producto más costoso, como es el caso de la papa en Jamaica y Guyana (Bertonni 1910a).

SINONIMIA

Pachyrhizus erosus ha sido conocida con gran cantidad de nombres científicos, dentro de los que se puede mencionar: *Cacara erosa* (L) Kuntze, *Dolichos articulatus* Lam., *Dolichos erosus* Linnaeus, *Dolichos bulbosus* Linnaeus, *Pachyrhizus angulatus* Richard ex de Candolle, *Pachyrhizus articulatus* (Lam.) Duchass. ex Walp., *Pachyrhizus bulbosus* (L) Kurz, *Pachyrhizus jicamas* Blanco, *Robynsia macrophylla* Mart. et Gal., *Stizolobium bulbosum* (L) Sprengel, *Stizolobium domingense* Sprengel, *Stizolobium articulatum* (Lam.), *Pachyrhizus erosus* (L) Urban var *typicus* Clausen, etc. (Clausen 1945a, Duke 1981, Montaldo 1983, Sorensen 1988).

NOMBRES COMUNES

En inglés se le denomina "potato bean", "mexican yam bean" o "yam bean" (National Academy of Sciences 1979), el cual no debe confundirse con el "african yam bean" (*Sphenostylis stenocarpa*), que es una especie alimenticia localmente importante en algunas partes de Africa Occidental y Central (Potter 1992). El nombre "yam bean" le es dado debido a la similitud de su raíz tuberosa con las raíces del ñame o "yam" en inglés (*Dioscorea spp.*) y de sus vainas con las de los frijoles o "beans" en inglés (*Phaseolus spp.*) (Avila et al. 1986).

En francés es conocida como "doliqne tubereux", "doliqne bulbeux", "pois patate" o "pais patate"; en Martinica "patate-cochon" y en Haití y la isla de Reunión "pois cochon" "manioc-cochon" o "pois manioc" (Bois 1927, Marcado 1977, National Academy of Sciences 1979, Paull et al. 1988). En chino se le llama "fan-ko"; en mandarín "ge shu"; en cantonés "saa got" y en alemán "knollige bohne" (National Academy of Sciences 1979, Paull et al. 1988).

En México la especie tiene muchos nombres, dentro de los cuales el más común es "jícama", que es una alteración del nombre indígena "xicamatl" que significa raíz acuosa de ombligo (Martínez 1959). En este país, el nombre "jícama" se utiliza también para la especie *Exogonium bracteatum* (jícama), *Phaseolus heterophyllus* ("jícama de cerro") y *Dahlia coccinea* ("jícama de colera") (Boutin 1974).

En México se le llama también "cazotl" o "catzotl" (raíz que mana jugo) y en Yucatán "chikam", "mechen-chikam" o "chichan" (Martínez 1959; Urbina 1906). Los Aztecas cultivaban dos variedades de jícama conocidas actualmente por los campesinos como "kctoxtol" (jícama de leche) y "contric" "coen" o "coentic" (jícama de agua) (Anónimo 1976, Bukasov 1981).

También se le conoce como "ahipa o ashipa" en Suramérica, "ajipa" en Perú, "habilla" o "frijolillo de ñame" en Puerto Rico, "jícama de agua" o "jícama dulce" en Cuba, "jacutupé" en Brasil, "frijol de jícama" en El Salvador, "poroto batata" en Argentina y "guavita cansaboca", "tapioca", "haba", "nabo de batata" y "chata de agua" en otros países (Montaldo 1983, Morton 1981, National Academy of Sciences 1979, Urbina 1906).

En Venezuela posee los siguientes nombres: "yuca de bejuco", "caraota de caballo", "nupe" o "nupera", ya que la palabra "jícama" se usa para la especie *Polymnia sonchifolia* (Blohm 1962, Bukasov 1981). En República Dominicana se le llama "auyen", "aullen" o "auyey" (Marcado 1977) y en Paraguay "dólicos bulboso" (Bertoni 1910a).

En Filipinas se le llama "sinkamás" o "hinkamás" en dialecto Tagalog, "kamáh" en Sambali, "Kamás" en Iloko, "lakamás" en Pangasinan, "sikamás" en Pampango y se le conoce además como "iguama" y como "bunga" (Brown 1954, Kay 1973, Quisumbing 1951). En Indonesia se le llama "benkuwang" en Makasar, "bengkoway" o "besusu" en Java y "huwi hiris" en Sunda; en Malasia "senkuang", "sengkuwang", "benkuwang" o "ubi segkuang" (Hoof y Sorensen 1989, Kay 1973). En Nueva Caledonia "magnagna", "magnania", "balé", "baté" o "quéchoc"; en Hawaii "chopsui-potato" y en Guam "hikamas" (Bois 1927, Montaldo 1983, National Academy of Sciences 1979, Urbina 1906). Otros nombres usados en las islas del Pacífico son: "djempinangan", "ubiplisak", "Bangkoewang", "ocas" y "oea" (Clausen 1945a).

Otros nombres usados en el mundo son: "sankh alu", "misri-kand", "ram-kaseru" o "mishrikanda" en India, "cu-dau" o "cu-san" en Indochina, "peek kuek" o "pe kuek" en Camboya, "man phau" en Laos, "man kaeo" en el centro de Tailandia, "hua pae kua" en Tailandia peninsular, "man laao" en el norte de Tailandia y "cudau" o "cu san" en Vietnam (Bois 1927, Hoof y Sorensen 1989, Montaldo 1983, National Academy of Sciences 1979, Srivastava *et al.* 1973, Urbina 1906).

ORIGEN Y DISTRIBUCION

P.erosus es aparentemente originaria de las partes bajas del centro y sur de México y del norte de Centro América (Dressler 1953).

Según Clausen (1945a), el área de distribución natural de la especie es México y Centro América, pero para Sorensen (1990) es difícil determinar esta distribución por cuanto la especie ha sido cultivada por mucho tiempo y ha sido introducida en muchas áreas. En todo caso, la especie ha sido hallada en estado silvestre en los estados mexicanos de Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí, Michoacán, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Chiapas. También ha sido encontrada en Belice, el centro y occidente de Guatemala, en El Salvador, en el occidente de Honduras y de Nicaragua, en el noroeste de Costa Rica (Clausen 1945a, Sorensen 1988, Sorensen 1990).

En Mesoamérica, se le conoce desde las primeras culturas y era aparentemente de importancia para los Mayas. En esta región, su cultivo en épocas prehispánicas se extendió, desde Tamaulipas en el norte hasta El Salvador en el sur (León 1987).

De acuerdo con Lundell (1948) and Dibble y Anderson (1963) la especie fue cultivada por los Aztecas en México Central y por los Mayas en la Península de Yucatán, pero no fue conocida fuera de los neotrópicos sino hasta después del descubrimiento de América (Burkill citado por Sorensen 1988).

Los primeros exploradores españoles y portugueses la llevaron a varias regiones de Latinoamérica y a muchas islas del Pacífico (Schroeder 1967, National Academy of Sciences 1979). De acuerdo con Altamirano *et al.* (1907), un español en 1615 comentó sobre las cualidades deseables que posee la jícama e indicó que sus raíces podían ser llevadas a España enterradas en arena o en forma de conserva dulce.

A Filipinas fue llevada por medio de los galeones españoles que anualmente cubrían la ruta Acapulco-Manila. De allí se expandió a Asia y Oceanía, por lo que algunos autores señalaron erróneamente su origen en las Filipinas (Hoof y Sorensen 1989, León 1987, Montaldo 1983).

Existen áreas fuera de Centroamérica y México en donde la planta fue introducida y su cultivo aún se practica, o donde la planta se tornó silvestre a partir de cultivos establecidos en el pasado. Estos son: en el Caribe (Antigua, Cuba, Dominica, Guadalupe, Haití, Jamaica, Martinica, Puerto Rico, República Dominicana, St. Croix, St. Kitt's, St. Thomas, St. Vincent y Trinidad); en Suramérica (Brasil, Guyana Francesa, Paraguay y Venezuela); en Africa (Camerún, Ghana, Senegal, Sierra Leona, Tanzania y Zaire); en el Océano Indico (Andamans, Mauricio y Reunión); en Asia (Birmania, Camboya, Indonesia, Laos, Malasia, India Nororiental y Sikkin, Singapur, Sureste de China, Tailandia y Viet-Nam); en el Océano Pacífico (Formosa, Hawaii, Palau (Islas Carolinas), Filipinas, Raiatea (Archipiélago de Taití) y en las Islas Marianas en Tinian y Guam) (Sorensen 1988). Adicionalmente, Duke (1981), señala su presencia en Indochina, Guinea, Valle del Nilo, Pretoria y el sur de la Florida. Tadera *et al.* (1984) indica que en Kagoshima, Japón, la especie no tiene mucho futuro debido a las condiciones climáticas del lugar.

En el continente americano se le cultiva en México, y partes de Centro y Suramérica (Heredia y Heredia 1990). Es extensamente sembrada en el Salvador y en los estados mexicanos de Nayarit, Guanajuato y Morelos (Heredia y Heredia 1991). En Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica su cultivo es muy limitado (Sorensen 1988, Sorensen 1990). En Brasil es cultivada por algunas tribus amazónicas (Noda y Kerr 1983). En la región del Caribe es poco explotada (Zinsou 1987c). En los Estados Unidos está presente en la Florida (Duke 1981), se cultiva en Hawaii (Ezumah 1970) y ha habido intentos para establecerla en otros estados (Clausen 1945a).

Está ampliamente cultivada en el Sureste Asiático, especialmente en las regiones tropicales de China, India, Indonesia y Filipinas (Schroeder 1967, Srivastava *et al.* 1973, Yamaguchi 1983). En la India fue introducida en 1890 (Tiwari *et al.* 1977) y se le siembra en casi todo el país (Krishnamurti y Seshadri 1966), principalmente en los estados de Bihar, Bengala Occidental y otros estados de la región nororiental, en donde se le considera un importante cultivo de raíz (Singh *et al.* 1981). En Filipinas es ampliamente cultivada y comercializada en grandes cantidades, y se le encuentra en altitudes bajas y medias (Quisumbing 1951). En China, Yang y Tang (1988) la ubican en el centro y en el sur del país.

También se le cultiva en el este de Africa y en Oceanía (Heredia y Heredia 1990). En Nigeria, al igual que otras leguminosas tuberíferas es una especie subexplotada y cultivada en sitios aislados del país (Ene 1992).

DESCRIPCION BOTANICA

De acuerdo con Sorensen (1990), algunas de las características morfológicas son importantes para la identificación de *P. erosus*, dentro de las que se puede mencionar: la ausencia de pelos en sus pétalos; la longitud de la inflorescencia, la cantidad de flores en las inflorescencias laterales; el color y tamaño de las vainas; la cantidad reducida de pelos en las vainas maduras y el color y forma de las semillas.

Una amplia descripción botánica de la especie, puede ser encontrada en D'Arcy (1980), Duke (1981), León (1987), Sorensen (1988) y Sorensen (1990). A continuación se resumen algunas de estas descripciones.

La planta es una enredadera rastrera o trepadora y una de las leguminosas de crecimiento más rápido y vigoroso (National Academy of Sciences 1979, Sorensen 1988). Posee tallos delgados muy ramificados de color verde a negro azulado y de dos a seis metros de largo. Los tallos son espiralmente estriados y están cubiertos en las partes jóvenes de una pubescencia fina y ferrugínea (León 1987, National Academy of Sciences 1979, Schroeder 1967, Sorensen 1988).

Todas las variedades tienen hábito de crecimiento indeterminado y más o menos postrado, por lo que son muy afectadas por la longitud del día, siendo más erectas y determinadas bajo condiciones de día corto (Grum 1990a).

Las raíces son tuberosas y están formadas por uno (variedades cultivadas) o por varios pseudotubérculos (variedades silvestres), los cuales varían considerablemente de forma y tamaño (Hoof y Sorensen 1989). Los hay ovales, piriformes y achatados globosos, no obstante, los más corrientes y apreciados son aquellos con forma de trompo, de base más o menos plana y ápice obtuso, los cuales miden desde cinco hasta 20 cm de ancho (León 1987, Martínez 1959, Sorensen 1988).

Las raíces tienen una corteza delgada y fácilmente desprendible, cuyo color va desde café claro a café oscuro. En su interior son de color blanco translúcido (León 1987, Martínez 1959, Sorensen 1988).

Las hojas son verde pálido, trifoliadas, delgadas y de tamaño muy variable. Al igual que las otras especies, *P. erosus* posee gran diversidad en las formas de los folíolos. El folíolo central es generalmente ovalado con el ápice comúnmente agudo, pero aún en la misma planta hay variación de esa forma, por la presencia de dientes o lóbulos que en algunos casos forman un folíolo palmeado con recortes muy profundos e irregulares. Los folíolos laterales son muy asimétricos (León 1987, Martínez 1959, Sorensen 1988).

Los racimos florales son flojos y hasta de 50 cm de largos; tienen un pedúnculo recto de hasta 45 cm de longitud. Las flores se producen en grupos de 4 a 11, abriéndose sucesivamente de abajo hacia arriba. El pedicelo es muy corto, de dos a cinco mm de largo.

La flor tiene un cáliz campanulado, pubescente y verdoso, dividido en cinco lóbulos irregulares. El estandarte es la parte más notable de la corola y mide de 10 a 12 mm de ancho, se dobla hacia atrás y según el cultivar, es morado intenso a pálido y aún blanco; en la base tiene una mancha verduzca. Las alas y la quilla están dobladas hacia arriba, son del mismo color que el estandarte. De los 10 estambres, nueve están unidos por la base y uno está libre (León 1987, Urbina 1906). Un estudio sobre la biología floral de tres variedades de *P. erosus* puede ser consultado en Prasad y Prakash (1973).

La floración ocurre de 2 a 2,5 meses después de la germinación, pero debido a la sensibilidad de la especie a los días cortos, el tiempo de floración varía con la longitud del día (Hoof y Sorensen 1989). Se ha observado especímenes floreciendo en todos los meses excepto en enero, pero la mayoría lo hace de julio a octubre (Sorensen 1988).

El fruto es una vaina oblonga, acuminada y de leve a profundamente contraída entre las semillas (Sorensen 1988). Las vainas miden de 6 a 13 cm de largo por 0,8 a 2 cm de ancho. Generalmente son pubescentes (León 1987, Schroeder 1967, Sorensen 1990).

Cada vaina contiene 6-10 semillas planas y lisas, vagamente cuadrangulares o redondeadas y con una testa de color verde oliva, café o café rojizo (León 1987, Sorensen 1988, Urbina 1906). El peso de 100 semillas es de aproximadamente 20 g, su germinación dura de 5-12 días (Hoof y Sorensen 1989), y pueden permanecer viables por 3 o 4 años

(National Academic of Sciences 1979). Una descripción de la macro y micro morfología de la semilla puede ser encontrada en Baker y Quimby (1953).

Existen muy pocas investigaciones sobre la anatomía de la planta. Carew y Quimby (1955) describen ampliamente la anatomía del tallo y de la hoja de *P.erosus* y en forma breve la anatomía de la raíz madura. Un estudio sobre el desarrollo anatómico del sistema radical puede ser consultado en Dabydeen y Sirju-Charran (1990).

La citología de la especie ha sido estudiada por Roy (1933) y Owczarzak citados por Clausen (1945a), quienes determinaron que el número de cromosomas de esta especie es $2n=22$.

FISIOLOGIA DEL CULTIVO

La capacidad de las leguminosas tuberíferas de producir semillas y raíces tuberosas y también de fijar nitrógeno, les confiere una fisiología compleja que difiere en varios aspectos de la que presentan las leguminosas de grano (Zinsou 1992a).

Aunque no son abundantes, la literatura informa de algunas investigaciones sobre la fisiología de *P.erosus* y sobre otros aspectos relacionados. A continuación se presenta un resumen de estos trabajos.

Fotoperiodicidad

La formación de órganos de reserva subterráneos depende a menudo de la exposición a un fotoperíodo adecuado. Por esta razón, este fenómeno ha sido estudiado en muchas especies de planta (principalmente tropicales) que producen raíces tuberosas (Alvarenga y Válio 1989).

Paull *et al.* (1988) encontraron que el desarrollo de las raíces tuberosas de *P.erosus* era iniciado por la reducción en la duración del día, lo cual concuerda con lo señalado por Lamaze *et al.* (1985) y Zinsou *et al.* (1987a). El incremento en la duración del día inhibía la formación de las raíces pero promovía el crecimiento de la planta y de las hojas (Paull *et al.* 1988). Según estos autores, una vez que empieza la formación de las raíces y la floración, cesa el crecimiento del tallo y de las hojas. Observaron que durante el ciclo del cultivo, la duración del día que era crítica para la formación de las raíces tuberosas era de 11 a 12 horas.

Zinsou y Venhou-Dumaine (1988) estudiaron en Guadalupe el efecto de diferentes fechas de siembra sobre el crecimiento y desarrollo de *P.erosus* en referencia a los cambios fotoperiódicos ocurridos durante el ciclo de la planta. En contraposición con Paull *et al.* (1988), encontraron que indistintamente de la fecha de siembra, la formación de las raíces se inició entre la cuarta y la sexta semana después de la siembra y que la inducción floral sólo ocurría en días cortos.

Cuando todo el ciclo de la planta se dio en días cortos (plantas sembradas entre octubre y diciembre), la formación de las raíces y la floración se iniciaron al mismo tiempo y las plantas presentaron un brote más pequeño debido a que el desarrollo de las partes subterráneas compitió con el desarrollo de las partes aéreas. Bajo estas condiciones, la duración del ciclo no duró más de cinco meses (Zinsou y Venhou-Dumaine 1988).

Las plantas sembradas en mayo, cuya fase vegetativa se dio en días largos, demoraron el crecimiento de las raíces, el cual sólo se produjo después del desarrollo de un follaje grande y vigoroso que resultó en la formación de la enredadera. La duración del ciclo en este caso, podría ser de 8 a 9 meses. Finalmente, las plantas sembradas en febrero, que empezaron su ciclo bajo días cortos pero fueron influenciadas por los días largos, presentaron patrones sucesivos de desarrollo de día corto y largo (Zinsou y Venhou-Dumaine 1988).

Dinámica del carbono

Haciendo uso de carbono 14, Vaillant *et al.* (1990) y Robin *et al.* (1990) estudiaron la dinámica del carbono en *P.erosus*, por ser este un sistema particularmente apropiado para estudiar la competencia que se da entre los granos, raíces y nódulos por los fotosintatos de la planta. Entre otros resultados, Vaillant *et al.* (1990) encontraron que en su mayoría los fotosintatos se movilizaban hacia los ápices, nódulos radicales y raíces. Por otra parte, confirmaron el efecto negativo que ejerce el nitrato sobre los nódulos y tubérculos.

Distribución de los compuestos de nitrógeno en la planta y catabolismo de las purinas

Lamaze *et al.* (1985) estudiaron este tema encontrando que los nódulos, hojas y vainas contienen la mayor parte del nitrógeno total. El nitrógeno soluble se presentó principalmente en las vainas y en los tallos. El contenido de nitrógeno ureido de las hojas fue bajo en comparación con otras partes de la planta. Los ureidos mostraron dos picos de acumulación: durante la aparición de la nodulación y durante el desarrollo de la vaina. En comparación con la asparagina, glutamato, glutamida y aspartato, los ureidos fueron la principal forma de transporte del nitrógeno. La actividad de la enzima xantina dehidrogenasa fue detectada únicamente en los nódulos, en los cuales la actividad de la uricasa se encontró que era de 50 a 100 veces mayor que en otros tejidos. La actividad de ambas enzimas mostró dos picos, al inicio de la tuberización y durante el desarrollo de la vaina. La actividad de la allantocasa, aunque presente en todas las partes de la planta, pareció ser mayor en los tallos.

Cambios en la composición química de las raíces durante su desarrollo

Según Paull (s.f.), durante el desarrollo de las raíces, el porcentaje de materia seca se reduce del 17,5% al 9% en 6 meses (Paull *et al.* 1988). Aunque se dan pocos cambios en la características cualitativas de los azúcares totales y de la acidez, los fenoles totales se reducen, pero no a niveles tan bajos como para que se produzca astringencia en las raíces.

Mutaciones inducidas

En la India es poco frecuente la variabilidad genética para caracteres de importancia agronómica. Por esta razón, algunos autores han tratado de generar esta variabilidad mediante el uso de mutaciones inducidas (Nair 1989a).

Así por ejemplo, Tiwari *et al.* (1977 y 1980) evaluaron el efecto de la mutación sistemática con rayos Gama en semillas de jícama de una variedad local, esto con el objeto de desarrollar variedades con alta producción de raíces. Encontraron que al incrementarse la dosis de radiación, la germinación y el porcentaje de sobrevivencia de las plantas se reducía, tanto en la primera como en la segunda generación (Tiwari *et al.* 1977). Observaron también que la longitud, ancho y peso de las raíces también se reducía, pero que el porcentaje de almidón en estos órganos se incrementaba (Tiwari *et al.* 1980).

Con el uso de radiación gama o de sulfonato de etilmetano (EMS), Nair (1988) y Nair y Abrahan (1989a y 1990) tuvieron éxito en la obtención de genotipos con mayor producción y de plantas de tamaño más pequeño, lo cual demuestra la factibilidad del uso de estas técnicas para el mejoramiento genético de la jícama en la India. Como resultado de estas investigaciones encontraron también, que usando diferentes dosis de rayos gama o de EMS, en la F₂ se producía un amplio espectro de mutaciones en tallos, hojas, inflorescencias, vainas y raíces, cuya frecuencia era mayor con los rayos gama que con el EMS (Nair y Abraham 1989b).

Uso de reguladores del crecimiento

Zinsou *et al.* (1987a, 1987b, 1987c y 1988), trabajando bajo condiciones de día corto, encontraron que las aplicaciones foliares de ácido giberélico (GA3), incrementaron el desarrollo de las partes aéreas y de las raíces de *P.erosus*, pero inhibieron la floración. Por el contrario, las aplicaciones de CCC (Cicocel), favorecieron la floración y la formación de vainas, pero redujeron el desarrollo de la raíz.

Al estudiar el efecto de estas mismas hormonas sobre la composición de los carbohidratos de las raíces tuberosas, Zinsou *et al.* (1987b) encontraron, que el nivel de carbohidratos solubles se incrementó con GA3 pero se redujo con CCC (azúcares reducidos únicamente). Ambas sustancias incrementaron el contenido de almidón en las raíces, pero sóloamente el Ga3 promovió su síntesis y almacenamiento temprano y la acumulación de sucrosa al mismo tiempo.

Propagación in vitro

Forbes y Duncan (1990) realizaron algunas investigaciones preliminares tendientes a establecer un protocolo para la regeneración de la jícama usando técnicas *in vitro*. Usando el cultivo de nudos individuales como técnica de micropropagación, estudiaron el efecto de diferentes factores, tales como, el uso de citoquininas sobre la activación de yemas axilares; el efecto de la adición de adenina al medio de cultivo y el efecto de la posición del nudo en el tallo sobre la respuesta del explante al medio. También se estudió el efecto a la auxina usada, edad del explante y ambiente físico sobre el mantenimiento y desarrollo del callo. A pesar de los muchos tratamientos usados, no lograron regenerar plántulas a partir de los callos.

Sorensen (1989c) realizó algunos experimentos tendientes a lograr la multiplicación *in vitro* de la jícama. De sus resultados preliminares concluye que el género *Pachyrhizus* puede ser multiplicado usando técnicas de regeneración de yemas. Señala algunos factores a considerar: que el tipo de agar usado es de decisivo para el crecimiento continuo y para evitar la vitrificación de las yemas/plántulas, y que el uso de 2,4-D en el medio de proliferación, ha conducido en la mayoría de los experimentos a un crecimiento rápido del callo. Señala que no ha sido posible obtener un medio que induzca la formación de raíces.

Producción de fitoalexinas

Con el objeto de estudiar la producción de fitoalexinas en la jícama, Ingham (1979) inoculó esporas del hongo *Helminthosporium carbonum* en los tallos y encontró que se producían tres isoflavonoides complejos: el neodunol y en menores cantidades el demetilmedicarpin y el compuesto provisionalmente identificado como homoedudiol.

COMPOSICION NUTRICIONAL

Existen varias menciones en la literatura con relación a la composición nutricional de la jícama, principalmente referida a sus raíces y en menor grado a sus vainas verdes y semillas. Las más importantes se indican a continuación en orden cronológico: Peckolt (1880 y 1883), Peckolt (1922), Cruz (1950), Porterfield (1951), Aguilar (1958) citado por Sorensen (1990), Martínez (1959), Wu y Flores (1961), Manila Food and Nutrition Research Center (1964), Kundu (1969), Evans *et al.* (1977), National Academy of Sciences (1979), Duke (1981), USDA (1984), Tadera *et al.* (1984), Sahadevan (1987), Flores *et al.* (1988), Hoof y Sorensen (1989).

En el Cuadro 1 se resumen algunas características nutricionales contenidas en estos trabajos. Como puede apreciarse, existen diferencias entre autores que pueden ser atribuidas a las metodologías de análisis y al material genético evaluado. Con relación al primer punto, Evans *et al.* (1977) estimaron el contenido de proteína cruda de la jícama usando el factor "6,25 x el contenido de N total de harinas extraídas con 70 % (v/v) de etanol", por considerarlo un mejor parámetro que el utilizado por otros autores con la fórmula "6,25 x % de nitrógeno total". Por otra parte, Grum *et al.* (1990c) y Sorensen (1990), informan de importantes diferencias en la composición química entre y dentro de las especies.

A partir de la información del Cuadro 1 se puede construir una tabla de datos más resumida, eliminando para cada sustancia, los dos valores extremos y promediando los restantes. Cuando únicamente se cuenta con 2 o 3 datos se calcula el promedio simple de los mismos. Siguiendo este procedimiento, se obtienen los valores que se anotan en el Cuadro 2, en el cual se incluye además, información de otros cultivos para efectos de comparación.

En términos generales las vainas de la jícama tienen una composición similar a las raíces, pero a diferencia de estas, poseen un contenido mayor de proteínas, fibra, minerales y vitaminas (Cuadro 2). Las semillas por su parte, tienen una cantidad de agua muy reducida con relación a las raíces y a las vainas, pero poseen una proporción significativamente mayor de proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra y ceniza.

Según algunos autores, las raíces de la jícama son ricas en carbohidratos, aminoácidos libres, oligopéptidos y proteínas (Zinsou 1992b); en calcio, hierro, tiamina, riboflavina y niacina (Singh *et al.* 1981); bajas en sodio y calorías, pero una buena fuente de potasio y de ácido ascórbico (National Academy of Sciences 1979, Singh *et al.* 1981). También se ha mencionado que poseen un contenido de nitrógeno de tres a cinco veces más alto que el de la papa (*Solanum tuberosum*), yuca (*Manihot esculenta*), camote (*Ipomea batata*) y malanga (*Colocasia esculenta*) (Lynd y Purcino 1987). Bajo condiciones de campo, Grum *et al.* (1990c) encontraron además que la producción de proteína cruda de las raíces, era casi el doble que la del camote (*Ipomea batata*) cuando crecían en igualdad de condiciones.

Cuadro 1. Composición nutricional de muestras de raíces, vainas verdes y semillas de *Pachyrhizus erosus* (L) Urban según varios autores.

	Raíces												Vainas		Semillas			
	A ^{1/}	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A ^{2/}	B	A ^{3/}	B	C	
	(por 100 g de muestra en base húmeda)																	
Energía(cal)	--	58	45	39	--	36	47	41	22	45	22	--	45	--	--	--	--	
Humedad (%)	78	85	88	90	--	--	87	82	89	87	94	87	86	--	6,7	9,3	8,6	
Proteína (g)	2,2	1,6	1,2	1,1	1,5	1,1	1,4	1,5	1,4	0,8	1,0	1,0	2,6	1,9	26,2	29,5	10,1	
Lípidos (g)	0,8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	--	--	0,2	0,3	0,2	27,3	19,7	0,8	
Carbohid (g)	14	--	10,6	8,9	14,9	8,4	11,0	14,9	8,7	6,5	4,6	11,0	10,0	7,4	20,0	27,3	--	
Almidón	--	10,7	--	--	9,7	--	--	9,7	--	2,1	--	--	--	--	--	--	--	
Azúc. red.	--	1,7	--	--	2,2	--	--	2,2	--	3,4	--	--	--	--	--	--	--	
Azú.no red.	--	--	--	--	3,0	--	--	3,0	--	1,0	--	--	--	--	--	--	--	
Fibra (g)	1,4	0,7	0,7	0,5	--	0,9	0,6	0,6	--	--	--	0,6	2,9	2,1	7,0	7,2	4,6	
Cenizas (g)	0,8	0,6	0,3	0,3	--	0,4	0,6	0,5	--	--	--	0,6	0,7	0,5	3,6	6,5	4,6	
Minerales (mg)																		
Calcio	--	--	18	14	--	--	--	16	15	--	4,0	--	121	--	Alto	--	--	
Fósforo	--	--	16	15,0	--	--	--	--	--	--	19,0	--	39	--	Alto	--	--	
Hierro	--	--	0,8	0,4	--	--	--	1,13	--	--	0,2	--	1,3	--	--	--	--	
Cobre	--	--	--	--	0,43	--	--	0,43	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Sodio	--	--	--	--	--	--	--	--	6	--	--	--	--	--	--	--	--	
Potasio	--	--	--	--	--	--	--	--	175	--	--	--	--	--	--	--	--	
Vitaminas (mg)																		
A	--	--	tzs	tzs	--	--	--	--	--	--	--	--	575 UI	--	--	--	--	
B1 (Tiamina)	--	--	0,03	0,05	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,11	--	--	--	--	
B2 (Ribofl.)	--	--	0,03	0,02	--	--	--	--	--	--	0,1	--	0,09	--	--	--	--	
C (Ac Asc.)	--	--	21,0	14,0	--	--	--	--	220	--	17,2	18	1056	--	--	--	--	
Niacina	--	--	0,3	0,2	--	--	--	--	--	--	--	--	0,8	--	--	--	--	

FUENTE DE INFORMACION:

1/ **RAICES:** A. Porterfield (1951); B. Martínez (1959); C. Wu y Flores (1961); D. Manila Food and Nutritional Research Center (1964); E. Kundu (1969); F. National Academy of Sciences (1979); G. y H. Duke (1981); I. USDA (1984); J. Tadera *et al.* (1984); K. Sahadevan (1987); L. Hoof y Sorensen (1989).

2/ **VAINAS VERDES:** A. Manila Food and Nutritional Research Center (1964); B. National Academy of Sciences (1979).

3/ **SEMILLAS:** A. Duke (1981); B. Cruz (1950); C. Flores *et al.* (1988).

Cuadro 2. Composición nutricional de una muestra de 100 g de jícama (*Pachyrhizus erosus*), ñame (*Dioscorea sp.*), yuca (*Manihot esculenta*) y soya (*Glycine max*).

	Jicama ^{1/}			Ñame ^{2/}	Yuca ^{3/}	Soya ^{4/}
	Raíces	Vainas	Semillas	Raíces	Raíces	Semillas
(por 100 g de muestra en base húmeda)						
Energía (cal)	39	45 **	--	100	140	--
Humedad (%)	87	86 **	8,2 *	73	63	5 **
Proteína (g)	1,3	2,2 *	21,9 *	2,0	0,9	39,7 **
Lípidos (g)	0,1	0,2 *	15,9 *	0,2	0,4	20 **
Carbohid. (g)	10,3	8,7 *	23,6 *	24,3	35,2	25,0 **
Almidón	9,7	--	--	--	--	--
Azúcares red.	2,2	--	--	--	--	--
Azúc. no red.	2,5 *	--	--	--	--	--
Fibra (g)	0,7	2,5 *	6,3 *	0,3	1	5 **
Cenizas (g)	0,5	0,6 *	4,9 *	0,9	0,8	5,3 **
Minerales (mg)						
Calcio	15	121 **	Alto **	14	38	--
Fósforo	16 *	39 **	Alto **	43	41	--
Hierro	0,6	1,3 **	--	1,3	1,2	--
Cobre	0,4 *	--	--	--	--	--
Sodio	6 **	--	--	--	--	--
Potasio	175 **	--	--	--	--	--
Vitaminas (mg)						
A	trazas *	575 UI **	--	trazas	2,5	--
B1	0,06 *	0,11 **	--	0,13	0,06	--
B2	0,05 *	0,09 **	--	0,02	0,04	--
C	18,7	1056 **	--	3,0	30	--
Niacina	0,2 *	0,8 **	--	0,4	0,6	--

* = promedio a partir de 2 o 3 datos.

** = se cuenta solo con 1 dato.

1/ Promedio obtenido a partir de varios autores.

2/ Wu y Flores (1961).

3/ Wu y Flores (1961). Corresponde a un promedio entre una variedad dulce y una variedad amarga.

4/ Cruz (1950).

A pesar de lo anterior, otros autores consideran que esta planta no es una fuente rica de nutrientes (U.S.D.A. 1984, Montaldo 1983, Tadera *et al.* 1984), ya que en términos generales, el valor energético de sus raíces y su contenido de carbohidratos, minerales y otros componentes es inferior al que poseen raíces como el ñame (*Dioscorea sp.*), la yuca y otros cultivos de este tipo (Cuadro 2). Además, se ha indicado que el 20-30 % de la fracción de nitrógeno de las raíces se da en forma de ureidoglicolatos dentro de la corteza epidermal, los cuales son perdidos cuando las raíces se pelan (Lynd y Purcino 1987).

No obstante, es importante mencionar que sobre una base de peso seco, las raíces frescas de la jícama contienen de 3 a 5 veces la proteína de esos cultivos, pero su contenido de humedad inusualmente alto, decrece su valor nutritivo, siendo su proporción de sólidos la mitad que en otras raíces (Bautista y Cadiz 1967, Evans *et al.* 1977, National Academy of Sciences 1979).

Kawabata *et al.* (1986) determinaron los siguientes contenidos de azúcares totales en las raíces (en mg/100g de peso fresco): sucrosa 485, fructuosa 1034, glucosa 1298. Por otro lado, Evans *et al.* (1977) y Tadera *et al.* (1984) determinaron la presencia en las raíces de los siguientes aminoácidos: aspáragina, treonina, serina, ácido glutámico, prolina, glicina, alanina, valina, metionina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, histidina, lisina, arginina y cistina. En todos los casos, excepto para metionina, las raíces superan las cantidades recomendadas por la FAO para la alimentación humana (Evans *et al.* 1977).

Las semillas contienen del 20,5 al 28,4% de aceite (Hansberry *et al.* 1947), el cual es alto en glicéridos saturados: ácido palmítico 26,7%, ácido esteárico 5,7%, ácido oleico 33,4% y ácido linoleico 34,2% (Brodbeck y Shone 1963). Contienen además hidrocarburos y algunos fitoesteroides; la porción no-saponificable representa el 1% del aceite (Baker y Lynn 1953). Contienen además 0,3-1,0% de rotenona y sustancias similares (Hoof y Sorensen 1989).

Las semillas poseen una composición similar a las de soya, caracterizándose ambas por su alto contenido de proteínas (Cruz 1950).

En un análisis comparativo de semillas de 25 leguminosas de Yucatán, México, Flores *et al.* (1988) encontraron que la jícama era la especie con el menor porcentaje de lípidos, fibra cruda y proteína, pero con el más alto contenido de extracto libre de nitrógeno; información que debe ser vista con cuidado debido a que la cantidad de proteínas y lípidos indicada por este autor, es muy baja con relación a la informada por otros autores (Cruz 1950, Duke 1981) (Cuadro 1).

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos presenta datos comparativos sobre el valor nutricional de numerosas leguminosas, en los cuales se puede comparar la composición de las raíces y de las semillas de jícama con otras especies de interés (National Academic of Sciences 1979).

UTILIZACION

La planta de la jícama puede ser aprovechada casi en su totalidad: sus raíces tuberosas son consumidas frescas o cocinadas y sus partes aéreas utilizadas como abono verde. De sus raíces puede extraerse almidón de buena calidad, de sus tallos fibras naturales y de sus semillas sustancias insecticidas y aceites. La planta posee propiedades medicinales y la capacidad de fijar nitrógeno ambiental, enriqueciendo el suelo donde crece. Según Schroeder (1967) tiene también varios usos sociales y religiosos.

Alimentación humana

El principal uso de la jícama a nivel mundial es el consumo de sus raíces como vegetal fresco (Clausen 1945a). La succulenta y crujiente textura de estos órganos, similar a la de la manzana y su sabor levemente dulce, resulta agradable para algunas personas (Avila *et al.* 1986, National Academy of Sciences 1979).

Aunque en algunos sitios también se consumen sus vainas jóvenes a manera de judías verdes, desde el punto de vista comestible sólo es seguro comer las raíces, ya que las hojas, tallos, raíces, vainas maduras y semillas poseen propiedades insecticidas que pueden ser tóxicas al ser humano (Montaldo 1983, National Academy of Sciences 1979).

Las raíces son consumidas crudas o cocinadas en una gran cantidad de formas. Usualmente, son peladas y cortadas en pequeños pedazos, que son consumidos en combinación con frutas como melón, sandía y papaya, vegetales o simplemente, adicionándoles chile, jugo de limón, sal o azúcar (Schroeder 1967, Urbina 1906). Son también preparadas en encurtidos o en ensaladas con aceite y vinagre (Schroeder 1967, Urbina 1906).

En algunos países, las raíces son hervidas en sopa o cocidas como cualquier otro vegetal, con la ventaja de que a diferencia de la mayoría de los cultivos de raíz, su textura crujiente se conserva aún después de la cocción (National Academy of Sciences 1979).

También pueden ser hervidas y batidas con huevo en forma de frituras, o raspadas para preparar pudines con la adición de azúcar, leche, huevos e higos (Urbina 1906). Schmar *et al.* (1987) indica que la cocción de la jícama en el horno de microondas, incrementa su digestión.

Schneider (1986) considera que la jícama posee grandes posibilidades culinarias por lo que es sorprendente la pequeña cantidad de recetas existentes fuera de México, dada sus características de sabor y textura, su popularidad y su extremada versatilidad. Este autor menciona varias recetas utilizando sus raíces, tales como, "ensalada de pollo y jícama en salsa de maní" o "ensalada de jícama, naranja, cebolla y pimienta". Es particularmente útil en combinación con salsas muy condimentadas, las cuales son absorbidas por las raíces sin perder su textura crujiente. Señala que las raíces pueden ser también usadas como acompañante de "dips" en sustitución de galletas y similares.

En Filipinas ha llegado a ser un ingrediente favorito para la preparación de "rollos de huevo con vegetales frescos", preparación localmente conocida como "lumpiang sariwa". También son ocasionalmente usadas en la manufactura de frutas mixtas enlatadas (Avila *et al.* 1986).

El consumidor debe seleccionar raíces con la cáscara suave y relativamente libres de manchas, aunque estas son normales. Al rasguñarlas, su cáscara debe ser delgada y su parte interna muy jugosa. Las jícamas de cáscara dura y secas a veces son fibrosas y almidonosas, en cuyo caso deben consumirse cocinadas. Las raíces deben almacenarse en el refrigerador sin cubrirlas y libres de humedad. Sin cortarse pueden permanecer por 2 o 3 semanas en buena condición, pero cortadas deben ser cubiertas con un plástico y consumidas antes de una semana (Schneider 1986).

Con el objeto de determinar los tratamientos que mejor conservan los atributos de calidad de la jícama (textura, color y sabor) en preparaciones enlatadas o envasadas, Avila *et al.* (1986) evaluaron diferentes concentraciones de cloruro de sodio, ácido cítrico y azúcar. Encontraron que todos los tratamientos retuvieron la firmeza y la textura crujiente de la raíces, pero no el sabor y el olor, lo cual se reflejó en una baja aceptabilidad. El mejor tratamiento fue la preservación de las

raíces en 100g de azúcar + 1g de ácido cítrico en 200g de agua, seguido por los tratamientos que tenían 3g de NaCl + 2g de CaCl₂, con o sin 0,5 g de ácido cítrico, ambos en 475 g de agua.

Alimentación animal

Las raíces tuberosas más viejas y engrosadas pueden ser utilizadas para la alimentación de ganado, cerdos y otros (Duke 1981, Hoof y Sorensen 1989, Kay 1973, Pinto 1970, Sorensen 1990).

Al respecto, Xande y Zinsou (1989) evaluaron el efecto sobre la alimentación de ovejas, de mezclar diferentes proporciones (0; 20 y 40%) de raíces frescas de *P. erosus* con raciones de pasto fresco (*Panicum maximum*). Un suministro de 20% de jícama incrementó el ingreso de energía neta en un 15%. La jícama tuvo una buena palatabilidad debido a su sabor dulce. El consumo de una proporción de 20 y 40% de raíces, redujo el consumo de forraje en un 17 y 34%, respectivamente.

Una vez que se cosechan las raíces, la parte vegetativa puede usarse como forraje, ya que contiene de un 15 a un 20% de proteína (Hoof y Sorensen 1989, Pinto 1970, Sorensen 1990). No obstante, en este aspecto existe contradicción, ya que algunos autores señalan que los animales raramente comen la planta (Duke 1981) y que las plantas no son usadas como forraje debido a que las hojas son venenosas para los rumiantes (Perry y Metzger 1980).

Fuente de almidón

De las raíces se puede obtener almidón de buena calidad, comparable al del camote (*Ipomoea batatas*) y en una proporción del 4,5 % (Martínez 1959, Montaldo 1983). También, se puede extraer una excelente harina rebanando las raíces, secándolas y finalmente sedimentando las partículas (MacFadyen 1887, Tadera *et al.* 1984).

De acuerdo con Porterfield (1939), el importante lugar que ha alcanzado la jícama entre los alimentos vegetales de China, se debe a su alta calidad de almidón.

La concentración de almidón se incrementa al madurar las raíces (Kay 1973), por lo que se recomienda usar las raíces más grandes (5-15 kg) para la extracción de esta sustancia (Hoof y Sorensen 1989). El almidón se presenta como granos más o menos esféricos, individuales o en grupos, los cuales no muestran estratificación, lo que puede convertirse en un carácter de reconocimiento de la jícama (Porterfield 1939, Porterfield 1951).

Este almidón es de fácil digestibilidad ya que aproximadamente el 80% de las partículas poseen diámetros menores de 5 micrones. Además, se ha comprobado que después de un período de 16 horas en el tracto digestivo, el 75% de esta sustancia ha sido metabolizada por la glucoamilasa, en comparación con el 40% en camote (Tadera *et al.* 1984).

Fuente de aceite

Las semillas contienen un aceite graso que dada su alta calidad, podría ser usado con fines comestibles (Sorensen 1993). Este aceite es similar al encontrado en la *Ceiba pentandra*, arroz, semilla de algodón y maní, aunque en diferentes proporciones (Cruz 1950, Kay 1973).

En la jícama se le encuentra en una proporción entre el 20,5 y el 28,4% (Hansberry *et al.* 1947). Es alto en glicéridos saturados: ácido palmítico 26,7 %; ácido esteárico 5,7 %; ácido oleico 33,4 % y ácido linoleico 34,2 % (Brodhnt y Shone 1963). Contiene además hidrocarburos y algunos fitoesteroles; la porción no-saponificable representa el 1 % del aceite (Baker y Lynn 1953). Algunos autores han mencionado que tiene propiedades laxantes e inclusive es venenoso en dosis altas (Bukasov 1981, Martínez 1959), por lo que es probable que requiera de una adecuada purificación antes de su consumo, para eliminar los contaminantes tóxicos.

Fuente de agua

La gran cantidad de agua que contienen las raíces de la jícama, las hace una buena fuente de este elemento cuando las condiciones lo requieren; por esta razón, entre los nativos de Tampico, México, la jícama reemplaza en muchos casos al agua para beber (Bukasov 1981).

Fuente de fibra

Los tallos de la jícama producen una fibra resistente usada para hacer redes para pesca en Fiji (Duke 1981, Kay 1973, Porterfield 1939).

Abono verde

Su capacidad para fijar nitrógeno hace deseable el reciclaje de sus residuos de cosecha (Manu *et al.* 1993), los cuales son ricos en proteínas y puede usarse para mejorar las propiedades físico-químicas del suelo (Pinto 1970). Al respecto, Keuchenius (1924) y Masefield (1956) citados por Allen y Allen (1981), consideran a *P.erosus* y a otras especies del género como una buena fuente de abono verde.

En Java, es utilizada con este propósito el tipo de jícama conocida como "bengkuwang", la cual se recomienda sembrar a altas densidades (Hoof y Sorensen 1989).

Fijación de nitrógeno

La capacidad que tienen las leguminosas de fijar el nitrógeno atmosférico, las hace poco o nada dependientes de la fertilización nitrogenada, lo que las faculta para sobrevivir en sitios deficientes de este elemento (Vietmeyer 1986).

Pachyrhizus realiza simbiosis en el suelo con bacterias fijadoras de nitrógeno y en contraste con muchas leguminosas de grano, se puede hacer que una cantidad sustancial de este elemento retorne al suelo, mediante la práctica de dejar en el campo las partes aéreas de las plantas (Grum y Sorensen 1993).

La especie de *Rhizobium* presente en jícama pertenece al grupo de inoculación cruzada del caupí (*Vigna unguiculata*) y se caracteriza por formar grupos de nódulos de formas irregulares (Hoof y Sorensen 1989).

Insecticida

En la familia de las leguminosas existen varios géneros y cientos de especies que poseen sustancias con importantes propiedades insecticidas, tales como, la rotenona, el deguelin, el tephrosin y el toxicarol (Roark 1933). Dentro de estas, se ha demostrado que la rotenona tiene un efecto significativamente mayor, superando inclusive al de otro importante insecticida natural como es la nicotina. Su dosis letal media es de aproximadamente 0,003 mg por gramo de peso corporal, o bien, de 1/30 de arseniato ácido de plomo (Davidson 1930b, Shepard y Campbell 1932).

La efectividad de la rotenona ha sido comprobada en una gran diversidad de insectos. Shepard y Campbell (1932) indican que fue efectiva contra gusanos de seda y Davidson (1930b) y Hansberry y Lee (1943), letal contra el áfido del frijol (*Aphis rumicis*). Davidson (1930a) encontró que las suspensiones acuosas de rotenona eran altamente tóxicas para los áfidos, trips, larvas de mosca blanca, saltadores de hojas, larvas de escarabajo y algunas orugas y mosquitos. Observó que para los escarabajos adultos se requerían concentraciones mucho más altas. Obtuvo pobres resultados contra algunos tipos de chinches y contra arañitas rojas, lo cual según su opinión, pudo evitarse aplicando un agente penetrante y adherente. Dado que la rotenona es un poco insoluble en agua, para hacer las suspensiones mezcló 4 gr por 100 ml de acetona y le adhirió agua hasta la concentración deseada. El mismo autor encontró que la aplicación de cenizas fue efectiva contra piojos de gallina y contra algunos gusanos, pero fue inefectiva contra insectos succionadores de cuerpo blando (Davidson 1930a).

La rotenona fue uno de los insecticidas naturales más populares en los Estados Unidos antes de la Segunda Guerra Mundial. La sustancia era principalmente extraída del *Derris sp.*, planta que en una amplia proporción provenía de Asia (Haller 1944). Al cesar su importación debido al conflicto bélico, se hicieron intentos para encontrar nuevas fuentes de la sustancia. La jícama se perfiló entonces, como una de las plantas con más potencial, por su fácil cultivo, su ciclo anual y su presencia en áreas dentro y cercanas a los Estados Unidos (Norton y Hansberry 1945).

La jícama posee rotenona en todas sus partes aéreas, pero su concentración alcanza niveles extraíbles solamente en las semillas (Clausen 1945a, Schroeder 1967). Sobre una base de peso seco su contenido en la planta es el siguiente: tallos 0,03%, hojas 0,11%, vainas 0,02%, semilla 0,66% y raíces 0% (Duke 1981).

Aunque algunos autores consideran que la extracción comercial de la rotenona no es factible, debido a que su contenido en las semillas raramente excede el 1,0 % (Baker y Lynn 1953, Sorensen 1990), también es cierto que la simple pulverización y aplicación de las semillas maduras ha sido una práctica efectiva y tradicional para el combate de insectos en algunos países tropicales, efecto que ha sido también ampliamente demostrado bajo condiciones experimentales como se detallará más adelante (Hansberry y Lee 1943, Hansberry *et al.* 1947). Aún las hojas, a pesar de su bajo contenido de rotenona, son efectivas en India para matar las larvas de los mosquitos (Srivastava *et al.* 1973).

Es importante señalar, que el efecto insecticida de la jícama no puede ser atribuido exclusivamente a la rotenona, ya que existen al menos dos compuestos más en la planta que poseen esa propiedad: la erosona y la pachyrhizida (Sorensen 1990). La identificación de estas y de otras sustancias, ha sido un largo proceso que ha involucrado a muchos investigadores (Greshoff 1890, Sillevoldt 1899, Nag *et al.* 1936, Hwang 1941, Norton 1943, Norton y Hansberry 1945, Baker y Lynn 1953, Shangraw y Lyn 1955). Estas investigaciones han permitido finalmente identificar 8 sustancias muy relacionadas: un isoflavon, una isoflavonona, cuatro rotenoides y dos furano-3-fenil cumarinas (Chandrashekar *et al.* 1967, Krishnamurti y Seshadri 1966).

La concentración de rotenona y de otras sustancias similares depende de varios factores, entre ellos, la naturaleza del suelo y la edad y especie de la planta (Roark 1933). También se ha determinado recientemente, que el contenido de rotenona y de rotenoides en la semilla varía considerablemente entre genotipos de una misma especie, un resultado que puede ser de mucho interés al seleccionar materiales para semillas comestibles o con altos contenidos de rotenona/rotenoides (Sorensen 1993).

Las menciones sobre la efectividad insecticida de las semillas de la jícama son frecuentes en la literatura (Huart 1902, Clausen 1945b, Lee y Hansberry 1943, Sogbegnon, 1990, etc.). Prácticamente todos los estudios han sido realizados en *P.erosus*, salvo las investigaciones conducidas por Hansberry *et al.* (1947) y por Lepage *et al.* (1946), en las que se consideraron otras especies. A continuación se hace un recuento de las principales investigaciones.

Huart en 1902 menciona el uso del extracto de las semillas para el control de insectos como el *Capitis pediculus* que parasita el cuero cabelludo, y sugiere que tal vez pueda ser empleado para combatir las especies de piojos que atacan el ganado. En China, Liu y Hsu (1941) informaron de la gran efectividad que tenían las pulverizaciones de extractos de semillas de jícama asperjadas como insecticida y a una concentración de 2 kg/100 galones, contra el escarabajo *Phyllotreta vittata* F. y contra los áfidos *Myzus persicae* Sulz y *Oregma lanigera* Zehntner.

Matthysse y Schwardt (1943) evaluaron el efecto de la aplicación de polvo de rotenona y de otras sustancias, para el combate de tres especies de piojos del ganado (*Bovicola bovis*, *Linognathus vituli* y *Solenopotes capillatus*). Se encontró que la rotenona y las semillas de jícama, cada una mezclada con azufre mojabable en una proporción de 1:10, daban el mejor efecto en un plazo de una semana, luego de lo cual, solo se daba reinfección después de un extenso período.

Lee y Hansberry (1943) evaluaron el poder insecticida de 24 especies potenciales de plantas y encontraron que uno de los mejores tratamientos era el uso de semillas de *P.erosus* aplicado ya sea como ceniza, suspensiones en agua o por medio de extractos. Además concluyeron que esta era la especie más promisoría de las que evaluaron, por ser una planta anual y porque sus semillas pueden ser producidas en considerables cantidades en Latinoamérica.

Hansberry y Lee (1943) determinaron que las suspensiones de semillas molidas tienen actividad también como insecticida de ingestión contra *Bombyx mori* y *Epilachna varivestis*. Encontraron que la aplicación de suspensiones de semillas de jícama en agua a una concentración de 1,5 gr/100 ml de agua, producía un 99 % de mortalidad sobre el áfido del frijol *Aphis rumicis*, la cual se reducía al bajar la concentración.

Hansberry *et al.* (1947) estudiaron las relaciones entre el origen, análisis químico y valor insecticida de 31 muestras de jícama provenientes de México, Guatemala y El Salvador. Usaron en las pruebas larvas del escarabajo mexicano del frijol. Encontraron correlaciones significativas entre la toxicidad y los contenidos de resina y rotenona. No se encontró relación entre la toxicidad y el contenido de aceites ni con otros seis compuestos de la jícama. La variación morfológica, la ocurrencia geográfica y el habitat de las plantas no afectaron la toxicidad o composición de la muestra.

Sahu y Hameed (1983) informaron de la efectividad de las semillas de jícama contra el gusano del tabaco *Spodoptera litura* F, las cuales actuaron como un veneno estomacal. En una investigación posterior, estos autores evaluaron el efecto sobre el mismo insecto, de los rotenoides extraídos de las semillas aplicados como fumigantes y como productos de contacto (Sahu y Hameed 1989). El fumigante no fue efectivo contra el insecto, en tanto que, de las varias preparaciones de contacto evaluadas, se obtuvo altas mortalidades con la exposición por 15 minutos al extracto con acetona; también fueron efectivas la solución de aceite rotenoideo (2-4%) y la solución al 10 % de acetona conteniendo 20 % de extracto de las semillas.

Yang y Tang (1988) mencionan que las semillas de *P.erosus* han sido efectivas para el combate de *Heliothis assulta* (saltamontes del arroz) y contra *Aulacophora femoralis* chinesis.

Soedomo y Sunaryono (1988) evaluaron la efectividad de diferentes tipos de plantas con propiedades insecticidas, para el combate del perforador de la semilla *Callosobruchus maculatus* en granos almacenados de *Vigna sinensis*. A pesar de que las semillas de jícama no superaron el tratamiento con aceite de maíz y Sevin 85 S, mostraron el más alto potencial para el tratamiento de las semillas almacenadas con relación a las otras plantas.

En Benin, Africa se evaluó el efecto de un extracto acuoso de semillas de *P.erosus* sobre las plagas de *Vigna unguiculata*. No se encontró efecto significativo sobre los coleópteros *Oothea mutabilis*, *Medythia quaterna* y *Apion varium*, pero sí se notó un efecto positivo sobre la población de *Taenitrips sjostedtlii* en las flores, sobre el porcentaje de vainas sanas y sobre el rendimiento en general (Sogbegnon 1990, Abjahossou 1992).

Veneno para peces

Debido a su efecto tóxico sobre los peces, las semillas han sido usadas en algunos países tropicales como fuente de veneno. Shangraw y Lyn (1955) mencionan la presencia en las semillas de al menos dos saponinas que fueron tóxicas a la "carpa dorada" ("goldfish") a una concentración de $1:10^4$, que es aproximadamente el 40 % de la potencia del picrotoxin. Las semillas también fueron tóxicas en una concentración de 1:1500.

Propiedades medicinales

Las raíces tuberosas son usadas para calmar la sed y quitar el calor y la resequedad de la lengua, por lo que son muy apropiadas para las personas que sufren de fiebre, por cuanto las refresca y humedece y les sirve de alimento (Montaldo 1983, Urbina 1906). Los chinos acostumbraban secar y preservar las raíces para usarlas en esta forma (Perry y Metzger 1980).

En Yucatán (México), el jugo endulzado de la raíz es tomado como un diurético en casos de ictericia y gota, en dosis de 30 ml, tres veces al día (Morton 1981).

En Formosa, además de ser usadas para curar la fiebre, las raíces se emplean en el tratamiento de las hemorragias (Quisumbing 1951). En Brasil, la harina extraída de las raíces es aconsejada para el tratamiento de disenterías y de hemorroides (Roig y Mesa 1945).

En Veracruz, México, las semillas son muy usadas como antipsóricas (contra las enfermedades de la piel), en forma de tinturas alcohólicas aplicadas externamente (Anónimo 1976, Baker y Quimby 1953, Martínez 1959). Estas tinturas han probado su eficacia y aún su superioridad sobre algunos tratamientos usados contra la sarna (Anónimo 1976, Martínez 1959). Se ha señalado que la tintura de las semillas cura también el herpes (Quisumbing 1951).

Otras preparaciones que se acostumbra aplicar para el tratamiento de la sarna o de problemas que generen picazón, son la mezcla de las semillas maduras con agua o anteriormente con orina y sal, o bien, la mezcla de la tintura alcohólica con aceite de castor en una proporción 1:2 (Morton 1981).

En Java, para el combate de las enfermedades de la piel, tales como erupciones que se esparsen rápidamente al rascarse o para las erupciones causadas por el calor, en lugar de la tintura, se usan semillas pulverizadas mezcladas con azufre, las cuales son aplicadas sobre las lesiones (Duke 1981, Perry y Metzger 1980, Srivastava *et al.* 1973).

De acuerdo con Baker y Quimby (1953) por mucho tiempo han sido conocidas la actividad fisiológica y el valor terapéutico de las emulsiones de las semillas como purgantes y de las tinturas para el control de los piojos del cuerpo y de la cabeza.

Las semillas contienen un aceite con propiedades laxantes a dosis de 30 a 45 g, pero venenoso en dosis grandes, el cual ha sido considerado como un posible remedio contra el cáncer (Bukasov 1981, Martínez 1959). Duke (1981) y Perry y Metzger (1980) señalan que dosis mayores a media semilla pueden ser tóxicas. Si ocurre envenenamiento, se debe ingerir agua de un coco joven para contrarrestar su efecto (Perry y Metzger 1980).

Las semillas también pueden actuar como vermífugo (Duke 1981) y como parasiticidas (Baker y Quimby 1953).

Efectos perjudiciales de su consumo

En la literatura existen una serie de referencias en que se señalan efectos negativos del consumo de la jícama. Con respecto a los tubérculos, la mayoría de las menciones probablemente se refieren al consumo de variedades silvestres o genotipos muy rústicos. Con las variedades modernas son mínimos los problemas reportados, lo cual refleja el largo proceso de selección al que han estado sujetas estas variedades. A continuación se hace un recuento de las citas que tratan sobre este tema.

En algunas partes de México y de América Central creen que las raíces de las especies silvestres son venenosos (Allen y Allen 1981, Clausen 1945a). Como ampliación a esto, Clausen (1945a) señala que las raíces de cualquiera de las especies pueden ser venenosos, pero bajo ciertas circunstancias que no especifica.

También se ha señalado, que el consumo excesivo de las raíces produce flato (Urbina 1906) e indigestión (Anónimo 1976), por lo que anteriormente muchas personas consideraban a la jícama dañina, especialmente para los niños muy pequeños y recomendaban a las madres que estaban amamantando abstenerse de consumirla (Martínez 1959). Altamirano *et al.* (1907) indican que niños lactantes cuyas madres habían comido jícama se afectaron seriamente e inclusive algunos murieron.

Parece ser que los efectos perjudiciales no son importantes cuando se consumen las raíces en cantidades moderadas y que en la reacción influye mucho la susceptibilidad de las personas (Martínez 1959). Según Urbina (1906), estos efectos pueden evitarse colgando las plantas por algún tiempo en un lugar expuesto al aire, con el objeto de marchitarlas un poco.

Fine (1991) informa de un caso en que se produjo una reacción hipersensitiva inmediata causada por el consumo de raíz de jícama, la cual se manifestó en forma de picazón, enrojecimiento y calentamiento de la cara, diarrea, respiración dificultosa, etc. Aunque esta reacción es aparentemente muy inusual, este autor indica que hay que tenerla presente ahora que el consumo de la jícama se está incrementando.

Fernández *et al.* (1989) observaron el crecimiento de bacterias perjudiciales al ser humano principalmente de los géneros *Shigella* y *Salmonella*, sobre segmentos de raíces de jícama, por lo que recomiendan su rápido consumo y la adición de limón ácido antes de comerla en forma fresca.

Se dice que las vainas jóvenes son algo venenosas a menos que se les remueva los pelos epidermales antes de cocinarse, lo que se hace a veces, frotándolas con arena (Schroeder 1967). Para consumirlas es necesario tener suficiente cuidado y experiencia para evitar efectos tóxicos (National Academy of Sciences 1979).

El consumo de las semillas en cantidades mayores a media semilla es tóxico para los humanos (Duke 1981). Por esta razón, Grosourdy citado por Roig y Mesa (1945) recomiendan colocar a esta planta, dentro de las que se debe desconfiar.

Las semillas también son tóxicas para las ratas y mortales para los peces, aún si con anterioridad se han removido sus aceites (Nag *et al.* 1936). Son también fatales para los perros (Morton 1981) y dañinas para el ganado (Marcado 1977), pero aparentemente no afectan a los caballos (Burkill citado por Quisumbing 1951). A veces una única ingestión causa la muerte a los animales (Perry y Metzger 1980). Las hojas son venenosas para los rumiantes, pero en menor proporción que las semillas (Perry y Metzger 1980). Altamirano *et al.* y Boorsma (1910) discuten la toxicidad de las semillas, hojas y raíces de la planta sobre peces, perros y otros vertebrados.

ECOLOGIA DEL CULTIVO

Clima

Bajo condiciones naturales, la especie se encuentra desde los 0 hasta los 1750 msnm, pero la mayoría de los informes la señalan entre los 500 y los 900 msnm. Su rango de precipitación varía de 250 a más de 1500 mm anuales (Sorensen 1988), pero según Duke (1981), tolera precipitaciones anuales hasta de 4030 mm, temperaturas anuales de 21,3 a 27,4 °C y pH de 5 a 6,8.

La jícama es un poco tolerante a diferentes condiciones climáticas, por lo que crece bien en climas desde subtropical a tropical y de seco a húmedo. A pesar de esto, está generalmente

asociada con regiones que tienen una precipitación moderada y un período seco estacional, siendo su nivel óptimo de temperatura de 21-28 °C (Hoof y Sorensen 1989, National Academy of Sciences 1979).

Muestra un buen crecimiento en el ambiente difícil de los trópicos húmedos cálidos, como por ejemplo en la cuenca Amazónica. Tolera algo de sequía pero es sensible a las heladas (National Academy of Sciences 1979). Los días cortos son requeridos para la inducción de su floración y fructificación (Schroeder 1967). El crecimiento de las raíces se estimula también con la reducción en la longitud del día, siendo su longitud crítica de 11 a 12 h (Hoof y Sorensen 1989).

En Hawái es cultivada usualmente en áreas donde existe una estación seca bien definida, pues en estos lugares desarrolla un sabor más dulce (Pido *et al.* 1986). En México se cultiva desde los 0 hasta los 1700 msnm, en lugares tropicales como Veracruz y Nayarit durante los meses más frescos y en épocas en que el suelo no acumula humedades excesivas. En lugares semicálidos como El Bajío, Morelos y Oaxaca, se acostumbra sembrarla cuando prevalecen las altas temperaturas y no hay peligro de heladas (Pinto 1970).

Suelo

Se le encuentra en suelos que van desde arcillas profundas hasta franco arenosos (Sorensen 1988), sin embargo, al igual que otros cultivos de raíz, se recomienda establecerlo en suelos franco arenosos y bien drenados, los cuales facilitan el crecimiento de las raíces, evitan las pudriciones fungosas y se mantienen sueltos después de los riegos (Arguelles 1979, Bukasov 1981, Díaz 1978, National Academy of Sciences 1979, Singh *et al.* 1981).

Singh *et al.* (1981) indican que las máximas producciones han sido obtenidas en suelos de textura y fertilidad intermedias y pH alcalino. Pinto (1970) señala que el cultivo prospera mejor en suelos desde francos hasta migajones arcillo limosos, de preferencia profundos, con buen drenaje y fértiles. Noda *et al.* (1991) consideran que las jícamas también pueden desarrollarse vigorosamente en suelos pobres y ácidos si se les suple suficiente materia orgánica.

PRACTICAS DE CULTIVO

Las prácticas de cultivo varían mucho entre localidades y aún entre agricultores. Dependen en gran parte del nivel socioeconómico del agricultor, de su disponibilidad de mano de obra, recursos y mercados y de los sistemas de finca a los que el cultivo pertenece (Grum 1990a). En México por ejemplo, existe gran variabilidad en las prácticas utilizadas por los agricultores en las diferentes áreas de cultivo, lo cual puede ser atribuido a los factores mencionados (Schroeder 1967). En otros países como Nigeria, el cultivo permanece subexplotado por lo que las prácticas de cultivo, almacenamiento, procesamiento y utilización de la jícama son básicas y tradicionales (Ene 1992).

Las prácticas agrícolas también están influenciadas por la especie de jícama cultivada, siendo particularmente dependientes de su hábito de crecimiento, tamaño de planta y sensibilidad al fotoperíodo (Grum 1990a).

De acuerdo con Grum (1990a), la mayoría de la literatura sobre prácticas culturales se refiere a explotaciones comerciales grandes y en pocos casos están basadas en investigaciones

recientes. Casi no existen trabajos que describan las prácticas de cultivo del gran número de agricultores de subsistencia que cultivan jícama en Asia y Latinoamérica. Es por esta razón, que se ha sugerido hacer una revisión de los métodos usados por los agricultores con el objeto de concertar programas de investigación organizados que permitan aplicar los conocimientos agronómicos modernos, a la producción comercial de esta especie (National Academy of Sciences 1979).

Preparación del Suelo

Una esmerada preparación del suelo es importante para obtener cosechas rentables. Por esta razón, se recomienda realizar las siguientes prácticas (Arguelles 1979, Díaz 1978, Heredia 1985, Pinto 1970, Singh *et al.* 1981).

Arada: se realiza un paso de arado, de reja o de discos, a una profundidad de 25 a 30 cm. Si hay problemas de malas hierbas, conviene hacer un segundo paso de arado (llamado "cruza") en forma perpendicular al primero. En México esta práctica se realiza en los meses de noviembre y diciembre (Heredia 1985).

Rastro: se hace con el propósito de deshacer los terrones grandes, de 15 a 29 días después de realizada la arada. Se recomienda dar uno, dos o más pasos de rastra hasta lograr el objetivo deseado.

Limpeza del terreno: antes de nivelar y de surcar el terreno se recomienda eliminar los restos del cultivo anterior para facilitar la siembra, la germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas. También se recomienda que el suelo esté libre de malezas (Singh *et al.* 1981).

Nivelacion: conviene hacer una buena nivelación del suelo para facilitar los riegos en caso de que sean necesarios, evitar problemas de encharcamientos que generalmente provocan mala germinación, mal desarrollo de las plantas y el ataque de enfermedades radiculares. La práctica puede hacerse con niveladora, escrepa o con un simple tablón pesado.

Surcado: se hace dejando una separación de 80 cm entre surcos. Puede realizarse con arado de tracción mecánica o de tracción animal.

Material de Siembra

La planta es generalmente propagada por semilla, pero ocasionalmente cuando se usa una variedad multituberosa, se siembran raíces brotadas obtenidas de la anterior plantación (Grum 1990a, Hoof y Sorensen 1989, Kay 1973).

El establecimiento de la plantación utilizando semilla, es sencillo, requiriéndose normalmente de 5 a 9 meses cálidos para cosechar las raíces (National Academy of Sciences 1979).

Al usar pequeños raíces como material de siembra, el período de cultivo se reduce (National Academy of Sciences 1979). La selección de la raíces para la siembra debe realizarse a intervalos de pocos años, con el objeto de mantener las características deseables de las plantas (Kay 1973).

Existe poca información con respecto a material genético disponible para las siembras. En Guanajuato, México, Arguelles (1979) y Heredia (1985) recomiendan el uso de semilla de las variedades Agua Dulce y Cristalina cuyo rendimiento alcanza de 60 a 80 TM/ha, y las raíces son de mayor tamaño y calidad que la variedad criolla.

Fecha de siembra

La selección de las fechas de siembra dependen de varios factores, entre ellos, de las condiciones climáticas de la región, la duración del ciclo de cultivo de la variedad que se emplee y el tamaño de raíz que se desee obtener.

Así por ejemplo, en algunas localidades de México, el tamaño de raíz es un importante factor decisivo. En El Bajío por ejemplo, se recomienda sembrar en febrero o marzo para obtener raíces grandes y en junio cuando se quieren raíces de tamaño comercial pequeño; en ambos casos se cosecha de setiembre a noviembre (Arguelles 1979, Heredia 1985, Pinto 1970).

En los estados costeros de Nayarit y Veracruz, también en México, la siembra se recomienda realizar en los meses de octubre y noviembre (Pinto 1970) y en Hawaii se ha encontrado que de setiembre a octubre es el momento óptimo para realizar esta práctica (Paull *et al.* 1988).

Distancias y forma de siembra

Las semillas son normalmente plantadas al inicio de las lluvias en camas bien preparadas, colocando usualmente 2-3 semillas por hueco y raleando en caso necesario (Kay 1973). De acuerdo con Díaz (1978), la profundidad de siembra debe ser de 3 cm, según Heredia (1985) de 8 a 10 cm, pero en Turrialba, Costa Rica se siembra a 1-2 cm. Luego de la siembra las semillas son tapadas con la mano o con un arado, al cual se le adaptan ramas para emparejar el lomo del surco y arroparlo para evitar la pérdida de humedad, con lo cual se promueve una buena germinación (Heredia 1985).

En México, Arguelles (1979) señala la existencia de dos métodos de siembra que denomina "siembra en seco" y "siembra a tierra venida". En la "siembra en seco" una vez preparado el terreno, se surca, se siembra la semilla y finalmente se riega. Para este tipo de siembra se requiere de una buena nivelación, regar por capilaridad y evitar encharcamientos y que el agua suba sobre el surco. La "siembra a tierra venida" se usa en el 95 % de los casos en Guanajuato y consiste en regar el terreno y una vez que la tierra está en su punto, hacer la doble raya sobre el lomo del surco e inmediatamente después sembrar las semillas.

Los espaciamientos recomendados son muy variables (Heredia 1985, Sahadevan 1987) y dependen de la longitud del período de crecimiento, el tamaño deseado de las raíces y la duración del día en el momento de la siembra: se debe considerar que las plantas sembradas durante días largos producen plantas más largas (Grum 1990a).

En Oaxaca, México se acostumbra preparar eras de 0,6 x 30 m sobre suelos planos y aluviales, sembrando tres hileras de semillas y distanciando las semillas 40 cm con respecto a sus vecinas. Por su parte en el área de Tepic, se acostumbra preparar surcos contorneados en las pendientes de las colinas, distanciados 35-55 cm (dependiendo de la naturaleza de la pendiente), y usando una distancia entre plantas de 20 a 25 cm (Schroeder 1967).

Arguelles (1979), Díaz (1978) y Heredia (1985) también en México, recomiendan para la obtención de jícamas grandes, sembrar a doble hilera sobre surcos distanciados 92 cm, con una distancia entre hileras de 25 cm y depositando una semilla cada 20 cm (25-30 kg/ha de semilla). Para obtener jícamas pequeñas o "piñatera", recomiendan la siembra a doble hilera, sobre surcos distanciados 76 cm y a una distancia entre hileras de 20-25 cm y depositando una semilla cada 15 cm (35-40 kg/ha de semilla). En ambos casos la semilla se puede sembrar en seco o en húmedo.

En la India las distancias usualmente empleadas son de 30 a 40 cm entre plantas y de 60 a 75 cm entre hileras (45-50 kg/ha de semilla) (Kay 1973). Singh *et al.* (1981) recomiendan una distancia de 30 cm y una densidad de 20 a 25 kg/ha de semilla. En las Filipinas es común un espaciamiento de 10 cm entre plantas y de 15 a 20 cm entre hileras, aunque se ha demostrado experimentalmente que la producción de raíces se duplica con un espaciamiento de 15 x 15 cm (Kay 1973).

La jícama puede sembrarse haciendo uso de barbacoas o postes colocados exprefeso, o bien, sin la ayuda de soportes, con lo que se obtiene plantas bajas y compactas (León 1987). Sahadevan (1987) recomienda el uso de estacas y espaciamientos muy amplios y Kay (1973) señala que el uso de espalderas de bambú de 2,4 m de alto incrementan la producción. Por el contrario, Hoof y Sorensen (1989) señalan que el uso de espalderas para sostener las plantas deben ser usadas solo para la producción de semilla, y Noda y Kerr (1983) mencionan que el uso de estacas no incrementó significativamente la producción.

Intercultivo

En las explotaciones grandes de México, la jícama es comúnmente sembrada en monocultivo (Heredia 1985), práctica que es también frecuente en Tailandia (Stolen 1989), Malasia (Sahadevan 1987) y Hawaii (Paull *et al.* 1988).

En las explotaciones pequeñas de México y El Salvador, es más usual asociarlo con otros cultivos como maíz, frijoles repollo o cebolla (Duke 1981, Heredia 1985, Sorensen 1990). En Filipinas se siembra asociado con maíz, con lo que se reduce las necesidades de desyerba, pero en China se le ubica en los bordes de las milpas (Grum 1990a). En otros países se le asocia con vegetales no tuberosos (Singh *et al.* 1981) y en Java Occidental con vigna (*Vigna unguiculata*) (Hoof y Sorensen (1989).

Obviamente el pluricultivo tiene influencia sobre el espaciamiento óptimo requerido, por lo que Grum (1990a) sugiere realizar investigaciones para determinar los mejores espaciamientos.

Fertilización

La aplicación de abono y las cantidades requeridas, dependen de la fertilidad del suelo donde se establezca la plantación (Grum 1990a). Por esta razón es de esperar criterios encontrados con respecto a este tema. La National Academy of Sciences (1979) indica que la planta responde a la aplicación de fertilizantes, sobre todo cuando se siembra en una misma área por muchos años, siendo necesario adicionar "compost" o fertilizantes para mantener la productividad del suelo. Heredia (1985) y Hoof y Sorensen (1989) por el contrario, no recomiendan la fertilización, ya que en su opinión esta planta no responde a los fertilizantes. Heredia (1985) indica que si se está acostumbrado a aplicar fertilizantes, se debe evitar el uso de urea como fuente de nitrógeno, porque causa duplicación de raíces y consecuentemente jícamas de mala calidad.

Otros autores como Díaz (1978), Pinto (1970) y Singh *et al.* (1981), recomiendan también la fertilización. Los dos primeros señalan la conveniencia de emplear la fórmula 80-40-0, es decir, 400 kg/ha de sulfato de amonio y 200 kg de superfosfato simple de calcio, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno antes de la siembra y el resto del nitrógeno cuando la planta empieza a florear. Singh *et al.* (1981) recomiendan la adición de 10 toneladas métricas/ha de "compost" y de 40 kg/ha de N, de P_2O_5 y de K_2O , aplicando todo el fósforo y el potasio y la mitad del nitrógeno durante la arada final y el resto del nitrógeno a los 45-60 días después de esta.

En Brasil se encontró que en un suelo Typic Eustrustox, se incrementó la producción significativamente con la adición de fósforo (Lynd y Purcino 1987).

En Bihar, India se encontró que el incremento en los niveles de nitrógeno y potasio aumentaban progresivamente la producción de raíces de jícama, la cual respondió favorablemente a dosis de 80 y 120 kg/ha de N y K_2O , respectivamente (Anónimo 1978). Con el objeto de estudiar este efecto en la zona aluvial de Bengala Occidental, Sen y Mukhopadhyay (1989) evaluaron durante dos años el efecto de tres niveles de nitrógeno y de potasio (40, 80 y 120 kg/ha) sobre dos variedades de jícama. En todos los casos se usó una dosis basal de 60 kg/ha de P_2O_5 /ha. La máxima producción de raíces y el máximo ingreso neto se obtuvo con el tratamiento $N_{120} K_{80}$, con una producción de 363 g/planta, y la mínima producción con el tratamiento testigo sin ningún fertilizante que obtuvo 161 g/planta.

Combate de malezas y aporca

El combate de malezas se realiza generalmente en forma manual, por lo que es preferible aquellas variedades que mejor y en forma más rápida cubran el suelo (Grum 1990a).

Uno o dos desyerbas y una aporca leve, ayudan para que el cultivo crezca y produzca raíces en forma óptima. Se recomienda hacer las desyerbas desde el primer mes después de la siembra, hasta que el cultivo alcance una buena cobertura del suelo (Hoof y Sorensen 1989). En la primera desyerba se debe tratar de eliminar la maleza entre y sobre los surcos. La segunda desyerba se hace junto con la aporca 30-40 días después de la primera, tratando de impedir que las raíces al crecer queden descubiertas y sean atacadas por los roedores (Díaz 1978, Heredia 1985, Singh *et al.* 1981). En todo caso se debe deshierbar el número de veces necesario para mantener libre de malezas el cultivo (Díaz 1978, Heredia 1985). A menudo se utiliza coberturas para mantener libre de malezas la plantación y para conservar la humedad del suelo (Kay 1973).

Irrigación

Usualmente la jícama es sembrada bajo condiciones en que no requiere de riego, no obstante en los casos necesarios, es indispensable aplicarlo con el objeto de que el cultivo no sufra por falta de agua (Díaz 1978, Pinto 1970). Lo importante es mantener el suelo con la humedad adecuada, evitando la escasez de agua para no castigar a la planta, o los excesos que provocan pudriciones de la raíz (Arguelles 1979, Heredia 1985).

La frecuencia y el número de los riegos se determinarán de acuerdo con la textura del suelo, la precipitación y la evaporación (Heredia 1985, Pinto 1970). En suelos muy arenosos, deben darse con una frecuencia de 8 a 10 días, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo del cultivo; en suelos areno-limosos deben aplicarse cada 15 a 20 días.

Si el cultivo se siembra en seco, el primer riego debe hacerse por capilaridad, evitando que el agua suba sobre el surco (Díaz 1978). Cuando la planta está en pleno período de emergencia y sobre todo en terrenos que forman costras, se recomienda dar un riego ligero con el objeto de facilitar la emergencia total de la plántula (Heredia 1985).

Generalmente, el riego se suspende cuando la jícama ha madurado y esto se sabe porque el suelo se abre o se parte debido al crecimiento de las raíces (Heredia 1985). Cuando se prevee que la cosecha se retrasará, puede ser necesario una irrigación leve para evitar que las raíces se rajen (Singh *et al.* 1981).

Eliminación de Flores

La floración y la subsecuente formación de vainas y semillas, son procesos que compiten con la tuberización, por lo que reducen la producción de raíces, las cuales son también más delgadas y elongadas (Singh *et al.* 1981). Por esta razón, es una práctica común en algunas áreas principalmente de México, la remoción regular de todos los tallos de las inflorescencias en sus estadios iniciales. De acuerdo con varios autores, esto origina una duplicación en la producción de raíces y una mejor calidad de las mismas, ya que se producen raíces menos fibrosas y con diámetros marcadamente expandidos (Arguelles 1979, Díaz 1987, Heredia 1985, León 1987, National Academy of Sciences 1979, Schroeder 1967).

Otros autores han señalado que con el uso de esta práctica, los rendimientos pueden incrementarse hasta en 10 veces (Noda y Kerr 1983). Por el contrario, al evaluar el efecto de la desfloración en 34 introducciones de *Pachyrhizus spp.*, Grum (1990b) encontró que en promedio la producción de raíces se incrementaba únicamente en un 25 %, lo cual atribuyó a que las plantas crecieron bajo la influencia de días cortos.

Las flores se eliminan comúnmente en forma manual o con tijeras y se requieren generalmente tres desfloraciones por ciclo de cultivo (Heredia 1985), sin embargo, bajo las condiciones de Guanajuato, México, para las variedades mejoradas "Cristalina" y "Agua Dulce" son necesarias únicamente dos (Díaz 1987).

La práctica resulta costosa, toma mucho tiempo (Heredia 1985, Singh *et al.* 1981) y produce daños en las manos de los trabajadores. Por esta razón, se ha tratado de reemplazar con el uso de productos químicos. El 2,4-D (50 ppm) ha sido aplicado en el estado de botón, dando muy buenos resultados, ya que, además de ser muy barato, tiene una efectividad en producción comparable con la desfloración manual (Singh *et al.* 1981).

Eliminación de guías y retoños

Bertoni (1910a) recomienda la eliminación de las guías de la siguiente forma: cuando los tallos alcanzan unos 40 cm, se despuntan, realizando la misma operación posteriormente, a 20 cm por arriba del primer despunte. No obstante, de acuerdo con Heredia (1985), esta práctica debe evitarse, porque reduce el rendimiento e incrementa los costos.

Producción de semillas

De acuerdo con Grum (1990a), en los casos en que haya interés de incrementar la producción de vainas o de semillas, se puede aplicar a las plantas Cicocel (CCC), lo cual se basa en la investigación realizadas por Zinsou *et al.* (1987a 1987b, 1987c y 1988). Se debe tener presente sin embargo, que este producto también reduce el desarrollo de la raíz.

Cosecha

La cosecha de las raíces se realiza a menudo en forma manual, pero en explotaciones grandes se utiliza el arado (Kay 1973).

Existen diferencias entre autores con respecto al período requerido para la cosecha de las raíces, lo cual es normal, dado que esta labor está influenciada por diferentes factores, entre los que resalta la temperatura ambiental, el material genético, la época de siembra y el tamaño deseado de raíz. Se ha informado de períodos para la cosecha que van desde los tres (National Academy of Sciences 1979, Schroeder 1967) hasta los ocho meses (Díaz 1978, Duke 1981, Montaldo 1983, Schroeder 1967, Singh *et al.* 1981).

De acuerdo con Pinto (1970) y Schroeder (1967), la cosecha de la jícama debe hacerse cuando las raíces alcanzan de 10 a 15 cm de diámetro, ya que si se arrancan antes, aparte de tener un menor tamaño, el sabor es menos atractivo para su consumo. Si por el contrario la cosecha se realiza después, se desarrollan raíces muy grandes que llegan a tornarse leñosos y menos comestibles. Esto es causado por un incremento en la licuofacción de los tejidos y por una mayor deposición de almidón (Pinto 1970, Schroeder 1967).

Según Heredia (1985), la señal más práctica para determinar el momento para la cosecha, es cuando el suelo alrededor de las raíces está rajado, lo que indica que la jícama está madura y bien desarrollada. En el CATIE, Costa Rica el momento óptimo para la cosecha es señalado por un resquebrajamiento leve de la parte superior de las raíces.

Cuando las condiciones de mercado no son convenientes y no se cuenta con facilidades de almacenamiento en frío, es más práctico dejar las raíces en el suelo (Pinto 1970). De acuerdo con Kay (1973) y Schroeder (1967), esta práctica consiste en obtener un adecuado tamaño de la raíz mediante la interrupción de la irrigación y la eliminación total del follaje. Con esto la humedad del suelo se pierde gradualmente y puede ocurrir deshidratación y reducción en el tamaño de las raíces. Inmediatamente antes de la cosecha de las raíces, se aplica irrigación al suelo con el objeto de que las raíces se rehidraten, luego de lo que son cosechadas. Las raíces pueden ser mantenidas bajo esta condición por tres a cuatro meses según Heredia (1985) y de dos a tres meses según Kay (1973) y Schroeder (1967).

En algunas ocasiones, principalmente en explotaciones grandes, se realizan cosechas tempranas (3-5 meses después de la siembra) con el objeto de obtener raíces más pequeñas, las cuales tienen mayor demanda en México (Heredia 1985).

Bajo condiciones ambientales favorables, como las que se dan en áreas calientes de México (por ejemplo en Oaxaca) y con suelos ricos, livianos y con un buen contenido de humedad, las raíces alcanzan los 10 a 15 cm en 3 meses (National Academy of Sciences 1979, Schroeder 1967).

Bajo condiciones de veranos comparativamente fríos tales como los que se dan en algunas áreas de Michoacán, México, las semillas sembradas en abril normalmente producen raíces maduras siete meses después (Schroeder 1967). Bajo las condiciones de Bihar, India, el cultivo toma también de 6 a 7 meses para su cosecha; los materiales que son sembrados cerca del 30 de junio, se cosechan al final de diciembre (Singh *et al.* 1981).

En el caso de las vainas, si estas son usadas como vegetal, son cosechadas a través del ciclo del cultivo. Las vainas maduras y las semillas para la extracción de rotenona son separadas de las raíces cuando la planta es cosechada, las semillas son extraídas de las vainas y enviadas a sitios especiales en donde se les extrae la rotenona (Duke 1981). De acuerdo con Sahadevan (1987), para la producción de semillas, las vainas deben ser cosechadas a los 10 meses después de la siembra.

Manejo poscosecha

En general las raíces tuberosas son manejadas, almacenadas y comercializadas en forma similar a las papas (National Academy of Sciences 1979). Luego de la cosecha, por lo general, son lavadas, colocadas en canastos y ubicadas en un ambiente fresco hasta su consumo (Pinto 1970, Schroeder 1967).

El almacenamiento de las raíces inmaduras no es conveniente por períodos prolongados, ya que tienden a contraerse debido a la pérdida de agua que sufren durante el proceso. Las raíces más viejas y con diámetros mayores a los 15 cm, pueden almacenarse por períodos más largos (Kay 1973, Pinto 1970, Schroeder 1967).

Kawabata *et al.* (1986) evaluaron el efecto de almacenar raíces de jícama bajo condiciones ambientales (28-32 °C y humedad relativa de 66-88%) por espacio de 21 días. En términos generales, el contenido total de azúcares se incrementó durante la primera o dos primeras semanas y varió en todo el experimento de 1800 a 5300 mg/100 g de raíz. El contenido de humedad decreció levemente de 88,5 a 86%, registrando menores pérdidas que las obtenidas en yuca. Esto está en contraposición con lo expresado por Paull y Chen (1988), quienes señalan que las pérdidas de agua que se dan en la jícama son considerablemente menores que las informadas para otros cultivos de raíz o tubérculo, con excepción de papa y yuca.

Durante el almacenamiento se presentan algunos problemas que reducen la calidad de las raíces, como son, la deshidratación, el crecimiento de mohos, el retoñamiento, la incidencia de plagas y el cambio de color de la cáscara de las raíces de crema a marrón-morado (Barile y Esguerra 1984, Kay 1973, National Academy of Sciences 1979, Schroeder 1967). El retoñamiento solo se ha observado después de un largo período de almacenamiento (2-3 meses), y no existen informes sobre el uso de inhibidores de este fenómeno (Paull s.f.).

Los problemas del almacenamiento pueden ser demorados o evitados regulando adecuadamente la temperatura y la humedad relativa. Aunque algunos autores han recomendado temperaturas que están entre los 0 y los 10 °C (Kay 1973, Bautista y Cádiz 1967, Schroeder

1967), se debe tener presente que las raíces son sensibles al enfriamiento, así por ejemplo, las raíces mantenidas durante dos semanas a 0 °C, se perforan y suavizan, por lo que no son consideradas comestibles (Barile y Esguerra 1984, Paull y Chen 1988).

Barile y Esguerra (1984), luego de estudiar cuatro temperaturas de almacenamiento (5, 10, 15 y 20 °C), recomiendan 15 °C, ya que fue la temperatura en que se controló la pérdida de peso y el crecimiento de moho. Este valor está muy cercano a los 12,5 °C recomendados por Paull y Chen (1988), valor por debajo del cual se reduce la calidad visual de las raíces y la cantidad de almidón (Barile y Esguerra 1984, Paull s.f., Paull y Chen 1988).

Paull y Chen (1988) evaluaron durante 5 meses, el efecto de almacenar las raíces a 22 y a 12,5 °C y encontraron que a ambas temperaturas se daba una continua pérdida de humedad. Durante el primer mes, la pérdida diaria de agua fue de 0,12% a 12,5 °C y de 0,21% a 22 °C. Después del primer mes, la pérdida se redujo, debido probablemente a que la zona más externa y seca de la raíz actuó como una barrera. Luego de 4 meses, las raíces habían perdido un 14,5% y un 9,6% de su peso original a 22 °C y 12,5 °C, respectivamente.

Los mismos autores encontraron que el almacenamiento incrementaba la tasa de respiración, en mayor grado a 12,5 °C que a 22 °C. En ambos casos se dio una continua disminución del contenido de almidón y su transformación principalmente a sucrosa. Los resultados sugieren que como respuesta al enfriamiento se produce una dulcificación de las raíces (Paull y Chen 1988).

Basado en esos y en otros resultados no publicados, Paull (s.f.) recomienda para almacenar las raíces por uno o dos meses, un rango de temperaturas de 12,5 a 17,5 °C, y un rango de humedad relativa de 65 a 75 %.

Normas de calidad

Cada raíz debe estar limpia, madura, firme y sin arrugas, y pesar más de 0,3 kg o menos de 1,1 kg (Paull s.f.). En Hawaii, se prefieren las raíces chatas en ambos extremos. Se debe evitar las reventaduras producto del crecimiento, los cortes, arrugamientos, enfermedades, daños por insectos y por efectos sobre la fisiología, incluyendo los efectos dañinos debidos al enfriamiento o congelamiento (Paull s.f.).

En México se hace la distinción entre dos tipos de jícama conocidos como jícama de agua y jícama de leche, las cuales pueden provenir aún de la misma semilla. La jícama de agua corresponde a plantas con una raíz más proporcional y succulenta, de sabor más dulce y con un jugo comparativamente más claro. Es el tipo más popular y consecuentemente el más sembrado y exportado. La jícama de leche por su parte, produce un jugo lechoso y posee raíces más largas y delgadas que tienden a penetrar más en el suelo (Schroeder 1967).

ENFERMEDADES

Muy pocas plagas y enfermedades han sido informadas en *Pachyrhizus spp.*, lo que probablemente se debe, a que este género no está intensivamente sembrado en muchas áreas y a que la especie posee mecanismos de defensa (Grum 1990a).

En términos generales se debe evitar los excesos de humedad para prevenir las enfermedades, sobre todo las pudriciones de la raíz (Arguelles 1979).

Enfermedades virosas

Se han identificado dos enfermedades de origen viroso: el "mosaico de la jícama" ("sincama mosaic disease") descrito inicialmente por Fajardo y Maraño (1932) y la "escoba de bruja de las vainas" informada por Thung y Hadiwidjaja (1957).

Esta última enfermedad es aparentemente muy esporádica, solo una planta fue infectada en la investigación realizada por Thung y Hadiwidjaja (1957). Sus síntomas son una excesiva ramificación, enanismo o atrofia de las hojas y deformación de las flores. No pudo ser reproducida por medio de sabia infectada, pero existen algunas indicaciones que podría ser transmitida por insectos como el *Orosius argentatus*.

El "mosaico de la jícama" es sin duda la enfermedad más seria en este cultivo. Hasta el momento está restringida a algunos cultivares de *P.erosus* y a material silvestre en el lejano oriente, pero se ha encontrado que es capaz de infectar a todas las otras especies con excepción de *P.ferrugineus* (Sorensen 1990). En Filipinas es muy común en jícamas cultivadas y silvestres y no puede infectar al frijol común (Fajardo y Maraño 1932).

Los síntomas de la enfermedad se manifiestan como grados variables de clorosis y moteado de las hojas, lo cual depende del tiempo en que se produjo la infección (Fajardo y Maraño 1932). Si esta ocurre en un estado temprano, las plantas pueden ser afectadas en su crecimiento: padecer de enanismo o alargarse y tornarse quebradizas. Cuando las infecciones se dan en estados avanzados de desarrollo, las plantas pueden parecer que se recuperan, pues emiten hojas con apariencia sana, pero la enfermedad se revela cuando se producen los nuevos brotes. La enfermedad resulta mortal únicamente cuando la infección ocurre en un estado muy temprano, por ejemplo a nivel de plántulas (Fajardo y Maraño 1932, Sorensen 1990).

La enfermedad no produce síntomas característicos en las vainas verdes, las raíces o semillas; excepto por el tamaño, es difícil de reconocer las raíces sanas de las enfermas (Fajardo y Maraño 1932).

Debido a que la enfermedad afecta la actividad fotosintética de las hojas, el tamaño de las raíces se reduce en proporción al tiempo de infección y a la susceptibilidad del material. En las raíces se producen también cambios químicos como la reducción de las siguientes sustancias: azúcares reductores y totales, pentosas y materia seca. También se produce un incremento en el porcentaje de almidón y una reducción de la acidez del jugo de las raíces (Fajardo y Maraño 1932, Sorensen 1990).

El virus causa también un evidente aumento en la tasa de abscisión de los botones florales, de las flores y de las vainas en desarrollo. Sin embargo, el efecto más dramático de la enfermedad es el decrecimiento en la fertilidad del polen: dos introducciones de Brasil que tenían 88-97% de fertilidad del polen, se tornaron prácticamente estériles luego de la infección (Sorensen 1990).

Fajardo y Marañón (1932) indican que el virus es transmitido por las semillas, lo cual según Sorensen (1990) debería ser confirmado. Lo cierto es que al ser un patógeno sistémico, puede ser diseminado por medio de las raíces, por lo que debería asegurarse su limpieza en caso en que sean usados como material de siembra (Sorensen 1990).

La transmisión de la enfermedad parece estar restringida a la infección por medio de heridas mecánicas y al ataque de insectos, pero no es posible por el simple contacto entre partes sanas y enfermas (Fajardo y Marañón 1932, Sorensen 1990). En jícama, las heridas mecánicas pueden ser frecuentes como resultado de algunas prácticas agrícolas que se utilizan para su cultivo, como son el defloramiento y la eliminación de guías. En relación con la transmisión por insectos, Fajardo y Marañón (1932) fueron incapaces de demostrar la transmisión del virus por medio del chinche harinoso *Ferrisia virgata*, el cual según Duke (1981) y Clausen (1945a) tiene relación con la enfermedad. Las observaciones de Sorensen (1990) indican que los áfidos y posiblemente algunos ácaros son capaces de transmitir la enfermedad.

Otros problemas virales señalados en la literatura son mencionados a continuación. Grum (1990a) informa de un virus en Tonga que ha sido encontrado en *Pachyrhizus spp.*, el cual reacciona positivamente al antisuero del aislamiento 15 New York del "virus del mosaico común del frijol" (BCMV). Este virus está diseminado en la mayoría de las regiones donde *Pachyrhizus* crece y probablemente se trate del virus del frijol más importante en términos económicos, por lo que sería de mucha importancia buscar resistencia al mismo.

Bajo condiciones de invernadero en Dinamarca, Lundsgard identificó el "virus del mosaico de la soya" en una planta de *P.erosus* (Grum 1990a).

Las medidas de combate contra las virosis son de vital importancia, sobre todo bajo condiciones experimentales. En estos casos es recomendable el uso de combate profiláctico. Todo el material de semilla debe ser previamente germinado y mantenido bajo cuarentena por un mínimo de un mes antes de ser transferido al sitio definitivo de siembra. Si se usa material vegetativo para la siembra, también debe aplicársele medidas cuarentenarias hasta que se esté seguro de su limpieza (Sorensen 1990).

Enfermedades fungosas

Duke (1981) indica que los siguientes hongos pueden atacar a la jícama: *Colletotrichum pachyrrhizi*, *Colletotrichum pachyrrhizicola*, *Cercospora pachyrrhizi*, *Corticium solani*, *Phakopsora pachyrrhizi* y *Pythium aphanidermatum*. Este último ha sido mencionado como causante de pudriciones de la raíz en China (Yu *et al.* 1945).

Adicionalmente, Mohanty y Behera (1961) en India, aislaron el hongo *Cercospora canescens* a partir de hojas de *P.erosus*. En este país el hongo causa la enfermedad conocida como "mancha (fungosa) de la hoja", que es responsable de severos daños debido a la defoliación que produce. Los síntomas inicialmente se manifiestan por medio de manchas muy pequeñas circulares y de color café, las cuales crecen hasta medir 5-6 mm, conservando su forma o tornándose irregulares y con su centro grisáceo y los márgenes café-rojizos; estas manchas a menudo coalescen y son frecuentemente encontradas a lo largo de los bordes de las hojas (Mohanty y Behera 1961). La enfermedad puede ser controlada atomizando Difolatán al 0,05 % (Singh *et al.* 1981).

En Brasil se informa de infecciones serias en algunas introducciones de jícama causadas por *Fusarium sp.* (Noda *et al.* 1991).

Con relación a las enfermedades poscosecha, se puede indicar que la única enfermedad presente en las raíces en Hawaii es la pudrición causada por *Rhizoctonia* (Raabe *et al.* 1981). En las Filipinas, se ha informado de un crecimiento severo del hongo *Penicillium* en raíces almacenadas a 0, 5, 10 y 15 °C y a humedades relativas superiores al 90 % (Barile y Esguerra 1984)). De acuerdo con Paull y Chen (1988) a 12,5 °C se produce una considerable cantidad de moho superficial (*Aspergillus* y *Fusarium*) que causa daños superficiales. Las pudriciones de las raíces llegan a ser un problema después del almacenamiento por un mes a 22 °C. Con el objeto de reducir los daños, algunas veces se sumergen en hipoclorito las raíces, a una concentración de 55 a 70 ppm de cloro disponible (Paull s.f.).

Enfermedades causadas por bacterias

La "mancha bacterial de la hoja" o "tizón común" (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) ocasiona pequeñas manchas circulares color café rodeadas por un halo clorótico, similares a las que causa la bacteria en el frijol común (Arguelles 1979, Heredia 1985, Sorensen 1990).

Esta enfermedad ha sido ocasionalmente observada en Hawaii desde 1969, sin embargo, de acuerdo con Birch *et al.* (1981) hasta esa fecha, no existían en la literatura informes de la misma en jícama. Birch *et al.* (1981) concluyen que *P.erosus* podría actuar como un hospedero alternativo para el patógeno que ataca el frijol en las regiones tropicales.

En México la bacteria ha causado daños variables que han sido de leves a severos (National Academy of Sciences 1979). En Guanajuato es la enfermedad más frecuente (Heredia 1985), pero según Arguelles (1979) no es controlada por los agricultores porque "por experiencia saben que no ocasiona reducciones significativas del rendimiento".

Si la enfermedad se presenta en la última fase de desarrollo, no hay necesidad de controlarla, pero si aparece en una fase temprana del cultivo, se recomienda hacer aplicaciones de Agrimicyn-500 a razón de 1 kg/ha en 200 lt de agua, o disuelto en la cantidad de agua suficiente para cubrir bien la planta (Díaz 1978, Heredia 1985).

Enfermedades causadas por nemátodos

Existen pocas menciones de nemátodos en este cultivo. Noda *et al.* (1991) indican que los nemátodos *Meloidogyne* sp. y *Pratylenchus* sp. causaron severos daños en algunas introducciones de jícama en Brasil. Duke (1981) señala que el nemátodo *Heterodera marioni* ha sido aislado de las raíces, pero de acuerdo con Sorensen (1990), la importancia del mismo debe ser definida mediante ensayos de campo.

PLAGAS

Algunos autores han mencionado que el daño causado por los insectos en este cultivo es leve (National Academy of Sciences 1979, Singh *et al.* 1981, Sorensen 1990), lo que hace que en la mayoría de los casos no sea necesario aplicar medidas de combate (Heredia 1985).

Esta baja susceptibilidad se ha relacionado con la presencia en la planta de compuestos insecticidas (National Academy of Sciences 1979, Singh *et al.* 1981). De acuerdo con Grum (1990a), existe una gran cantidad de publicaciones que relacionan el contenido de rotenona con esta resistencia (Cruz 1950, Hansberry y Lee 1943, Hansberry *et al.* 1947, Holz y Hong 1964, Jakobs 1949, Krishnamurti y Seshadri 1966, Krishnamurti *et al.* 1970, Lee y Hansberry 1943, Lepage *et al.* 1946, Norton 1943, Norton y Hansberry 1945, Plank 1944, Roark 1933, Schramm 1956, Shangraw y Lynn 1955, Sillevoldt 1899, Yang y Tang 1988).

Aunque los niveles de rotenona en la planta harían pensar en una aparente inmunidad contra el ataque, se ha observado que la planta es susceptible a algunas plagas (Schroeder 1967), lo que podría ser relacionado con el contenido diferencial de rotenona que contienen los órganos de la planta. Heredia (1985) indica por ejemplo, que la "gallina ciega" (*Phyllophaga*), ocasionalmente produce daños en las raíces, las cuales no contienen rotenona, pero que las partes aéreas son raramente dañadas por los insectos, debido a la presencia de esta sustancia en ellas.

A continuación se presenta un resumen de los insectos dañinos que han sido informados en este cultivo.

Phyllophaga spp.

Las raíces son ocasionalmente atacadas por la "gallina ciega", en cuyo caso se deben hacer aplicaciones preventivas de acuerdo con los antecedentes que se tengan. Si en el cultivo anterior se presentó la plaga, se recomienda aplicar en banda al momento de la siembra, 40 kg/ha de Basudín 2%, o bien, 80 Kg/ha del mismo producto en aplicación total antes de la siembra (Heredia 1985).

Ferrisia virgata

Ferrisia virgata es un chinche harinoso que se ha relacionado con la transmisión del virus del "mosaico de la jícama" (Duke 1981, Schroeder 1967).

Duke (1981), Clausen (1945) y Sorensen (1990) han encontrado que este insecto constituye una severa plaga bajo condiciones de invernadero. No existen informes del mismo en ensayos de campo, pero ha sido observada destruyendo inflorescencias de *P.ferrugineus* en Belice (Sorensen 1990).

Frankliniela occidentalis

Según Sorensen (1990), el trips americano (*Frankliniela occidentalis*) es una plaga de importancia creciente bajo condiciones de invernadero, causante de una abscisión prematura de los botones florales. Al igual que *Ferrisia virgata*, sus daños pueden ser minimizados mediante el uso de combate biológico; el combate químico puede eliminarlas completamente, pero para esto es necesario aplicar altas dosis de productos que producen daños en los brotes (Sorensen 1990).

Diabrotica spp.

Pinto (1970) informa sobre perforaciones en las hojas causadas por *Diabrotica spp.* y pequeñas galerías en las raíces provocadas por larvas de este mismo insecto. Señala que su combate debe hacerse tratando de destruir al adulto con aspersiones de insecticidas, tales como, DDT 5% a razón de 20-40 kg/ha.

Escarabajo rosado

En la isla de Tonga, Grum *et al.* (1990c) observaron dos problemas causados por insectos, uno originado por un gusano de la hoja no identificado, el cual provocó daños leves e inferiores al 1 % del área de la hoja en todas las variedades sembradas, y otro causado por el escarabajo rosado (*Adoretus versutus* Harold) con daños más severos pero muy variables. De las 16 variedades evaluadas, ocho no mostraron defoliación pero el resto tuvo defoliaciones superiores al 10 % debidas a esta causa.

Afidos

Los áfidos han sido relacionados con la transmisión "del virus del mosaico común del frijol" (Grum 1990a) y del virus del "mosaico de la jícama" (Sorensen 1990). En un experimento realizado en Tonga se aplicó Perfection (dimethoate) cada dos semanas para reducir la incidencia de áfidos (Grum 1990a).

Otras plagas

Otras plagas insectiles mencionadas en la literatura son: la larva *Thecla jebus* que ataca los botones florales y los frutos jóvenes en Centroamérica; una especie de gorgojo de la semilla en México y Guatemala (Clausen 1945a). En el campo las raíces son algunas veces atacadas por insectos perforadores (National Academy of Sciences 1979) y se ha señalado a algunos gusanos de las hojas como problemáticos en Malasia, los cuales se recomienda combatir con atomizaciones de insecticidas tales como Diazinon (0,1 % i.a.) y Decis (0,025 % i.a.) (Sahadevan 1987).

ECONOMIA DE LA PRODUCCION

Rendimiento

La gran variabilidad genética que posee esta especie (Sorensen 1990) ha permitido la selección de líneas de alta producción, las cuales bajo condiciones experimentales, han producido más de 100 TM/ha (Grum y Sorensen 1993, Morera *et al.* 1993), llegando inclusive a las 155 TM/ha (Heredia 1985). También bajo condiciones experimentales, se ha informado de altas producciones en Tonga (Grum *et al.* 1990), Filipinas e Indonesia (National Academy of Sciences 1979). En el Cuadro 3 se resumen algunos de los informes relativos a la producción de jícama, tanto bajo condiciones experimentales como comerciales.

En sembradíos comerciales se han obtenido producciones menores pero igualmente notables. Díaz (1978) y Heredia (1985) por ejemplo, indican que en Guanajuato, México, en donde el cultivo se siembra siempre bajo riego, son comunes las producciones de 60 a 80 TM/ha, principalmente con las variedades "Agua Dulce" y "Cristalina". Asimismo en Morelos y El Bajío, también en México, la producción promedio ha alcanzado las 50 TM/ha (National Academy Sciences 1979). En un estudio realizado en las principales áreas de siembra de Tailandia se encontró producciones entre 25 y 62 TM/ha, dependiendo de las prácticas de cultivo usadas, el clima y las condiciones edáficas (Ratanadilok y Thanisawanrayangkul 1992).

En India las producciones son muy bajas, y aún bajo condiciones experimentales no superan las 23 TM/ha (Singh *et al.* 1981), lo que ha desincentivado el cultivo entre los agricultores de este país (Tiwari *et al.* 1977). En Hawaii y el Lejano Oriente las producciones son también bajas; en Hawaii se considera que 24 TM/ha es una producción óptima (Hoof y Sorensen 1989) y en el Lejano Oriente son comunes las producciones entre 7 y 17 TM/ha.

Existen muy pocos informes con relación a la producción de semillas. Heredia y Heredia (1990) en una evaluación de 20 introducciones encontraron que este parámetro varió desde 0 (cuatro introducciones) hasta 3,4 TM/ha en el caso de la variedad "San Miguelito".

Rentabilidad

Existen muy pocas referencias en la literatura con respecto a este tema. En el Cuadro 4 se anotan los costos en términos porcentuales y la utilidad por hectárea de una plantación de jícama de la variedad Rajendra Mishrikand-1 en Bihar, India (Singh *et al.* 1981). Es interesante observar que la semilla es el rubro más importante con un 38%, superando aún a la mano de obra que representa el 30% de los gastos. Resalta también el hecho de que las ganancias son del 400% de la inversión, aún cuando las producciones son muy inferiores a las obtenidas en otros países. De ahí el comentario de este autor en que indica que la jícama "es un cultivo que da las mayores ganancias con una mínima inversión" (Singh *et al.* 1981).

En el Cuadro 5 se presentan información con respecto a costos también en términos porcentuales e ingresos de una plantación de jícama en Malasia (Sahadevan 1987). En este caso el rubro de gastos más importante es la siembra (44%), en donde probablemente se incluyó el costo de las semillas. La producción esperada es muy baja (9 TM/ha), lo que se refleja en una ganancia significativamente menor que la obtenida en el caso anterior, ya que únicamente representa el 91% de los costos al usar mano de obra propia, o el 62% cuando se usa mano de obra contratada.

Cuadro 3. Producción bajo condiciones experimentales y en siembras comerciales de raíces de jícama (*Pachyrhizus erosus* (L) Urban) en diferentes localidades a nivel mundial.

Localidad	Genotipo	Condición	Producción (TM/ha)	Fuente
Guadalajara, México	una línea	Experimental	155	Heredia (1985)
Isla de Tonga	una línea	Experimental	100	Grum y Sorensen (1993)
Alajuela, Costa Rica	Varias introducciones	Experimental	52-126	Morera <i>et al.</i> (1993)
Filipinas e Indonesia	--	Experimental	80-90	Nat. Academy of Sciences (1979)
Isla de Tonga	Varias introducciones	Experimental	60-72	Grum <i>et al.</i> (1990)
Bihar, India	"Rajendra Mishrikand-1"	Experimental	14-23	Singh <i>et al.</i> (1981)
Bihar, India	Cultivares Mexicanos	Experimental	10	Singh <i>et al.</i> (1981)
Bihar, India	Varietades Locales	Experimental	< 9,5	Singh <i>et al.</i> (1981)
Costa Rica	Varias introducciones	Experimental	0,4-63	Morera (1992)
Guadalajara, México	"Agua Buena", "Cristalina"	Comercial (bajo riego)	60-80	Díaz (1978)
Morelos y Bajío, México	--	Comercial (promedio)	40-50	Nat. Academy of Sciences (1979)
Tailandia	--	Comercial (rango)	25-62	Ratanadilok y Thanisawan. (1992)
Hawaii	--	Comercial (óptima)	24	Hoof y Sorensen (1989)
Lejano Oriente	--	Comercial (rango)	7-17	Hoof y Sorensen (1989)

Cuadro 4. Costos en términos porcentuales e ingresos en rupias de una hectárea de jícama de la variedad "Rajendra Mishrikand-1" en Bihar, India.^{1/}

Rubro	Porcentaje
COSTOS	
20-25 Kg semilla	38 %
Preparación del suelo	3 %
Insumos y fertilizantes	22 %
Irrigación	2 %
Mano de obra siembra fertilización, desyerba, irrigación, desfloración cosecha, etc.	30 %
Renta e interés	5 %
TOTAL	100 % (3000 Rs)
INGRESOS	
Ingreso bruto (producción = 14 TM/ha)	15000 Rs
Ingreso neto	12000 Rs

1/ Singh *et al.* 1981.

Cuadro 5. Costos en términos porcentuales e ingresos de una hectárea de jícama en Malasia. 1/

Rubro	Costo del Material	Mano de Obra	Costo Total
(Porcentaje)			
COSTOS			
Preparación del terreno	12	--	8
Siembra	47	36	44
Abonamiento y mantenimiento	26	23	25
Cosecha	--	25	7
Manejo y transporte	15	16	15
TOTAL	100% (\$2370)	100% (\$960)	100% (\$3330)
INGRESOS			
Ingreso bruto (prod = 9 TM/ha)			\$5400
Ganancia con mano de obra propia			\$3030
Ganancia con mano de obra contratada			\$2070

1/ Sahadevan 1987.

Comercialización

La jícama es comercializada en un amplio rango de tamaños, desde 0,2 hasta más de 2,8 kg. A veces se encuentran raíces tan blandas y fibrosas que son prácticamente inútiles para cualquier fin (Schneider 1986).

Existen pocos datos estadísticos confiables con respecto a la producción y mercadeo internacional de este cultivo (Hoof y Sorensen 1989), pero se sabe que en los Estados Unidos, que es el principal importador, su consumo está en incremento y ya se le encuentra disponible en los supermercados de costa a costa, sobre todo durante los meses de setiembre a junio (Anónimo 1986, Hoof y Sorensen 1989, National Research Council 1989).

En 1967 ya se exportaba a este país un estimado de 400 TM de raíces, procedentes principalmente de México y en pequeñas cantidades de Hawaii (Schroeder 1967), lo que permitía abastecer principalmente a los importantes mercados chinos e hispanos de este país (Porterfield 1951). Actualmente el principal proveedor sigue siendo México (Schneider 1986).

En Malasia aunque no se conoce su área de siembra ni su capacidad de producción, se le considera como un cultivo con potencial para ser exportado a Singapur y posiblemente a Japón (Sahadevan 1987).

Pachyrhizus tuberosus (Lam.) Sprengel

IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

P. tuberosus es cultivada y consumida en forma local, principalmente en los trópicos de Suramérica y en las Indias Occidentales. No existen datos con respecto a su importancia económica (Duke 1981) y su condición actual indica que nunca ha sido sujeta a una selección genética intensiva (Sorensen 1990).

Es poco conocida en Asia, Africa, Oceanía y en muchas partes de Centroamérica (National Academy of Sciences 1979). Se le ha introducido en Africa y Asia, pero no ha alcanzado la importancia que tiene *P. erosus* (León 1987), sin embargo, en algunos países como Malawi, se le considera un cultivo de raíz con gran potencial agrícola (Seyani 1992).

Al igual que *P. erosus*, sus semillas contienen rotenona y otras sustancias insecticidas, es de ciclo anual, de fácil cultivo, de óptimo desarrollo y posee una alta producción de raíces. Ha sido recomendada para la alimentación humana y animal desde mediados del siglo XVII. Su mayor ventaja es que muestra tolerancia a las altas precipitaciones (Sorensen 1990).

HISTORIA

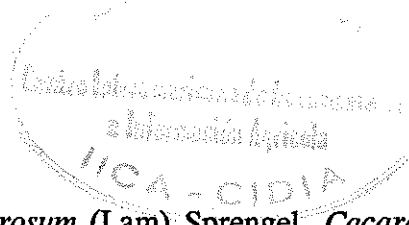
Varios informes dan cuenta de que *P. tuberosus* ha sido cultivada por grupos indígenas suramericanos desde hace mucho tiempo, algunos de los cuales aún conservan esta práctica.

De acuerdo con León (1987), en Perú se le conocía desde épocas preagrícolas, lo que supone que la especie fue domesticada en América del Sur, donde crece silvestre en la cuenca superior del Amazonas. La planta fue cultivada por los indios Guaraníes en Bolivia (Montenegro citado por Sorensen 1990) y por los Aucas en Ecuador (Sorensen 1990). A inicios de este siglo, Bertoni (1913) encontró plantas de la especie cultivadas a lo largo del río Paraná en Paraguay.

Se sabe que ha sido cultivada por indígenas de la región del Amazonas, ya que es ocasionalmente encontrada alrededor de villas remotas de Perú, localizadas en bosques lluviosos altos ("selva alta"), principalmente del departamento de San Martín, o creciendo en agricultura migratoria en el Amazonas (Noda *et al.* 1991, Sorensen 1990).

En Brasil fue cultivada desde los tiempos coloniales, principalmente en los estados de Río, Minas Gerais, Sao Paulo y Espírito Santo, donde era bastante común durante la esclavitud, ya que servía de alimento a los esclavos al igual que los ñames (Peckolt 1922).

En 1889, el "Royal Botanic Gardens" en Kew, Inglaterra, distribuyó ampliamente esta especie a través de las colonias británicas tropicales, distribución que fue aparentemente poco efectiva si se considera que esta especie es actualmente poco conocida en muchos lugares (National Academy of Sciences 1979, Purseglove 1968).



SINONIMIA

Dolichos tuberosus Lamark, *Stizolobium tuberosum* (Lam) Sprengel, *Cacara tuberosa* (Lam.) Britton et Wilson, *Dolichos foliis integerrimis* Plumier, *Pachyrrhizus tuberosus* (Lam) Spreng (Clausen 1945a, Duke 1981, Montaldo 1983, Sorensen 1988).

NOMBRES COMUNES

P. tuberosus es conocida con los siguientes nombres vulgares: en Brasil como "jacutupé", "batata de casca fina", "feijao-macuco" o "feijao jacutupé", en Paraguay como "macucú" o "jacutupé" y en Venezuela como "nupe" (Bertoni 1910a, National Research Council 1989, Noda 1979, Peckolt 1922, Vidal y Pimentel 1985). Al igual que *P. erosus* se le conoce como "jícama" o "yam bean" en inglés, o como "ahipa" "ajipo", "gose-o", "wiso" y "yaspó" (Clausen 1945a, Duke 1981). En Ecuador se le llama "dabau", "iwás", "jiquima" o "capamú" (J. Morera, Comunicación personal).

ORIGEN Y DISTRIBUCION

Es nativa del trópico suramericano, aparentemente del Alto Amazonas y del área de influencia de sus tributarios en Brazil, Perú, Ecuador y Bolivia (Clausen 1945a, National Research Council 1989, Noda *et al.* 1991). Otros autores ubican su origen en el área comprendida entre el occidente suramericano y las Indias Occidentales (Duke 1981, Kay 1973).

Su habitat natural corresponde a los bosques lluviosos siempreverdes tropicales y subtropicales. Está restringida a áreas con una precipitación anual de 640-4100 mm/año, temperaturas anuales de 21,3 a 27,4 °C y pH de 4,3 a 6,8. Se le encuentra a alturas entre 0 y 1550 msnm, formando ocasionalmente densas marañas (Duke 1981, Sorensen 1988, Sorensen 1990).

Existen dificultades para determinar la extensión de la distribución de *P. tuberosus* y de *P. erosus*, ya que ambas especies han sido cultivadas por un período muy largo e introducidas a un gran número de áreas. Se puede deducir sin embargo, que en las áreas aisladas donde las especies muestran poca o ninguna variación morfológica, su presencia se debe probablemente al efecto de una única introducción (Sorensen 1990).

Ha sido observada desde Ecuador a Argentina y a través de las tierras bajas del amazonas (León 1987). Se le ha colectado en Colombia, Venezuela, Guyana Británica, Brazil, Bolivia, Perú y Ecuador (Sorensen 1988, Sorensen 1990) y su cultivo ha sido informado en la provincias del este del Paraguay (Bertoni 1910a). Ha sido introducida en algunas islas caribeñas tales como Puerto Rico, Jamaica, República Dominicana, Haití y Trinidad (Sorensen 1988, Sorensen 1990).

Es sembrada en una limitada extensión en Venezuela, Jamaica, Puerto Rico, Trinidad y China (Duke 1981, Kay 1973, Purseglove 1968). Es cultivada también por tribus indígenas de la región amazónica en agricultura migratoria, en donde es ocasionalmente colectada en forma silvestre (Menezes y Oliveira 1955, Brucher 1977, Duke 1981, National Research Council 1989).

DESCRIPCION BOTANICA

La planta es una enredadera herbácea, notablemente la más grande del género, que alcanza longitudes superiores a los 10 m (Sorensen 1990). Posee follaje más abundante y oscuro que *P.erosus* y tallos muy ramificados (León 1987).

Las hojas son compuestas, grandes, enteras y en ocasiones levemente dentadas (Clausen 1945a, Sorensen 1990). Son trifoliadas y tienen el peciolo estriado hirsuto, de 10 a 30 cm de largo, con estípulas agudas de hasta 10 mm de longitud y pulvínulos gruesos y pubescentes. El foliolo central es romboide y agudo, mide de ocho a 28 cm de longitud; los foliolos laterales son marcadamente asimétricos (Duke 1981, León 1987).

Las inflorescencias (por lo general una por axila) tienen el pedúnculo grueso y cilíndrico, de 10 a 25 cm de longitud y no difieren en forma y color de los de *P.erosus* (León 1987). Poseen de 7-33 flores por eje lateral (Sorensen 1990). Los pétalos son usualmente pubescentes, aunque se han observado especímenes glabros (Sorensen 1990). Los pétalos son de color blanco a amarillo (Duke 1981). En Brasil se observó esterilidad masculina en una frecuencia del 47 al 100 % (Menezes y Oliveira 1955).

Las vainas son las más largas del género, de 13-19 cm de largo y de 14-23 mm de ancho (León 1987, Sorensen 1990). Poseen pelos rojizos irritantes (Duke 1981). Las semillas son reniformes casi redondas pero más grandes que en *P.erosus*. Miden de 10 a 15 mm de largo y poseen una testa color anaranjado-rojizo, negro, o moteado negro con blanco (León 1987, Sorensen 1990).

Posee raíces tuberosas grandes con forma de trompo o irregulares, hasta de 30 cm de largo y 25 de ancho, suculentas y blancas, a veces con fibras (León 1987).

Debido al origen muy heterogéneo e incierto tanto de los especímenes silvestres como cultivados, la época de floración se presenta muy difusa. Especímenes en botón han sido observados en todos los meses, excepto en febrero y julio, pero la mayoría de los materiales florecieron entre octubre y junio. Las vainas maduraron entre marzo y diciembre (Sorensen 1988). De acuerdo con Duke (1981), la especie florece de noviembre a mayo y fructifica de abril a setiembre.

FISIOLOGIA

Alvarenga y Valio (1989) evaluaron el efecto de diferentes regímenes termales y fotoperiódicos sobre la iniciación de la floración y sobre la formación de las raíces. Observaron que esta especie floreció únicamente bajo longitudes intermedias del día (dentro de 9-16 horas).

Puede ser considerada como una planta de día corto con respecto a la tuberización, ya que, este fenómeno ocurrió solamente con fotoperíodos menores a 16 horas. Las temperaturas día/noche de 30/25 °C, retardaron y redujeron la floración e inhibieron totalmente la formación de las raíces, procesos que fueron más bien favorecidos por regímenes de 25/20 °C y de 20/15 °C (Alvarenga y Valio 1989).

Por otra parte, Vidal y Pimentel (1985) hicieron una caracterización bioquímica, topográfica y estructural de los cuerpos proteicos de esta especie.

COMPOSICION NUTRICIONAL

En Brasil se informa de la siguiente composición, a partir de 100 g de raíces frescas: 90,4 g de agua; 1,0 g de compuestos nitrogenados; 0,09 g de grasas; 7,6 g de compuestos no nitrogenados; 0,61 g de fibra y 0,28 g de minerales. El mismo análisis sobre una base seca dio: 10,43 g de compuestos nitrogenados; 0,92 g de grasas; 79,4 g de compuestos no nitrogenados; 6,4 g de fibra y 2,9 g de minerales (Menezes y Oliveira 1955).

El análisis de una rama (tallos y hojas) obtenida antes de la floración dio los siguientes resultados: 87 g de agua; 3,5 g de compuestos nitrogenados; 0,46 g de grasas; 4,5 g de compuestos no nitrogenados; 3,2 g de fibra y 1,3 g de minerales. El mismo análisis sobre una base seca dio: 2,2 g de compuestos nitrogenados; 3,6 g de grasas; 34,3 g de compuestos no nitrogenados; 24,6 g de fibra y 10,3 g de minerales (Menezes y Oliveira 1955). Peckolt (1922) presenta también datos sobre la composición química de las semillas, de la cáscara verde de las vainas, de las raíces frescas descascaradas y de sus cenizas, de las cáscaras de las raíces y finalmente del extracto acuoso obtenido de la evaporación de las aguas donde se extrajo el almidón.

En esta especie se ha informado además de la presencia de adenina, colina, rotenona y saponina (Duke 1981).

UTILIZACION

Alimentación humana

De acuerdo con Alvarenga (1987), las raíces tienen un contenido de proteína (6,5-9 %) y de almidón (20 %) que los convierte en una fuente promisorio de alimento. Son consumidos de la misma forma que *P.erosus* (Purseglove 1968).

Las vainas son raramente usadas como vegetales, debido a que poseen pelos irritantes (Duke 1981, Purseglove 1968). Algunos cultivares tienen vainas que cuando están jóvenes pueden ser hervidas y consumidas como un vegetal (Sorensen 1990). Porterfield (1939) informa por ejemplo, que en Sri Lanka acostumbran comer las vainas de *P.tuberosus* pero no las de *P.erosus* debido a que las primeras tienen menos pelos y han mostrado ser de mejor calidad que los "frijoles franceses".

Aunque las semillas son ricas en proteínas y lípidos, la presencia de altos niveles de isoflavonoides (rotenoides y pachyrrizida) las hace inadecuadas para el consumo humano (Alvarenga 1987).

Alimentación animal

Las raíces sirven para alimentación animal, siendo muy gustadas por los puercos. El follaje puede ser consumido verde o ensilado, pero el corte debe ser hecho al inicio de la floración (Menezes y Oliveira 1955). En Brasil el follaje ha sido usado para la alimentación animal desde los tiempos de la colonia (Peckolt 1922).

Fuente de almidón

Las raíces grandes producen un almidón puro y blanco usado en flanes y pudines (Duke 1981). También se ha informado que ha sido usado para la producción de harina en Jamaica (Anónimo 1889 citado por Sorensen 1990).

Su almidón puro posee las mismas reacciones que el almidón de yuca, pero su conformación vista al microscopio es bastante diferente (Peckolt 1922).

Fuente de aceite

Su aceite es un tanto espeso y tiene un sabor particular pero no desagradable, que podría sustituir al aceite de la almendra para fines industriales (Peckolt 1922).

Insecticida

Al igual que *P.erosus* las plantas de esta especie contienen rotenona y pachyrhizida (Valio 1992). La rotenona muestra niveles extraíbles en las vainas maduras y en las semillas, y puede ser usada para matar insectos y peces (Duke 1981).

Bertoni (1913) indica que los indios en río Paraná en Paraguay usaban un extracto de hojas como insecticida. Hansberry *et al.* (1947) demostraron el efecto tóxico de extractos de esta especie sobre las larvas del escarabajo mexicano del frijol. Lepage *et al.* (1946) evaluaron el efecto tóxico de los constituyentes de las semillas de esta especie, encontrando que era efectivo contra el *Aphis brevicoryne brassicae* (L) en las dos formas en que fue evaluado: como extracto éter y como aceite comprimido.

Propiedades medicinales

Las vainas frescas machacadas o remojadas mezcladas con manteca de cerdo pueden ser usado para curar la sarna (Perry y Metzger 1980).

En Brasil se ha considerado que debido al efecto refrigerante de las raíces, estos son útiles para combatir la fiebre, y su almidón es muy usado en limonadas para combatir diferentes afecciones de la vejiga, varias dolencias de las vías urinarias y hemorroides en una dosis de 3-4 cucharaditas por día en mezcla con agua, azúcar y limón. El jugo de las raíces es considerado como buen diurético y de bastante utilidad para el tratamiento de las nefritis. El extracto hidro-alcohólico de las raíces frescas es también empleado como diurético a una dosis de 0,05 a 0,25 g (Peckolt 1922).

ECOLOGIA DEL CULTIVO

Se desarrolla mejor en suelos arenosos livianos, ricos y con buen drenaje; a menudo crece en los claros de los bosques en la regiones tropicales. Su presencia se informa desde los subtrópicos secos a húmedos hasta las zonas de vida de bosque muy seco a muy húmedo, donde la precipitación anual alcanza de 640 a 4100 mm, las temperaturas anuales de 21,3 a 27,4 °C y el pH de 4,3 a 6,8 (Duke 1981).

PRACTICAS DE CULTIVO

Existen pocos informes sobre las prácticas de cultivo utilizadas en esta especie, pero se ha señalado que salvo un adecuado abonamiento antes de la siembra, su cultivo requiere de poca atención (Duke 1981).

La especie es fácilmente propagada por semillas, las cuales son sembradas a una densidad de 45 a 50 kg/ha. Las semillas son espaciadas 30 a 40 cm entre plantas y de 60 a 75 cm entre hileras (Duke 1981).

Se esperaba que *P.tuberosus* requiriera un espaciamiento mucho mayor que *P.ahipa*, ya que sus plantas son más grandes, tienen crecimiento indeterminado y son afectadas por la longitud del día, tanto en su floración como en su fructificación (Duke 1981, Grum 1990a).

Para el buen desarrollo de las raíces, las plantas deben ser podadas varias veces y removidos los botones florales en el momento que aparecen. Esto produce raíces más grandes y dulces (Duke 1981, Sorensen 1990).

Cosecha

Las raíces maduran entre los 6 y los 8 meses después de la siembra. En áreas secas pueden ser dejadas en el suelo y extraerse cuando sea necesario (Duke 1981).

Son comercializadas como papas o usadas localmente. Su tamaño de mercado es de 1 kg y normalmente miden 30 cm de diámetro (Duke 1981).

ECONOMIA DE LA PRODUCCION

Rendimiento

Con esta especie son comunes las producciones de raíces entre 7 y 10 TM/ha (Duke 1981), pero Menezes y Oliveira (1955) indican que en buen suelo, se pueden obtener durante el primer año 30 t/ha. En la Isla de Tonga, la única introducción de esta especie que evaluaron Grum *et al.* (1990c), produjo 8,7 TM/ha, en comparación con más de 60 TM/ha obtenida por cinco de las 16 introducciones evaluadas de *P.erosus*.

Bajo condiciones experimentales se ha obtenido una producción de semilla de 600 kg/ha (Duke 1981) y según Menezes y Oliveira (1955), la producción de follaje en buen suelo es de 25-30 t/ha.

ENFERMEDADES Y PLAGAS

Esta especie puede ser atacada por los siguientes hongos: *Colletotrichum pachyrrhizi*, *Phakopsora pachyrrhizi* y *Pythium aphanidermatum*, y por el nemátodo *Meloidogyne arenaria* (Duke 1981).

Sorensen (1990) señala que plántulas de *P. tuberosus* provenientes de Brasil, resultaron ser extremadamente susceptibles al ataque del "mosaico de la jícama". Esas observaciones fueron hechas durante experimentos de invernadero realizados en Copenhagen, Dinamarca durante cinco años. Se observó que cuando las plántulas eran infectadas en los primeros 15 días después de la germinación, el desarrollo de la raíz cesaba completamente.

Pachyrhizus ahipa (Weddell) Parodi

IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

P. ahipa posee una serie de ventajas comparativas que la distinguen de otras especies del género: tamaño pequeño, hábito de crecimiento erecto o semi erecto, ciclo de vida corto, raíz similar a la *P. erosus* y neutralidad a la duración del día (Grum *et al.* 1990, National Research Council 1989, Sorensen 1990). Estas características la facultan para convertirse en un importante cultivo de raíz a gran escala (National Research Council 1989).

Junto con *P. erosus* posee el período más largo registrado bajo cultivo (National Research Council 1989), lo que la ha llevado a poseer algunos de los tipos genéticos más seleccionados desde el punto de vista agronómico (Sorensen 1990).

A pesar de su gran potencial para ser sembrada en áreas tropicales y templadas, hasta el momento permanece subexplotada, debido a que no ha recibido la suficiente atención desde el punto de vista agronómico (National Research Council 1989). Por esta razón, su cultivo está restringido casi exclusivamente a la zona Andina, en donde es sembrada en pequeñas extensiones en los valles andinos, ya sea en monocultivo o en asocio con maíz (National Research Council 1989, Sorensen 1990). En las partes altas de la región Andina, es utilizada como sustituto de la papa cuando esta escasea debido a sequías o heladas (Hernández y León 1992).

Conforme más se conozca de esta especie y de su potencial, su cultivo probablemente irá siendo más intensivo en la región Andina y en otras partes, sin embargo, antes de que su verdadero potencial llegue a ser efectivo, es indispensable conocer mejor sus requerimientos agroecológicos (National Research Council 1989).

HISTORIA

La existencia de evidencia arqueológica procedente de áreas geográficas fuera de su presente distribución, indican que *P. ahipa* fue ampliamente cultivada en los Andes hace por lo menos 2000 años (National Research Council 1989).

Existe evidencia sustancial de que una especie de jícama fue conocida y cultivada por los Incas desde tiempos precolombinos (Sorensen 1990). De acuerdo con León (1964), esta especie fue sembrada por los indios costeños del Perú desde las primeras culturas, pero en la actualidad su cultivo ha llegado a desaparecer completamente de esa región, lo que inicialmente dificultó la identificación de la especie.

Yacovleff (1933) ha publicado numerosas ilustraciones que demuestran que era un cultivo de importancia, fielmente representado en telas, pinturas y piezas de alfarería. Se le ha encontrado también representado en bordados Nasca (Brucher 1977, O'Neale y Whitaker 1947).

Sus raíces han sido frecuentemente halladas en tumbas de Perú, sobre todo en la Necrópolis de Paracas (Yacovleff y Muelle 1932, Mangelsdorf 1942, Towle 1952, Ugent *et al.* 1986).

Estos hallazgos han permitido hacer una identificación más exacta de la especie, la cual fue identificada inicialmente como *P.tuberosus* por Yacovleff (1933), pero corresponde realmente a *P.ahipa* de acuerdo con los estudios realizados por Ugent *et al.* (1986) y Sorensen (1990), confirmándose así la identificación hecha inicialmente por Mangelsdorf en 1942.

En Suramérica, *P.ahipa* fue aparentemente un cultivo de importancia para los Incas y otros grupos indígenas de la costa del Perú (León 1964, Sorensen 1990, Ugent *et al.* 1986). Se le ha encontrado representado en antiguos bordados Nasca (Brucher 1977, O'Neale y Whitaker 1947), en telas y en piezas de alfarería (Yacovleff 1933). Sus raíces son frecuentemente encontradas en tumbas peruanas (O'Neal y Whitaker 1947; Towle 1952, Yacovleff y Muelle 1932, Mangelsdorf 1942, y Towle 1952).

SINONIMIA

La especie ha sido conocida con los siguientes nombres científicos: *Dolichos ahipa* Weddell, *Pachyrhizus ahipa* var. *violacea* Parodi, *Pachyrhizus ahipa* var. *albiflora* Parodi, *Pachyrhizus ahipa* (National Research Council 1989, Sorensen 1988).

NOMBRES COMUNES

Se le conoce como "jícama" o "jiquima" desde México a Perú. En Suramérica, principalmente en Perú y Bolivia, se le conoce como "ajipa", "ahipa", "asipa" o "frijol muncho" y en Argentina como "poroto-batata" o "judía-batata" (León 1964, Montaldo 1983, National Research Council 1989).

En Quechua se le conoce como "ajipa" o "asipa", en Aymará "villu" o "huisoto", en portugués "ahipa" y en alemán "andine knollenbone" (National Research Council 1989).

ORIGEN Y DISTRIBUCION

P.ahipa es aparentemente nativa de las tierras altas de Bolivia y noroeste Argentino (Parodi 1935, Hawkes 1989), sin embargo, nunca ha sido observada en estado silvestre (National Research Council 1989, Sorensen 1990).

Actualmente su cultivo se restringe a un limitado número de valles andinos en Perú y Bolivia (Montaldo 1983, National Research Council 1989), en donde es sembrada en valles fértiles tropicales o subtropicales ubicados entre los 0 y los 3000 msnm (National Research Council 1989, Sorensen 1988, Sorensen 1990).

Cárdenas (1969) indica que en Bolivia la especie es sembrada solo en La Paz a alrededor de los 1800 msnm, pero no en Cochabamba. En este país siempre es comida cruda. León (1987) señala su cultivo en el Noroeste de la Argentina, específicamente en las provincias de Jujuy y Salta (Burkart 1952, National Research Council 1989, Parodi 1935).

DESCRIPCION BOTANICA

Las características distintivas de esta especie son su hábito de crecimiento erecto, sus foliolos enteros subacorazonados o truncados, las inflorescencias axilares cortas y las semillas negras, reniformes y con punta roma (Clausen 1945a).

Varios autores presentan descripciones botánicas de la especie (Clausen 1945a, León 1964, National Research Council 1989, Sorensen 1988, Sorensen 1990), las cuales se resumen a continuación.

P. ahipa es una planta herbácea no trepadora, erecta o semierecta de no más de 30 a 60 cm de alto. Sus hojas trifoliadas y pubescentes tienen foliolos asimétricos y enteros, los cuales son más anchos que largos. Las inflorescencias axilares son cortas y poseen de 2 a 6 flores por cada eje lateral. La flor tiene un cáliz con 5 sépalos de color morado pálido; la corola mide 1,5 a 2 cm de largo y el estandarte y las alas son moradas o blancas, usualmente glabros pero a veces levemente pubescentes.

El fruto es una vaina de 8-17 cm de largo y de 11-16 mm de ancho. Las semillas son redondeadas reniformes, negras o moteadas negro con blanco.

Las raíces son tuberosas y presentan disminuciones graduales a ambos lados. Pueden ser de 15 cm o más de longitud y usualmente pesan de 0,5 a 1 kg. Normalmente son alargadas o irregulares en forma, pero pueden ser también casi esféricas. La cáscara es de color canela a amarillo pálida y la pulpa blancuzca y entretrejida con una fibra suave.

En esta especie se ha observado una considerable variación en el tamaño y calidad de las raíces, hábito de crecimiento, morfología de la hoja y preferencias ecológicas (National Research Council 1989).

COMPOSICION NUTRICIONAL

Su contenido nutricional es desconocido, pero probablemente es similar al de *P. erosus* (National Research Council 1989).

UTILIZACION

Alimentación humana

Solo es seguro comer las raíces tuberosas, pues las hojas, tallos, vainas maduras y semillas, contienen sustancias que pueden ser tóxicas a los seres humanos, y de naturaleza probablemente similar a las de *P.erosus*. A pesar de esto, se cree que las vainas de algunos genotipos casi no contienen sustancias tóxicas, al menos cuando están verdes, por lo que una vez identificadas estas plantas, podrían ser usadas como vegetales (National Research Council 1989).

Las raíces son suculentas, gustosas y crujientes, por lo que son consumidas principalmente en forma cruda. Debido a su naturaleza refrescante, son especialmente populares durante las épocas calientes. Se les consume en muy diversas preparaciones: a menudo son partidas en rebanadas delgadas y comidas en ensaladas verdes o de frutas. Aún las tajadas del grosor de un papel mantienen su característica fresca. Pueden consumirse también levemente hervidas o cocinadas, proceso tras el cual retienen su textura crujiente. Además, tienen la capacidad de absorber salsas rápidamente sin suavizarse (National Research Council 1989).

Fijación de nitrógeno

Al igual que las otras especies tiene la capacidad de fijar nitrógeno del ambiente. Al respecto, se debería estudiar con detalle los requerimientos para la nodulación e identificar los organismos simbióticos específicos que están relacionados con la fijación de nitrógeno en esta y en las otras especies (National Research Council 1989).

Kjaer (1992) evaluó en un sistema de cultivo sin nitrógeno, el patrón de crecimiento y la habilidad para fijar nitrógeno de *P.ahipa* inoculada con un aislamiento de *Rhizobium*. Encontró una alta efectividad en la simbiosis, que se reflejó en una profusa nodulación y en el suministro a la planta de adecuadas cantidades de nitrógeno. Durante todo el ciclo de cultivo se observaron nódulos. El 65 % de la fijación de nitrógeno ocurrió después de que el nitrógeno empezó a acumularse en los tejidos reproductivos (vainas y semillas).

Insecticida

Aunque ya hace bastante tiempo Hansberry *et al.* (1947) demostraron el efecto tóxico de esta especie sobre las larvas del escarabajo mexicano del frijol, no existen informes sobre el uso de esta especie como insecticida (Sorensen 1990).

ECOLOGIA DEL CULTIVO

Es una especie normalmente de clima fresco, pero puede crecer desde los 0 hasta los 3000 msnm y bajo precipitaciones entre los 500 y los 1500 mm anuales (Montaldo 1983, National Research Council 1989, Sorensen 1990). Aunque se desarrolla bien en localidades desde subtropicales a tropicales y bajo condiciones desde secas a húmedas, para buenas cosechas se requiere de precipitaciones y temperaturas moderadas. No tolera las heladas (National Research Council 1989).

A diferencia de las otras especies, su floración y formación de raíces no están afectadas por la duración del día (Grum 1990a, National Research Council 1989).

El suelo debe ser liviano y bien drenado para que no restrinja el crecimiento de la raíz o favorezca los hongos que la atacan (National Research Council 1989). En un experimento realizado por Sorensen (1990) se determinó que el drenaje insuficiente reducía o inhibía completamente la germinación de las semillas de *P.ahipa* y de *P.ferrugineus*, esto como consecuencia del ataque de hongos o porque llegaban a tomar una apariencia acuosa y poco firme.

PRACTICAS DE CULTIVO

Las investigaciones sobre agronomía de este cultivo son prácticamente inexistentes. Consecuentemente, la especie es cultivada utilizando prácticas tradicionales, que deberían ser revisadas para definir programas de investigación tendientes a incrementar la producción mediante un mayor aprovechamiento de los conocimientos agronómicos modernos (National Research Council 1989).

Las plantas son fácilmente propagadas por semillas y con excepción de un adecuado abonamiento del suelo antes de la siembra, requieren de poca atención. Pueden también propagarse usando pequeñas raíces, lo cual reduce significativamente su ciclo de cultivo.

Para duplicar la producción de *P.ahipa*, se pueden eliminar manualmente sus flores (National Research Council 1989). En Tonga, Grum (1990b) encontró que esta especie era la que mejor respondía a la desfloración, incrementando cuatro veces su producción de raíces, contra un 25 % de incremento para todas las otras especies juntas. En esta especie sin embargo, las flores son más difíciles de remover debido a que el tallo de la inflorescencia es muy corto y está ubicado en medio de la planta (Grum 1990b).

Debido a su tamaño pequeño en comparación con las otras especies, se recomienda que sea sembrada a densidades mucho más altas con el objeto de obtener producciones óptimas (Grum *et al.* 1989).

Esta especie posee un ciclo de cultivo comparativamente corto: la floración comienza aproximadamente 2,5 meses después de la siembra y la cosecha se da de 2 a 3,5 meses después de la siembra (National Research Council 1989). En los valles Andinos y en Jujuy, Argentina usualmente es sembrada en diciembre, florece en febrero y marzo y sus vainas maduran en abril (Parodi 1935, Sorensen 1990). Tiene la capacidad de desarrollar raíces más rápidamente que *P.erosus* (Grum *et al.* 1990c) y que *P.tuberosus* (Alvarenga y Válio 1989).

Manejo poscosecha

Las raíces son manipuladas, almacenadas y comercializadas igual que las papás, pero también pueden ser almacenadas en el suelo cortando las partes aéreas de las plantas (National Research Council 1989). De acuerdo con León (1964) las raíces son asoleadas por varios días antes de consumirlas.

El alto contenido de humedad de estos órganos, hace que se resequen y pierdan humedad más rápidamente que otros cultivos similares. Por esta razón es necesario utilizar métodos mejorados de almacenaje y transporte y quizás la selección de cultivares con una epidermis más gruesa (National Research Council 1989).

ENFERMEDADES Y PLAGAS

Grum (1989) encontró que una de las introducciones de *P.ahipa* que estaba evaluando en Tonga, fue muy afectada por una enfermedad fungosa causada por *Cercospora canescens* Ellis et Martins, la cual de acuerdo con el autor, pudo haberse evitado atomizando algún fungicida.

ECONOMIA DE LA PRODUCCION

Rendimiento

Los únicos resultados sobre producción corresponden a un experimento en la Isla de Tonga, en donde se encontró que una introducción de esta especie produjo 5,4 TM/ha en comparación con más de 60 TM/ha obtenida por cinco de las 16 introducciones evaluadas de *P.erosus* (Grum *et al.* 1990c).

En Benin, Africa se evaluaron 47 variedades e híbridos interespecíficos de *P.ahipa*, pero debido al grave daño causado debido a heladas que se presentaron durante el mes de noviembre, no se pudo obtener resultados de producción de biomasa para ninguno de los genotipos evaluados (Segundo Reporte Anual de Progreso del Yam Bean Project, 1992).

Pachyrhizus ferrugineus (Piper) Sorensen, comb.nov.

IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

P.ferrugineus es una especie que se encuentra únicamente en estado silvestre. Tiene la particularidad de que posee un contenido bajo de fósforo en las hojas y una clara preferencia por los tipos de suelo con un agotamiento casi total del fósforo disponible. Esta es una característica que podría ser aprovechada en el desarrollo de cultivares para áreas que presenten suelos con condiciones similares a esta (Sorensen 1990).

Por otra parte, Sorensen (1990) ha observado que el "virus del mosaico de la jícama", que es la patógeno causante de la enfermedad más importante en jícama, es capaz de infectar a todas las especies de *Pachyrhizus* con excepción de *P.ferrugineus*, lo que sugiere la presencia de resistencia a la enfermedad que podría ser empleada en el mejoramiento genético.

Al igual que para *P.ahipa*, el drenaje insuficiente reduce o inhibe completamente la germinación de sus semillas (Sorensen 1990).

SINONIMIA

Calopogonium ferrugineum, *Pachyrhizus vernalis* var. *vernalis*, *Pachyrhizus vernalis* Clausen var. *angustilobatus*, *Pachyrhizus angulatus* var. *integrifoliolus*, *Pachyrhizus vernalis* Clausen var. *integrifoliolus*, *Pachyrhizus vernalis* Clausen var. *linearifoliolus* (Sorensen 1988).

ORIGEN Y DISTRIBUCION

Su habitat natural se ubica en los bosques lluviosos tropicales, tanto deciduos como siempreverdes, bosques de pinos y matorrales húmedos. El tipo de suelo en que se encuentra va desde arcillas profundas hasta suelos franco areno-arcillo-limosos. Ha sido observada desde los 0 a los 1600 msnm y bajo precipitaciones superiores a los 1500 mm anuales (Sorensen 1988, Sorensen 1990).

Se le encuentra en los estados mexicanos de Veracruz, Chiapas y Quintana Ro. También en Belice, parte este y central de Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y en el Departamento del Chocó, en Colombia. No se le conoce en El Salvador. Introducido a las islas de Cuba, Martinica y Trinidad, donde pudo haber escapado de los jardines botánicos (Sorensen 1988, Sorensen 1990).

Piper (1921) hace una descripción de una planta procedente de Tucurrique, Costa Rica, la cual aparentemente corresponde a *P.ferrugineus*, pero que el autor denomina como *Calopogonium ferrugineum*.

DESCRIPCION BOTANICA

Enredadera semi-leñosa o leñosa, decidua o semi-siempreverde (siempreverde bajo condiciones de invernadero). Los tallos son espiralmente estriados; las partes leñosas con prominentes lenticelas, verdes a cafés. Al igual que *P.erosus* exhibe gran variabilidad en el contorno de sus hojas, las cuales pueden ser palmeadas o lanceoladas. Los ejes de la inflorescencia lateral tienen el más alto número de flores del género (de 10 a 37). La longitud de la inflorescencia (9-46 cm) es similar a la de *P.erosus*, sin embargo, los pétalos presentan pelos de color café. Las vainas tienen 8-13 cm de largo y de 12-23 mm de ancho y se distinguen muy bien de las otras especies. El color de las semillas varía de rojo a café; son aplanadas y de cuadradas a redondeadas, más grandes que en otras especies. La raíz tuberosa es leñosa y elongada, de 60 cm de longitud, con la epidermis café oscuro y la corteza café blancuzca (Sorensen 1988). Existen genotipos que presentan una o varias raíces (Sorensen 1990). La mayoría de los especímenes florecen de julio a octubre y las vainas maduran entre febrero y junio (Sorensen 1990).

UTILIZACION

En Guatemala las semillas maduras son usadas como un vermífugo (Sorensen 1990).

PLAGAS

Sorensen (1990) ha observado al chinche harinoso *Ferrisia virgata* destruyendo inflorescencias de *P.ferrugineus* en Belice.

Pachyrhizus panamensis Clausen

IMPORTANCIA DE LA ESPECIE

Es una especie silvestre que no ha sido encontrada bajo cultivo en Centroamérica ni en ningún otro sitio (Heredia y Heredia 1990, Sorensen 1990).

ORIGEN Y DISTRIBUCION

Se le encuentra presente en Panamá y en las regiones costeras áridas de Colombia y Ecuador (Clausen 1945a, Heredia y Heredia 1990). En Panamá, se ubica a mayores alturas que *P.erosus* (D'Arcy 1980). Específicamente se ubica, desde el canal de Panamá en el norte hasta la provincia de El Oro en Ecuador al sur, pasando por la costa noroccidental de Colombia y de la planicie costera de Ecuador (Sorensen 1990). No se ha informado su presencia en el centro de Colombia (Sorensen 1988).

Su habitat natural corresponde a los bordes del bosque deciduo, bajo arbustos bajos y en laderas de pasto. Se le ha observado en áreas con al menos una estación seca anual de 2 a 3 meses de duración y precipitaciones entre los 250 y los 1500 mm/año. Observada de los 0 a los 800 msnm (Sorensen 1988, Sorensen 1990).

DESCRIPCION BOTANICA

Enredadera herbácea reconocible porque todas las partes de la planta están cubiertas por pelos blancos, sus foliolos son superficialmente lobulados, las alas y la quilla de la corola pubescentes y las vainas densamente velludas (Clausen 1945a). El tallo es estriado. Las inflorescencias son más cortas (4-14 cm) que las de *P.erosus* y las de *P.ferrugineus*, siendo el número de flores por eje lateral de 4 a 7. La vaina es de 8-13 cm de largo y de 4-12 mm de ancho y las semillas son redondeadas y de color verde olivo. Las raíces tuberosas son alargadas, con la epidermis café y la corteza blanco verdosa (Sorensen 1988, Sorensen 1990).

Difiere de *P.erosus* particularmente en tamaño más pequeño de todas las partes de la planta, su mayor pubescencia y las aurículas de las alas más cortas (Clausen 1945a, D'Arcy 1980).

La floración se da de octubre a diciembre en la región norte, y la fructificación de diciembre a marzo. En Ecuador la floración es de marzo a mayo con maduración de abril a junio (Sorensen 1990).

UTILIZACION

No posee usos conocidos (Sorensen 1990).

LITERATURA DISPONIBLE SOBRE

Pachyrhizus spp.

- Abjahossou, F.D. 1992. Effet insecticide de l'extrait aqueux de *Pachyrhizus erosus* (L.) sur les parasites de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. unguiculata. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 1o, Guadeloupe, 1992. Resúmenes. (Ver Sogbegnon, 1990).
- _____. 1993. Premier rapport d'activite scientifique du projet Pachyrhizus (Mars 1993). In First Biannual Progress Report of the Yam Bean Project. The Yam Bean Project, Copenhagen, Denmark. 170 p.
- Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana. Anales Vol. 5:337.
- Allen, O.N. and Allen, E.K. 1981. The leguminosae: a source book of characteristics, uses, and nodulation. The University of Wisconsin, USA. pp 486-487.
- Altamirano, F.R., Ramírez, J.; Villaseñor, F.F., Armendaris, E y Martínez, J. 1907. Datos para la Materia Médica Mexicana. Secretaría de Fomento de México. Instituto Médico Nacional 4:1-35.
- Alvarenga, A.A. 1987. Estudo de alguns aspectos de desenvolvimento do feijao jacatupé *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. Ph.D. thesis, UNICAMP, Brasil.
- _____. and Válio, I.F.M. 1989. Influence of temperature and photoperiod on flowering and tuberous root formation of *Pachyrhizus tuberosus*. Annals of Botany (USA) 64(4):411-414.
- Annerose, D. 1992. Agronomical and physiological aspects of growth, development and yield of yam bean in the Sahelian region. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- Anónimo. 1943. Yam bean a possible substitute for rotenone. Florist' Exch 100(18):14.
- _____. 1974. Standards for Hawaii-grown yam bean roots. Division of Marketing and Consumer services, Department of Agriculture State of Hawaii. 3 p.
- _____. 1974. The buying guide. 5a ed. California, USA, Blue Goose.
- _____. 1976. La jícama y su cultivo. Gaceta Agrícola (México) 20(528):6 y 15.
- _____. 1978. Annual report for 1978-79. Tirhut College of Agriculture, Dholi (Muzaffarpur). Rajendra Agricultural University, Bihar, India.
- _____. 1986. The Packer's 1986 fresh produce foodservice directory. Kansas, USA, The Packer.
- Araujo, P.S.R. de; Oliveira, F.J. de and Costa, M.C.B. 1991. Preliminary evaluation of seed germination of winged bean and yam bean. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 26(6):857-861.
- Arguelles, A.D. 1979. El cultivo de la jícama en el estado de Guanajuato. Guanajuato, México, Centro de Investigaciones Agrícolas de El Bajío, INIA/SARH. Desplegable CIAB 116. 4p.
- Avila, E.Z.; Mabesa, R.C. and Villaralvo, J.A. 1986. Processing of yam bean (*Pachyrhizus erosus* Linn.) roots. NSTA Technology Journal (Filipinas) 11(2):88-91.
- Bailey, F.M. 1897. Botany: contribuciones to the flora of Queensland. Queensland Agricultural Journal 1:78-82.
- Bailey, L.H. 1914. The standard Cyclopedia of Horticulture. New York, USA, Ricker. pp.2425-6.
- Baker, B.Y. and Lynn, E.V. 1953. Examination of the seed of *Pachyrhizus erosus*. Journal of the American Pharmaceutical Association 42(2):117-8.

- _____ and Quimby, M.W. 1953. Morphological study of the seeds of *Pachyrrhizus erosus* (L.) Urban the yam bean. *Journal of The American Pharmaceutical Association* 42(8):471-473.
- Barile, T.V. and Esguerra, E.B. 1984. Low temperature storage of yam beans. Department of Horticulture, University of Philippines, Los Baños. *Postharvest Research Notes* 1:23-5.
- Barret, O.W. 1925. The food plants of Porto Rico. *J. Dept. Agric. Porto Rico* 9(2):61-208.
- Bastin, R. 1939. Note sur des féculs exotiques: fécule de *Pachyrrhizus erosus*. *Bull. Agric. Congo Belge* 30(2):258-265.
- Batalla de Rodríguez, M.A. 1942. Estudio de las plantas cultivadas en la región de Izucar de Matamores, Puebla. *Anales del Instituto de Biología (México)* 13(2):463-489.
- Bautista, O.D.K. and Cadiz, T.G. 1967. Yam bean. In Knott, J.E. and Deanon, J.R., eds. *Vegetable production in Southeast Asia*. University of Philippines, College of Agriculture Press, Los Baños, Laguna. pp.301-305.
- Bell, R.W.; Edwards, D.G. and Asher, C.J. 1990. Growth and nodulation of tropical food legumes in dilute solution culture. *Plant and Soil (The Netherlands)* 122(2):249-258.
- Bertoni, M.S. 1910a. El Dólicos bulboso (*Pachyrrhizus angulatus*). *Revista de Agronomía y Boletín Estación Agrícola de Puerto Bertoni (Paraguay)* 4 (9-10):54-55.
- _____. 1910b. Siembra del Macucú (*Pachyrrhizus tuberosus*). *Revista de Agronomía y Boletín Estación Agrícola de Puerto Bertoni (Paraguay)* 4 (9-10):47.
- _____. 1913. Catálogo de las especies o variedades de plantas cultivadas de la Estación Agronómica de Puerto Bertoni a fines de 1912; con la indicación de aquellas cuyas semillas o renuevos están generalmente disponibles para el canje, la distribución o la venta. *Revista de Agronomía y Boletín Estación Agrícola de Puerto Bertoni (Paraguay)* 5 (7):255-282.
- Bhagmal; Kawalkar, T.G. 1982. Maharashtra farmers can try yam bean. *Indian Farming* 31(10):13-14. (Resumen en *Tropical Grain Legume Bulletin (Nigeria)* 26:40)
- Birch, R.G.; Alvarez, A.M. and Patil, S.S. 1981. A bacterial leaf spot caused in yam bean by *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Phytopathology (USA)* 71(12):1289-1293.
- Blohm, H. 1962. Poisonous plants of Venezuela. *Wissenschaftliche Ver., Stuttgart, Germany*. pp.40-1.
- Bois, D. 1927. Les plantes alimentaires chez tous les peuples et a travers les ages. In *Encyclopédie Biologique Vol.1 Lechevalier, Paris*. pp.170-2.
- Boorsma, W.G. 1910. Over de vergiftigheid van de bangkoewang plant *Pachyrrhizus angulatus* Rich. *Teysmannia* 21:624-637.
- Bouillenne, R. 1935. Note sur *Pachyrrhizus angulatus* Rich. *Congr. Intern. Tech. et Chim. Ind. Agr., 4th., Bruxelles, Belgium*. Vol 2:333-337.
- Boutin, F.C. 1974. Two jicamas, *Exogonium bracteatum* and *Pachyrrhizus erosus*. *California Horticultural Journal* 35(4):159-161.
- Broadbent, J.H. and Shone, G. 1963. The composition of *Pachyrrhizus erosus* (Yam bean) seed oil. *Journal of The Science of Food and Agriculture* 14(7):524-527.
- Brown, W. 1954. Useful plants of the Philippines. Vol.2. Department of Agriculture and Natural Resources, The Philippines. *Technical Bulletin* 10. pp.134-6.
- Brücher, H. 1977. *Tropische Nutzpflanzen: Ursprung, evolution und domestikation*. Springer Verlag, Berlin.
- Bruneau, A.; Doyle, J.J. and Palmer, J.D. 1990. A chloroplast DNA inversion as a subtribal character in the Phaseoleae (Leguminosae). *Systematic Botany* 15(3):378-386.
- Bukasov, S.M. 1981. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 173 p.
- Burkart, A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. 2a edición. Buenos Aires, Argentina, Acme.
- Burkill, I.H. 1935. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Vol. 2 Crown Agents for the colonies, London, Great Britain.
- Calvino, M. 1921. La jícama de agua. *Rev. de Agr. (México)* 3:74-82.

- Cárdenas, M. 1969. Manual de plantas económicas de Bolivia. Cochabamba, Bolivia, Ichthus. pp.74-78.
- Carew, P.D. and Quimby, M.W. 1955. A microscopic study of the leaf, stem and root of *Pachyrrhizus erosus* (L) Urban. Journal of The American Pharmaceutical Association 44(7):431-434.
- Chandrashekar, V., Krishnamurti, M. and Seshadri, T.R. 1967. A new synthesis of isoelliptolisoflavone and synthesis of isoelliptic acid. Current Science 36(23):623.
- Clausen, R.T. 1944. Yam bean, warm-climate plant is a possible new insecticide. New York State Agricultural Experimental Station. Farm Research July:14.
- _____. 1945a. A botanical study of the yam beans (*Pachyrrhizus*). Memoir of the Cornell University Agricultural Experiment Station 264: 1-38 p.
- _____. 1945b. El frijol de jícamo (*Pachyrrhizus erosus*) un nuevo insecticida. Café (El Salvador) 15:258-9.
- Coursey, D.G. and Haynes, P.H. 1970. Root crops and their potential as food in the tropics. World Crops 22(4):261.
- Cruz, A.O. 1950. Composition of Philippine Singkamas oil from the seeds of *Pachyrrhizus erosus* (Linn.) Urb. The Philippine Journal of Science 78:145-7.
- Dabydeen, S. and Sirju-Charran, G. 1989. The anatomy of the root system in yam bean, *Pachyrrhizus erosus* (L.) Urban (Fabaceae). Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 25 th, Guadeloupe. Proceedings.
- _____. and Sirju-Charran, G. 1990. The developmental anatomy of the root system in yam bean, *Pachyrrhizus erosus* Urban. Annals of Botany (USA) 66(3):313-320.
- D'Arcy, W.G. 1980. *Pachyrrhizus*. In Dwyer *et al.* Flora de Panamá (Familia 83, Leguminosae). Annals of the Missouri Botanical Garden (USA) 67(3):743-746.
- Davidson, W.M. 1930a. Rotenone as a contact insecticide. Journal of Economic Entomology (USA) 23:868-874.
- _____. 1930b. The relative value as contact insecticides of some constituents of derris. Journal of Economic Entomology (USA) 23:877-879.
- De Candolle, A.O. 1825. Memoirs sur la famille de Légumineuses. Belin, Paris, France. p.379.
- Deshaprabhu, S.B., ed. 1966. *Pachyrrhizus spp.* The wealth of India: raw materials. Vol 7, Publ Inform. Direct. Coun. Sci Industr. Res. New Delhi, India. pp.208-210.
- Díaz A., A. 1978. El cultivo de la jícama: Guanajuato estado productor de primera importancia. Panagfa (México) 6(53):32.
- Dibble, C.E. and Anderson J.O. 1963. Florentine Codex, Shahagun-General History of the things of New Spain. School of American Research and University of Utah.
- Dressler, R.L. 1953. The Pre-Columbian cultivated plants of México. Botanical Museum Leaflets (USA) 16(6):115-172.
- Duke, J.A. 1981. Handbook of legumes of world economic importance. New York and London, Plenum. pp.182-185.
- Ene, L. 1992. Productivity of tuberous legumes in Nigeria. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- Engleman C.; E.M. 1976. Floema en el xilema radical de algunas leguminosas (Sumario). In Colegio de Postgraduados, Chapingo. Avances en la enseñanza y la Investigación 1975-1976. Chapingo, México. p.6.
- Estrella, J. 1993. The yam bean project in Ecuador. In First Biannual Progress Report of the Yam Bean Project. The Yam Bean Project, Copenhagen, Denmark. pp 62-130.
- Evans, I.M.; Boulter, D.; Eaglesham, A.R.J. and Dart, P.J. 1977. Protein content and protein quality of tuberous roots of some legumes determined by chemical methods. Qualitas Plantarum/Plant Food for Human Nutrition 27(3-4):275-285.
- Ezumah, H. 1970. Miscellaneous tuberous crops of Hawaii. International Symposium of Tropical Root and Tuber Crops, 2nd. Proceedings. 1:166-171.
- Fajardo, T.G. and Marañón, J. 1932. The mosaic disease of Sinkamas, *Pachyrrhizus erosus* (Linnaeus) Urban. The Philippine Journal of Science 48(2):129-140.

- Fernández-Escartin, E.; Castillo-Ayala, A. and Saldano-Lozano, J. 1989. Survival and growth of *Salmonella* and *Shigella* on sliced fresh fruit. *Journal of Food Protection* 52(7):471-2, 483.
- Fine, A.J. 1991. Hypersensitivity reaction to jicama (*Pachyrhizus*, yam bean). *Annals of Alergy (USA)* 66:173-4.
- Flores, J.S.; Martínez, C.A.; Olvera, M.A.; Galván, R. and Chávez, C. 1988. Potencial de algunas leguminosas de la flora Yucatenense como alimento humano o animal. *Turrialba (Costa Rica)* 38(2):159-162.
- Forbes, W.C. and Duncan, E.J. 1990. Preliminary studies on *in vitro* propagation of yam bean (*Pachyrhizus erosus* Urban). Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 26 th, Puerto Rico. Proceedings.
- Germek, E.B. Informacoes sobre a jicama. 1978. *Agronómico (Brazil)* 29/30:165-167.
- Girsel, L. 1991. Embriology in *Pachyrhizus ahipa* (Weddell) Parodi, the development of the embryo until fertilization. (In Danish). M.Sc. Thesis, University of Copenhagen. 51 p.
- Greshoff. 1890. Meded. Uit's Lands Plantetuin, 7.
- Grum, M. 1989. Quarterly Progress Report from Tonga, 1989. In First Annual Progress Report of the Yam Bean Project. Yam Bean Project, Copenhagen, Dinamarca.
- _____. 1990a. Breeding *Pachyrhizus erosus* Rich. ex DC.: A review of goals and methods. Copenhagen, Denmark. Department of Crop Husbandry and Plant Breeding. The Royal Veterinary and Agricultural University. 75 p.
También en: Second Annual Progress Report of the Yam Bean Project. The Yam Bean Project, Copenhagen, Denmark.
- _____. 1990b. Annual report from Tonga, 1990. Informe de investigaciones 1990. Yam Bean Project. Copenhagen, Dinamarca.
- _____, Stolen, O. and Sorensen, M. 1990a. Collection of yam bean (*Pachyrhizus* Rich. ex DC.) germplasm in Central and South America and the Caribbean. Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 26 th, Puerto Rico. Proceedings.
- _____, Sorensen, M. and Stolen, O. 1990b. Yam bean (*Pachyrhizus spp.*) variety trials in Tonga, South Pacific: Fresh tuber yields, dry matter and nitrogen contents. Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 26 th, Puerto Rico. Proceedings.
- _____, Halafihi, M.; Stolen, O. and Sorensen, M. 1990c. Yam bean (*Pachyrhizus* Rich. ex DC.) species trials in Tonga, South Pacific: fresh tuber yields, dry matter and nitrogen contents. Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 26 th, Puerto Rico. Proceedings.
- _____. 1992. Methods for breeding *Pachyrhizus* rich. ex DC. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- _____ and Sorensen, M. 1993. *Pachyrhizus* symbiosis with *Bradyrhizobium* bacteria: genetic diversity and performance. In First Biannual Progress Report of the Yam Bean Project. The Yam Bean Project, Copenhagen, Denmark. 170 p.
- Hahn, S.K. 1984. Tropical root crops: their improvement and utilization. IITA, Ibadan, Nigeria. 28 p.
- Halafihi, M. 1992. Examinations of biological nitrogen fixation in *Pachyrhizus* rich. ex DC species and varieties. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- Haller, H.L. 1944. New agricultural crop insecticides. *Journal of Economic Entomology (USA)* 37(3):342-4.
- Hansberry, R. 1943. Notes on experiments with the yam bean. 10p. (Mimeografiado)
- _____ and Lee, C. 1943. The yam bean (*Pachyrhizus erosus* Urban) as a possible insecticide. *Journal of Economic Entomology (USA)* 36(2):351-2.
- _____, Clausen, R.T. and Norton, L.B. 1947. Variations in the chemical composition and insecticidal properties of the yam bean (*Pachyrhizus*). *Journal of Agricultural Research (USA)* 74(2):55-64.

- Hawkes, J.G. 1989. The domestication of roots and tubers in the American tropics. In Harris, D.R. and Hillman, G.C., eds. Foraging and farming: the evolution of plant exploitation. London, England, Unwin Hyman. pp.481-503.
- Heredia Z., A. 1971. Efecto de la desfloración de la jícama (*Pachyrhizus erosus*) sobre el rendimiento. Proceedings of the American Society of Horticulture Science, Tropical Region 15:146-150.
- _____. 1985. Guía para cultivar jícama en el Bajío. Folleto para productores no.15. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas de el Bajío. Guanajuato, México. 11 p.
- _____. 1992. San Juan y La Vega de San Juan, dos nuevas variedades de jícama (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) en la región agrícola del Bajío, Guanajuato, México. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberifères, 10, Guadeloupe. Resúmenes.
- Heredia, E. y Heredia Z.; A. 1990. Investigaciones biosistemáticas sobre jícama (*Pachyrhizus spp.*) con especial referencia al desarrollo de clones mejorados para su cultivo. Informe de investigaciones de 1990. Yam Bean Project.
- _____. y Heredia Z.; A. 1991. Investigaciones biosistemáticas sobre jícama (*Pachyrhizus spp.*) con especial referencia al desarrollo de clones mejorados para su cultivo. Informe de investigaciones de 1991. Yam Bean Project.
- _____. 1993. Formación de variedades e híbridos de jícama en México. Cronograma de Actividades 1992-1993. First Biannual Progress Report. Yam Bean Project. pp.45-52.
- Hernández X.; E. 1947. Los frijoles y otras leguminosas cultivadas en Chiapas. Boletín de la Sociedad Botánica de México 5:4-6.
- Hernández B., J.E. y León, J., eds. 1992. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Colección FAO: Producción y Protección Vegetal No.26. Roma, Italia. 339 p.
- Herrera, F.L. 1942. Plantas tropicales cultivadas por los antiguos peruanos. Revista Museo Nacional Lima 11(2):179-195.
- Holz, J. and Hong, J.P. 1964. Über eine insektizide substanz aus der Leguminose *Pachyrhizus erosus* (L.) Kurz. Naturwissenschaften 51(24):363.
- Hoof, W.C.H. van and Sorensen, M. 1989. *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban. In Westphal, E. and Jansen, P.C.M., eds. Plant resources of South-East Asia, a selection. Wageningen, Netherlands, Pudoc. pp.213-215.
- Huart, A. 1902. La jícama. Su clasificación, su cultivo y sus usos. Boletín de la Sociedad Mexicana de Botánica. 26:555-558.
- Hwang, S.L. 1941. A preliminary report on the chemical composition of yam bean (*Pachyrhizus erosus* Urban) a new rotenone bearing plant. Kwangsi Agriculture (China) 2(4):269-280. (En Chino). Resumen en: Review of Applied Entomology 30A:418. 1942.
- Ingham, J.L. 1979. Isoflavonoid phytoalexins of yam bean (*Pachyrhizus erosus*). Zeitschrift für Naturforschung 34c:683-688.
- _____. 1990. Systematic aspects of phytoalexin formation within tribe Phaseoleae of the Leguminosae (Subfamily Papilionoideae). Biochemical Systematics and Ecology 18(5):329-343.
- Jakobs, H. 1949. De Zaden van *Pachyrhizus erosus*, een nieuw insecticide. Chron. Nat. 105(4):122-3.
- Jumelle, H. Les plantes a tubercules alimentaires. Paris, France, Enc.Scientifique. p. 318.
- Kawabata, A.; Sawayama, S.; Del Rosario, R. and Noel, M.G. 1986. Effect of storage and heat treatments on the sugar constituents in cassava and yambean roots. Journal Jpn. Soc. Food Sci. Technol. 33(6):441-449.
- Kay, D.E. 1973. TPI crop and product digest. No.2 Root Crops. Tropical Products Institute, London, England. pp.240-245.

- Kjaer, S. 1991. Biological nitrogen fixation in *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi. M.Sc. Thesis, Department of Botany, Royal Veterinary and Agricultural University. Resúmen en: Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 10, Guadeloupe, 1992. Resúmenes. Resúmen también en: Second Annual Progress Report of the Yam Bean Project. The Yam Bean Project, Copenhagen, Denmark.
- Krishnamurti, M. and Seshadri, T.R. 1966. Chemical components of yam beans: their evolution and interrelationship. *Current Science (India)* 35:167-169.
- _____, Sambhy, Y.R. and Seshadri, T.R. 1970. Chemical study of Indian yam beans (*Pachyrhizus erosus*), isolation of two new rotenoides: 12a.-hydrodolineone and 12a.-hydroxipachyrhizone. *Tetrahedron* 26:2023-3027.
- Kundu, B.C. 1969. Some edible rhizomatous and tuberous crops of India. In International Symposium on Tropical Root Crops. St. Augustine, Trinidad. Proceedings. Vol.1 pp.124-130.
- Lamaze, T.; Vansuyt, G. and Zinsou, C. 1985. Répartition des formes d'azote et catabolisme des purines chez le dolique tubéreux, *Pachyrhizus erosus* Urban. *Agronomie* 5(10):933-938.
- Lee, C. and Hansberry, R. 1943. Toxicity studies of some chinese plants. *Journal of Economic Entomology* 36(6):915-921.
- León, J. 1964. Plantas alimenticias Andinas. *Boletín Técnico del IICA (Perú)* 6:47-49.
- _____. 1967. Andean tuber and root crops: origin and variability. In International Symposium on Tropical Root Crops. St. Augustine, Trinidad. Vol 1 Pag 118-130.
- _____. 1977. Origin, evolution, and early dispersal of root and tuber crops. Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, 4 th, CIAT, Colombia. Proceedings. pp.20-36.
- _____. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 1a edición. San José, Costa Rica, IICA. 445 p.
- Lepage, H.S.; Ginotti, O. and Orlando, A. 1946. Toxides dos constituintes des sementes de "*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng." var. vermelha, para o afideo "*Brevicoryne brassicae* L." (Homoptera-Aphididae). *Arquivos do Instituto Biologico (Brasil)* 17:249-258.
- Lewis, W. and Elvin-Lewis, M.P.F. 1977. Medical Botany, Plants affecting man's health. New York, Wiley. p.44.
- Liu, C.Y. and Hsu, Y.F. 1941. Studies on a new vegetable insecticide, the yam bean (*Pachyrhizus erosus* Urban). *Kwangsi Agriculture (China)* 2(1):28-48. (En chino)
- Lozano, M. 1907. *Materia Médica Mexicana*. Parte IV. México. p.17.
- Lundell, C.L. 1948. Plants probably utilized by the old empire Maya of Peten and adjacent lowlands. *Annual Report Michigan Academy of Sciences* 24:37-56.
- Lynd, J.Q. and Purcino, A.A.C. 1987. Effects of soil fertility on growth, tuber yield, nodulation and nitrogen fixation of yam bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) grown on a typic eutrotox. *Journal of Plant Nutrition* 10(5):485-500.
- MacFadyen, J. 1887. *The Flora of Jamaica*. Vol. 1. Longman, London, Great Britain.
- Maclet, J.N. e Barrau, J. 1959. Catalogue des plantes utiles aujourd'hui présentes en Polynésie Française. *Journal d'Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée (France)* 4:1-21.
- Mangelsdorf, P.C. 1942. Identifications of plant remains from Nasca and Paracas. Manuscrito no publicado citado por Towle (1952).
- Manila Food and Nutritional Research Center. 1964. Food Composition Tables. Filipinas.
- Manu, V.T.; Halafihi, M.; Gahoonia, T.S.; Nielsen, N.E.; Stolen, O. and Sorensen, M. 1993. Biological nitrogen fixation in *Pachyrhizus* Rich. exDC. Genotypes and its relation to P-movilization in the rhizosphere. In First Biannual Progress Report of the Yam Bean Project. The Yam Bean Project, Copenhagen, Denmark. 170 p.

- Marcado, E. 1977. Plantas venenosas en la República Dominicana. Publicaciones de la Asociación Médica Dominicana Vol.1 No.1. Gremio, Santo Domingo, República Dominicana. p.150.
- Márquez, J.M. 1992. Caracterización sistemática, parámetros genéticos e índices de selección de la colección de jícama (*Pachyrhizus erosus* L. Urban) del CATIE. Tesis Mag.Sc., Turrialba, Costa Rica. CATIE. 142 p.
- Martínez, M. 1928. La plantas más útiles que existen en la República Mexicana. México. 400 p.
- _____. 1933. Las plantas medicinales de México. México. 644 p.
- _____. 1959. Jícama. In Plantas útiles de la flora mexicana. México, Botas. pp.340-344.
- Massal, E. et Barrau, J. 1956. Plantes alimentaires du Pacifique Sud. Commission du Pacifique Sud. Document Technique No. 94. Nouvelle-Calédonie. pp.69-70.
- Matthysse, J.G. and Schwardt, H.H. 1943. Substitutes for rotenone in cattle louse control. Journal of Economic Entomology (USA) 36(5):718-720.
- Menezes, O.B. de e Oliveira, W. de. 1955. Esterilidade em Jacatupê (*Pachyrrhizuz bulbosus* L.). In Reunión Brasileira de Zootecnia, 5a, Vicosa, Minas Gerais.
- Merrill, E.D. 1943. Emergency food plants and poissonous plants of the islands of the Pacific. War Department Tech. Man. 10-420:1-149.
- Miller, C.D.; Branthoover, B.; Sekiguchi, N.; Denning, H. and Bauer, A. 1956. Vitamin values of foods used in Hawaii. Technical Bulletin of the Hawaii Agricultural Experimental Station 30:1-94.
- _____. and Branthoover, B. 1957. Nutritive values of some Hawaii foods in household units and common measures. Hawaii Agricultural Experimental Station Circular 52:1-20.
- Mohanty, N.N. and Behera, B.C. 1961. Leaf spot of *Pachyrhizus angulatus* Rich. Science and culture (India) 27(5):254.
- Montaldo, A. 1983. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. 1a edición. San José, Costa Rica, IICA. 284p.
- Montgomery, A. The vegetable revolution. Nutr. Action Health Lett. (USA) 14(2):7-9.
- Morera, J. 1990. Investigaciones biosistemáticas sobre jícama (*Pachyrrhizus spp.*) con especial referencia al desarrollo de clones mejorados para su cultivo. Informe de investigaciones de 1989. Yam Bean Project.
- _____. 1991. Investigaciones biosistemáticas sobre jícama (*Pachyrrhizus spp.*) con especial referencia al desarrollo de clones mejorados para su cultivo. Informe de investigaciones de 1990. Yam Bean Project.
- _____. y Bonilla, R. 1991. Caracterización de germoplasma de jícama bajo dos localidades de Costa Rica. Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de los Cultivos Alimenticios (PCCMCA), 37 a, Panamá. Resúmenes.
- _____. 1992. Rejuvenecimiento, caracterización, evaluación y utilización de jícama en CATIE-Costa Rica. International Symposium on Tuber Legumes, 1o, Guadeloupe, Proceedings.
- _____. Mora, A. y Chavarría, A. 1993. Evaluación de germoplasma de jícama bajo dos localidades de Costa Rica. Reunión del Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de los Cultivos Alimenticios (PCCMCA), 39 a, Guatemala. Resúmenes.
- _____. Lista de descriptores de jícama (*Pachyrrhizus spp.*). In Plant Genetic Resources Newsletter, FAO/IBPGR (In press)
- Morton, J.F. 1981. Atlas of medical plants of Middle America: Bahamas to Yucatan. Thomas, Illinois, USA. pp.336-7.
- Mudahar, G.S. and Jen, J.J. 1991. Texture of raw and canned jicama (*Pachyrrhizus tuberosus*) and chinese water chesnut (*Eleocharis dulcis*). Journal of Food Science (USA) 56(3):977-980. (?)

- Nag, N.C., Banerjee, H.N. and Pain, A.K. 1936. Seeds of *Pachyrrhizus angulatus*. Transactions of the Bose Research Institute (India) 11:83-89. Referencia en: Chemical Abstracts 33:3422. 1939.
- Nair, S.G. and Abraham, S. 1985. Variations in inflorescence and floral characters following irradiation in yam bean (*Pachyrrhizus erosus* Linn.). Current Science 54:761-2.
- _____. 1988. Studies on induced mutations in yam bean (*Pachyrrhizus erosus* Linn.). Ph.D. Thesis, Department of Botany, University of Kerala, Trivandrum, India.
- _____. and Abraham, S. 1989a. Improvement of tuber yield in yam bean by mutation induction. Mutation Breeding Newsletter 34:20.
- _____. and Abraham, S. 1989b. Spectrum of mutations induced by gamma rays and ethylmethane sulphonate in yam bean (*Pachyrrhizus erosus* Linn.). Journal of Root Crops 15(1):7-13.
- _____. and Abraham, S. 1990. EMS induced dwarf and high yielding mutant in yam bean (*Pachyrrhizus erosus* Linn). Mutation Breeding Newsletter 36:5-6.
- National Academy of Sciences. 1979. Root Crops: Yam Bean. In Tropical Legumes: Resources for the future. Washington, USA. pp.21-27, 305-307.
- National Research Council. 1989. Lost crops of the Incas: little-known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. Washington D.C., USA, National Academy. pp.38-45.
- Noda, H. 1979. Potencialidade da cultura de feijao-macuco (*Pachyrrhizus tuberosus*). In Pahlen, A. von der, ed. Introducao à Horticultura e Fruticultura no Amazonas. Manaus, Brasil, CNPq/INPA-SUFRAMA. pp.58-65.
- _____. and Kerr, W.E. 1983. The effects of staking and of inflorescence pruning on the root production of yam bean (*Pachyrrhizus erosus* Urban). Tropical Grain Legume Bulletin (Nigeria) 27:35-37.
- _____.; Bueno, C.R. and Silva, D.F. 1991. Genetic erosion threatens native Amazonian vegetable crops. Diversity 7(1-2):62-3.
- Norton, L.B. 1943. Rotenone in the yam bean (*Pachyrrhizus erosus*). Journal of the American Chemical Society 61:2259-2260.
- _____. and Hansbery, R. 1945. Constituents of the insecticidal resin of the yam bean (*Pachyrrhizus erosus*). Journal of the American Chemical Society 67:1609-1614.
- Nothmann, Y. 1986. New vegetable crops: the yam bean (*Pachyrrhizus erosus*). Hassadeh (Israel) 67(1):62-64. (En Hebreo)
- Nwokolo, E.; Oji, U. 1985. Variation in metabolizable energy content of raw or autoclaved white and brown varieties of three tropical grain legumes. Animal Feed Science Technology (Netherlands) 13(1/2):141-6.
- O'Neal, L.M. and Whitaker, T.W. 1947. Embroideries of the early Nasca period and the crop plants depicted on them. Southwestern Journal of Anthropology 3(4):294-321.
- Palacios, A., A. 1973. Estudio de la polinización en jícama. In Congreso Mexicano de Fitogenética, 5o, Culiacán, Sinaloa. Programas y Resúmenes. Sociedad Mexicana de Fitogenética. 4p.
- Parodi, R.L. 1935. Relaciones de la agricultura prehispánica con la agricultura argentina actual. Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires (Argentina) 1:115-167.
- _____. 1936. Contribution a l'etude des plantes alimentaires indigenes cultivees en Argentina. Revista Int. Bot. App. Agric. Trop. 16:177-189.
- Paull, R.E. and Chen, N.J. 1988. Compositional changes in yam bean during storage. HortScience (USA) 23(1):194-196.
- _____.; Chen, N.J. and Fukuda, S.K. 1988. Planting dates related to tuberous root yield, vine length, and quality attributes of yam bean. HortScience (USA) 23(2):326-329.
- _____. Yam bean postharvest technology. Department of Plant Molecular Physiology, HITAGR, University of Hawaii at Manoa.
- Peckolt, T. 1880. Jacutupé. Zeitschrift des allgemeinen österreichischen Apotheker-Vereines 13:193-7, 14:209-213.

- _____. 1883. Jacutupe. *Botanischer Jahresbericht (Germany)* 8(1):451-2.
- Peckolt, G. 1922. Jacutupé. Chácaras and Quintaes (Brasil) 25(3):187-189 y 25(4):275-6.
- Perate Soto, E. 1961. El cultivo de la jícama. Tesis Perito Agrónomo. Bárcena, Guatemala, Escuela Nacional de Agricultura. 20 p.
- Perry, L.M. and Metzger, J. 1980. Medicinal plants of East and Southeast Asia: Attributed properties and uses. MIT, Massachusetts, USA. p.221.
- Pido, N.L.; Pardales, J.R.; Villamayor, F.G. and Mariscal, A.M. 1986. Minor root crops: their classification and description. *Root Crops Digest (Philippines)* 1(5):1-6.
- Pinto C.; B. 1970. Cultivo de la jícama. *Novedades Hortícolas (México)* 15(1/4):31-34.
- Piper, C.V. 1921. Two new legumes from Mexico and Costa Rica. *Proceedings of The Biological Society of Washington* 34:41-2.
- Pittier, H. 1944. Leguminosas de Venezuela. *Boletín Técnico del Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela* No.5. pp.57-8.
- Plank, H.K. 1944. Insecticidal properties of mamey and other plants in Puerto Rico. *Journal of Economic Entomology (USA)* 37(6):737-739.
- Porterfield, W.M. 1939. The yam bean as a source of food in China. *New York Botanical Garden Journal* 40:107-8.
- _____. 1951. The principle chinese vegetable foods and food plantas of Chinatown markets. *Economic Botany (USA)* 5(1):12-13.
- Potter, D. 1992. Morphological and molecular evidence concerning the origins of the Africam yam bean (*Sphenostylis stenocarpa* (Hochst. ex A. Rich.) Harms. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberíferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- Prasad, D.N. 1966. Cytological studies on *Pachyrhizus agulatus* Rich. Diploma Thesis, Indian Institute of Technology Kharagpur, West Bengal, India.
- _____. 1968. Studies on morphology, floral biology and effect of gamma radiation in mishrikand. M.Sc. Thesis, Ranchi University, Ranchi, India.
- _____. and Prakash, R. 1973. Floral biology of yam-bean, *Pachyrhizus erosus* (L) Urb. *Indian Journal of Agricultural Science* 43(6):531-535.
- Purseglove, J.W. 1968. *Tropical Crops; 1. Dicotyledons; Pachyrhizus*. Longman, London, England. pp.281-284.
- Quisumbing, E. 1951. Medicinal plants of the Philippines. Department of Agriculture and National Resources. Technical Bulletin No.16. Manila, Philippines. pp.416-8.
- Raabe, R.D.; Cannors, I.L. and Martínez, A.P. 1981. Checklist of plant disease in Hawaii. Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Information Text Series no.22. 313 p.
- Ramaswamy, N.; Muthukrishnan, C.R. and Shanmugavelu, K.G. 1980. Varietal performance of Mishrikand (*Pachyrhizus erosus* L. Urban). National Seminar on Tuber Crops Production Technology. Coimbatore, India.
- Ratanadilok, N. and Thanisawanrayangkul, S. 1992. Yam bean (*Pachyrhizus erosus* (L.) Urban) status and its cultivation in Thailand. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberíferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- Rea, J. 1992. Producción de "ajipas" (*Pachyrhizus ahipa* Weddell Parodi) en Bolivia. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberíferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- Roark, R.C. 1933. The chemical relationship between certain insecticidal species of fabaceous plants. *Journal of Economic Entomology (USA)* 26:587-594.
- Robin, C.; Vaillant, V.; Vansuyt, G. and Zinsou, C. 1990. Assimilate partitioning in *Pachyrhizus erosus* during long-day vegetative development. *Plant Physiology and Biochemistry (Francia)* 28(3):343-349.
- Roig y Mesa, J.T. 1945. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Parte 1. Ministerio de Agricultura, La Habana, Cuba. pp.399-400.
- Roy, B. 1933. Studies in the development of the female gametophyte in some leguminous crop plants of India. *Indian Journal of Agricultural Science* 3:1098-1107.

- _____, Mishra, S. and Mishra, S.S. 1976. Effect of N, P and K on yield, growth attributes and quality of mishrikand (*Pachyrrhizus angulatus* Rich) in the sandy loam soil of North Bihar. *Journal of Root Crops* 2(1):29-35.
- Sahadevan, N. 1987. Yam bean (*Pachyrrhizus erosus*). In Sahadevan, N., ed. Green fingers. Malaysia, Sahadevan. pp.208-9.
- Sahu, R.C. and Hameed, S.F. 1983. Assessment of the rotenoids of Indian yam bean seeds. *Laas Journal* 4(1-2):57-63.
- _____, and Hameed, S.F. 1989. Effect of *Pachyrrhizus erosus* Urban seed extracts against tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* F. *Tobacco Research* 15(1):17-20.
- Saray Meza, C.R. 1979. Influencia de la humedad en el rendimiento y formación de la raíz de la jícama (*Pachyrrhizus erosus*). Tesis Ing. Agr. Chapingo, México, Universidad Autónoma Chapingo. 48 p.
- Sauer, C.O. 1950. Cultivated plants of South and Central America. Smithsonian Institution, Bureau of American Ethnology, Bulñil. 143, 6.
- Schmar, T.A.; Harbers, C.A.Z. and Harbers, L.H. 1987. Structural changes in jicama (*Pachyrrhizus tuberosus*) with microwaving and digestion in rats. *Nutrition Reports International (USA)* 35(4):771-774.
- Schneider, E. 1986. Jícama. In *Uncommon fruits and vegetables: a commonsense guide*. New York, Harper & Row. pp. 240-4, 546.
- Schramm, G. 1956. Ti-kua und pai-pu, zwei insecticide der chinesischen materia medica. *Pharmazie Beih. Ergänzungsband* 11(12):806-7.
- Schroeder, C.A. 1967. The jicama, a rootcrop from Mexico. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Tropical Region* 11:65-71.
- Sen, H. and Mukhopadhyay, S.K. 1989. Effect of nitrogen and potassium on tuber yield and quality of yam bean (*Pachyrrhizus erosus*). *Journal of Root Crops* 15(1):33-37.
- Seyani, J.H. 1992. The effect of flower defoliation and stalking on tuber yield of yam bean (*Pachyrrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.) in Malawi. *Symposium International sur Les Legumineuses Tubérisées, 10, Guadeloupe. Resúmenes*.
- Shangraw, R.F. and Lynn, E.V. 1955. The Saponins of *Pachyrrhizus erosus* (L.) Urban. *Journal of the American Pharmaceutical Association* 44(1):38-9.
- Shepard, H.H. and Campbell, F.L. 1932. The relative toxicity of rotenone and some compounds as stomach insecticides. *Journal of Economic Entomology (USA)* 25:142-144.
- Sillevoldt, H.E. Th. van. 1899. Ueber das Derrid und Pachyrrhizid, ein Beitrag zur Kenntnis der Indischen Fischgifte. *Arch. Pharm. (Germany)* 237(8):595-616.
- Singh, K.P.; Singh, J.R.P. and Ray, P.K. 1981. "Rajendra Mishrikanda-1" a promising yam bean. *Indian Farming* 31(9):19-21.
- Sinha, R.P.; Prakash, R. and Haque, M.F. 1977a. Genetic variability in yam bean (*Pachyrrhizus erosus* Urban). *Tropical Grain Legume Bulletin (Nigeria)* 7:21-23.
- _____, Prakash, R. and Haque, M.F. 1977b. Genotypic and phenotypic correlation studies in yam bean (*Pachyrrhizus erosus*). *Tropical Grain Legume Bulletin (Nigeria)* 7:24-25.
- Soedomo, P. and Sunaryono, H. 1988. Seed storage of bushitao with several kinds of plant pesticide treatments. *Buletin Penelitian Hortikultura* 16(1):24-28. (Resúmen en Inglés).
- Sogbegnou, H. 1990. Effet insecticide des graines de *Pachyrrhizus erosus* (L) Urban sur le nibe (*Vigna unguiculata* (L) Walp.). *Memoire de Find d'etudes, College Polytechnique Universitaire Abomey-Calavi, Université Nationale du Benin, Benin*. 64 p. (Resúmen en Abjajossou 1992).
- Sorensen, M. 1988. A taxonomic revision of the genus *Pachyrrhizus* (Fabaceae-Phaseoleae). *Nordic Journal of Botany* 8(2):167-192.
- _____. 1989a. Pollen Morphology of species and interspecific hybrids in *Pachyrrhizus* Rich. ex DC. (Fabaceae:Phaseoleae). *Review of Palaeobotany and Palynology (The Netherlands)* 61(1989):319-339.

- _____. 1989b. Cross breeding experiments: compatibility, pollen fertility, and germination percentages of interspecific hybrids, F1, F2 & F3 in the genus *Pachyrhizus* Rich, ex DC. (Fabaceae; Phaseoleae). Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 25 th, Guadeloupe. Proceedings.
- _____. 1989c. *In-vitro* multiplication experiments in *Pachyrrhizus* spp.. First Annual Progress Report. Yam Bean Project, 1989.
- _____. 1990. Observations on distribution, ecology and cultivation of the tuber-bearing legume genus *Pachyrhizus* Rich. ex DC. Wageningen Agricultural University Papers (Netherlands) 90(3):38 p.
- _____. 1992. Field collections of *Pachyrhizus* Rich. ex DC. germplasm in Central and South America and the Caribbean. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 10, Guadeloupe. Resúmenes.
- _____, ed. 1993. First Biannual Progress Report of the Yam Bean Project. The Yam Bean Project, Copenhagen, Denmark. 170 p.
- Spickett, R.G.W. 1955. The chemistry of some lesser known insecticides of plant origin. *Colon. Pl. Animal Production* 5(4):292-4.
- Srivastava, G.S.; Shukla, D.S. and Awasthi, D.N. 1973. We can grow sankalu in the plains of Uttar Pradesh. *Indian Farming* 23 (9):32.
- Stolen, O. 1989. Field report on observations of cultivation practices and germplasm variation on yam bean; establishment of collaboration with local institutions. First Annual Progress Report of the Yam Bean Project.
- Sween, S.D. 1940. An analysis of some characters in the yam bean, *Pachyrrhizus erosus* (Lin.) Urban. *Science* 24:455-482.
- Tadera, K.; Taniguchi, T.; Teramoto, M.; Arima, M.; Yagi, F.; Kobayashi, A.; Nagahama, T. and Ishihata, K. 1984. Protein and starch in tubers of winged bean, *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC., and yam bean, *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban. *Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University (Japan)* 20(29):73-81.
- Thung, T.H. and Hadiwidjaja, T. 1957. De heksenbezemziekte bij leguminosen. *T. Pl. ziekten* 63:58-63.
- Tindall, H.D. 1968. Bean yam, potato bean. *Commercial vegetable growing*. Oxford Press, Oxford, Great Britain. pp.117-8.
- Tiwari, R.; Shukla, D.S. and Awasthi, D.N. 1977. Effect of gamma radiation on germination and survival in yam bean. *Tropical Grain Legume Bulletin (Nigeria)* 10:6-7.
- _____; Prakash, R.; Sharma, C.M. and Haque, F. 1980. Effect of gamma radiation on tuber characteristics in yam bean (*Pachyrhizus erosus* Rich.). *Tropical Grain Legume Bulletin (Nigeria)* 17/18:40-42.
- Towle, M. 1952. Plant remains from a Peruvian mummy bundle. *Botanical Museum Leaflets, Harvard University (USA)* 15(9):223-246.
- Ugent, D.; Pozorski, S. and Pozorski, T. 1986. Archaeological Manioc (*Manihot*) from Coastal Peru. *Economic Botany (USA)* 40(1):78-102.
- Urbina, M. 1906. Raíces comestibles entre los antiguos mexicanos. Cap. XXIX Xícama. *Anales Museo Nacional de México. Segunda Epoca, Tomo 3.* pp.123-125.
- U.S.D.A. 1984. Composition of foods: vegetable and vegetable products. *Agricultural Handbook No. 8-11*. U.S.D.A., Washington D.C., USA.
- Vaillant, V.; Robin, C. and Zinsou, C. 1989. Comparison of the effects of allopurinol and nitrate on photosynthate partitioning in yam bean. Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 25 th, Guadeloupe. Proceedings.
- _____; Robin, C. and Zinsou, C. 1990. Effects of the inhibition of nodule metabolism by nitrate on the regulation of assimilate partitioning in *Pachyrhizus erosus*. *Plant Physiology and Biochemistry (France)* 28(1):131-6.

- _____ et Desfontaines, L. 1992. Effet du traitement a la chaleur de la tige de *Pachyrhizus erosus* (L.) Urban sur la teneur en glucides et l'activité nitrogénase des nodosités. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberifères, 10, Guadeloupe. Resúmenes.
- Valio, I.F.M. 1992. Rotenone and pachyrhizin levels during growth of *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberifères, 10, Guadeloupe. Resúmenes.
- Vansuyt, G. and Zinsou, C. 1989. Preliminary investigations on indigenous strains of *Rhizobium nodulating yam bean (Pachyrhizus erosus Urban)* in Guadeloupe. Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 25 th, Guadeloupe. Proceedings.
- Veer, K. van der. 1918. Bangkoewang (*Pachyrhizus angulatus* Rich.). *Teysmannia* 24:547-553.
- Vidal, B. de C. and Pimentel, E.R. 1985. Caractericaio bioquímica e estrutural dos corpos proteicos do feijao macuco ou jacatupé (*Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng.). *Revista Brasil. de Bot.* 8:223-229.
- Vietmeyer, N.D. 1986. Lesser-known plants of potential use in agriculture and forestry. *Science (USA)* 232:1379-1384.
- Villanueva N., E. 1976. Recomendaciones para el cultivo de la jícama en el estado de Morelos. Chapingo, México, Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central. Circular no.75. 5p.
- Walker, H. and Anderson, L.D. 1943. Control of aphids and diamond-back moth larvae on collards with rotenone-nicotine dusts. *Journal of Economic Entomology (USA)* 36(2):343-344.
- Weddell, H.A. 1857. Notice sur l'ahipa et l'aricoma, plantas alimentaires du Haut-Pérou. *Annales des Sciences Naturelles IV Série (Botanique)* 7:111-115.
- Woomer, P.L. 1979. Root tuberization and nitrogen fixation by *Pachyrhizus erosus* (L.). M.Sc. Thesis, University of Hawaii.
- Wu L., W y Flores, M. 1961. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Instituto De Nutrición de Centroamérica y Panamá, Guatemala. 132 p.
- Xande, A.; Zingsou, C.; Despois, P.; Gogue, J.; Vansuyt, G.; Venthou-Dumaine, A.; Labirin, F. and Saminadin, G. 1989. Incidence de l'introduction de dolique tubéreux *Pachyrhizus erosus* Urban sur l'ingestion et la digestibilité mesurée sur moutons d'une ration à base de *Panicum maximun* cv Likoni A 15. In Symposium sur paturages et l'alimentation des ruminants en zone tropical humide. Pointe-à-Pitre, Guadeloupe, INRA. pp.361-366. (Contiene resúmen en Inglés).
- Yacovleff, E. y Muelle, J.C. 1932. Un fardo funerario de Paracas. *Revista del Museo Nacional, Lima (Perú)* 3:63-153.
- _____. 1933. La jiquima, raíz comestible extinguida en el Perú. *Revista Museo Nacional, Lima (Perú)* 2(1):51-66.
- Yamaguchi, M. 1983. World vegetables; principles, production and nutritional values. AVI, Conneticut, USA.
- Yang, R.Z. and Tang, C.S. 1988. Plants used for pest control in China: a literature review. *Economic Botany (USA)* 42(3):376-406.
- Yu, T.F., Chiu, W.F., Cheng, N.T. and Wu, T.T. 1945. Studies on *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitz. in China. *Lignan Sci. Journal* 21(14):45-62.
- Zinsou, C.; Venthou-Dumaine, A. and Vansuyt, G. 1987a. Croissance et développement du *Pachyrhizus erosus* Urban. 1. Effects de l'acide gibbérelique et du chlorure de chlorocholine en jours courts. *Agronomie* 7(9):677-683.
- _____; Vansuyt, G. and Venthou-Dumaine, A. 1987b. Croissance et développement du *Pachyrhizus erosus* Urban. 2. Effects de l'acide gibbérelique et du chlorure de chlorocholine sur la composition glucidique du tubercule. *Agronomie* 7(10):821-825. (Contiene resúmen en Inglés).

- _____ ; Vansuyt, G. and Venthou-Dumaine, A. 1987c. Gibberellic acide and CCC changed sugar composition and tuber yield in yam bean, *Pachyrhizus erosus* Urban. Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 23 th., Antigua. Proceedings.
- _____ and Ventou-Dumaine, A. 1988. Effects of different sowing dates on the growth and development of yam bean (*Pachyrhizus erosus* Urban). Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 24 th, Jamaica. Proceedings. 8 p.
- _____ ; Venthou-Dumaine, A. and Vansuyt, G. 1988. Effets des phytohormones sur la croissance et le developpement du Dolique tuberux (*Pachyrhizus erosus*) en conditions de jours courts. Symposium of the International Society for Tropical Roots Crops, 7 th., Guadeloupe. pp.875-890. (Contiene resúmen en Inglés).
- _____ and Vansuyt, G. 1989. Consequences of purine degradation inhibition induced by allopurinol on growth, nitrogenous compounds and carbohydrates in yam bean (*P. erosus* Urban). Annual Meeting of the Caribbean Food Crop Society, 25 th, Guadeloupe. Proceedings.
- _____. 1989. Le dolique tubereux (*Pachyrhizus erosus* Urban): un nouveau legume pour les Antilles. Bulletin Agronomique Antilles et de la Guyane 8:42-48.
- _____. 1992a. Physiology of tuber legumes. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.
- _____. 1992b. Composition biochimique des legumineuses tuberiferes. Symposium International sur Les Legumineuses Tuberiferes, 1o, Guadeloupe. Resúmenes.