

# *Monografía y cultivo de* **SACHA INCHI**

**Oleaginoso promisorio  
para la diversificación  
productiva en el trópico**



**BOLETÍN TÉCNICO**

**Florencia, abril de 2004**



# **MONOGRAFÍA Y CULTIVO DE SACHA INCHI**

*(Plukenetia volubilis L.)*

**Julio Enrique Gómez Mesa\***

---

\* Médico Veterinario Zootecnista, Investigador del Programa Agroforestería, CORPOICA, C.I. Macagual, Caquetá, Colombia.



Publicación cofinanciada por el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, PRONATTA, a través del proyecto "Manejo de fragmentos de bosque en sistemas ganaderos del área de colonización consolidada de Caquetá, como estrategia de aprovechamiento integral de productos forestales (maderables y no maderables)".

Agradecimientos especiales por su colaboración a

Julián Alberto García Giraldo - Zootecnista

Luis Ángel Muñoz Sarriá - Auxiliar de técnico

Jairo García L. - Ing. Agrónomo

Yudy Maritza Obando A. y Wilmer Herrera - Biólogos

© 2005 Corpoica - Pronatta

Primera edición: enero de 2005

ISBN: 958-8210-74-7

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Impresión y encuadernación:



Tel: 2885338 Bogotá, DC

[www.produmedios.com](http://www.produmedios.com)

Diseño creativo: *Dannhite*

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

# CONTENIDO

## Contenido

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>ASPECTOS TAXONÓMICOS.....</b>	<b>7</b>
Nombres comunes	7
Clasificación botánica	7
Descripción taxonómica	7
Distribución geográfica y forma de vida	8
<b>CICLO BIOLÓGICO .....</b>	<b>9</b>
Fase vegetativa	9
Fase reproductiva	9
<b>USOS, PROPIEDADES Y APLICACIONES .....</b>	<b>12</b>
Usos tradicionales y locales	12
Propiedades y aplicaciones	12
<b>PROPAGACIÓN Y CULTIVO .....</b>	<b>17</b>
Producción	17
Comportamiento de la semilla	17
Siembra y establecimiento del cultivo	18
Plagas, enfermedades y entomofauna asociada	19
<b>COSECHA Y POSCOSECHA.....</b>	<b>23</b>
RECOLECCIÓN DE FRUTOS	23
MANEJO POSCOSECHA	23
EXTRACCIÓN DEL ACEITE	24
CONSIDERACIONES FINALES	25
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>26</b>

## INTRODUCCIÓN

Los aceites vegetales constituyen una alternativa para atender las demandas energéticas alimentarias y agroindustriales de países tropicales en desarrollo. Según informes de la FAO, en los dos últimos decenios, 20 de cada 100 kilocalorías consumidas por las poblaciones de estos países, provienen de cultivos oleaginosos. Los análisis de la FAO prevén que para el año 2030, 45 de cada 100 kilocalorías adicionales pueden proceder de semillas oleaginosas. (Anuario FAO, 2003).

Los cultivos oleaginosos están entre los más dinámicos en los últimos decenios, creciendo casi dos veces más rápido que la agricultura mundial considerada en su conjunto, con un aumento neto de 75 millones de ha entre 1974 y 1999 (período en el que las zonas destinadas a cultivos de cereales se redujeron a 28 millones de ha). Solamente cuatro especies, palma, soja, girasol y colza representaron casi las tres cuartas partes de la producción mundial de semillas oleaginosas en este período (MADR, 2003).

Además de su importancia como fuente energética para la alimentación humana y para la elaboración de alimentos balanceados para animales, la utilización de los aceites vegetales muestra un panorama amplio y diverso en campos como la industria oleoquímica, los biocombustibles y los alimentos funcionales entre otras posibilidades. Cada uno de estos usos requiere ciertas calidades en la composición de los aceites y muy particularmente en cuanto a los ácidos grasos predominantes.

El manejo de los aceites vegetales en la nutrición humana ha adquirido es-

pecial relevancia como consecuencia de los avances alcanzados en el conocimiento de los beneficios y riesgos asociados a los niveles de grasas en la dieta y a sus características cualitativas, como el caso de las proporciones de ácidos grasos saturados, ácidos grasos mono-insaturados y ácidos grasos poli-insaturados.

Se ha determinado por ejemplo, que la incorporación de ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) de cadena larga (omega 6 y omega 3) en la alimentación, contribuyen a disminuir los riesgos de enfermedades cardiovasculares asociadas a altos niveles de colesterol sérico de LBD (lipoproteínas de baja densidad), generados por el alto consumo de grasas saturadas.

Estos ácidos grasos son metabolizados a moléculas de mayor peso molecular, como prostaglandinas, prostaciclina y tromboexanos, las cuales son de especial importancia como reguladores de funciones celulares. Ácidos grasos poli-insaturados, como el linoléico y el linolénico, se consideran esenciales debido a que el organismo de los humanos y de muchas especies animales no los pueden sintetizar y es necesario obtenerlos de la dieta. (Michelangeli, 2000)

Por su parte, las industrias de los aceites comestibles están avocadas a utilizar materias primas con propiedades que no solamente satisfagan los requerimientos culinarios y alimentarios del hombre y los animales, sino que deben ser muy convenientes para la salud humana.

Estas tendencias sugieren oportunidades importantes para el protagonismo agroalimentario y agroindustrial de paí-

ses como Colombia, en la medida en que logre ampliar la oferta de materias primas con base en el conocimiento y aprovechamiento de la biodiversidad tropical, con una visión de complementariedad y porqué no, de carácter alternativo a la aún debatida modificación genética de especies tradicionales como el caso de la soya, el algodón y el girasol. En este contexto, *Plukenetia volubilis* se proyecta como una especie oleaginosa muy promisoriosa.

Tradicionalmente Sacha inchi ha sido utilizada en la alimentación humana a la manera de maní; la semilla de esta especie, constituye una fuente sumamente importante de ácidos grasos poli-insaturados como los ácidos linoléico (C18:2) y linolénico (C18:3), así como de aminoácidos esenciales, que la convierten en una alternativa a tomar en cuenta en el desarrollo agropecuario regional.

Su utilidad no solamente se limita al consumo humano, sino que puede ser una materia prima útil en formulaciones alimentarias para la producción pecuaria y piscícola.

Por tales razones, el centro de investigación Macagual de CORPOICA en Caquetá, ha decidido contribuir al desarrollo investigativo en torno de esta especie con el propósito de propiciar su incorporación en los sistemas agropecuarios locales y contribuir en los procesos de diversificación productiva.

Este documento integra de manera resumida los resultados de investigaciones adelantadas por CORPOICA en el Centro de investigación Macagual, con el apoyo financiero de PRONATTA y una revisión de literatura científica existente sobre esta especie, generada mediante estudios adelantados en países como Perú y Estados Unidos de América.

## ASPECTOS TAXONÓMICOS

### NOMBRES COMUNES

Sacha Inchi, Inca peanut, Maní estrella, Maní Inca, Maní de monte, N'gart, Maní deajuco o Cacahuete Inca.

### CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Reino	Plantae
Filo	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Euphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Género	Plukenetia
Especie	volubilis

### DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

El género *Plukenetia* pertenece a la familia Euphorbiaceae. Se han identificado 17 especies de *Plukenetia*, de las cuales 12 se encuentran en el trópico americano, tres en África y una en Madagascar.

Las especies de este género son plantas trepadoras, generalmente con hojas aserradas, glándulas basilaminares, flores unisexuales, sin corola, con 16 a 40 estambres libres o unidos, frutos tetralobulados (Jiménez *et al.*, 2000).

*Plukenetia volubilis* es una planta monoica, semileñosa, perenne y de tipo voluble. Sus hojas son simples alternas, acorazonadas, de 10 a 12 cm de largo y 8 a 10 cm de ancho. Poseen dos glándulas elípticas en la base de la hoja por el haz; bordes dentados, pecíolo de 2 a 6 cm de largo (Figura 1).

Las inflorescencias se presentan en forma de racimos de tamaños que pueden variar entre 5 y 15 centímetros de longitud. La flor femenina nace en la parte axilar de la inflorescencia y a medida



**Figura 1.** Hojas, flores y fruto en formación de *Plukenetia volubilis*. Esquina superior izquierda: Glándulas de la base de la hoja.

que va creciendo la inflorescencia, la flor femenina se va desarrollando. A veces nacen dos flores en la parte axilar de la inflorescencia.

Las flores femeninas tienen un estilo con una longitud media de 3.1 cm y un estigma ramificado de 4 a 5 lóbulos. Las flores masculinas son pequeñas (0,5 cm de diámetro), redondeadas, blanquecinas y conforman la mayor parte del racimo floral. Cada flor masculina tiene entre 4 y 6 pétalos y estambres de color amarillo en cantidades que oscilan entre 15 y 22, aunque pueden ser más (Figura 2).

Los frutos tienen forma de estrella, con número variable de lóbulos que pueden ir desde cuatro hasta ocho. Predominan los frutos con cuatro y cinco lóbulos. Los lóbulos se dividen cuando el fruto madura y se seca (Figura 3).

Dentro de los lóbulos, en el fruto maduro, se encuentran las semillas que son

de color marrón oscuro, corrugadas y venadas, de forma lenticular y con 1.5 a 2 cm de diámetro.

## DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y FORMA DE VIDA

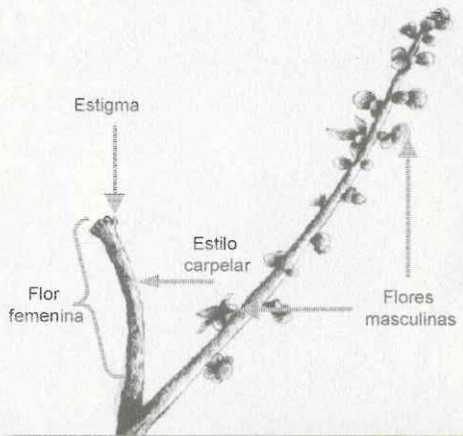
Es una planta trepadora de rápido crecimiento, que se la puede encontrar en bosques secundarios, bordes de bosques, rastrojos, cercos vivos, alambrados, etc. (Wallès, 1995).

Es una especie neotropical cuya presencia ha sido registrada en territorio amazónico de Perú y Bolivia. (Arévalo 1996). También se ha registrado en Colombia en los departamentos de Putumayo y Caquetá (Murillo, 1995).

Crece en altitudes desde los 100 msnm hasta los 1500 msnm, en una amplia gama de tipos de suelo.

Se comporta bien en suelos ácidos y con concentraciones elevadas de aluminio, como en el caso de los suelos de lomeríos, del mismo modo que en suelos aluviales planos bien drenados (Arévalo, 1996).

No obstante, su comportamiento productivo es mejor en suelos de textura franco-arenosa, como el caso de los suelos aluviales. No tolera suelos mal drenados ni encharcamientos prolongados.



**Figura 2.** Morfología del sistema reproductivo de *Plukenetia volubilis*.



**Figura 3.** Fruto verde de *Plukenetia volubilis*.

## CICLO BIOLÓGICO

Para las condiciones agroclimáticas de Caquetá, el tiempo que transcurre desde el momento de la siembra de las semillas hasta la obtención de frutos maduros es de 220 a 230 días, lo cual concuerda con reportes para las condiciones de la Amazonía peruana. El ciclo biológico se divide en dos fases: vegetativa y reproductiva.

### FASE VEGETATIVA

Comprende los fenómenos que transcurren luego de la germinación y se extiende hasta la etapa de prefloración, incluyendo la formación de raíz, tallo y hojas, presenta una duración media de 90 días.

Una semana después de la germinación aparece la segunda hoja verdadera y el tallo guía.

Cuando se siembra en almácigo (no es lo más práctico), este es el momento más apropiado para el traslado a sitio definitivo.

Es una planta de rápido crecimiento, en tanto disponga de tutores o sistema de soporte donde enredar y extenderse. Bajo estas condiciones desarrolla una gran cantidad de ramas y hojas (Figura 4).

*Plukenetia volubilis* tiene crecimiento vegetativo, floración y fructificación continuados durante todo el año, aunque en las épocas de máxima precipitación su productividad biológica es menor.

### FASE REPRODUCTIVA

La fase reproductiva, que comprende desde el inicio de la formación de las estructuras florales, hasta el desarrollo

y obtención de los frutos maduros, presenta una duración media de 120 días distribuidos entre brote inicial de inflorescencias, diferenciación de flores masculinas y femeninas, formación de frutos y maduración de frutos.



**Figura 4.** Planta de *P. volubilis* con aproximadamente dos meses y medio.

El período que va desde el inicio de la formación de los racimos florales hasta la diferenciación completa de las flores masculinas y femeninas es de 20 a 25 días (Figura 5).

La oferta de flores por planta generalmente es abundante; sin embargo, suele presentarse una pérdida bastante alta de flores femeninas, por lo que la fructificación está muy por debajo del potencial floral.

Aunque la literatura reporta que son más frecuentes los frutos tetralobulados, un análisis de los frutos del material que se cultiva en el Centro de Investigación Macagual (Florencia, Caquetá), muestra predominio de frutos pentalobulados (Cuadro 1).

El período de desarrollo de los frutos es aproximadamente de 30 días al

final de los cuales se inicia la fase de maduración. Ocasionalmente se presenta caída temprana de frutos pequeños (Figura 6).

El período de maduración de los frutos tiene una duración media de 25 a 30 días. El fruto maduro adquiere un color marrón, y se pueden diferenciar perfectamente cada una de las cápsulas en las que se localizan las semillas de manera individual (Figuras 7 y 8),

En resumen, el ciclo biológico de *P. volubilis* indica que a partir del mes siete se comienza a obtener frutos maduros, pero el proceso de floración y fructificación es permanente durante todo el año, con menor productividad en la época de máxima precipitación (Figura 9).

**Figura 5.**

Izquierda: flor femenina de 5 días. Derecha: flor femenina de 16 días.



**Cuadro 1.** Distribución de frutos de *P. volubilis* según número de lóbulos. Material cultivado en C. I. Macagual.

Número de lóbulos	4	5	6	7	8
Numero de frutos	28	57	46	6	1
Porcentaje	20.2	41.3	33.3	4.3	0.72



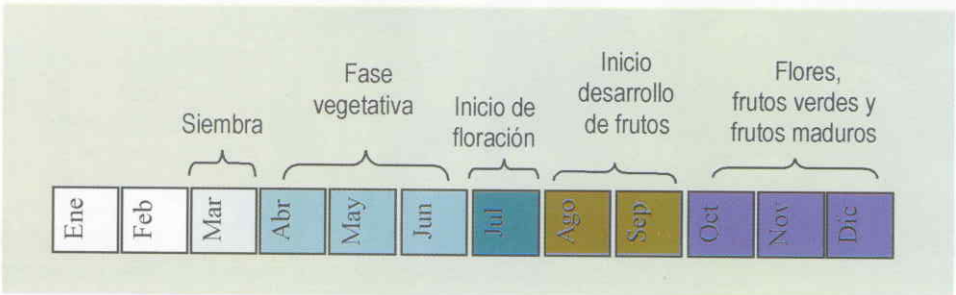
**Figura 6.** Frutos de *P. volubilis* en distintas etapas de desarrollo.



**Figura 7.** Fruto verde.



**Figura 8.** Fruto seco.



**Figura 9.** Comportamiento biológico de *P. voluúbilis* durante el primer año.

## USOS, PROPIEDADES Y APLICACIONES

### USOS TRADICIONALES Y LOCALES

En varias localidades de la Amazonia y especialmente en Perú, se reporta la utilización de la almendra de *Plukenetia volubilis* para fines alimentarios, especialmente por parte de la población rural.

La almendra se utiliza como sustituto del maní tradicional, *Arachis hypogaea*, en diferentes tipos de preparación (tostado, cocido, en sopas, salsas, etc.) (Figura 10).

También se reporta la obtención y utilización del aceite para alimentación o como combustible (Arévalo, 1996).

Walles (1995), hace referencia a la utilización de la semilla de sacha inchi en la formulación de mezclas nutritivas para consumo humano.

### PROPIEDADES Y APLICACIONES

Los estudios bromatológicos de la semilla de *P. volubilis* reportan altos conteni-

dos de aceite y proteína de alta digestibilidad (Cuadro 2).

Estas condiciones explican y justifican su utilización como fuente alimenticia integral, en la dieta de algunas comunidades rurales, especialmente en Perú.

**Cuadro 2.** Composición química de *P. volubilis* en base seca.

Componente	%
Proteína	25.86
Fibra cruda	12.07
Grasa cruda	54.90
Carbohidratos	4.30
Ceniza	2.87
Total	100.00

Fuente: Anales Científicos, Universidad Agraria La Molina. Perú.



**Figura 10.** Semilla de *P. volubilis*.  
Izquierda: semilla completa. Derecha: almendra

## Características y composición del aceite

El contenido de aceite es bastante variable pero los valores más frecuentes están entre 45 % y 54%, lo que la coloca a la cabeza de las especies oleaginosas en cuanto a rendimiento.

Como característica adicional, los análisis químicos indican que más del 90% del aceite está constituido por ácidos grasos insaturados (principalmente poli-insaturados) entre los que se destacan el ácido linoléico (C18:2) que forma parte de los omega 6, y el ácido linolénico (C18:3) de los omega 3, que en conjunto significan más del 80% (Cuadro 3).

Se reúnen en el aceite de esta semilla varias propiedades químicas que le confieren posibilidades de uso muy diversas que van desde su potencial como fuente energética alimentaria y su conveniencia para la salud humana, hasta su utilidad en diversas industrias oleoquímicas.

Se ha determinado por ejemplo, que la incorporación de ácidos grasos poli-

insaturados (omega 6 y omega 3) en la alimentación, contribuye a reducir los riesgos de padecer enfermedades cardiovasculares asociadas a altos niveles de colesterol sérico de LBD (lipoproteínas de baja densidad), conocido en términos populares como colesterol "malo".

Se ha establecido también que los ácidos grasos omega 6 son indispensables para el crecimiento adecuado de los recién nacidos y los omega 3 participan en el desarrollo normal del sistema nervioso.

La particularidad de contener altos niveles de ácido linolénico (omega 3), le confiere a la semilla de *P. volubilis* una amplia gama de posibilidades de uso en diversas industrias.

Por ejemplo, las industrias farmacéuticas y alimentarias lo requieren para la fabricación de productos dirigidos a controlar hipercolesterolemias y para formulaciones destinadas a suplir demandas y deficiencias de estos ácidos grasos esenciales en madres lactantes y gestantes, entre otros usos.

**Cuadro 3.** Comparación del contenido de ácidos grasos en la almendra de *P. volubilis*, con cuatro oleaginosas tradicionales

Ácido graso	<i>P. volubilis</i>	Soya	Maní	Algodón	Girasol
Saturados					
Mirístico (C14:0)	1,2	0	0	0	0
Palmitico (C16:0)	5,6	10,5	12,0	18,7	7,5
Esteárico (C18:0)	2,2	3,2	2,2	2,4	5,3
Otros	Trazas				
Monoinsaturados					
Palmitoléico (C16:1)		0	0,3	0,6	0
Oleico (C18:1)	9,6	22,3	41,3	18,7	29,3
Linoléico (C18:2)	37,0	54,5	36,8	57,5	57,9
Poli-insaturados					
Linolénico (C18:3)	43,8	8,3	0	0,5	0
Gadoléico		0	1,1	0	0
Otros	Trazas				
Resumen					
Saturados	9,0	13,7	14,2	21,1	12,8
Mono-insaturados	9,6	22,3	41,6	19,3	29,3
Poli-insaturados	80,8	62,8	37,9	58,0	57,9

El análisis de la calidad de los aceites para fines agroindustriales, incluye la determinación de algunas características físicas y químicas como los índices de yodo, saponificación, refracción, acidez y peróxido entre otros.

En el Cuadro 4 se relacionan los valores obtenidos para el aceite por investigadores de la Facultad de Industrias alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina en Perú (Pascual, 2000).

Los altos índices de yodo (189)<sup>1</sup> en correspondencia con los altos contenidos de ácido grasos poli-insaturados, le confieren al aceite propiedades secantes especialmente por la proporción de ácido linolénico, condición de gran utilidad en la industria oleoquímica para la fabricación de barnices y revestimientos.

### Antioxidantes

Un indicador de máxima importancia de la calidad de los aceites es su estabilidad oxidativa.

Las semillas oleaginosas usualmente presentan alta susceptibilidad a procesos de enranciamiento u oxidación, especialmente cuando contienen altas proporciones de ácidos grasos poli-insaturados.

Sin embargo, con frecuencia se valen de diversos compuestos naturales con acción antioxidante, para evitar el deterioro temprano de sus aceites y garantizar mayor vida útil, tanto para éstos, como para las semillas.

Los tocoferoles son las principales sustancias con propiedades antioxidantes presentes de forma natural en aceites de semillas.

Estos antioxidantes existen en cuatro formas químicas denominadas alfa-, beta-, gamma- y delta-tocoferol.

Aunque se considera que cada una de estas formas químicas tiene funciones antioxidantes diferenciadas, aún no se ha logrado establecer con precisión todas sus funciones.

Según algunos autores, el gama-tocoferol tiene funciones antioxidantes en

**Cuadro 4.** Descripción de la calidad del aceite de *P. volubilis*

Indicador	Aceite crudo
Peso específico (g/cc) a 15° C	0,929085
Color (U. Rojo lovibond)	2,86783
Índice de refracción a 25° C	1,480125
Viscosidad a 37° C (centistokes)	44,7795
Índice de Yodo (g de I / 100g de aceite)	189
Índice de peróxido (meq.) Oxígeno activo / 1000 g de grasa)	4,139
M. insaponificable (g insaponificables/100 g de aceite)	0,242
Índice de saponificación (mg KOH / g de aceite)	229,583
Índice de acidez (mg KOH / g aceite)	1,277
Ceniza (%)	0,241
Humedad (%)	0,024

Fuente: Anales Científicos UNALM. Lima, Perú. 2000

1 Gramos de yodo que pueden ser fijados por 100 gramos de grasa.

la materia prima, esto es, en los aceites contenidos en la semilla

Estudios realizados por investigadores del *Institut für chemie und physik der fette* de Alemania indican que en *P. volubilis* se destacan los contenidos de gamma-tocopherol y delta - tocoferol (Cuadro 5).

### Índice de peróxido

El grado de absorción de oxígeno por parte de los aceites se mide mediante el índice o valor de peróxido. El *Codex Alimentarius*<sup>2</sup> acepta un índice de peróxido máximo de 10 miliequivalentes de oxígeno activo por cada kg de aceite.

El índice de peróxido obtenido por los investigadores de UNALM en Perú para el aceite de *P. volubilis*, fue de 4,139, lo que indica que ligado a su alta insaturación, el aceite tiene una composición química con importantes contenidos de antioxidantes naturales.

Es posible que los contenidos de Gama y delta-tocopherol sean los responsables del bajo índice de peróxido y de la relativa buena capacidad de almacenamiento de la semilla.

**Cuadro 5.** Antioxidantes

	mg/100 g
Alfa -Tocopherol	0,54
Gamma -Tocopherol	112,20
Plastochromanol-8	0,55
Gamma - Tocotrienol	0,48
Delta -Tocopherol	62,17
Total	175,94

Fuente: Aitzetmüller, K. et al. 2000

2 Comisión creada por la FAO y la OMS en 1963, para desarrollar normas alimentarias, reglamentos y otros textos relacionados tales como códigos de prácticas bajo el Programa Conjunto FAO/OMS de Normas Alimentarias.

### Contenido y calidad de la proteína

Otra condición especial de *P. volubilis* es su importante contenido de proteína, que puede oscilar entre el 25 y el 28% o superior.<sup>3</sup>

La calidad de la proteína se expresa fundamentalmente en tres factores: composición, digestibilidad y presencia o ausencia de compuestos antinutricionales.

### Características generales y composición

Investigaciones del departamento de nutrición, alimentación y ciencias aplicadas y el departamento de ciencias biológicas de la universidad de Florida indican que *P. volubilis* contiene una albúmina hidrosoluble que corresponde al 25% en peso de la harina de semilla desgrasada y representa el 31% del total de la proteína de la semilla (Sathe et al., 2002).

Según las investigaciones mencionadas, esta albúmina es una proteína de almacenamiento en semilla, compuesta por dos polipéptidos glicosilados, con pesos moleculares estimados de 32,8 y 3,48 KD<sup>4</sup>, respectivamente.

Es una proteína básica (pl de aproximadamente 9,4) y contiene todos los aminoácidos esenciales y en proporciones adecuadas para un humano adulto, según los niveles recomendados por la

3 Pruebas adelantadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de CORPOICA del Centro de Investigación Tibaitatá, en Bogotá, determinaron un contenido de proteína cruda de 33%, en semillas de cultivo experimental del Centro de Investigación Macagual, en Caquetá.

4 KD: Kilo Dalton. Unidad de medida de masa molecular.

FAO. Presenta un contenido estimado de azúcar de  $4,8\% \pm 0,92\%$  ( $n=6$ ) (Sathe *et al.*, 2002).

El contenido de triptófano es inusualmente alto (44 mg/g de proteína), en tanto que el contenido de fenilalanina es bajo (9mg/g de proteína)

En términos generales, si se le compara con otras materias primas, el perfil de aminoácidos del material cultivado en Caquetá muestra importantes contenidos de triptófano, cisteína, treonina, alanina, y prolina. El contenido de metionina apenas se considera aceptable (Cuadro 6).

## Digestibilidad

La proteína de la torta de *P. volubilis*, evaluada mediante pruebas biológicas en ratas, muestra una digestibilidad aparente de 87,6 y una digestibilidad verdadera de 92,2, frente a la digestibilidad de la caseína con valores de 89,9 y 94,4 respectivamente (Gómez y col., 2000).

Otra característica indicadora de la calidad nutricional de la proteína de *P. volubilis* es la ausencia de compuestos antinutricionales, y específicamente de inhibidores proteolíticos, también conocidos como inhibidores de tripsina.

**Cuadro 6.** Comparación del perfil de aminoácidos de la almendra de *P. volubilis* provenientes del C.I. Macagual y de Perú\*

Aminoácido	C.I. Macagual	Perú
Serina	16	64
Glicina	34	118
Histidina	38	26
Arginina	21	55
Treonina	173	43
Alanina	173	36
Prolina	173	-
Tirosina	43	55
Valina	42	40
Isoleucina	20	50
Leucina	59	64
Fenilalanina	23	24
Lisina	46	43
Metionina	10	12
Cisteína	40	25
Triptófano	89	29

\* Valores indicados en miligramos de aminoácido por gramo de proteína.

## PROPAGACIÓN Y CULTIVO

### PRODUCCIÓN

La semilla es lenticular y ovaliforme, con un promedio de dos centímetros en su diámetro mayor, 1.6 cm en su diámetro menor y 0.8 cm de espesor en el centro (Figura 11).

La producción de semilla por hectárea varía según el material vegetal, las condiciones agroecológicas y el manejo. Para las condiciones de Caquetá en paisaje de terraza, condiciones medias de fertilidad y una densidad de siembra de 3.400 plantas/ha se puede obtener entre 800 y 900 kg de semilla durante el primer año productivo.

Posteriormente la producción puede alcanzar valores superiores a las dos toneladas/ha/año, dependiendo de las condiciones de mantenimiento del cultivo.

Recién cosechado, un kilogramo puede contener entre 700 y 800 semillas (1.3 gramos/semilla). Después de tres a cuatro meses de almacenamiento

por pérdida de humedad el peso promedio de la semilla es de 0.8 gramos (Figura 12).



**Figura 12.**  
Semillas libres de sus cápsulas.



**Figura 11.**  
Tamaño medio de la semilla de *P. volubilis*.

### COMPORTAMIENTO DE LA SEMILLA

#### Germinación

Pruebas de *in vitro* indican que la semilla presenta baja uniformidad en cuanto al tiempo de germinación.

En presencia de luz blanca la germinación comienza a los ocho o nueve días con un 12% de semillas y solo hasta 30 días después alcanzan una germinación del 80%.

En oscuridad la germinación es más temprana. Comienza alrededor de los tres días y a los 17 días ya alcanza una germinación del 71% (Figura 13).

Las pruebas en campo mostraron un proceso de germinación relativamente



**Figura 13.** Semilla en proceso de germinación.

uniforme y más temprano. Entre los ocho y diez días después de la siembra se alcanzó una emergencia de más del al 80 % de las plántulas.

### Almacenamiento

Las semillas oleaginosas y especialmente las que contienen altas concentraciones de grasas insaturadas tienen mayor riesgo de oxidación y deterioro de su viabilidad si no se les conserva bajo condiciones adecuadas.

Las condiciones climáticas de Caquetá con humedad ambiental usualmente superior al 80 % y temperatura media mensual de 26 °C, no son muy favorables para el almacenamiento de semillas.

Sin embargo, una evaluación de viabilidad hecha a semillas de *P. volúbilis* con distintos tiempos de almacenamiento bajo estas condiciones ambientales, indica que después de diez meses de almacenamiento las semillas aún pueden mantener porcentajes de viabilidad superiores al 70%.

La proporción de semillas no viables en buena parte correspondió a deterioro por contaminación fúngica. Cuadro 7.

Para la prueba se utilizaron semillas con dos, tres, cuatro, seis y diez meses

de almacenamiento. Las pruebas de viabilidad se hicieron mediante la técnica de coloración de embriones con tetrazolio.

De esta evaluación se infiere entonces que en tanto se mantengan libres de exposición a la luz y bajo buena ventilación, las semillas pueden conservar porcentajes altos de viabilidad por períodos cercanos a un año bajo las condiciones climáticas locales.

### SIEMBRA Y ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

Por tratarse de una planta trepadora (tipo enredadera), requiere de un sistema de soporte o tutorado para su establecimiento (Figura 14).

Se pueden hacer almácigos y trasplantar posteriormente las plántulas, sin

**Cuadro 7.** Viabilidad de semillas de *P. volúbilis* en Caquetá.

Tiempo de almacenamiento (meses)	Porcentaje de viabilidad
2	69
3	78
4	70
6	70
10	73

embargo, es más conveniente sembrar las semillas en sitios definitivos.

En terrenos planos es conveniente utilizar los sistemas de espalderas convencionales o prototipos agroforestales, combinando posteadura muerta con árboles.

En terrenos de lomeríos o superficies irregulares donde no sea viable el sistema de espaldera, se pueden utilizar tutores naturales manejados de modo que no alcancen alturas mayores de 2 m, para que se facilite la cosecha.

Se debe sembrar en terrenos con buen drenaje, puesto que no soporta encharcamientos prolongados. Requiere aportes importantes de materia orgánica y es conveniente asociarlo con leguminosas, preferiblemente de tipo arbóreo, para garantizar un buen aporte de nitrógeno.

El sistema radicular presenta alta susceptibilidad al ataque de nematodos patógenos y hongos, que ocasionan alta mortalidad de plantas. Por tal motivo, la elección de terrenos para el establecimiento del cultivo debe considerar la evaluación previa de los suelos en este aspecto.

## PLAGAS, ENFERMEDADES Y ENTOMOFAUNA ASOCIADA

### Plaga del fruto

En Caquetá se ha detectado la presencia de un lepidóptero (polilla) cuya larva ataca el fruto verde en toda su fase de desarrollo, desde estadios tempranos hasta el final de su crecimiento (Figura 15).



Figura. 14. Sistema convencional de espaldera para el cultivo de *P. volúbilis*. C.I. Macagual.



Figura 15. Larva de lepidóptero en fruto de *Plukenetia volubilis*.

Los mayores ataques se han presentado en la época de mayor precipitación (abril, mayo y junio).

La larva se introduce dentro del fruto causando su pudrición parcial o total, es decir que puede afectar todas las semillas del fruto o solamente algunas. El ataque puede ser generalizado en todo el cultivo.

Se han logrado aceptables niveles de control colectando los frutos atacados y enterrándolos para evitar que el insecto continúe su ciclo biológico.

Una ventaja del cultivo de Sacha inchi sobre especies anuales es que aún bajo este tipo de ataque de plagas a los frutos, el proceso de floración y fructificación continua sin interrupción y en consecuencia solamente se pierde una pequeña parte de la cosecha.

### Comedores de hojas

Otro lepidóptero que está estrechamente asociado a *P. volubilis* es una mariposa del género *Nessaea* (posiblemente *N. hewitsoni*).

Los huevos son depositados en las hojas y allí se desarrolla su metamorfosis. Sin embargo el daño de esta mariposa es muy pequeño, por lo que no genera preocupación.(Figura 16).

### Complejo nematodos - hongos

Posiblemente el mayor problema fitosanitario registrado hasta ahora para el cultivo en Caquetá, es su alta susceptibilidad al ataque del complejo nematodo-hongo.

Nemátodos patógenos del genero *Meloidogyne sp*, parasitan las raíces de la planta, ocasionando heridas que posteriormente son aprovechadas por hongos que originan la pudrición de las raíces y producen consecutivamente altas tasas de mortalidad de plantas en el cultivo (Figuras 17 y 18).

Existen reportes de que *Meloidogyne spp.*, tiene especial afinidad con especies de la familia Euphorbiacea, a la cual pertenece el género *Plukenetia*.

El nematodo en su fase juvenil penetra la raíz y se alimenta dentro del sistema vascular. Si se convierte en macho, abandona la raíz y finaliza su ciclo en el suelo.

Si evoluciona a hembra, pierde su movilidad y a medida que madura se hincha adquiere forma de limón. Durante este proceso se traslada del sistema vascular al exterior de la raíz lesionando los tejidos (Agrios, 1996).

Las plantas infectadas muestran un desarrollo deficiente y una menor cantidad y menor tamaño de hojas, color verde pálido o amarillento. Las inflorescencias y frutos no se forman o se atrofian y son de baja calidad.

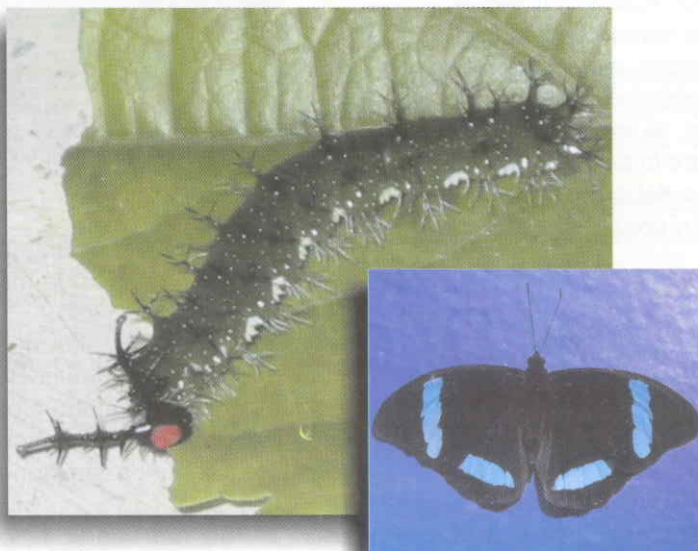
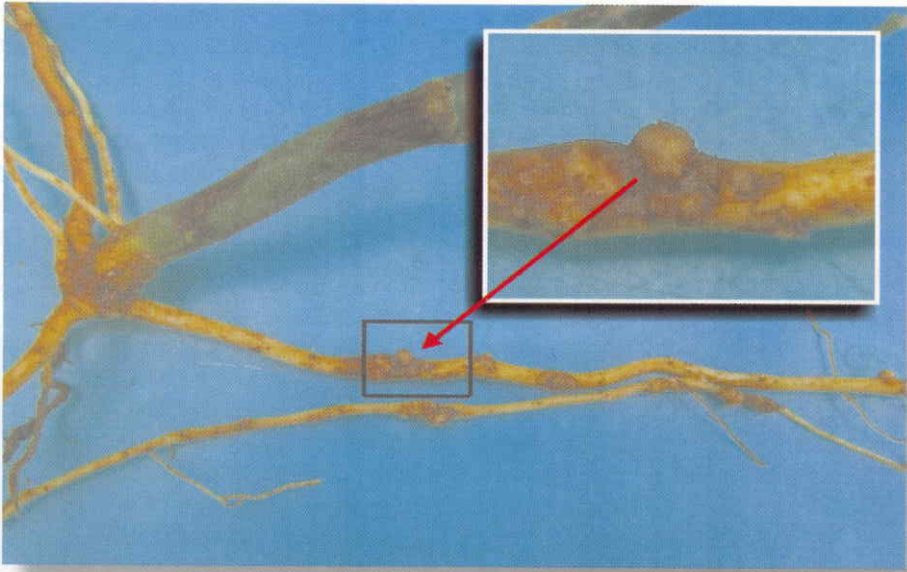


Figura 16.

Larva y ejemplar adulto de mariposa del género *Nessaea* frecuente en material de *P. voluúbilis* cultivado en C. I. Macagual en Caquetá..



**Figura 17.** Nódulos de la raíz de *P. volubilis*, causados por ataque de nematodos patógenos del género *Meloidogyne*.



**Figura 18.** Pudrición de la raíz de *P. volubilis* por ataque de hongos.

Los síntomas más característicos de la enfermedad son los que aparecen sobre los órganos subterráneos de las plantas.

Las raíces infectadas presentan engrosamientos en la zona de invasión y desarrollan las estructuras típicas de los nódulos de la raíz. Es frecuente que las

raíces infectadas sean más pequeñas y muestren varios grados de necrosis.

En Perú reportan mortalidad en más del 16% del área cultivada. También se reporta la existencia de materiales resistentes y/o tolerantes a estas agresiones fitosanitarias (Manco, 2000).

Observaciones preliminares en cultivos experimentales instalados en Caquetá, indican alta vulnerabilidad del sistema radicular de *P. volubilis* al ataque del nematodo en suelos de terraza, de textura franco arenosa. Sin embargo aún no se registran casos en suelos de lomerío que son generalmente de textura arcillosa.

Existen diferencias importantes entre estos dos tipos de terrenos (lomeríos y terrazas) no solamente en las características estrictamente fisiográficas y texturales, sino en aspectos microclimáticos, contenidos de materia orgánica, cobertura anterior a la instalación del cultivo, humedad del suelo y drenaje interno, entre otras.

Por tal motivo se considera necesario profundizar en la investigación sobre el comportamiento de estos nemátodos y precisar su dinámica y alcance económico, para tomar oportunamente las medidas de control fitosanitario más convenientes.

### Otros insectos visitantes

Como en otras especies vegetales, hay una amplia diversidad de entomofau-

na asociada a *P. volubilis*. Los visitantes más frecuentes de esta planta además de los lepidópteros, son especies de Coleópteros e Himenópteros (especialmente hormigas que suelen congregarse en torno de las glándulas basilaminares de las hojas). Los insectos visitantes de la estructura floral suelen localizarse en las flores masculinas (Figuras 19 y 20).

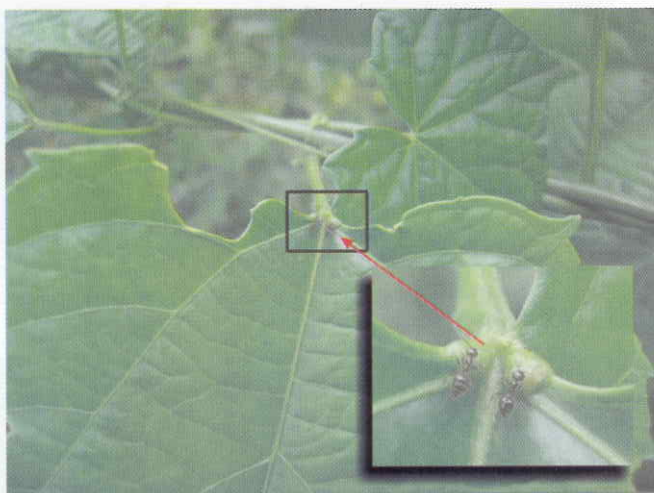


Figura 19. Hormigas visitando las glándulas basilaminares foliares de *P. volubilis*.



Figura 20. Coleóptero depositando huevos en botones florales masculinos.

## COSECHA Y POSCOSECHA

### RECOLECCIÓN DE FRUTOS

Por tratarse de una especie que fructifica durante todo el año, la cosecha también es una actividad que debe hacerse de manera periódica, ajustada al tamaño del lote de cultivo y a las condiciones climáticas.

Se deben revisar y cosechar las plantas en producción, con una periodicidad no mayor de 15 días, de lo contrario se corre el riesgo de perder muchos frutos.

Esta es una condición relativamente desventajosa en el sentido que no habría una época definida de cosecha que permita programar esta labor de la manera convencional.

Bajo las condiciones climáticas de Caquetá y particularmente por los altos índices de lluvia, en la medida de lo posible se deben aprovechar los momentos soleados o sin lluvia y cosechar las

semillas con la menor humedad posible (Figura 21).

Adicionalmente, durante cada jornada de cosecha, es recomendable revisar la superficie del suelo bajo la planta y recolectar algunos frutos maduros que hayan podido caer. También es conveniente cosechar aquellos frutos más próximos a alcanzar su madurez completa, pues si se dejan para la siguiente jornada, podrían perderse.

### MANEJO POSCOSECHA

El manejo poscosecha comprende las actividades correspondientes al *secado*, *descascarado*, *almacenamiento* y *obtención de la almendra*.

Con frecuencia es necesario cosechar los frutos con altos niveles de humedad, por lo que se requiere como acti-



**Figura 21.** Revisión de las plantas en producción y cosecha de frutos maduros.

vidad poscosecha, hacer jornadas periódicas de secado del material colectado, para evitar que las semillas se deterioren por exceso de humedad (Figura 22).

El secado es igualmente útil para facilitar la extracción de la semilla de su cápsula (Figura 23).

Las semillas se pueden almacenar transitoriamente dentro de sus cápsulas, y periódicamente programar la labor de descascarado para obtener la semilla y proceder a su almacenamiento (Figura 24).

La extracción de la semilla de su cápsula individual y la extracción de la almendra son dos actividades de especial interés en el manejo poscosecha. Figura 25.

Tecnológicamente requieren del diseño y evaluación de prototipos mecánicos que vayan de acuerdo con los volúmenes de producción a manejar.

Es conveniente precisar que la extracción de la almendra deberá hacerse

solamente en los momentos previos a su utilización o procesamiento agroindustrial.

El procesamiento de la almendra dependerá del tipo de utilización: aceite, proteína (torta), almendra entera, etc.

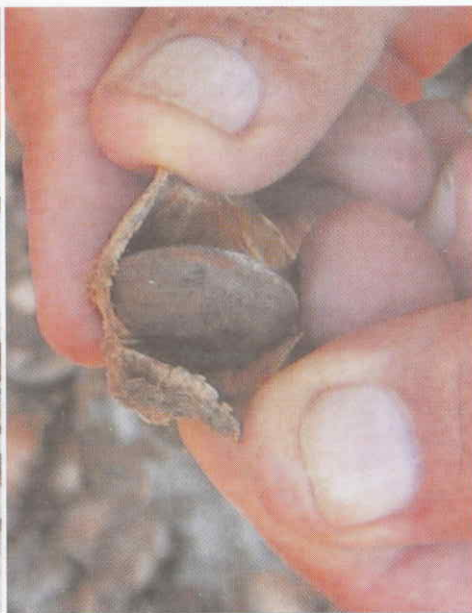
## EXTRACCIÓN DEL ACEITE

Los procedimientos para la extracción del aceite deben tomar en consideración varios aspectos, que en conjunto apuntan a dos propósitos: lograr la mayor eficiencia posible en la extracción del aceite y mantener las propiedades composicionales de los ácidos grasos y demás componentes de interés.

Investigadores de la Universidad Nacional Agraria Molina de Perú han realizado algunos estudios orientados a determinar las condiciones bajo las cuales se logra la mayor eficiencia en la extracción del aceite.



**Figura 22.** Secado de las cápsulas cosechadas previo a la labor de descascarado.



**Figura 23.** Descascarado o extracción de la semilla de su cápsula individual.

En lo fundamental, el procedimiento bajo el cual obtuvieron los mejores resultados consiste en: a) triturado y secado de la almendra; b) tratamiento térmico a una temperatura de 105° C y un tiempo de 30 minutos; c) extracción mecánica de aceite (prensado); d) extracción del aceite de la torta residual mediante solvente (hexano) a temperatura ambiente por 10 horas; e) filtrado del aceite.

Del total de aceite de la semilla el 78.8% se obtuvo por prensado y el 21.2% por solvente.



Figura 24. Semillas de *P. volubilis* en condición de ser almacenadas.

## CONSIDERACIONES FINALES

Existe un panorama muy promisorio para el cultivo de *Plukenetia volubilis* por sus cualidades como fuente alternativa de energía y proteína para alimentación humana y animal y para diversos propósitos industriales.

En la Amazonía peruana ya se han logrado avances sumamente importantes al respecto.

Sin embargo, aún se requiere adelantar investigaciones químicas, agronómicas, sanitarias y de procesamiento,



Figura 25. Cápsula, semilla y almendra de *P. volubilis*.

para que finalmente se logre incorporar como componente de sistemas agropecuarios locales.

## BIBLIOGRAFÍA

- AGRIOS, G.N. 1996. Fitopatología, Noriega editores, México.
- AITZETMÜLLER, K. *et al.* 2000. Sacha inchi (*Inca peanut*). Institut für chemie und physik der fette.
- ARÉVALO, G. 1996. El cultivo del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonia. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Proyecto suelos tropicales. Lima, Perú.
- FAO. 2003. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. La biotecnología agrícola: ¿una respuesta a las necesidades de los pobres? Roma.
- FAO. 1997. Comité de problemas de productos básicos. Grupo intergubernamental sobre semillas oleaginosas, aceites y grasas. Novedades biotecnológicas en el sector de las semillas oleaginosas. Roma.
- MADR – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2003. Observatorio de Agrociudades. Bogotá.
- GÓMEZ, S.I.; J. Reyna; A. Obregón y L. Vela. 2000. Estudio de la calidad proteica de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). Instituto Nacional de Nutrición, Tizón y Bueno, Lima, Perú.
- JIMÉNEZ, J.; G. Martínez, M.; Cruz D.R. 2000. El género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) en México. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica. México.
- MANCO C.E. 2000. Caracterización y mantenimiento del banco de germoplasma de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Instituto Nacional de Investigación Agraria. Estación experimental "El Porvenir", San Martín – Tarapoto. Perú.
- MICHELANGELI, C. 2000. Usos y efectos de la incorporación de grasas y aceites en dietas para cerdos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Caracas, Venezuela.
- MORALES, R. I.; F.J. Galgani; P.C. Aguirre; Z.V. Gattás; B.E. Díaz. 2003. Relación entre la ingesta de ácidos grasos, la oxidación de sustratos energéticos y la respuesta insulínica. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- MURILLO, J.; Franco, P. Roselli. 1995. Las euforbiáceas de la región de Araracuara. Instituto de Ciencias Naturales; Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- TROPENBOS, N.N. 2000. Descripción de géneros y especies. *Plukenetia volubilis* L. pp. 139 - 140. Bogotá.
- PASCUAL, G. y M. Mejía. 2000. Extracción y caracterización de aceite de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Anales científicos Universidad Agraria la Molina, Volumen XLII. Lima, Perú.

- SATHE S.K.; Hamaker B.R.; Sze-Tao K.W. and Venkatachalam M. 2002. Isolation, purification and biochemical characterization of a novel water soluble protein from Inca penut (*Plukenetia volubilis* L.). Department of Nutrition, food and exercise Sciences, Florida Sate University. Florida USA.
- Walles, 1995. En PASCUAL Ch. Gloria; Mejía L. Margarita. 2.000. "Extracción y caracterización de aceite ye Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)". Anales científicos Universidad Agraria la Molina, Volumen XLII. Lima, Perú.
- WESTMORELAND T.; Venkatachalam M.; Roux K. H. and Sathe S.K. 2001. Enzyme linked immunosorbent assay (ELISA) for Inca pinut (*Plukenetia volubilis* L.) albumin. Department of Nutrition, food and exercise Sciences, Florida Sate University. Florida USA.

Terminó de imprimirse en  
febrero de 2005 en



Tel: 2885338  
Bogotá, DC, Colombia