

# COPOASU

[*Theobroma grandiflorum*(Willd. Ex Spreng.) Shum.]:

CULTIVO y UTILIZACION

La preparación y publicación de este documento contó con la colaboración de:



DGIS

MINISTERIO DE  
COOPERACION TECNICA DEL  
REINO DE LOS PAISES BAJOS

## MANUAL TECNICO

TRATADO  
DE COOPERACION  
AMAZONICA

SECRETARIA *PRO TEMPORE*



# INDICE

<b>Presentación .....</b>	<b>1</b>
<b>Prefacio de los autores .....</b>	<b>3</b>
<b>1.0 INTRODUCCION.....</b>	<b>5</b>
<b>2.0 ASPECTOS BOTANICOS.....</b>	<b>9</b>
2.1 Taxonomía.....	11
2.2 Origen y distribución geográfica .....	13
2.3 Morfología.....	16
2.4 Floración y fructificación .....	19
2.5 Variabilidad genética y poblaciones.....	25
2.6 Composición del fruto .....	25
<b>3.0 ASPECTOS ECOLOGICOS .....</b>	<b>29</b>
3.1 Clima .....	31
3.2 Suelos .....	34
<b>4.0 MANEJO DEL CULTIVO.....</b>	<b>35</b>
4.1 Clones y variedades.....	37
4.2 Propagación.....	39
4.3 Preparación del área de plantación.....	54
4.4 Sistemas de producción y manejo de la plantación.....	56
4.5 Podas de conducción y de formación de copas .....	62
4.6 Control de malezas.....	64
4.7 Cobertura viva o “mulcheo” del suelo.....	65
4.8 Fertilización.....	65
4.9 Productividad.....	68
<b>5.0 PROTECCION FITOSANITARIA .....</b>	<b>71</b>
5.1 Plagas.....	
5.2 Enfermedades .....	78
<b>6.0 COSECHA Y TRANSPORTE A LA UNIDAD DE PROCESAMIENTO .....</b>	<b>99</b>
<b>6.1 Cosecha</b> 101	
<b>6.2 Transporte</b> 102	
<b>7.0 AGROINDUSTRIA .....</b>	<b>103</b>
7.1 Características de las unidades de procesamiento .....	105
7.2 Usos y presentación de los productos.....	105
7.3 Obtención de pulpa congelada.....	107
7.4 Obtención de “cupulate”.....	115
7.5 Otros productos .....	119
7.6 Aprovechamiento de la cáscara .....	119
7.7 Infraestructura y equipos para una unidad de procesamiento de pulpa congelada ..	119

7.8 Rendimiento industrial .....	121
<b>8.0 MERCADO ACTUAL Y POTENCIAL .....</b>	<b>123</b>
8.1 Mercado actual	123
8.2 Mercado potencial	127
<b>9.0 SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO .....</b>	<b>129</b>
9.1 Aspectos agronómicos.....	131
9.2 Aspectos económicos .....	131
9.3 Aspectos sociales.....	136
9.4 Aspectos ambientales .....	136
<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>137</b>

## PRESENTACION

Los árboles frutales autóctonos constituyen recursos alimentarios con amplio potencial económico para las poblaciones locales de la Amazonia, dando curso a un proceso de reversión o complementación del extractivismo, internalizando los conceptos de la producción sostenible y transformando su cultivo en actividades de importancia socioeconómica para la Amazonia.

El promover el proceso de domesticación, producción y procesamiento así como los aspectos organizativos y el mercadeo, es pre-requisito esencial para el éxito en el desarrollo de un mercado para productos frutícolas amazónicos.

Entre los productos de mayor potencial figura el copoasú, especie actualmente subutilizada, que proviene del bosque tropical amazónico en zonas de tierras altas no inundables. Su fruto, de confirmado atractivo y amplias posibilidades agroindustriales, tiene un elevado nivel nutricional manifestado principalmente por su alto porcentaje de acidez y vitamina C en la pulpa y altos contenidos proteicos y grasa en la semilla. En la actualidad, el copoasú se comercializa en distintas localidades amazónicas como pulpa congelada y jugos, realizándose otras transformaciones orientadas a la utilización de la semilla para la producción del chocolate de copuasú, también conocido como “copulate”.

Para concretar el objetivo de desarrollo integral del copoasú, desde la producción primaria, el procesamiento agroindustrial, hasta el mercadeo, se deberá fortalecer una actitud concreta orientada a la consolidación tecnológica, el trabajo de evaluación y selección de germoplasma y la validación de tecnología disponible tanto agronómica como agroindustrial, así como la realización de estudios de aceptación y demanda a nivel nacional e internacional.

El excelente trabajo realizado por un conjunto de investigadores del Centro de Investigación para la Amazonia Oriental de EMBRAPA se revela como un aporte concreto que se perfila frente al objetivo fundamental de las actividades conducidas por la Secretaría *Pro Tempore* del Tratado de Cooperación Amazónica con el apoyo técnico de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

La Secretaría *Pro Tempore* del Tratado de Cooperación Amazónica y la FAO se complacen en poner este Manual Técnico a disposición de la comunidad técnica y científica de los Países Parte del Tratado, como una a nueva contribución al desarrollo sostenible de la Amazonia.

Caracas, Venezuela, marzo de 1999

Santiago de Chile, marzo de 1999

Víctor R. Carazo  
Embajador  
Secretario *Pro Tempore*  
Tratado de Cooperación Amazónica

Gustavo Gordillo de Anda  
Subdirector General  
Representante Regional de la FAO  
para América Latina y el Caribe

## PREFACIO DE LOS AUTORES

La expansión del área de cultivo del copoasú tuvo su inicio en la década de los 70, se intensificó en la década de los 80 y continua hasta nuestros días. Las primeras plantaciones se establecieron sin bases técnicas dado que hasta entonces, los conocimientos disponibles sobre la especie eran restringidos a los aspectos botánicos. Es así que las primeras plantaciones fueron realizadas directamente con semillas, sin ningún criterio de selección, no se efectuaron podas de conducción y de formación de la copa y se prestó poca atención al control de la principal enfermedad “escoba de bruja”, teniendo como consecuencia una baja productividad del cultivo. Con el aumento del área plantada, se intensificaron paralelamente las investigaciones en diferentes rubros, lo que posibilitó la generación de un acervo razonable de conocimientos y tecnologías, favoreciendo el mejoramiento de la técnica de cultivo.

Es reconocido que se requieren aún más estudios, a fin de asegurar la sustentabilidad del cultivo del copoasú, especialmente en lo que concierne a los aspectos de fertilización y nutrición. Otra sección que merece también especial atención es la del mercado, sobre el cual la información es insuficiente, de modo que la expansión indiscriminada del cultivo podría redundar en una sobre oferta, si no se toman medidas efectivas tratando de adecuar la expansión del cultivo a las necesidades reales del mercado.

Las informaciones sobre el copoasú, en general, se encuentran dispersas en diversas publicaciones, dificultando siempre la consulta inmediata por parte de los productores, agroindustriales, técnicos, estudiantes e investigadores.

En esta publicación, solicitada por la Secretaría Pro-tempore del Tratado de Cooperación Amazónica y la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, están condensadas las principales informaciones sobre el copoasú, rescatadas de diferentes fuentes, debidamente citadas e identificadas en la bibliografía. En algunos ítems, se han presentado datos de los autores, aún no publicados. Las fotos que ilustran el texto son de los autores, a excepción de la que muestra el adulto del barreno de los frutos, gentilmente cedida por el Dr. A.C. de B. Mendes, investigador de CEPLAC. El libro está organizado en capítulos, abarcando los siguientes temas:

- Aspectos botánicos, donde se destaca la taxonomía, origen y distribución geográfica, morfología, floración, fructificación y la composición del fruto.
- Aspectos ecológicos, abordando los requisitos de clima y suelo y las implicancias del establecimiento de plantaciones en áreas no preferentes para el cultivo del copoasú.
- Aspectos agronómicos, enfatizando los aspectos relacionados a los clones y las variedades, propagación, preparación del área de plantación, sistemas de producción y manejo del cultivo, plagas y enfermedades, fertilización y productividad. El segmento de enfermedades fue ricamente ilustrado con fotografías y se destaca la “escoba de bruja”, por constituir el principal problema fitosanitario del cultivo.

- Cosecha y transporte, donde se determinan los procedimientos básicos para la cosecha y para el transporte de los frutos hasta la unidad de procesamiento.
- Industrialización, describiendo los diagramas de flujo de obtención de pulpa congelada y de “copulate”, como también se presenta el equipamiento mínimo para una pequeña unidad de proceso.
- Mercadeo, con estimaciones referentes al consumo real y potencial de productos oriundos del copoasú y las perspectivas de los mercados nacionales e internacionales.
- Sostenibilidad del cultivo, englobando los aspectos agronómicos, económicos, sociales y ambientales.

Damos crédito a que las informaciones recopiladas y presentadas en este libro serán útiles a todos aquellos que, directa o indirectamente, están involucrados en el cultivo del copoasú en la Amazonía.

Finalmente, deseamos agradecer las sugerencias ofrecidas por los colegas Antonio de Brito Silva y Márcia Motta Maués, que revisaron las secciones referentes a plagas y polinizadores, respectivamente. Estamos particularmente agradecidos de los investigadores José Furlan Júnior (EMBRAPA Amazonía Oriental), Sérgio Mello Alves (EMBRAPA Amazonía Oriental) y Manfred Willy Müller (CEPLAC), que revisaron técnicamente el texto y presentaron muchas sugerencias valiosas. Agradecemos también a la Sra. Maria de Nazaré Magalhaes dos Santos, por la revisión gramatical.

# **1.0 INTRODUCCION**

La Amazonia es rica en recursos fitogenéticos, estimándose en cerca de 50 a 60 mil las especies de plantas superiores. La diversidad de plantas con frutos comestibles es considerable, con un mínimo de 45 especies con potencial para nuevos cultivos (Villachica *et al.*, 1996). Sin embargo, la contribución de la región a la diversificación de la fruticultura comercial mundial ha sido insignificante hasta el momento, al contrario del sudeste asiático, cuyas principales especies se encuentran diseminadas en las diferentes regiones tropicales y subtropicales del globo terrestre.

A excepción del cacao (*Theobroma cacao*), de la piña (*Ananas comosus*) y, más recientemente del pijuayo o palmito (*Bactris gasipaes*), que conquistaron o están conquistando importancia en la agricultura mundial como especies cultivadas, las demás son conocidas solamente a nivel local. Por otro lado, en los últimos años, diversas especies frutícolas nativas de la Amazonia, tales como el asaí (*Euterpe oleracea*), el camu-camu ( la castaña (*Bertholletia excelsa*), el arazá (*Eugenia stipitata*), la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) y, principalmente, el copoasú (*Theobroma grandiflorum*), vienen despertando gran interés por parte de los agricultores y grupos empresariales, quienes, casi siempre, se enfrentan a la dificultad de obtener información concerniente al cultivo e industrialización, debido a que la literatura sobre el tema, aunque sea relativamente amplia en algunos puntos, se encuentra dispersa y publicada en medios de circulación limitada y en un lenguaje difícil de entender.

En las dos últimas décadas, el cultivo del copoasú ha experimentado un progreso significativo, siendo una de las especies que rompió el ciclo extractivista de cosecha, siendo cultivada, en mayor o menor escala, en todos los estados de la Amazonia brasileña y peruana. El copoasú está siendo también cultivado en áreas fuera de la región Amazónica, como en el Estado de Bahía, que presentan condiciones edafo-climáticas favorables al establecimiento de plantaciones con la especie. Este hecho ha despertado el interés para la industrialización de sus productos y subproductos, multiplicándose rápidamente el número de pequeñas empresas que producen pulpa congelada o elaboran néctares, licores, jaleas, dulces, sorbetes, yoghurt y bombones.

El copoasú está siendo cultivado también, en forma experimental, en Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú, Venezuela, México, Martinica, Trinidad y Tabago, Guyana (Cuatrecasas, 1964, Giacometti, 1992), Bolivia (Consulta ver bibliografía 1998), Guyana Francesa y República Dominicana.

Durante mucho tiempo, el mercado para los productos originarios del copoasú estuvo limitado a las fronteras de la Amazonia. Sin embargo, con el aumento del volumen de producción, diversos productos han comenzado a conquistar nuevos mercados, con los consiguientes beneficios sociales y económicos para la región, ya sea por la generación de empleos como por la reducción del éxodo rural. Otro aspecto importante, que merece ser destacado es que, no obstante la franca expansión del área cultivada, no se ha verificado ningún daño ambiental a consecuencia de la deforestación, tomando en cuenta que el cultivo viene siendo implantado en áreas que anteriormente estaban ocupadas con otras especies que por problemas de mercado o

fitosanitarios, fueron sustituidas por el cultivo del copoasú. Debe destacarse también, que esas áreas están situadas, en la mayoría de los casos, en localidades con una infraestructura razonable, caracterizada por la presencia de electrificación rural y por caminos que facilitan la salida de la producción, haciendo posible que el producto llegue a los consumidores a un precio menor que el original cosechado en forma silvestre.

El carácter umbrófilo del copoasú hace posible su explotación en sistemas de policultivo, en una variedad de combinaciones con especies anuales, semi-perennes y perennes, proporcionando mayor eficiencia en el uso del suelo, permitiendo al productor mejorar su economía, posibilitando la generación de ingresos durante la fase de crecimiento vegetativo de la especie principal y, entre cosechas, derivados de los productos del cultivo de sombra o asociado. En este aspecto, debe destacarse que, entre las especies frutales nativas de la Amazonia, el copoasú está siendo usado con más intensidad como componente de sistemas agroforestales, que procuran simular condiciones semejantes a las existentes en el bosque del trópico húmedo, en donde la diversidad determina la reducción de la incidencia de plagas y enfermedades, mejor aprovechamiento de la radiación solar, del agua y de los nutrientes (Gasparotto *et al.*, 1997), minimizando significativamente, los riesgos de la erosión del suelo.

El cultivo del copoasú enfrenta sin embargo varios problemas y riesgos que son, en gran parte, posibles de ser manejados con los conocimientos científicos y tecnológicos disponibles. Los avances del conocimiento y las tecnologías generadas o adaptadas comprenden: sistemas de propagación; clones tolerantes a la “escoba de bruja”, y métodos de control; mecanismos de polinización e identificación de los agentes polinizadores; tecnologías para el procesamiento de la pulpa y tecnología de extracción de semillas. Sin embargo, mayores esfuerzos son necesarios dado que tratándose de un cultivo emergente, el copoasú es aún poco conocido en los grandes centros de consumo de los países comprendidos en el Tratado de Cooperación Amazónica y es prácticamente desconocido en el mercado mundial. Existe, por lo tanto, la necesidad de ampliar su divulgación para que los productos originarios de ese cultivo conquisten una posición en los competitivos mercados nacionales e internacionales de derivados de frutas tropicales.

## **2.0 ASPECTOS BOTANICOS**

## 2.1 Taxonomía

El copoasú pertenece a la familia *Sterculiaceae*, que abarca aproximadamente 65 géneros y cerca de 1.000 especies, con una distribución predominantemente tropical y subtropical (Cronquist, 1981; Brumitt, 1992). En Brasil, esta familia está representada por once géneros y cerca de 115 especies (Barroso *et al.*, 1978).

El copoasú fue denominado primariamente *Bubroma grandiflorum*, por el botánico alemán Carl Ludwig von Willdenow, sin la debida descripción, providencia tomada posteriormente, en 1826, por su compatriota Kurt Polycarp Joachim Sprengel. En 1831, George Don, reconociendo lo inapropiado de clasificar la especie en el género *Bubroma*, la describió incorrectamente como *Guazuma grandiflora*. Solamente en 1886, los estudios taxonómicos efectuados por Karl Moritz Schumann, publicados en la Flora Brasileña, permitieron la inclusión de la especie en la taxonomía genérica de *Theobroma*, recibiendo, entonces, la denominación de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. (Brumitt & Powell, 1992; Schumann, 1886).

El epíteto genérico *Theobroma* significa “manjar de los dioses” (Barroso *et al.*, 1978), en alusión al producto chocolate, que tiene como materia prima las semillas de otra especie del mismo género, el cacao (*Theobroma cacao* L.), considerado como alimento fino y de calidad superior y, por lo tanto, digno de las divinidades. De por sí, el nombre específico *grandiflorum*, significa “flores grandes” enfatizando el tamaño de la flor del copoasú, el mayor dentro del género (Corrêa, 1931).

El taxonoma genérico *Theobroma* engloba, además del cacao (*T. cacao*) y del copoasú (*T. grandiflorum*), más de 20 especies todas originarias de América tropical y está dividido en seis secciones: Rhytidocarpus, Oreanthes, Theobroma, Telmatocarpus, Glossopetalum y Andropetalum, todas ellas se encuentran en la Amazonia central a excepción de la sección Andropetalum, la cual está formada solamente por *T. mamosum*, cuya distribución se limita a la América Central, particularmente en las regiones montañosas de Costa Rica. El copoasú está clasificado en la sección Glossopetalum, que es la mayor, englobando doce de las 22 especies del género (Cuatrecasas, 1964).

En la Amazonia brasileña, el género está representado por las especies *T. bicolor* Humb & Bonpl., *T. cacao* L., *T. canumanense* Pires et Frôes, *T. grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum., *T. microcarpum* Mart., *T. obovatum* Klotsch ex Bernoulli, *T. speciosum* Willd., *T. subincanum* Mart. e *T. sylvestre* Mart., conocidas en la región, dentro de otras denominaciones comunes, como: cacao del Perú, cacao, cupuaçu do mato, cupuaçu, cacao jacaré, cabeça de urubu, cacauí, cupuí e cacao azul, respectivamente (Cuatrecasas, 1964). Todas esas especies presentan frutos comestibles, a excepción de *T. sylvestre* (Monteiro, 1996). Sin embargo, solamente *T. cacao* e *T. grandiflorum* tiene actualmente una importancia económica. La primera especie, de domesticación más bien antigua y popularizada en Europa ya a inicios del siglo XVII (Hardy, 1961), es conocida mundialmente debido a que sus semillas se constituyeron en la materia prima para la fabricación del chocolate. La segunda, de domesticación más bien reciente, explotada en el pasado en su forma silvestre, pasó a

ser cultivada a escala comercial a partir de la década de los 70, su producto principal es la pulpa la que es utilizada en la industria de refrescos, dulces, jaleas, sorbetes y otros productos, sin embargo, de sus semillas también se puede obtener un producto semejante al chocolate, denominado cupulate (Nazaré *et al.*, 1990).

Dentro de las especies del género que se encuentran en la Amazonia, los trabajos de Addison & Tavares (1951) demostraron que existe una estrecha afinidad genética entre *T. subincanum*, *T. obovatum* e *T. grandiflorum* y el grupo constituido por *T. spruceanum*, *T. speciosum* e *T. bicolor*. Las relaciones filogenéticas fueron menos evidentes entre *T. grandiflorum* y *T. cacao* y en las demás especies.

En el sistema de clasificación de Cronquist (1981), la especie está ordenada en la siguiente secuencia jerárquica:

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Dilleniidae

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.

Aun cuando en la terminología vulgar sea más conocido como copoasú, palabra originaria de la lengua tupí y cuya etimología significa “cacao grande” (Barroso *et al.*, 1978), existen otras denominaciones de uso corriente en la Amazonia, aunque más restringidas, entre las que se destaca copoasú verdadero, cupu y pupuaçu. La denominación copoasú verdadero es usada en algunas localidades de la Amazonia, en virtud de la forma de los frutos de la especie *T. bicolor* (Foto 1) suele ser denominado también copoasú, principalmente en la región del alto Solimões.



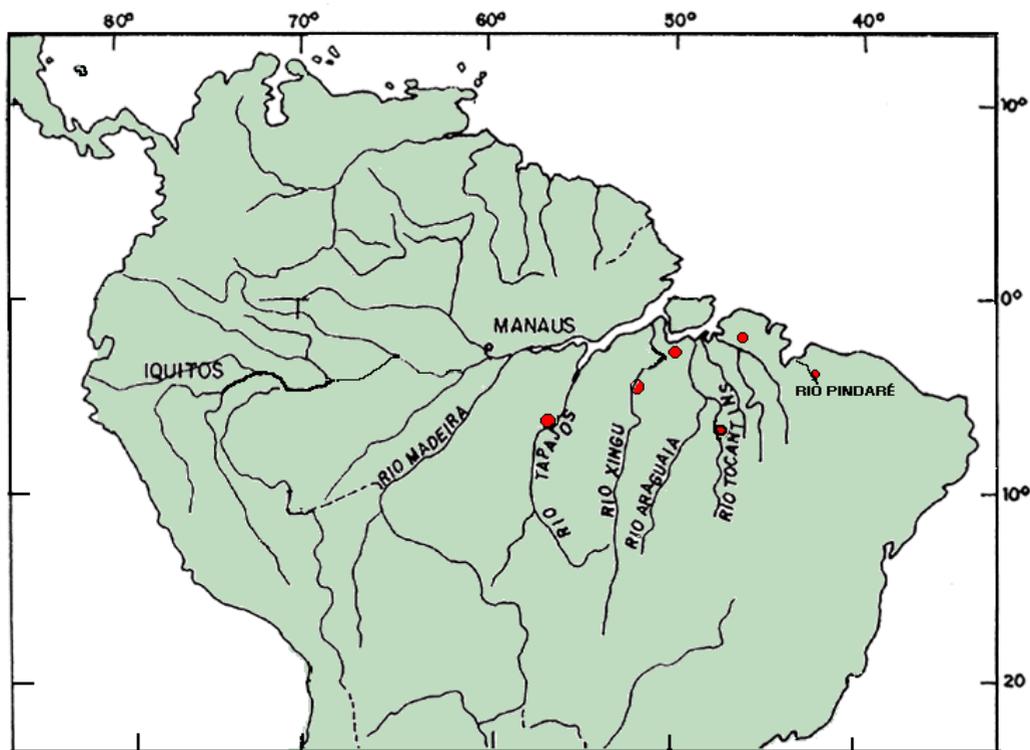
**Foto 1 - Fruto de *Theobroma bicolor*.**

## **2.2 Origen y distribución geográfica**

El género *Theobroma* es típicamente neotropical, encontrándose distribuido en los bosques tropicales húmedos del hemisferio occidental, entre las latitudes 18° Norte y 15° Sur. Dentro de las especies del género, *T. subincanum* es la que presenta la mayor franja de dispersión, encontrándose en toda la extensión de la cuenca del Amazonas-Orinoco (Cuatecrasas, 1964).

El copoasú es originario de la Amazonia brasileña, más precisamente del Estado de Paraná (Cavalcante, 1991), sin embargo, no se puede discriminar, dentro del área de distribución espontánea de la especie, cuál constituye verdaderamente su centro de origen. Se le encuentra naturalmente en el Estado de Pará, en las siguientes localidades: Tapajós medio (micro-región Itaituba), en el río Xingu (micro-región Altamira), en el río Anapu (micro-región Portel), en el río Tocantins (micro-región Tucuruí) y en el río Guamá (micro-regiones Guamá y Bragantina). Atravesando las fronteras paraenses, se encuentra también en estado espontáneo en la parte noroeste del Estado de Maranhão, en las márgenes del río Pindaré (Fig. 2.1). Debe destacarse, sin embargo, que por ser un cultivo pre-colombino (Lima & Costa, 1997), en algunos casos es difícil determinar con precisión si los individuos encontrados en las áreas de selva son verdaderamente espontáneos o sub-espontáneos (Moraes *et al.*, 1994). Es así que en las micro-regiones de Paraupébas y Marabá, particularmente en los municipios de Eldorado de Carajás, Marabá y Paraupébas se encuentra una variabilidad genética expresiva y esas micro-regiones raras veces son citadas como áreas de dispersión natural.

El copoasú, en estado nativo, a ejemplo de la mayoría de las especies arbóreas amazónicas, se encuentra en baja densidad (Ducke, 1953; Cuatrecasas, 1964), raramente sobrepasando el número de diez individuos por hectárea.



**FIG. 2.1 - Distribución geográfica espontánea del copoasú (Fonte: Duce, 1953; Cuatrecasas, 1964).**

### 2.3 Morfología

El copoasú, al igual que todas las especies del género *Theobroma* presentes en la Amazonia, presenta ramificaciones tricotómicas, a excepción del cacao, cuyo padrón de crecimiento es del tipo quincotómico (Addison & Tavares, 1951). El padrón tricotómico se caracteriza, inicialmente, por el crecimiento vertical del eje principal, el cual originará el tronco, que al alcanzar una altura de 40 cm a 50 cm, emite en su porción terminal tres ramificaciones laterales de crecimiento plagiotrópico. En seguida, se desarrolla una nueva yema en el centro de las ramificaciones iniciando un nuevo ciclo de crecimiento del eje principal de la planta que al llegar a una altura de 70 a 100 cm, forma otro conjunto de ramificaciones plagiotrópicas en las extremidades. Estos crecimientos periódicos y ordenados, caracterizados por el desarrollo de una yema de crecimiento ortotrópico y tres de crecimiento plagiotrópico, ocurren hasta que la planta llega a la madurez, alcanzando una altura de cerca de 15 a 20 m en los ejemplares más desarrollados.

En algunos individuos, sin embargo, algunas veces la tricotomía se manifiesta a partir del segundo o tercer conjunto de ramas plagiotrópicas, siendo el primero representado por apenas dos ramas plagiotrópicas de disposición opuesta. Este padrón de crecimiento, inicialmente caracterizado por dicotomía y posteriormente por tricotomía, está asociado a la falta de desarrollo de una de las yemas que originará una rama de crecimiento plagiotrópico.

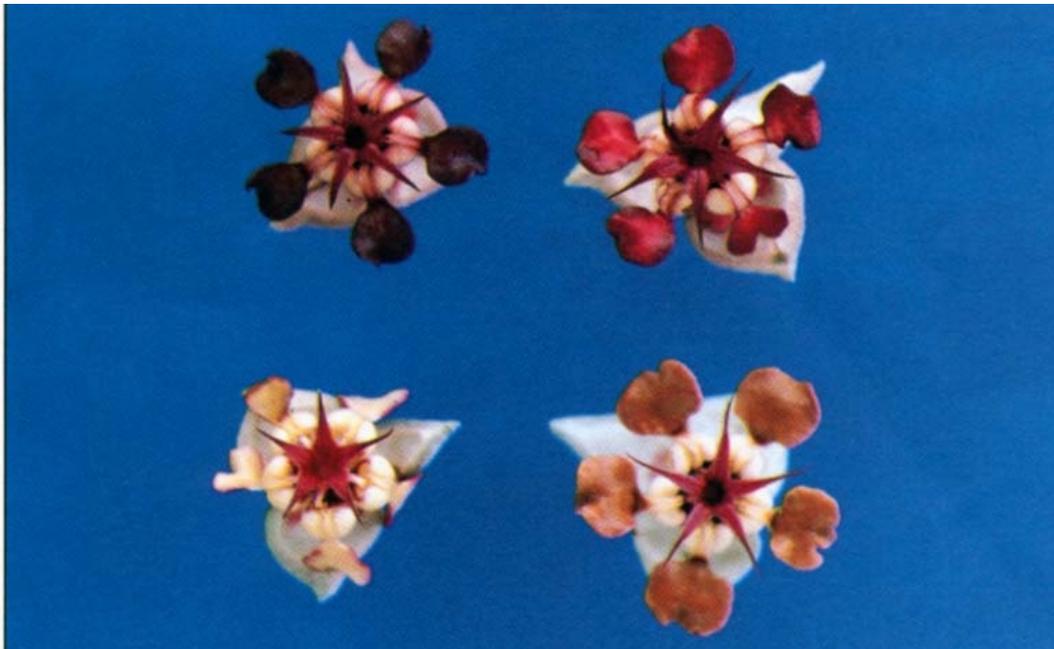
El sistema radicular está caracterizado por una raíz pivotante robusta, con una extensión raramente inferior a 2 m, particularmente cuando está establecida en suelos permeables, con estructura granular uniforme y textura arcillo-arenosa; raíces secundarias abundantes y superficiales, que se concentran en mayor proporción en la parte que corresponde al extremo de la planta, que alcanza en los ejemplares adultos una extensión de hasta 6 m, con raíces laterales abundantes.

El tronco es generalmente recto, con un diámetro de 25 a 30 cm, sin desmoche natural, corteza marrón oscura en la superficie externa, rosada o enrojecida internamente, granulada, fisurada, con espesor de 2 mm, lenticelada, madera pálida y de baja densidad, sin valor comercial. Ramas con ritidoma exfoliativo, ascendentes en la parte superior y ligeramente horizontales en la parte inferior (Fróes, 1959; Cuatrecasas, 1964; Prance & Silva, 1975; Cavalcante, 1991; Paula & Alves, 1997).

Las hojas son simples, alternas, enteras, subcoreáceas, tamaño medio de 35,3 cm y largura media de 11,4 cm, en los individuos establecidos en localidades con sombra parcial y, menores, en los individuos establecidos a pleno sol; lámina oblonga o elíptica-oblonga; orilla interna ligeramente sinuosa-dentada en dirección al ápice, glabra, color verde-oscuro y con poco brillo en la cara adaxial y verde-claro más o menos brillante en la cara abaxial, ápice acuminado, con una punta de 1,0 a 2,5 cm de largo, base obtusa o ligeramente redondeada (Prance & Silva 1975; Cavalcante, 1991); pecíolo corto un largo y espesor en la base de 1,4 y 0,99 cm, respectivamente, ferrugíneo; nervaduras principal y secundarias prominentes en la cara abaxial, las secundarias representadas por siete a doce pares, ascendentes, con los dos primeros pares anastomosados en la base, ligeramente curvas, formando ángulos de alrededor de

60° con la nervadura principal; nervaduras terciarias transversales y subparalelas, también prominentes en la cara abaxial.

Las floraciones son cimulosas, axilares o ramifloras, con mayor frecuencia de tres a cinco flores, pedúnculo corto, generalmente el largo de la faja de 2 a 5 mm, con tres bracteolas estrecho-lineales. Las flores son hermafroditas, actinomorfas, heteroclamídeas e hipóginas, tres bracteas en el ápice del pedicelo, estrechamente lineares, tomentosas, de un largo de 3 a 4 mm; pedúnculos espesos, sin bracteolas, largo de 15 a 20 mm; sépalos penta-valvares, espesos, carnosos, ovalado-oblongos, subagudos, largo de 14 a 15 mm, 6 a 8 mm de ancho, 1,5 mm de espesor, unidos en el tercio inferior; corola con cinco pétalos, raramente más de cuatro o seis, la base de cada pétalo en forma de túnica o cogulla y porción terminal laminar, subtrapezoidal o suborbicular, ligada a la cogulla por una porción estrecha en forma de canal, con mayor frecuencia de color rojo-oscuro (Prance & Silva, 1975; Cavalcante, 1991). En algunos genotipos se encuentran flores con pétalos de color marrón, bermellón o blancos, con puntos color bermellón en la periferia (Foto. 2). El androceo está constituido por cinco conjuntos de estambres, con 15 anteras bitecas, uniformemente distribuidos al interior de las cogullas; que se alternan con cinco estaminodios estériles, petaloideos, triangular-linguiformes, de color bermellón oscuro, independiente del color de los pétalos. Presentan ovario superior, pentalocular, cada lóculo contiene cerca de diez óvulos, dispuestos en torno al eje central; óvulos anátropos y estilo filiforme (Cavalcante, 1991; Prance & Silva, 1975; Silva, 1996). Eventualmente, se han encontrado flores cuyos ovarios presentan seis lóculos, cada uno con diez óvulos. En esas flores el número de estaminodios puede ser de cinco o seis.



**Foto 2 - Variación en la coloración de las flores de copoasú, en función del genotipo.**

El fruto no está bien definido morfológicamente, presentando características parciales de drupa y de baya (Cavalcante, 1991), sin embargo, con frecuencia se le ha tipificado como baya (Barroso *et al.*, 1978). Conviene destacar, no obstante, que una de las características básicas de los frutos tipo drupa es la presencia de un endocarpio duro envolviendo la semilla, algo que no se observa en el fruto del copoasú. Por otro lado, las bayas se caracterizan por presentar todo el tejido fundamental carnosos y el epicarpio bastante delgado, pero en el copoasú, el epicarpio y el mesocarpio son de consistencia leñosa y quebradiza.

A través de la revisión sistemática de los tipos de frutos efectuada por Spjut (1994), el copoasú (Foto 3) puede ser considerado como un anfisarcídio, o sea, un fruto simple, indehisciente, con pericarpio diferenciado externamente por una corteza seca e, internamente, en una o más capas carnosas. Se presenta en forma oblonga, ovalada, elíptica, obovoide o redondo, con o sin constricción basal y ápice redondeado o con una leve o fuerte protuberancia (Souza, 1996); epicarpio duro, leñoso, de un espesor de alrededor de 2mm, epidermis de color verde, recubierta por una capa polvorosa, de coloración ferrugínea, que se desprende parcialmente con el manejo del fruto; mesocarpio también duro, de consistencia menos leñosa que el epicarpio, color crema, de un espesor entre 0,5 mm a 0,7 mm; endocarpio carnosos, aromático, envolviendo las semillas y firmemente adherido al tegumento por fibras; semillas elipsoides u ovoides, externamente de coloración castaño-claro, largo promedio de 31,0 mm, ancho de 20,8 mm y espesor de 15,3 mm, bitégmicas con testa densa y subcoriácea, tegmen constituido por varias capas de células delgadas, embrión constituido por dos cotiledones de color blanco, voluminosos, densos y muy doblados en torno al eje embrionario; radícula situada en la porción basal de la semilla, eje embrionario; endospermo escaso en las semillas maduras, representado por una película que envuelve externamente el embrión, inclusive en sus pliegues (Oliveira, 1993); número promedio de semillas por fruto alrededor de 32, dependiendo del tamaño de éste, pudiendo variar de 9 a 62, siendo con mayor frecuencia, de 36 a 44 semillas por fruto (Tabla 2.1).



### Foto 3 - Frutos del copoasú

**Tabla 2.1 Clase y frecuencia del número de sillas por fruto de copoasú.**

Número de semillas / fruto	Frecuencia (%)
9 a 17	8,5
18 a 26	22,0
27 a 35	29,0
36 a 44	34,0
45 a 53	6,0
54 a 62	0,5

Fuente: Müller & Carvalho (1997).

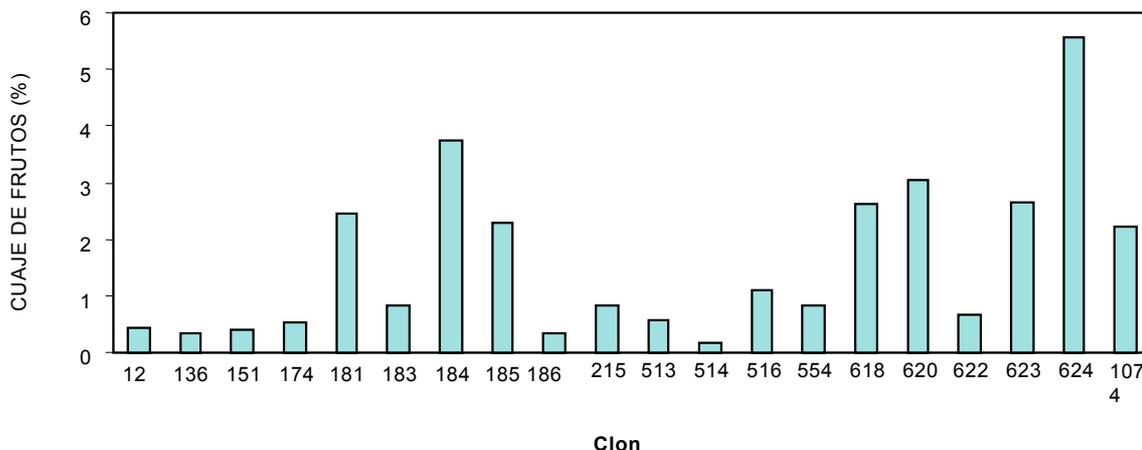
## 2.4 Floración y fructificación

### 2.4.1 Floración

La floración del copoasú ocurre predominantemente en la estación menos lluviosa, que en la Amazonia brasileña comprende el período de junio a diciembre (Prance & Silva, 1975; Silva, 1996; Alves *et al.*, 1997), con el máximo de floración generalmente en el mes de agosto. No obstante, prácticamente durante todos los meses del año es posible encontrar pequeños grupos de flores en algunas plantas (Alves *et al.* 1997). Esas flores, generadas fuera del período normal de floración, raramente llegan a la formación de frutos, especialmente cuando se producen en la época lluviosa. En esa situación puede haber pérdida de granos de polen por la acción de las lluvias, bajo desempeño de los polinizadores y asincronía de floración entre plantas que limita la variabilidad genética de polen, reduciendo las posibilidades de compatibilidad entre los genotipos.

El copoasú presenta una gran abundancia de flores, pero con bajo rendimiento de frutos. Solamente el 0,16% a 1,08% de las flores se transforma en frutos maduros (Falcão & Lleras, 1983; Silva, 1996), aun cuando algunos clones presentan una mayor tasa de conversión de flores en frutos (Fig. 2.2).

La primera condición para que una flor alcance el estado de fruto maduro es que, durante la polinización, se depositen en los cinco brazos estigmáticos un número superior a 400 granos de polen compatibles con el progenitor femenino. En condiciones de polinización natural, solamente cerca del 2% de las flores reciben una cantidad superior a 60 granos de polen (Venturieri, 1994). Esta característica, por sí sola, se constituye en un factor que contribuye bastante a la baja relación frutos maduros/flores, pues para una flor polinizada con 60 granos de polen, la probabilidad de que se transforme en fruto maduro es apenas de un 20% (Venturieri, 1994). Conviene destacar que la baja cantidad de polen depositado en las flores es consecuencia de una polinización deficiente, ya que la cantidad de granos de polen en las anteras sobrepasa a 80.000 (Venturieri, 1994; Silva, 1996).



**FIG. 2.2 Cuaje de frutos en 20 clones de copoasú, expresado en términos de la relación porcentual entre el número de flores y el número de frutos producidos** (Fuente: Alves *et al.*, 1997).

Los trabajos sobre polinización artificial en el copoasú evidenciaron que la utilización de esa técnica, por si sola no es suficiente para aumentar la obtención de frutos. Se ha encontrado que no toda polinización satisfactoria lleva a la formación de un fruto maduro, aun cuando todo fruto que alcance un completo estado de maduración sea oriundo de polinización satisfactoria. Este hecho es evidenciado cuando se considera que hasta el 75% de los frutos en formación pueden ser abortados, a consecuencia de problemas nutricionales, disponibilidad hídrica y ataque de plagas, enfermedades, entre otros factores. (Silva, 1996).

No obstante presentar flores hermafroditas, la especie es esencialmente alógama a consecuencia de la presencia de un complejo sistema de auto-incompatibilidad genética, que impide la autofecundación (Addison & Tavares, 1951; Venturieri, 1994; Silva, 1996; Alves *et al.*, 1997). Las barreras morfológicas formadas por las cogullas, que envuelven los estambres, y por los estaminodios que cubren los estigmas, se constituyen en obstáculos que impiden la polinización anemófila y, en cierta forma, discriminan también los insectos polinizadores, que son siempre de tamaño diminuto.

Las flores del copoasú son visitadas por diversas especies de insectos, no obstante, pocos se constituyen en polinizadores efectivos. En el Estado de Pará, en los municipios de Belém e Tomé-Açu, Venturieri *et al.* (1997) identificaron tres grupos de insectos visitantes de flores de copoasú:

#### 1. Parásitos

En este grupo están incluidos un curculionídeo, de un género próximo al *Baris* y de una especie probablemente aún no descrita y dos himenópteros (*Trigona fulviventris* y *Trigona fuscipennis*). Son insectos que visitan las flores para robar los recursos ofertados, sin realizar efectivamente una polinización.

## 2. Polinizadores eventuales

Constituidos por insectos que visitan las flores para recolectar polen y, eventualmente, pueden transportarlo a flores de otras plantas. En este grupo están incluidos los coleópteros *Mycotetrus sp.*, *Acanthinus sp.* y el himenóptero *Aparatrigona impunctata*.

## 3. Polinizadores efectivos

Representados por los coleópteros *Plaumannita sp.*, *Enthomochirus sp.*, *Antityphona thoa* y otras cuatro especies del taxón *Antityphona* y tres de la familia Chrysomelidae, no identificadas. Estos insectos visitan las flores para recolectar polen y tejidos florales, utilizándolas como lugar de apareamiento, lo que puede ocurrir tanto en la parte interna de las cogullas como en las ligulas y en la corona de estaminódios, entrando, por lo tanto, en contacto íntimo con los órganos sexuales de la flor y, que al salir visitan nuevas flores, transfiriendo efectivamente los granos de polen (Venturieri *et al.*, 1997).

La abeja sin aguijón *Plebeia minima*, también es considerada como polinizador efectivo del copoasú, siendo sin embargo bastante escasa, igualmente en ambientes poco perturbados (Venturieri, 1993, 1994). Esta especie es de tamaño diminuto (2 mm a 3 mm) y tiene una frecuencia de visitas muy baja, encontrándose en los cultivos en el período de 7:30 a 10:30 horas y de las 15:30 a las 18:00 horas (Maués *et al.*, 1996).

En el Estado del Amazonas, diversas otras especies han sido encontradas también visitando las flores del copoasú, siendo las más frecuentes: *Frieseomelitta silvestrii faceta*, *Paratrigona impunctata* y *Apis mellifera adansonii* y, las con menor frecuencia: *Ptilotrigona lurida* y *Tetragona clavipes*. En algunas de estas especies se observaron hasta 670 granos de polen en las patas (Falcão & Lleras, 1983).

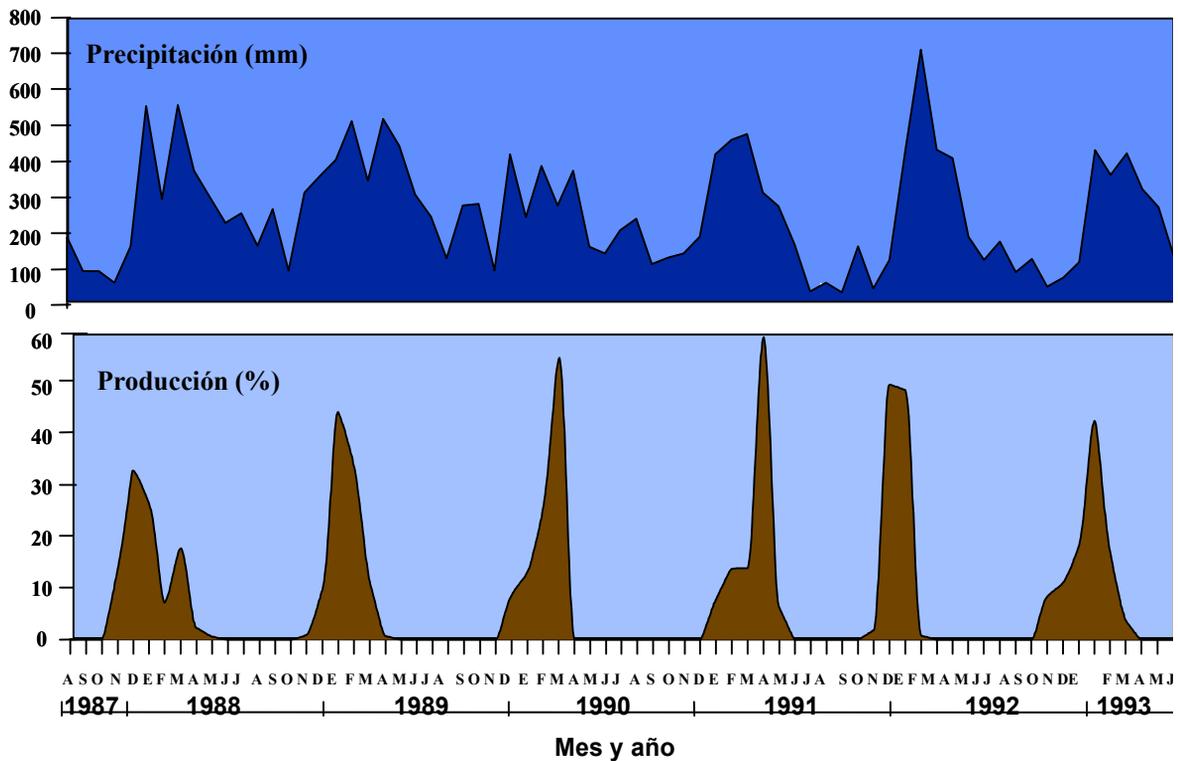
En tanto, la dehiscencia de las flores puede ocurrir en cualquier horario, con mayor frecuencia se verifica entre las 16:00 y 18:00 horas, cuando más del 70% de las flores manifiestan el evento. El estigma permanece receptivo hasta las 10:00 horas del día siguiente y las flores no polinizadas sufren el corte 41 h a 60 h después de la florescencia (Venturieri, 1994). La viabilidad de los granos de polen normalmente es alta, alcanzando valores superiores al 95% (Silva, 1996).

### 2.4.2 Fructificación

El período de cosecha ocurre en la época de mayores precipitaciones, que abarca los meses de diciembre a abril. Sin embargo, inicialmente, la mayor abundancia y el término de la producción de frutos dependen fundamentalmente del período en que ocurre la menor precipitación, que tiene relación directa sobre la época y extensión del

período de floración. La Fig. 2.3 sintetiza el registro de la distribución mensual de la producción de 60 plantas, en la región de Belém, durante seis cosechas consecutivas. El máximo de cosecha en esa región es variable, pudiendo ocurrir en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo o abril. La extensión de la cosecha varía también año a año, pudiendo prolongarse de cuatro a siete meses.

El padrón de distribución de la producción, en otros sectores de la Amazonia, es semejante al verificado en Belém, variando de acuerdo con la distribución de las lluvias. En el municipio de Tomé-Açu, los cultivos irrigados han presentado una distribución de cosechas que abarca prácticamente todos los meses del año



**FIG. 2.3 - Evolución mensual de lluvias y distribución porcentual de la producción de coposú durante seis cosechas consecutivas**

(Fuente: Müller & Carvalho, 1997).

## 2.5 Variabilidad genética y poblaciones

La Amazonia brasileña se constituye en la reserva más valiosa de variabilidad genética del copoasú, la que podrá ser ampliamente explorada en los programas de mejoramiento genético. En el Estado de Pará se encuentra la mayor fuente de variabilidad genética, a consecuencia de la gran diversidad de poblaciones naturales en cuanto a la forma del fruto, rendimiento de la pulpa, espesor de la corteza, acidez, número y tamaño de las semillas, entre otras características. No obstante, aún es poco conocido el nivel y la distribución de la variabilidad genética existente en esas poblaciones naturales.

En expediciones efectuadas buscando el rescate de genotipos con características agroindustriales superiores, se encontraron matrices cuyos frutos presentaban un peso de hasta 8,0 kg y un ancho de 55 cm (Lima & Costa, 1991). Varias otras se encontraban totalmente libres de la enfermedad “escoba de bruja”, evidenciando fuentes múltiples de resistencia a esa severa enfermedad que se constituye en el principal problema para la expansión del cultivo.

## 2.6 Composición del fruto

La pulpa y las semillas son las partes aprovechables del fruto. La primera, que se constituye en la parte de mayor valor económico, se utiliza principalmente en la elaboración de refresco, néctar, sorbete, dulce, crema y licor, en tanto que la segunda es utilizada, aunque en pequeña escala, en la elaboración de un producto semejante al chocolate, denominado “cupulate”.

### 2.6.1 Composición de la pulpa

La composición centesimal del fruto está representada por 44,6% de corteza (epicarpio + mesocarpio), 37,7% de pulpa (endocarpio) y por 17,7% de semillas (Tabla 2.2). Considerando las porciones aprovechables del fruto, o sea, la pulpa y las semillas, el rendimiento de la parte útil del fruto alcanza al 55,4%.

**Tabla 2.2 - Composición porcentual del fruto del copoasú según diferentes autores**

Parte del fruto	Santos & Condurú (1972) <sup>1</sup>	Barbosa <i>et al.</i> (1979) <sup>2</sup>	Calzavara <i>et al.</i> (1984) <sup>3</sup>	Media
Corteza (%)	46,0	42,0	46,0	44,6
Pulpa (%)	37,0	40,0	36,0	37,7
Semilla (%)	17,0	18,0	18,0	17,7

1. Frutos del tipo redondo con peso promedio de 1.531g.

2. Frutos de diferentes tipos con peso promedio de 1.200g.

3. Frutos de diferentes tipos con peso promedio de 1.330g.

Un aspecto que merece ser destacado es que el rendimiento de la pulpa puede ser aumentado por la selección de genotipos que presenten frutos con corteza poco espesa, por lo tanto, con menor rendimiento porcentual de corteza, como en el Clon MA-C-8503, o por la selección de plantas que presenten un menor rendimiento porcentual de semillas, como en el Clon BG-C-8506 (Tabla 2.3).

**Tabla 2.3 - Composición porcentual de los frutos de tres clones de copoasú**

Parte del fruto	Clon BG-C-8506 <sup>1</sup>	Clon MA-C-8503 <sup>1</sup>	Copoasú sin semillas <sup>2</sup>
Corteza (%)	45,0	36,0	33,0
Pulpa (%)	43,0	43,0	67,0
Semilla (%)	12,0	21,0	0

Fuente: 1. Souza *et al.* (1996); 2. Santos & Condurú (1972).

En el caso específico del copoasú sin semillas (Foto 4), el rendimiento de pulpa es cerca de 1,5 veces superior al de los clones seleccionados (Tabla 2.3). Sin embargo, no existen cultivos comerciales de ese genotipo, tomando en cuenta que la producción de frutos por planta es mucho más baja, llegando a presentar una productividad inferior a 15 veces a la de los tipos con semillas (Müller & Carvalho, 1997). Otro aspecto está relacionado con la acidez de la pulpa, que es bastante menor. Resáltase, sin embargo, que en ese tipo, aun cuando no haya formación de semillas, los integumentos de los óvulos se desarrollan y es difícil su separación de la pulpa.



**Foto 4 - Fruto del copoasú sin semillas**

La acidez de la pulpa y el contenido de sólidos solubles varía principalmente en función del estado de maduración del fruto y del genotipo. Los frutos inmaduros

normalmente son menos ácidos y presentan un contenido menor de sólidos solubles. En la pulpa obtenida de frutos en completo estado de maduración, se han registrado valores de pH entre 2,9 y 3,4, con una acidez total que varía entre 1,9% a 2,5%. El contenido de sólidos solubles varía de 10,8°Brix a 14,4°Brix (Tabla 2.4).

**Tabla 2.4 - Valores de pH, acidez total y °Brix de la pulpa de copoasú**

Característica	Souza (1996) <sup>1</sup>	Nazaré (1997) <sup>2</sup>
PH	2,9 - 3,2	3,3
Acidez (%)	1,9 - 2,7	2,5
°Brix	12,6 - 14,4	10,8

1. Valores mínimo y máximo de frutos de seis diferentes clones.
2. Valores promedio de dos cosechas de frutos de diferentes tipos.

El valor calórico y la composición química de 100 g de la pulpa de copoasú se encuentra presentes en la Tabla 2.5. La pulpa del copoasú con 72 cal es menos energética que la de otras frutas nativas de la Amazonia, tales como el açai (*Euterpe oleracea*), o bacuri (*Platonia insignis*) y el buriti (*Mauritia flexuosa*), que contienen, respectivamente, 247, 105 e 144 calorías por 100 g de pulpa (IBGE, 1981).

Los contenidos de proteínas, lípidos y carbohidratos están dentro de los límites encontrados en la mayoría de los frutos tropicales. En relación a los minerales y vitaminas, la pulpa del copoasú es relativamente rica en calcio, fósforo y fierro y presenta un contenido razonable de Vitamina C.

Los compuestos responsables del aroma agradable de la pulpa del copoasú son principalmente ésteres, destacándose en mayor cantidad el butirato de etilo y, en menores proporciones el acetato de etilo, acetato de butilo, isobutirato de butilo y el butirato de butilo (Alves & Jennings, 1979).

**Tabla 2.5 - Valor calórico y composición química de 100 g de la pulpa de copoasú**

Componente	Cantidad
Calorías	72
Humedad (%)	81,3
Proteínas (%)	1,7
Lípidos (%)	1,6
Carbohidratos (%)	14,7
Fibra (%)	0,5
Cenizas (g)	0,7
Calcio (mg)	23
Fósforo (mg)	26
Fierro (mg)	2,6
Retinol equivalente (µmg)	30
Vitamina B1 (mg)	0,04
Vitamina B2 (mg)	0,04
Niacina (mg)	0,5
Vitamina C (mg)	33

Fuente: IBGE (1981).

### 2.6.2 Composición de las semillas

Las semillas son esencialmente oleaginosas, con un contenido de lípidos superior al 50%, presentando, sin embargo, cantidades considerables de proteínas y carbohidratos (Tabla 2.6). Los principales ácidos grasos presentes en el aceite son los ácidos oleico y esteárico. En proporciones menores se encuentran también los ácidos araquídico, palmítico, linoleico, bénico, galadoléico, heptadecanoico y palmitoléico (Chaar, 1980; Silva 1988).

**Tabla 2.6 - Composición química de las semillas de copoasú deshidratadas**

Componente	Contenido (%) <sup>1</sup>	Contenido (%) <sup>2</sup>
Proteína	11,86	20,02
Lípido	57,32	50,77
Carbohidrato	24,25	15,94
Ceniza	4,07	3,69
Fibra	1,94	9,58

Fuente: Adaptado de 1. Philocreon (1962) e 2. Chaar (1980).

El residuo desgrasado de las semillas es rico en sodio, potasio, fierro y magnesio, presentando también cantidades considerables de fósforo y calcio (Tabla 2.7).

Tabla 2.7 - Concentración de elementos minerales en semillas deshidratadas de copoasú

Elemento	Contenido (mg/100g)
Fósforo	240
Potasio	830
Magnesio	280
Calcio	100
Sodio	870
Fierro	310

Fuente: Cruz (1988).

### **3.0 ASPECTOS ECOLÓGICOS**

### 3.1 Clima

En las zonas de la Amazonia brasileña en donde la especie se encuentra en forma natural y bajo cultivo, la temperatura media mensual varía de 24,2°C a 28,2°C. Las medias mensuales de las temperaturas máximas se sitúan entre los 28,6°C y 35,6°C y la de las mínimas entre 17,0°C a 24,8°C. La humedad relativa media anual es elevada, con un límite mínimo de 77% y un máximo de 88%, siendo el mes más seco de 64% y el más húmedo de 93%. El total anual de horas de luz solar varía de 1.900 a 2.800 horas y la precipitación pluviométrica de 1.900 mm a 3.100 mm. No obstante ser elevada, no se encuentra distribuida uniformemente en los meses del año, debido a este hecho se producen déficits hídricos en los meses de menor precipitación (Diniz *et al.*, 1983). En las regiones de clima del tipo Afi, la deficiencia hídrica es poco acentuada, sobrepasando raras veces a los dos meses durante un año e intensificándose en las regiones de tipo climático Ami y, aún más, en el Awi.

En el caso específico del municipio de Tomé-Açu, en el Estado del Pará, donde se encuentra la mayor concentración de plantaciones de copoasú (Homma, 1996), la temperatura media anual es de 26,4°C, con medias mensuales de poca variación y medias de las máximas y de las mínimas de 32,9°C y 21,8°C, respectivamente. La media anual de la humedad relativa del aire es del 80%, con un límite mínimo mensual de 76% y máximo de 85% (Tabla 3.1). En relación al balance hídrico, Bastos *et al.* (1997) constataron que en el período comprendido entre enero y mayo, el total de lluvias supera la evapotranspiración. Por otro lado, con la disminución de las lluvias a partir de junio y, con mayor acentuación en los meses de agosto, septiembre y octubre, la evapotranspiración sobrepasa la precipitación y se observan déficits hídricos (Tabla 3.1), siendo necesaria, por lo tanto, la irrigación suplementaria.

La floración ocurre predominantemente en el período de menor precipitación (Calzavara *et al.*, 1984; Neves *et al.* 1993; Venturieri, 1994; Silva, 1996), cuando el número de horas de luz solar es también mayor. La prolongación del período de lluvias retarda la floración, atrasando, en consecuencia, la fructificación (Coral, 1993).

**Tabla 3.1 - Principales elementos climáticos del municipio de Tomé-Açu, PA, media de 1978 a 1990**

Mes	Temperatura del aire (°C)			Humedad del aire	Precipitación	Luz solar
	Máxima	Mínima	Media	(%)	(%)	(h)
Enero	32,5	22,1	26,0	84	347,6	167,8
Febrero	32,2	22,2	25,9	85	398,9	137,8
Marzo	32,3	22,3	26,0	85	489,1	129,1
Abril	32,5	22,5	26,4	84	443,4	157,2
Mayo	32,9	22,3	26,6	82	248,3	214,7
Junio	32,8	21,6	26,4	80	112,4	240,6
Julio	32,9	21,0	26,1	79	90,8	262,5
Agosto	33,3	20,9	26,2	78	62,4	260,0
Septiembre	33,6	21,1	26,4	77	51,1	220,8
Octubre	33,8	21,4	26,8	76	84,7	205,9
Noviembre	33,6	21,8	26,9	77	110,6	185,8
Diciembre	33,3	22,0	26,6	79	178,6	171,5
Año	32,9	21,8	26,4	80	2.617,9	2.353,7

Fuente: Bastos *et al.* (1997).

La irrigación suplementaria es particularmente necesaria en las plantaciones establecidas a pleno sol, en suelos con un contenido de arcilla inferior al 30% y sometidos a los tipos climáticos Ami e Awi. En los años de ocurrencia del fenómeno de “El niño”, esa práctica se hace necesaria también en plantaciones instaladas en lugares con tipo climático Afi, especialmente si el suelo presenta un bajo contenido de arcilla.

A pesar de las ventajas de la irrigación, practicada en forma empírica, no se dispone todavía de resultados consistentes que permitan definir con precisión las ventajas de su utilización, principalmente en términos de productividad de frutos y distribución anual de la producción. A pesar de ello, en el municipio de Tomé-Açu, en plantaciones bajo riego, se ha observado también la aparición de frutos maduros entre las cosechas.

A pesar de ser el agua un elemento importante durante todo el ciclo da planta, una buena disponibilidad hídrica es esencial especialmente durante la fase de formación de los frutos. La pérdida de frutos y hasta la muerte misma de las plantas, particularmente en plantaciones de hasta tres años de edad, son características indicativas de un déficit hídrico acentuado. Otro problema relacionado con la disponibilidad de agua en el suelo y que puede comprometer hasta el 50% de la cosecha es el agrietamiento de los frutos (Foto 5). En plantas sometidas a períodos de déficit hídrico, seguidos de fuertes lluvias o de riegos muy abundantes, ocurre una rápida absorción de agua, lo que provoca un aumento en la presión interna de los frutos ocasionando el agrietamiento de la cáscara, favoreciendo la penetración y proliferación de hongos saprófitos, causando podredumbre. Este hecho es común en plantaciones establecidas en regiones con tipo climático Afi y Ami, donde se presentan fuertes precipitaciones después de períodos de sequía. La utilización de cobertura muerta o

riego suplementario en las plantaciones, principalmente en los meses de baja precipitación, constituyen formas de minimizar o evitar ese problema.



**Foto 5 – Agrietamiento del fruto de copoasú ocasionadas por desequilibrio fisiológico causado por período de sequía seguido de un período de intensa pluviosidad**

Los vientos fuertes también causan serios perjuicios en plantaciones con plantas jóvenes, donde la copa es todavía pequeña y sin volumen suficiente para disminuir la velocidad de los vientos. La acción de ese elemento climático es más pronunciada en cultivos a pleno sol. El problema se manifiesta con mayor intensidad en el período de menor ocurrencia de lluvias, cuando los vientos son más fuertes, el suelo está más seco y la luz solar es mayor. El principal efecto de los vientos consiste en la quema y caída prematura de las hojas, debido a la pérdida excesiva de agua o también por un simple efecto mecánico. No obstante, dependiendo de la velocidad, puede provocar quebrazón de ramas y del tronco. La utilización de corta-vientos con especies arbóreas de pequeña altura y que presenten una copa densa es una forma de controlar el problema.

En la región de cacao del Estado de Bahía, la especie también está siendo cultivada con éxito, aunque en pequeña escala. En esa región, la temperatura media mensual se sitúa entre los 21,7°C y 25,4°C y la precipitación anual es de alrededor de 1554 mm (Alvim, 1975).

En sistemas de huertos caseros “home garden”, se encuentran cultivos de la especie en las Regiones Centro-Oeste y Sudeste del Brasil, particularmente en los Estados de Goiás, São Paulo y Espírito Santo, con una productividad, en algunos casos, equivalente a la observada en la Amazonia, bajo el mismo sistema. En la Región

Sur, está siendo probada en el Estado de Paraná por el Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR), con resultados preliminares promisorios. Debe destacarse que en el Noroeste del Paraná se está cultivando con éxito otras especies tropicales, como es el caso del coco (*Cocos nucifera*) y de la seringueira (*Hevea brasiliensis*), esta última también nativa de la Amazonia. El principal factor limitante para el cultivo del copoasú, en esa región, es la presencia de heladas.

Dos ejemplares existentes en el Jardín Botánico de Río de Janeiro, también han presentado una relativa productividad, en algunos años, de hasta 20 frutos por planta/año. El lugar está situado a 22°58'14" de latitud sur, con clima del tipo Afi (Jardim botánico do Río de Janeiro, 1990), por lo tanto, idéntico al encontrado en algunas áreas de cultivo de la Amazonia.

### 3.2 Suelos

En las zonas de ocurrencia natural, el copoasú se encuentra, predominantemente, en suelos ácidos (pH alrededor de 4,5), con contenido de arcilla entre 35% y 60%, de baja fertilidad natural, principalmente en Latosuelo Amarillo Distrófico, Latosuelo Bermello-Amarillo Distrófico, Podzólico Bermello-Amarillo Distrófico. También se encuentra en Arenas Quarzosas, cuya clase textural es bastante arenosa, con un contenido de arcilla inferior al 17% (Osaqui & Falesi, 1992). En estado subespontáneo, aunque raras veces, está presente en suelos de alta fertilidad natural, del tipo Tierra Roja Estructurada, Podzólico Bermello Amarillo Eutrófico, como asimismo en suelos de formación hidromórfica como los de las altas planicies del estuario y del bajo Amazonas, que presentan drenajes deficientes, principalmente durante el período de mayor precipitación pluvial.

Los cultivos comerciales deben establecerse, de preferencia, en suelos de tierra firme, profundos, y con buena retención de agua. Aun cuando el copoasú se haya adaptado a suelos ácidos, de baja fertilidad natural, produce mejor en suelos de alta fertilidad. Los suelos arenosos, por presentar escasa retención de agua, no son adecuados para el cultivo del copoasú, especialmente en zonas donde la distribución de las lluvias no es uniforme. El establecimiento de plantaciones en zonas de suelos arenosos, sometidas a los tipos climáticos Ami o Awi, implica necesidades de riego en el período de sequía y una mayor inversión en abonos minerales.

Por ser menos exigente que el coco, en términos de condiciones químicas del suelo, el copoasú presenta crecimiento y rendimiento satisfactorios al ser cultivado en Latosuelo Amarillo Distrófico (Oxisuelos), donde la primera especie tiene serias restricciones, cuando no se realiza la corrección del pH, lo que puede ser un indicativo de tolerancia a la toxicidad del aluminio (Moraes *et al.*, 1994).

## **4.0 MANEJO DEL CULTIVO**

#### 4.1 Clones y Variedades

A pesar de que el copoasú se ha cultivado a escala comercial, en la Amazonia brasileña desde hace cerca de 25 años, con un área plantada, actualmente, superior a 10.000 ha, no existen variedades híbridas o clones mejorados a disposición de los productores (Alves *et al.*, 1996). Las utilizadas en el establecimiento de las primeras plantaciones provenían de poblaciones nativas, cultivos domésticos o también de frutos adquiridos en ferias libres y, más recientemente, de las primeras plantaciones comerciales instaladas en la región. En la mayoría de los casos, no se adoptó ningún criterio de selección varietal con la consecuencia de una elevada variabilidad de los cultivos en cuanto a productividad, forma del fruto, rendimiento de la pulpa y estructura de la copa, entre otros caracteres (Alves *et al.*, 1998).

Desde el inicio de la década de los 90, los agricultores del municipio de Tomé-Açu, en el Estado de Pará, están seleccionando con métodos empíricos y entre sus cultivos, plantas que presentan características superiores, principalmente, en términos de productividad, replicabilidad de producción, rendimiento de la pulpa y tolerancia a las enfermedades. Las plantas seleccionadas han sido propagadas por semilla y en menor escala por injertos, no estando debidamente caracterizadas y evaluadas para ser consideradas como clones o variedades. Los cultivos actualmente en producción, no presentan predominancia de un tipo determinado, constituyéndose en fuentes de variabilidad genética.

Las primeras tentativas de caracterizar los tipos de copoasú fueron efectuadas considerando el formato del fruto y la presencia o ausencia de semillas. En esa clasificación se definieron tres variedades: a) copoasú “redondo” cuyos frutos presentan un largo aproximadamente igual al diámetro y formato redondeado; b) copoasú “mamorana”, caracterizado por presentar un largo bastante superior al diámetro, con un peso de hasta 4,0 kg y ápice con protuberancia; c) copoasú “mamau”, cuyos frutos no presentan semillas (Calzavara, 1970). El establecimiento de las variedades de copoasú “redondo” y “mamorana”, basado sólo en la forma de los frutos no ha sido válida, pues dentro de una misma población ese carácter presenta una variación continua, existiendo, asimismo, dentro de cada tipo, variación en el tamaño del fruto, espesor de la cáscara, rendimiento de la pulpa, número y tamaño de las semillas, tamaño de la planta y estructura de la copa, susceptibilidad a enfermedades, y forma y tamaño de las hojas. En relación al copoasú sin semillas, un triploide con 30 cromosomas (Moraes *et al.*, 1994), oriundo de una planta encontrada en el municipio de Cametá, PA y que también ha sido propagado por injerto, cultivado a pequeña escala por presentar una baja productividad (Müller & Carvalho, 1997), pulpa con menor acidez titulable y menor contenido de ácido ascórbico que los tipos con semillas. Además de eso, presenta una alta susceptibilidad al hongo causante de la “escoba de bruja” (Venturieri, 1985). La principal ventaja de ese tipo es el alto rendimiento de la pulpa, alrededor del 67%, casi el doble del rendimiento encontrado en los tipos comunes, con semillas (Santos & Condurú, 1972).

Con el objetivo de identificar los problemas que son consecuencia de la no disponibilidad de material propagativo de alta calidad, distintas instituciones de investigación localizadas en la Amazonia brasileña, están realizando intensos esfuerzos dirigidos a la obtención de clones, variedades e híbridos resistentes o tolerantes a la

“escoba de bruja”, con mayor productividad de frutos y otras características agroindustriales promisorias. Un aspecto importante, que ha sido considerado en los materiales seleccionados, principalmente en los clones, es que presenten un elevado grado de intercompatibilidad o autocompatibilidad. En relación a esta última característica, debe destacarse que la selección de plantas autocompatibles es algo factible, tomando en cuenta que en los trabajos sobre hibridación de especies del género *Theobroma* efectuados por Addison & Tavares (1952) se identificó una matriz con esa particularidad, que lamentablemente se perdió, a consecuencia del hecho de que en aquella época, la especie no era cultivada y se prestaba poca atención a plantas de copoasú que presentaban alguna característica deseable.

La autocompatibilidad es un aspecto que debe ser enfatizado en los programas de mejoramiento, pues seguramente es uno de los factores que puede contribuir al aumento de la productividad de las plantaciones de copoasú. Destácase que, en el caso de algunas plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), en el Recôncavo de Bahía, la auto-incompatibilidad, aliada a la reducida variabilidad genética existente en las plantaciones es la causa primaria de la baja productividad (Pinho *et al.*, 1993).

El Banco de Germoplasma de Copoasú de Embrapa Amazonia Oriental, abarca 46 clones rescatados en diferentes localidades de la Amazonia brasileña y 50 clones y 49 familias de medio hermanos recolectados en plantaciones comerciales establecidas en el Estado do Pará. (Alves *et al.*, 1996). Se han identificado grupos de clones que presentan una elevada compatibilidad interclonal, como, por ejemplo, el grupo formado por los clones 174, 186, 286 e 513 (Tabla 4.1). Hasta el momento no se ha encontrado ninguna matriz autocompatible. Conviene destacar, sin embargo, que las investigaciones sobre autocompatibilidad y las relaciones sobre el grado de compatibilidad entre los diferentes materiales, involucran hasta el momento, un número reducido de genotipos (Alves *et al.*, 1997). Otro aspecto que merece ser evidenciado se refiere al hecho de que la incompatibilidad es bilateral (Silva, 1976), o sea, si un determinado clon es incompatible con otro, no habrá fertilización de óvulos independiente de que uno de ellos sea usado como donador o receptor de polen.

**Tabla 4.1 - Porcentaje de compatibilidad entre diez clones del Banco de Germoplasma de Copoasú de la Embrapa de la Amazonia Oriental, en Belém, PA.**

Clon parental Femenino	Clon parental masculino									
	174	186	215	286	434	513	554	620	624	1074
174	0	100	0	100	80	90	100	100	90	60
186	100	0	90	100	100	90	60	100	80	100
215	10	70	0	70	100	50	90	100	80	50
286	90	90	100	0	0	100	90	90	80	90
434	100	90	100	10	0	100	100	30	90	60
513	80	100	80	80	100	0	50	70	40	90
554	90	100	80	50	70	90	0	80	80	60
620	-	80	-	80	10	-	-	0	-	-
624	80	100	100	90	90	0	80	100	-	80
1074	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Alves *et al.* (1997).

Los estudios desarrollados en el Banco de Germoplasma de Copoasú de Embrapa Amazonia Oriental, han permitido identificar seis clones que presentan resistencia a la “escoba de bruja”. Entre ellos, cuatro evidenciaron una alta productividad de frutos y un elevado grado de compatibilidad entre sí. Esos genotipos

se están multiplicando vegetativamente (injertos) y se encuentran en la fase final de evaluación y multiplicación, estimándose que dentro de dos años estarán a disposición de los productores.

El tipo ideal de copoasú, buscado en los programas de mejoramiento genético desarrollados en la Amazonia, debe presentar las siguientes características:

- Planta vigorosa, copa en forma de taza y frutos uniformemente distribuidos en las ramas.
- Resistencia a la “escoba de bruja” o con bajo nivel de infestación.
- Productividad igual o superior a 20 frutos/planta/año, con un peso promedio alrededor de 1.500 g, o con una producción igual o superior a 40 frutos/planta/año, con un peso promedio de 800 g.
- Rendimiento de la pulpa alrededor del 40,0%.
- Contenido de sólidos solubles entre 13°Brix e 15°Brix.
- Acidez en ácido cítrico entre 2,0% y 4,0%.

## 4.2 Propagación

El copoasú puede ser propagado tanto por vía sexual como por procesos asexuados, particularmente por injerto. En este último caso, los métodos de inserción de cuñas en la parte superior del portainjerto, implantación lateral del injerto en contacto con la albura y de yemas con corteza tienen buen prendimiento (Addison & Tavares, 1952; Müller *et al.* 1986b; Venturieri *et al.* 1986/1987).

La propagación por injerto es aún de uso limitado, debido principalmente, a los problemas de auto-incompatibilidad genética, identificados primeramente por Addison & Tavares (1952) y posteriormente confirmados por Venturieri (1994), Alves *et al.* (1996) e Silva, (1996). Otro factor que ha limitado la utilización de mugrones injertados a gran escala es la estructura de las plantas. En ese sistema de propagación, las plantas no exhiben un patrón de crecimiento tricotómico y se caracterizan por la emergencia excesiva de ramas plagiotrópicas, exigiendo cuidados desde la fase de vivero hasta los dos primeros años después de la plantación. Es preciso destacar, sin embargo, la necesidad de poda para formar la copa a fin de que la planta adquiera una estructura equilibrada (Müller & Carvalho, 1997). Este problema se debe al hecho de que los injertos son sacados de ramas plagiotrópicas, las que originan solamente otras ramas plagiotrópicas.

La propagación por estaca, no obstante diversas tentativas efectuadas en instituciones de investigación, utilizando sistemas de nebulización intermitente y reguladores inductores del enraizado, no ha demostrado ser promisorio, ya que es difícil que las estacas originen raíz y mueren, a las cuatro semanas después de ser colocadas en el sustrato.

Los estudios sobre micropropagación del copoasú son todavía incipientes, no se dispone de protocolos que posibiliten la obtención de plántulas “plantlets”. Las tentativas con embriogenia somática escasamente posibilitaron la obtención de callos

embriogénicos que fallaron en la producción de “seedlings” viables (Velho *et al.*, 1990).

#### 4.2.1. Propagación por semillas

En el proceso de formación de mugrones por vía sexuada, la primera etapa consiste en la extracción y procesamiento de las semillas.

Las semillas al ser extraídas de los frutos se encuentran envueltas por el endocarpo de coloración blanco-amarillo, firmemente adherido por fibras en la parte más interna del tegumento. La pulpa puede ser removida por un proceso manual o mecánico. En el primer caso, la remoción es efectuada con el auxilio de una tijera, lo que exige habilidad a fin de no provocar heridas en las semillas y remover el máximo de pulpa en el menor tiempo posible. El principal inconveniente de este método lo constituye la lentitud, ya que sólo permite la limpieza de aproximadamente 190 semillas por hora (Calzavara *et al.*, 1984). Por otro lado, tiene la ventaja de no provocar daños mecánicos en el embrión y dejar menos residuos de pulpa en la superficie del tegumento.

La extracción mecánica de la pulpa es efectuada en máquinas despulpadoras similares a las utilizadas en las industrias de procesamiento de pulpa. La cantidad de semillas procesadas con este método depende de la capacidad de la máquina, pudiendo variar de 3.500 hasta 90.000 por hora. A pesar de esta ventaja, es necesario usar criterios de selección de las semillas, descartando las que presentan heridas o grietas, ya que dependiendo de su extensión, pueden ocasionar la muerte de las semillas u originar plántulas de conformación anormal (Tabla 4.2). Conviene destacar, sin embargo, que la extracción mecánica de la pulpa deja en la superficie del tegumento gran cantidad de residuos de pulpa.

**Tabla 4.2 - Porcentaje de germinación, de plántulas anormales y de semillas muertas de copoasú, en función del método de extracción.**

Método de extracción	Germinación (%)	Plántula anormal (%)	Semilla muerta (%)
Manual	96,0	2	2
Mecánico sin selección	84,0	6	10
Mecánico con selección	98,0	0	2

Fuente: Carvalho & Müller (datos no publicados)

La remoción completa de los residuos de pulpa sólo es absolutamente necesaria cuando se debe transportar las semillas de un lugar a otro. En este caso, la estratificación en substrato húmedo, compuesto de aserrín mojado o vermiculita, es un método recomendado para que no haya compromiso de la capacidad de germinación. Si los residuos de pulpa no son removidos eficientemente, habrá fermentación, con un calentamiento acentuado del substrato, lo que provoca una elevada pérdida de la germinación, pudiendo asimismo, y dependiendo de la cantidad de pulpa que permanece adherida a las semillas, comprometer la viabilidad de todo el lote.

Los procesos de fermentación corrientemente usados en la remoción de la pulpa de frutos carnosos tropicales, tales como el maracujá, el tomate y otros, no son

adecuados para las semillas de copoasú, ya que además de no posibilitar la eliminación eficiente de esos residuos, pueden incluso comprometer la capacidad de germinación. Normalmente, los residuos de pulpa que permanecen adheridos al tegumento no afectan la germinación (Tabla 4.3), una vez que las semillas han sido sembradas después de la extracción y previamente lavadas en agua corriente.

**Tabla 4.3 - Grado de remoción y porcentaje de germinación de semillas de copoasú sometidas a diferentes métodos de eliminación de residuos de la pulpa.**

Método	Grado de remoción (%)	Germinación (%)
Sin remoción	0	99,0
Remoción manual	80	98,5
Fermentación en agua durante 48h	25	92,5
Fermentación en agua durante 96h	80	82,0
Fermentación en agua durante 144h	80	38,0
Fermentación en agua durante 192h	80	14,0
Inmersión en HCl (5%), durante 48h	50	88,0
Inmersión en HCl (10%) durante 48h	25	87,0
Inmersión en Hcl (20%), durante 48h	25	31,5
Fermentación en pulpa de tomate durante 48h	80	97,5
Fermentación en pulpa de tomate durante 96h	50	66,5

Fuente: Adaptado de Santos (1996).

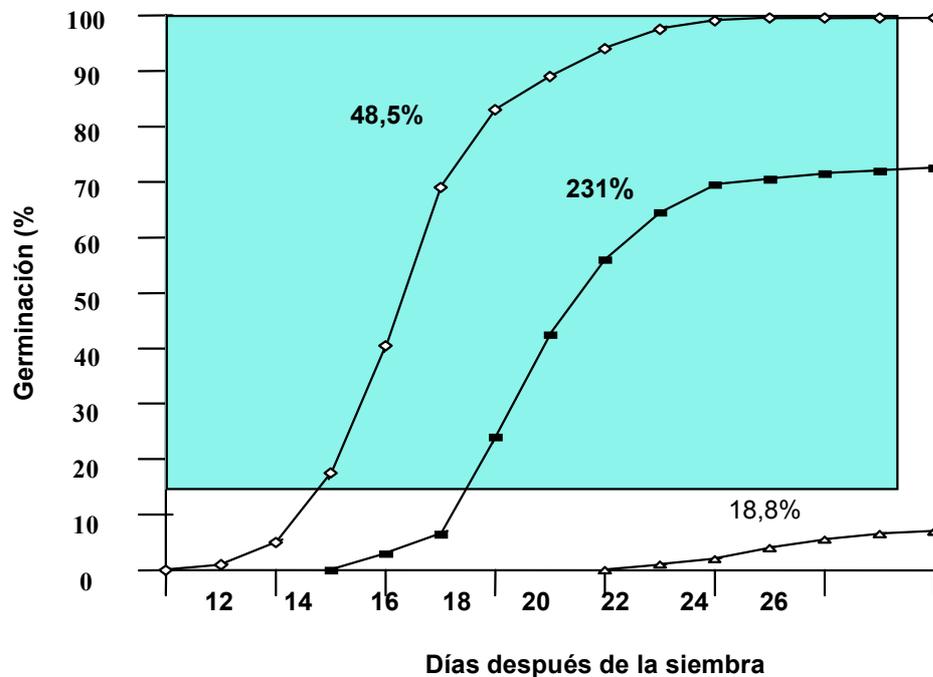
Las semillas representan cerca del 19% del peso de los frutos (Calzavara *et al.*, 1984) y presentan una gran variación en términos de tamaño, peso y grado de humedad. Las variaciones en el peso y en el grado de humedad se manifiestan también en semillas sacadas de un mismo fruto. El peso de las semillas individuales varía de 2,9 g a 8,8 g

En semillas recién extraídas y sembradas inmediatamente después de la extracción, la germinación es rápida y uniforme, iniciándose la emergencia de las plántulas 13 días después de ser sembradas, alcanzando el grado máximo de germinación en el 25° día, ocasión en que el porcentaje de semillas germinadas alcanza un valor próximo al 100% (Müller & Carvalho, 1997).

Desde el punto de vista morfológico, el proceso de germinación se caracteriza, inicialmente, por la aparición de la raíz primaria que rompe el tegumento en la porción basal de la semillas, más precisamente en la región próxima al hilo. Esta fase es bastante rápida, verificándose entre tres o cuatro días después de la siembra. Enseguida, la raíz primaria presenta una fase de activo crecimiento, alcanzando un largo de 7 a 10 cm, cuando ya presenta un número razonable de raíces secundarias. Las fases siguientes se caracterizan por la aparición de los nudos cotiledonares, desarrollo del gancho epicotilinar y del epicótilo y apertura del primer par de metáfilos. La germinación es del tipo hipogea y la plántula del tipo critocotilidina.

El grado de humedad de las semillas es un factor crítico en la germinación, ya que éstas se ubican dentro del grupo de semillas recalcitrantes, o sea, presentan sensibilidad a la desecación, perdiendo completamente la capacidad de germinación

cuando la humedad es reducida a valores entre 15,0% y 17,0%. A pesar de esta alta sensibilidad, el grado de humedad puede ser reducido hasta alrededor de un 30,0%, sin que haya compromiso del poder germinativo. Las reducciones más acentuadas implican detención y retardo de la germinación (Fig. 4.1).



**FIG. 4.1 - Curso de la germinación de semillas de copoasú en función del grado de humedad** (Fuente: Carvalho & Müller, datos no publicados).

Otra característica importante de la semilla de copoasú es la sensibilidad a las bajas temperaturas. Normalmente cuando se las exponen a temperaturas iguales o inferiores a 15°C, hay compromiso de la capacidad de germinación. La sensibilidad al frío es tan pronunciada que semillas expuestas durante seis horas a temperaturas de 5°C pierden completamente la capacidad de germinación.

La temperatura óptima para la germinación se sitúa entre los 25°C y 30°C (García, 1994). Esta franja de temperatura es la que se encuentra normalmente en el sustrato de germinación en la época de siembra en la Amazonia, que coincide con el período de mayor precipitación y nubosidad y, en consecuencia, con temperaturas más agradables. Las temperaturas de 20°C causan la inhibición de la germinación y las de 35°C, no obstante acelerar el proceso, inducen la quema del hipocótilo y de la raíz primaria de las plántulas (García, 1994). En temperaturas iguales o inferiores a 15°C las semillas no germinan, a causa de la pérdida de viabilidad.

La siembra puede realizarse en sementeras, trasplantándolas posteriormente a sacos de plástico de 18 cm de ancho, 35 cm de profundidad y 200 µ de espesor. En este sistema, es fundamental que el sustrato sea liviano y quebradizo, de tal manera que durante el trasplante no ocurran daños acentuados en el sistema radicular en formación.

Los sustratos más utilizados son el aserrín o una mezcla de arena y aserrín, en la proporción volumétrica de 1:1. En ambos casos es conveniente que el aserrín esté ya mojado y tamizado, a fin de eliminar las partículas de mayor tamaño. Alternativamente, se puede usar una mezcla de tierra con aserrín, también en la proporción volumétrica de 1: 1. No obstante, la operación de trasplante se facilita bastante cuando se usa una mezcla de arena con aserrín.

El sustrato es colocado en la sementera, que debe tener una profundidad de más o menos 20 cm, y cuando llegue a 3 cm del nivel superior debe ser humedecido, nivelado y ligeramente compactado, efectuándose, entonces la siembra con un espaciamiento de 2 x 2 cm. Una vez distribuidas las semillas en el surco de siembra éstas se recubren con una camada de cerca de 2 cm del mismo sustrato (Foto 6).



**Foto 6 - Siembra en sementera conteniendo aserrín como sustrato.**

La protección de las sementeras con una cubierta que permita interceptar el 50% de la luz, o con hojas de palmeras, es esencial para evitar la incidencia directa de las lluvias que pueden causar el encharcamiento del sustrato, y de la radiación solar directa, que puede provocar la quema en las plántulas recién-nacidas.

El trasplante de las plántulas debe ser efectuado preferencialmente antes de la aparición del primer par de hojas, o sea, en el punto denominado popularmente como “punto palito” (Foto 7), que se alcanza entre 15 y 20 días después de la siembra, pues además de obtenerse índices de pérdida casi nulos, permite una mayor agilidad en la operación. En esta fase, el tallo es de coloración púrpura y presenta una altura entre 5 y 7 cm. El trasplante, puede ser efectuado desde cuando el primer par de hojas ya esté completamente desarrollado, lo que se verifica a los 60 días después de la siembra, situación en que los cotiledones todavía están adheridos a la plántula con restos de

material de reserva. En este caso, habrá necesidad de podar la raíz primaria, dejándola con un largo de alrededor de 10 cm aproximadamente. Esta práctica se realiza con el objeto de evitar que el sistema radicular se entrelace, aun cuando ello provoque la pérdida de la turgencia en las hojas en los días siguientes a la operación. Sin embargo, las plántulas con dos pares de hojas sólo deben ser trasplantadas en situaciones muy particulares. Además de la poda de la raíz principal, habrá también necesidad de reducir el área foliar, cortando las hojas del medio.



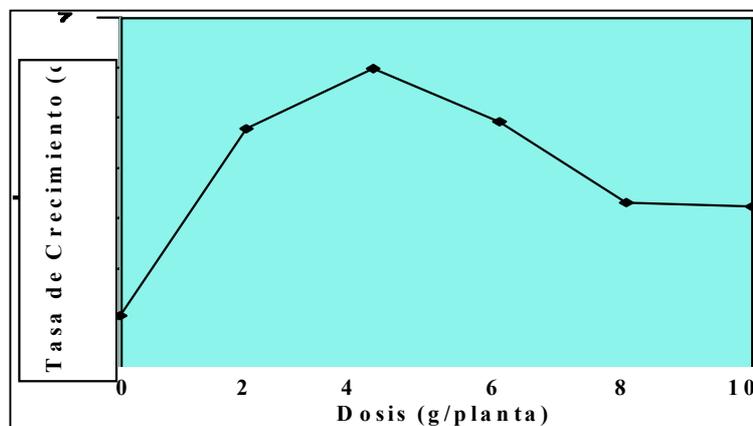
**Foto 7 - Plántula en el punto ideal de trasplante**

Es preciso destacar que no obstante el hecho de que las semillas de copoasú presentan una germinación rápida y uniforme que posibilitarían la siembra directamente en bolsas de plástico, el sistema de siembra en sementeras es el más indicado dado que permite el descarte de plántulas anormales, posibilitando la obtención de plantas de almácigos más uniformes. Normalmente, para lotes de semillas de buena calidad fisiológica, cerca del 10% al 15% de las plántulas son descartadas en la fase de vivero. El sistema de siembra en sementeras es adoptado principalmente cuando se debe producir una gran cantidad de planta.

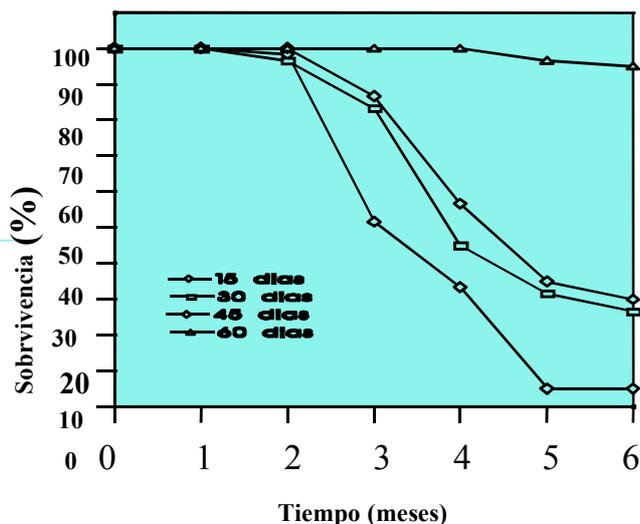
El tamaño del saco de plástico para los viveros es importante para que las plantas presenten un buen crecimiento y sin riesgos de entrelazado del sistema radicular. Los recipientes que tienen dimensiones menores a las citadas anteriormente, retardan el crecimiento de las plantas (Dantas *et al.*, 1996) y provocan enrollamiento del sistema radicular. Los recipientes de mayor tamaño no son recomendables debido a la mayor cantidad de sustrato requerida, dificultades en el transporte y, principalmente, por ser más susceptibles a la fragmentación del terreno, que tiene serias implicaciones en la sobrevivencia después del trasplante.

Alternativamente, la siembra directa en sacos de plástico es recomendada cuando se utilizan semillas pre-germinadas o con germinación superior al 90% para minimizar las fallas (bolsas sin plantas), aumentando en consecuencia los costos de producción. Los procesos simples recomendados para la pre-germinación incluyen la estratificación en aserrín o vermiculita o envolver las semillas en sacos de algodón o de yute previamente humedecidos con agua. Para pequeñas cantidades, es también posible utilizar papel de diario humedecido. En todos los casos las semillas son retiradas después de cinco a ocho días después del inicio del proceso, seleccionándose para siembra directa aquellas que presentan una raíz “naciente”, fase de la germinación conocida popularmente como “punto blanco”.

El sustrato básico para la obtención de buenas plantas de almácigo está constituido por un 60% de tierra, 20% de estiércol y un 20% de aserrín. Es fundamental que los dos últimos componentes de la mezcla estén mojados. En áreas donde el estiércol sea difícil de adquirir, se puede utilizar alternativamente, una mezcla constituida de 70% de tierra y 30% de aserrín. En este caso, es imprescindible que se efectúen cuatro aplicaciones de 4 g de la formulación 10-28-20 de NPK, por planta (Fig. 4.2). La fertilización mineral se inicia dos meses después del trasplante o emergencia de las plántulas y repetida cada dos meses. Dosis mayores o intervalos de aplicación menores pueden causar necrosis en las hojas o hasta incluso provocar la muerte de las plantas (Fig. 4.3). Las plantas producidas en sustrato a base de suelo y aserrín, con fertilización mineral, presentan crecimiento semejante a aquellos en que se utiliza sustrato con 20% de estiércol, no siendo necesaria la corrección del pH, que presenta valores entre 4,5 y 5,5. (Santos, 1997).



**FIG. 4.2 - Tasa de crecimiento en altura de plantas de copoasú en función de la dosis de abono mineral** (Fuente: Müller & Carvalho, 1997).



**FIG. 4.3 - Supervivencia de plantas de copoasú en función de la frecuencia de aplicación del abono mineral** (Fuente: Müller & Carvalho, 1997).

La Comisión Estatal de Semillas y Plantas de Pará establece los siguientes patrones para plantas fiscalizadas de copoasú obtenidos por semillas (Comissão Estadual de Sementes e Mudás do Pará 1997):

- Altura uniforme, aspecto vigoroso, con follaje armónico.
- Presentar, al menos ocho hojas de coloración verde normal y leño perfectamente endurecido.
- Tener de ocho a doce meses de edad, contados a partir de la fecha de la siembra.
- Presentar tallo único y erecto con un mínimo de 30cm de altura, medido a partir del cuello de la planta.
- Presentar un diámetro mínimo, a 2 cm del cuello, de 5 mm.
- Presentar un sistema radicular bien desarrollado, sin raíces entrelazadas, quebradas o retorcidas, y con raíz pivotante recta y de un largo mínimo de 25cm.
- Exentas de plagas y enfermedades; y
- La comercialización solamente será permitida en terrón o acondicionadas en sacos de plástico o su equivalente, con un mínimo de 18 cm de ancho, 35 cm de altura y un espesor de 200 micra.

#### 4.2.2 Propagación asexual

La propagación asexual del copoasú busca fundamentalmente la reproducción exacta de genotipos de plantas que presentan características superiores, tales como: alta productividad, resistencia a la “escoba de bruja”, cosechas más largas y características agroindustriales del fruto, además de disminuir el porte de la planta. La reducción del período juvenil no se constituye en objetivo de la propagación asexual, si se considera que el copoasú, aun cuando sea propagado por semillas, tiene características de precocidad, iniciando la producción de frutos dos años y medio a tres años después de plantarlo en su lugar definitivo.

Un aspecto que debe ser considerado en los sistemas de propagación asexual en el copoasú, es que jamás se deberá establecer plantaciones con un solo clon a causa de la auto-incompatibilidad genética, que impide la autofertilización. Debido a ello, para hacer plantaciones con plantas propagadas asexualmente, es necesario determinar previamente si los genotipos a ser multiplicados presentan un elevado grado de compatibilidad entre sí. Además de ello, es necesario que haya una perfecta sincronización en el período de floración de los diferentes genotipos, y que éstos sean distribuidos en el campo de tal forma que las plantas de un mismo clon no sean plantadas alternadamente con otras de otros clones.

### Injerto de yema o escudo

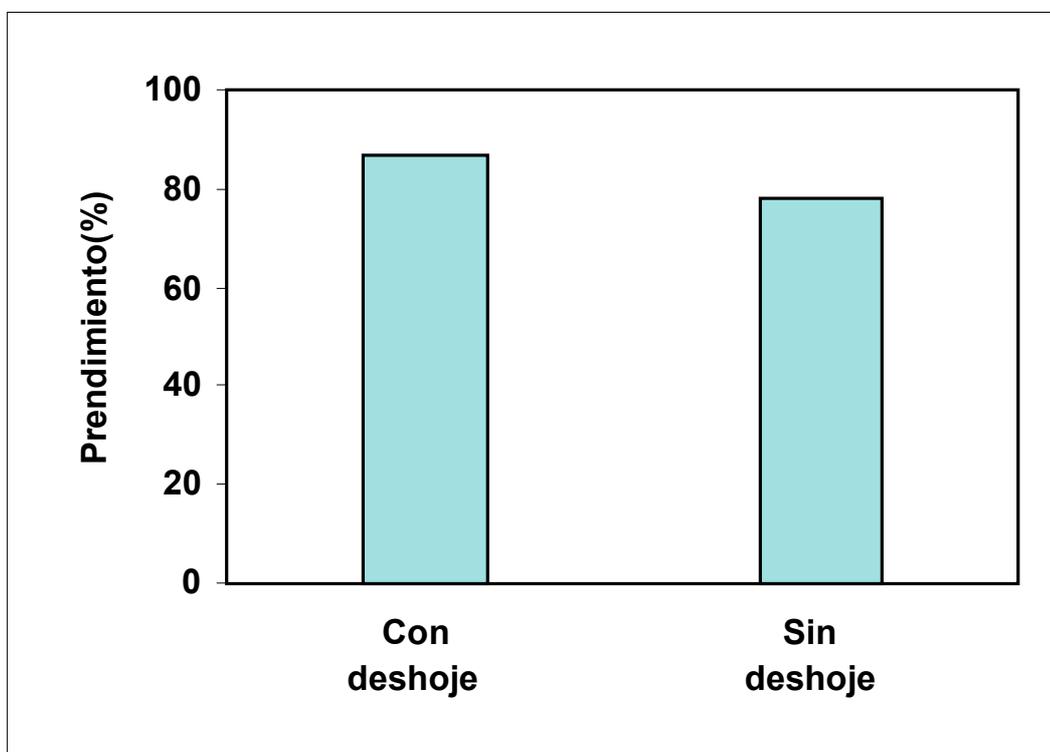
Para la utilización de este método de propagación es necesario que el porta-injerto, obtenido de semilla, presente un diámetro de alrededor de 1,0 cm en el punto de inserción del injerto de corteza. Los porta-injertos, para alcanzar ese diámetro cerca de diez a doce meses después de la siembra, deben estar dispuestos en el vivero en hileras dobles, separadas por camellones de 40 cm. Con esta disposición, el área ocupada por 1.000 plantas es de 40,6 m<sup>2</sup>, siendo el área de los camellones casi el doble de la ocupada efectivamente por las plantas. La disposición en hileras dobles intercaladas por espacios libres es esencial, pues evita el auto-sombreado de las plantas, que provoca decoloración y desuniformidad en el crecimiento.

Es importante que la yema sea injertada encima de las hojas basales ya que después del corte del porta-injerto, las hojas remanentes se constituirán en la fuente de producción de asimilados, que asegurará la sobrevivencia de la planta recién-injertada hasta que ocurra la brotación y apertura de las primeras hojas del injerto (Müller & Carvalho, 1997). Las hojas dejadas debajo del punto de injerto también aseguran la sobrevivencia del porta-injerto, después del corte.

La corteza que contiene la yema debe presentar un ancho equivalente o muy próximo al del corte de la cáscara del porta-injerto en donde deberá ser injertado, en tanto que el largo debe ser un poco mayor, de tal forma que cuando se haga la inserción su parte superior sobrepase la grieta abierta, cortándose en el amarre permitiendo así la unión perfecta entre el tronco y la púa injertada. Este procedimiento permite la formación más rápida del callo, que es importante para la adhesión del injerto. Después de la inserción, el injerto es amarrado con pita transparente de polietileno o polivinil, de cerca de 2 cm de ancho y 15 a 20 cm de largo, en espiral, iniciándose el amarre debajo de la cima.

Las ramas porta-yemas deben ser retiradas de la planta que se desea propagar el mismo día en que se efectuarán los injertos. Ante la imposibilidad de efectuar el injerto inmediatamente después de retiradas las ramas porta-yemas, es necesario acondicionarlas adecuadamente en algún substrato húmedo. El aserrín húmedo y previamente esterilizado en agua hirviendo constituye un excelente substrato para la conservación de ramas porta-yemas de copoasú, permitiendo el aprovechamiento del 92,5% de los renuevos, después de 14 días de acondicionamiento (Lima & Costa, 1997).

El deshoje previo de la rama que proveerá las yemas, aun cuando no interferirá en el pegamento de los injertos (Fig. 4.4) es recomendable, ya que facilita sobremanera la soltura de la corteza, aumentando, en consecuencia, el rendimiento de la mano de obra (Müller & Carvalho, 1997).



**FIG. 4.4 Prendimiento de injertos en copoasú en función del deshoje previo de las ramas porta-yemas** (Fuente: Müller *et al.*, 1986a).

Cuando se injertan por el método anterior, las plantas injertadas pueden permanecer en vivero con un 50% de interceptación de la radiación solar, hasta el momento de ser llevadas para su plantación en el lugar definitivo, sin que haya compromiso en el prendimiento y en el crecimiento de los injertos.

La remoción de la pita que envuelve el injerto se realiza 30 a 35 días después del injerto, tiempo suficiente para que haya formación del callo en el tejido cambial. No obstante, el corte del porta-injerto que busca el quiebre del dominio apical, solamente debe ser procesado siete días después de la remoción de la pita, ya que en muchos casos, injertos aparentemente vivos se secan en caso que la unión del tronco con la púa no haya sido perfecta. Este procedimiento permite el reaprovechamiento inmediato del porta-injerto para un nuevo injerto.

La decapitación del porta-injerto se realiza a 1 cm arriba de la parte superior de la corteza del injerto. Alternativamente, la quiebra de la dominancia apical puede realizarse con un anillamiento del porta-injerto a 10 cm por arriba del injerto. Para que

el injerto se desarrolle normalmente y con vigor, es importante que se haga un desbrote de las yemas basales que se desarrollan en el porta-injerto. Conviene destacar que cuando se usa la técnica del anillado, el número de brotes que se desarrollan en el porta-injerto es bastante menor que cuando se usa la técnica de corte.

Estos procedimientos proporcionan índices de prendimiento de los injertos de alrededor del 80% (Müller *et al.*, 1986a; Venturieri *et al.*, 1986/1987), desde que el injertador esté bastante capacitado y dotado de agilidad y habilidad para que efectue rápidamente el injerto, evitando que la corteza y la hendidura abierta permanezcan expuestas al aire por mucho tiempo, lo que puede provocar oxidación y pérdida de turgencia de los tejidos cortados. Las plantas injertadas por este método están en condiciones de ser plantados en el lugar definitivo tres a cuatro meses después del injerto..

Como el injerto modifica completamente el patrón de crecimiento tricotómico de la planta, con brotes esencialmente plagiotrópicos, necesita de un tutor para la corrección del tropismo. El entutoramiento debe ser realizado tanto en la fase de vivero como en el campo, procurando siempre orientar las ramas en sentido vertical. Además de estos entutotamientos, es necesario realizar podas de formación de la copa para que la planta adquiera la estructura adecuada (Foto 8). La primera poda se realiza de 30 a 40 cm del punto de injerto, cuando la planta emite nuevas ramas, podándose posteriormente de tal forma que después de la poda tengan un largo de más o menos 50 cm.



**Foto 8- Copoasú originando de yema escudo injertada, con tropismo parcialmente corregido por entutoramiento y podas de formación.**



**Foto 8 - Copoasú originado de yema escudo injertada, con tropismo parcialmente corregido por entutoramiento y podas de formación.**

El entutoramiento y la poda no corrigen totalmente el tropismo de las ramas y, por lo tanto, es difícil obtener plantas propagadas por injerto con copa en forma de taza. No obstante, el entutoramiento y la poda de formación son fundamentales porque impiden que las plantas presenten una copa totalmente inclinada, lo que favorece el quiebre de las ramas y, en la mayoría de los casos, del propio tronco, especialmente durante la fructificación cuando el peso de los frutos altera aún más el equilibrio de la planta.

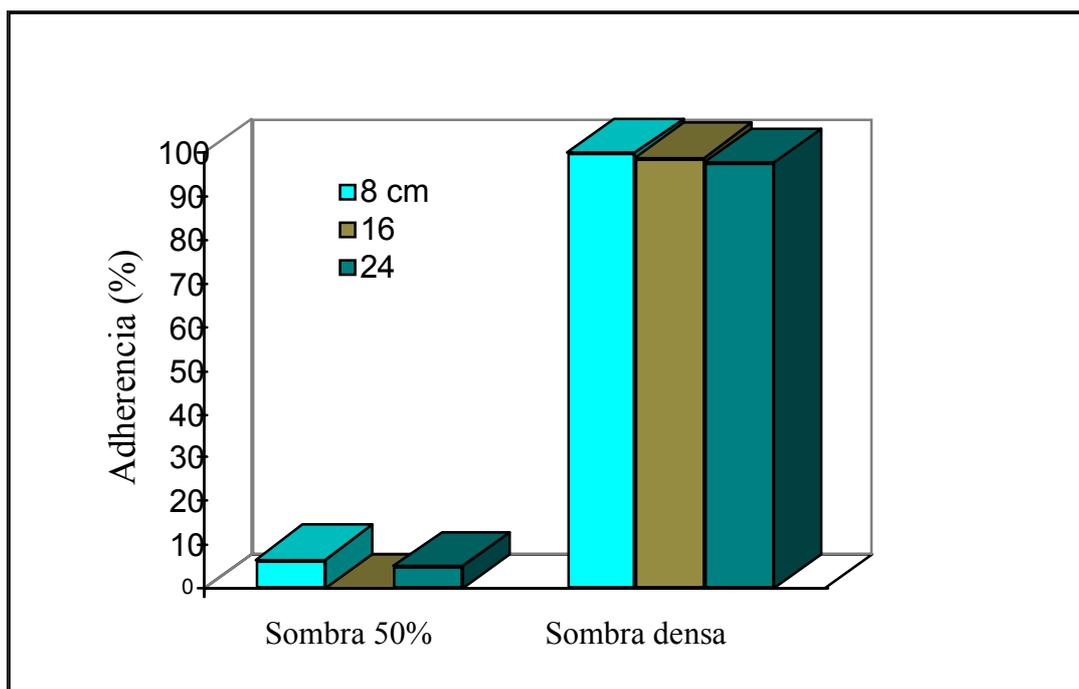
Cuando no se efectúa el entutoramiento y la poda, la copa crece en sentido lateral, con ramas que alcanzan la superficie del suelo (Foto 9). Durante la fructificación, el contacto de los frutos con el suelo húmedo favorece la pudrición de ellos, además de facilitar el ataque de roedores. En este caso, las prácticas como coronación, rozado y abono se tornan difíciles de ser ejecutadas debido al entrelazado de las ramas de las plantas circundantes.



**Foto 9 - Copoasú injertado y sin tutoramiento.**

#### Injerto por implantación

El proceso de injerto por implantación de cuñas (púas) ofrece algunas ventajas en relación al injerto por el método de yema-escudo. La implantación de cuñas, especialmente en el ápice de un corte de una hendidura vertical, es un método más simple y fácil de ser ejecutado, presentando un mayor rendimiento de la mano de obra y exigiendo menor habilidad del injertador. Otra ventaja es que puede ser efectuada en porta-injertos con seis a ocho meses de edad. Sin embargo, por este método el número de púas que se puede retirar de un árbol matriz seleccionado es cerca de 20 veces menor que el número de yemas, limitando bastante la capacidad de multiplicación de un determinado genotipo. Además de esto, inmediatamente después del injerto y hasta el prendimiento de los injertos, es necesario contar con un ambiente totalmente protegido de la radiación solar directa, so pena de comprometer totalmente la prendimiento de los injertos (Fig. 4.5). La disposición de los plantas en el vivero debe ser efectuada de la misma manera indicada para el injerto con yema-escudo.



**FIG. 4.5 – Prendimiento de injertos en copoasú a través de la implantación de púas, en función del nivel de sombra y del tamaño de la púa (Fuente: Müller *et al.*, 1986b).**

La utilización de púas con hojas maduras, proporciona un mayor índice de prendimiento de los injertos. Por lo tanto, cuando la planta está en la fase de brotación y crecimiento de ramas nuevas (que en la Amazonia brasileña ocurre con mayor frecuencia entre los meses de mayo y julio), no es adecuada para el retiro de púas (Müller & Carvalho, 1997).

Las púas después de ser retiradas de la planta matriz (planta madre) se limpian eliminando todas las hojas, a excepción de las dos situadas en la extremidad apical del brote, que son cortadas transversalmente, de tal forma que el largo del limbo sea más o menos de 5 cm. Estos segmentos de hojas servirán como indicadores precoces del resultado del injerto. Se debe tener en cuenta que si de 10 a 15 días después de la injertación, las púas que se tornan amarillentas o presentan caída de las hojas “indicadoras” las púas deben ser injertadas nuevamente.

El prendimiento de los injertos de púa apicales, no son afectados por el largo de la púa, pudiendo variar de 8 a 24 cm (Fig. 4.5). En el caso de la implantación lateral en la albura o “inglés simple”, el índice de prendimiento es mejor cuando se usan púas más largas. Sin embargo, estos dos últimos métodos son de uso limitado por ser más difíciles de ejecutar y presentar un prendimiento inferior a la implantación de injertos de púa apical (Müller *et al.*, 1986b). Es importante que las púas provengan de ramas de crecimiento vertical (Müller *et al.*, 1995), para reducir la incidencia de ramas decumbentes o plagiotrópicas en la copa.

Durante la operación de injertar, en el caso de la implantación de púas en el borde del corte, la primera etapa consiste en el corte del porta-injerto, que debe realizarse a una altura cuyo diámetro sea semejante al diámetro basal de la púa a ser

injertada. El corte es efectuado con un corte total transversal del tallo. Enseguida, se efectúan en la parte inferior de la púa cortes en bisel doble, en forma de cuña, insertándola posteriormente en una incisión vertical de aproximadamente 4 cm de profundidad en el ápice del porta-injerto. Después de la inserción, las partes unidas se amarran firmemente con pita de plástico y el injerto es protegido con un saco de polietileno transparente, previamente rociado con agua en su parte interna, con el objeto de evitar el resecamiento del injerto. Esta “cámara húmeda” sólo debe ser retirada una vez que la primera brotación se haya desarrollado completamente, lo que normalmente ocurre entre 30 y 35 días después de realizado el injerto. Luego de la remoción de la cámara húmeda, las plantas injertadas o “mugrones” deben permanecer por más de diez días bajo sombra densa, para luego ser llevadas al vivero con una exposición a la luz del 50%, hasta que alcancen el tamaño adecuado para ser plantadas en el lugar definitivo, o sea, como mínimo, tres meses después de injertada.

Las hojas situadas debajo del punto de inserción del injerto no deben ser removidas, pero cualquier brotación de yemas que se desarrolle debajo de ese punto debe ser eliminada (Müller *et al.*, 1995), para que no haya competencia con el injerto.

En mugrones obtenidos por este método de injerto es necesario también colocar un tutor y efectuar podas de formación de copa para corregir el tropismo. Estas operaciones se realizan de la misma forma indicada para mudas obtenidas de injertos de escudo.

La Comisión Estatal de Semillas y Mugrones de Pará establece los siguientes patrones para mugrones fiscalizados de copoasú obtenidas por injerto (Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Pará, 1997):

- Presentar una altura uniforme, aspecto vigoroso, con un follaje armónico.
- Tener el punto de injerto, injerto o yema, situado a 25 cm de altura, medida a partir del cuello de la planta.
- Presentar soldadura perfecta del injerto, y los puntos de unión entre el tronco y el injerto o yema deben tener un diámetro compatible.
- Presentar un diámetro mínimo de 1,5 cm.
- Presentar como mínimo, cuatro pares de hojas.
- Tener, como mínimo, tres meses de edad, contados desde la fecha de hecho el injerto.
- Presentar sistema radicular bien desarrollado, sin raíces entrelazadas, quebradas o retorcidas y con una raíz pivotante recta.
- Presentar un tropismo corregido.
- Exentas de plagas y enfermedades.
- La comercialización de este tipo de mugrón solamente será permitida cuando esté acondicionada en sacos de plástico o su equivalente, con un mínimo de 18 cm de ancho por 35 cm de alto y un espesor de 200 micra.

Transporte de los mugrones

En muchas ocasiones el productor adquiere mugrones en viveros, siendo, por lo tanto, necesario transportarlas a los terrenos donde será establecida la plantación

definitiva. En la Amazonia el transporte es efectuado, generalmente, por vía terrestre o fluvial.

Hay algunos procedimientos que son necesarios para asegurar que los mugrones lleguen a su destino en buenas condiciones. La primera providencia a ser adoptada consiste en acondicionar los mugrones en enrejados de madera, sin tapa, con laterales de 30 cm de altura, buscando evitar la quiebra del terrón y la caída de los sacos, que pueden provocar daños en el sistema radicular. Cada enrejado debe tener una superficie de 0,5 m<sup>2</sup>, en el que caben 32 mugrones, con un peso bruto de aproximadamente 100 kg.

Para el transporte terrestre es imprescindible que la carrocería sea cubierta con una lona, tanto en la parte superior como en los costados, dispuesta de tal forma que impida el contacto de ésta con las hojas de los mugrones. El objeto de esta cubierta es proteger a las plantas de la acción del viento y de la radiación solar directa. En largas distancias, con un tiempo de viaje igual o superior a 12 horas y en donde las paradas son imperativas, el vehículo debe ser estacionado en lugares sombreados.

En el transporte fluvial, generalmente los mugrones son llevadas en la bodega del barco, no existiendo por lo tanto los problemas de viento, pero debe considerarse el lugar donde serán colocados los mugrones de modo que no reciban el calor liberado por el motor de la embarcación. En este tipo de transporte también es necesaria la protección con enrejados.

#### **4.3.Preparación del área de plantación**

Por ser una especie originalmente umbrófila, el copoasú necesita de sombreado parcial, principalmente en la fase juvenil, debiendo ser gradualmente adaptado al sol, lo que puede ser hecho ya sea en el vivero en el lugar definitivo. En la fase adulta puede ser cultivado a pleno sol, siempre que los suelos sean arcillosos, no haya déficits hídricos acentuados y se utilicen prácticas agrícolas que minimicen los problemas causados por la baja disponibilidad de agua en los períodos de sequía o en verano, como ser cubriendo con vegetación muerta (“mulch”) o utilizando riego.

Las áreas recomendadas para el cultivo del copoasú deben ser preferencialmente aquellas que ya han sido utilizadas con otros cultivos, como pimenteras caducas, praderas degradadas o de vegetación secundaria (matorrales) con una altura de cerca de 6 m (Calzavara *et al.*, 1984) y topografía plana o levemente inclinada. La utilización de zonas boscosas para la plantación de los cultivos no es aconsejable, debido a los daños ambientales y a los costos que implica la corta de la vegetación natural.

En el caso de plantación de los cultivos en zonas con vegetación secundaria, la primera operación consiste en la eliminación de bejucos, vegetación rastrera y arbustos, para facilitar la orientación de las líneas de copoasú, que deben tener un distanciamiento entre fila de 5 m en suelos de baja fertilidad, y 7 m en suelos de media a alta fertilidad. Enseguida se abren los camellones de 2 m de ancho, con orientación oriente-poniente, donde serán transplantados los mugrones de copoasú, eliminando

toda la vegetación de esa franja. Los árboles de mayor tamaño, que servirán para dar sombra definitiva, deberán dejarse marcados, procurando, en lo posible, que estén a una distancia de 25 a 30 m unos de otros. Los demás árboles con un tamaño equivalente al de las plantas de sombra deberán ser cortados con el objeto de evitar el exceso de sombra en el cultivo (Müller & Carvalho, 1997).

El plantío se realiza en una sola hilera, al centro de cada camellón, con un espaciamiento de 5 m dentro de la línea, en suelos de baja fertilidad y de 7 m en suelos de media a alta fertilidad. En los tres primeros años después de plantados, se realizan limpias sucesivas en la vegetación de menor tamaño, aumentando gradualmente el ancho de los camellones, de tal forma que cuando los copoasú tengan tres años de edad, queden solamente las plantas destinadas al sombreado definitivo (Calzavara *et al.*, 1984; Müller & Carvalho, 1997). Es importante que los árboles seleccionados para el sombreado definitivo presenten una raíz pivotante fuerte y no estén atacados por termitas, ya que en caso contrario, estos árboles caerán con la consiguiente raldura final. La mejor época efectuar la limpia de la vegetación es el tiempo de lluvias, para que los copoasú no sufran daños debido a la exposición brusca a una condición de mayor intensidad de radiación solar (Calzavara *et al.*, 1984).

En el caso de áreas de pimenteras caducas o de praderas degradadas, existe la necesidad de adaptación de las mudas a la condición de pleno sol. Esta práctica se realiza en el vivero exponiendo las mudas que están en condiciones de 50% de sombra, a niveles de menor sombreado, hasta que un mes antes de ser plantados reciban la totalidad de la radiación solar directa.

La plantación en áreas de pimenteras caducas, que normalmente están establecidas a un espaciamiento de 2,5 x 2,5 m, se realiza en las entrelíneas de las pimenteras, alternadamente, de tal forma que los copoasú tengan un espaciamiento de 5 x 5 m. Para el aprovechamiento más racional del área, es aconsejable también plantar en asociación con otra especie, para lograr el sombreado de los copoasú, después de la muerte de las pimenteras. El coco (*Cocos nucifera*) y el asaí (*Euterpe oleracea*), plantados con un espaciamiento de 10 x 10 m, constituyen opciones viables para este sistema, con la ventaja adicional de proporcionar mejor distribución de ingresos para el productor durante el año, una vez que el coco produce, en promedio, un racimo de frutos por mes y el asaí presenta un período de producción entre cosecha del copoasú.

Para plantación en zonas de praderas degradadas, primero es necesaria una limpia general y la empalizada de las líneas en donde los copoasú serán plantados. En esta franja, de aproximadamente 2 m de ancho, el matorral y el capín remanente deben ser eliminados completamente con guadañas manuales, mecánica o en forma química. Enseguida, debe efectuarse una cava y se abren hoyos con un espaciamiento de 5 x 5 m. Otra alternativa consiste en la limpieza de toda una zona, para la plantación del cultivo del copoasú en sistema de asociación provisoria y/o definitiva.

La plantación debe efectuarse en la estación lluviosa, en hoyos con una profundidad de 40 cm y de 30 a 40 cm de diámetro. Al abrir los hoyos, es aconsejable mezclar una camada superficial de tierra con diez litros de estiércol bovino o cinco

litros de cama de gallinero, y 100 a 200 g de superfosfato triple. Esta mezcla obtenida es dispuesta en el fondo del hoyo y alrededor del terreno de sustentación de la muda, completándose el relleno con la restante tierra removida (Müller *et al.*, 1995). Si la tierra del terrón del mugrón se ha resquebrajado debido al transporte o en el momento de la plantación, es importante que se corten todas las hojas por la mitad (defoliación al 50%), para reducir la pérdida de agua por transpiración, evitando la muerte de la planta (Müller & Carvalho, 1997).

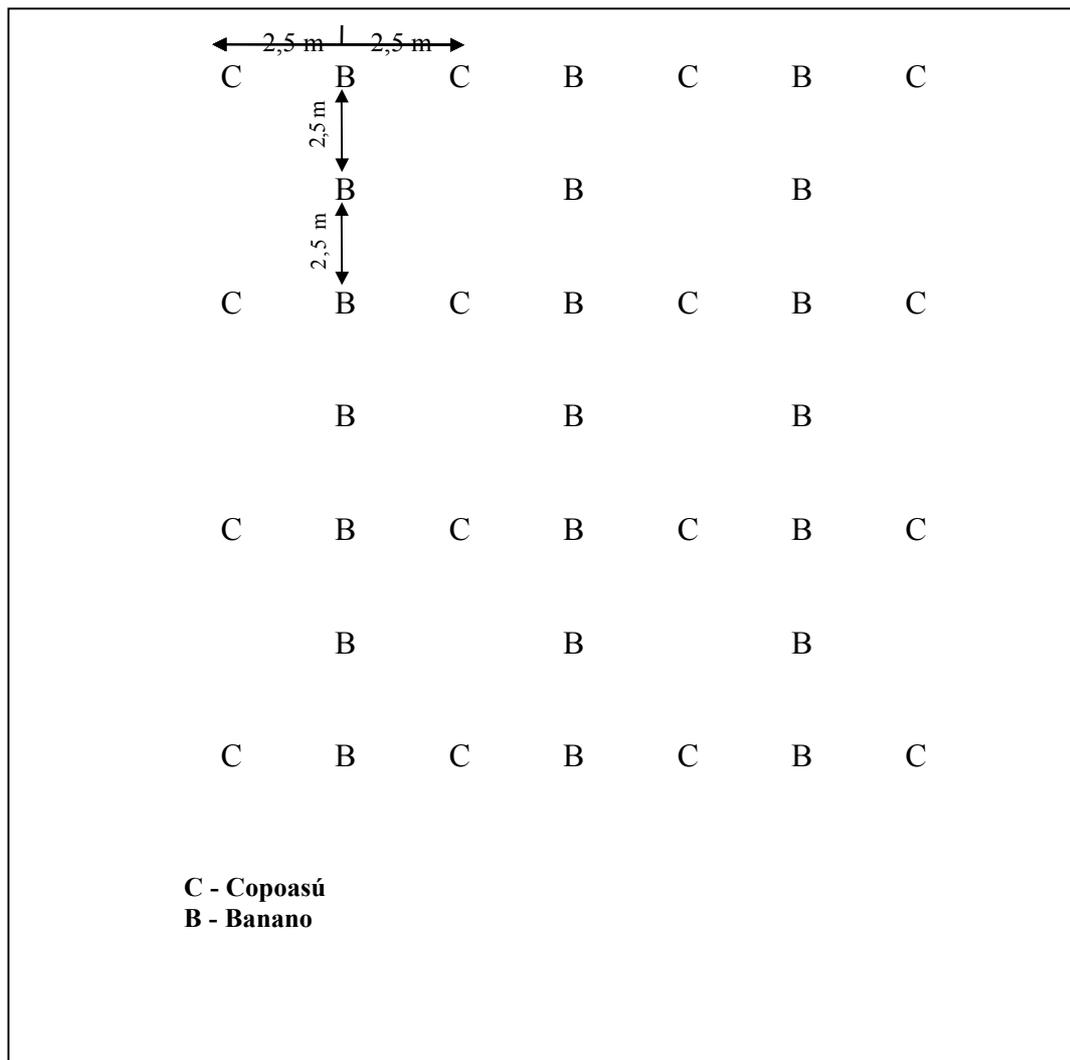
En el caso de plantación con mudas injertadas existe además la necesidad de colocar al lado de cada planta, un tutor de madera para ayudar en la corrección del tropismo del tallo. Este tutor debe tener 1,4 m de largo y cerca de 10 cm de diámetro, debiendo ser colocado durante la plantación, de tal forma que permanezca con una extensión de 1,0 m por encima de la superficie del suelo.

#### **4.4 Sistemas de producción y manejo de la plantación**

##### **Sistemas de asociación**

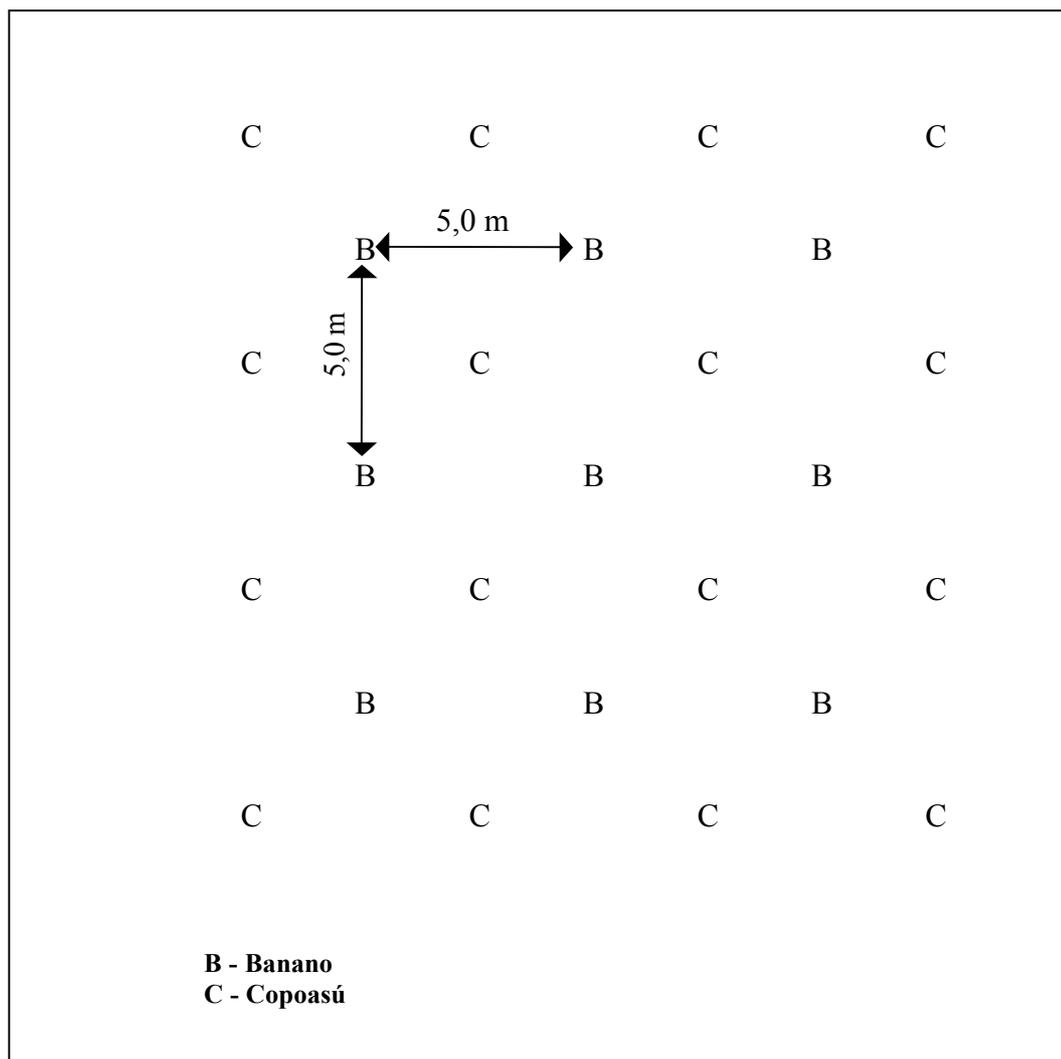
Se pueden utilizar diversos sistemas en la formación de huertos, involucrando el monocultivo o en asociación provisoria o definitiva con otras especies. Dado que el copoasú adulto soporta un nivel de sombreado de alrededor del 25% (Ribeiro, 1992; Venturieri, 1993), ello permite diferentes arreglos, condicionando una mayor eficiencia en el uso del suelo y mejor distribución de ingresos durante el año, generados por los cultivos o especies sombreadoras y las consociadas, sin afectar la densidad de plantas de copoasú por hectárea (Müller & Carvalho, 1997).

El sistema más generalizado de cultivo envuelve el sombreado provisoria con bananeros (Venturieri, 1993), a ejemplo de lo que se verifica en el cultivo del cacao. En este sistema, los bananeros son plantados a un espaciamiento de 5 m entre líneas y 2,5 m dentro de las líneas y los copoasú a un espaciamiento de 5 x 5 m (Fig. 4.6), lo que posibilita la plantación de 400 copoasú y 800 pies de bananero. Las líneas de bananeros deben orientarse en dirección oriente-poniente para evitar el sombreado excesivo de los copoasú.



**FIG. 4.6 - Esquema de distribución de las plantas en la asociación del copoasú con el banano.**

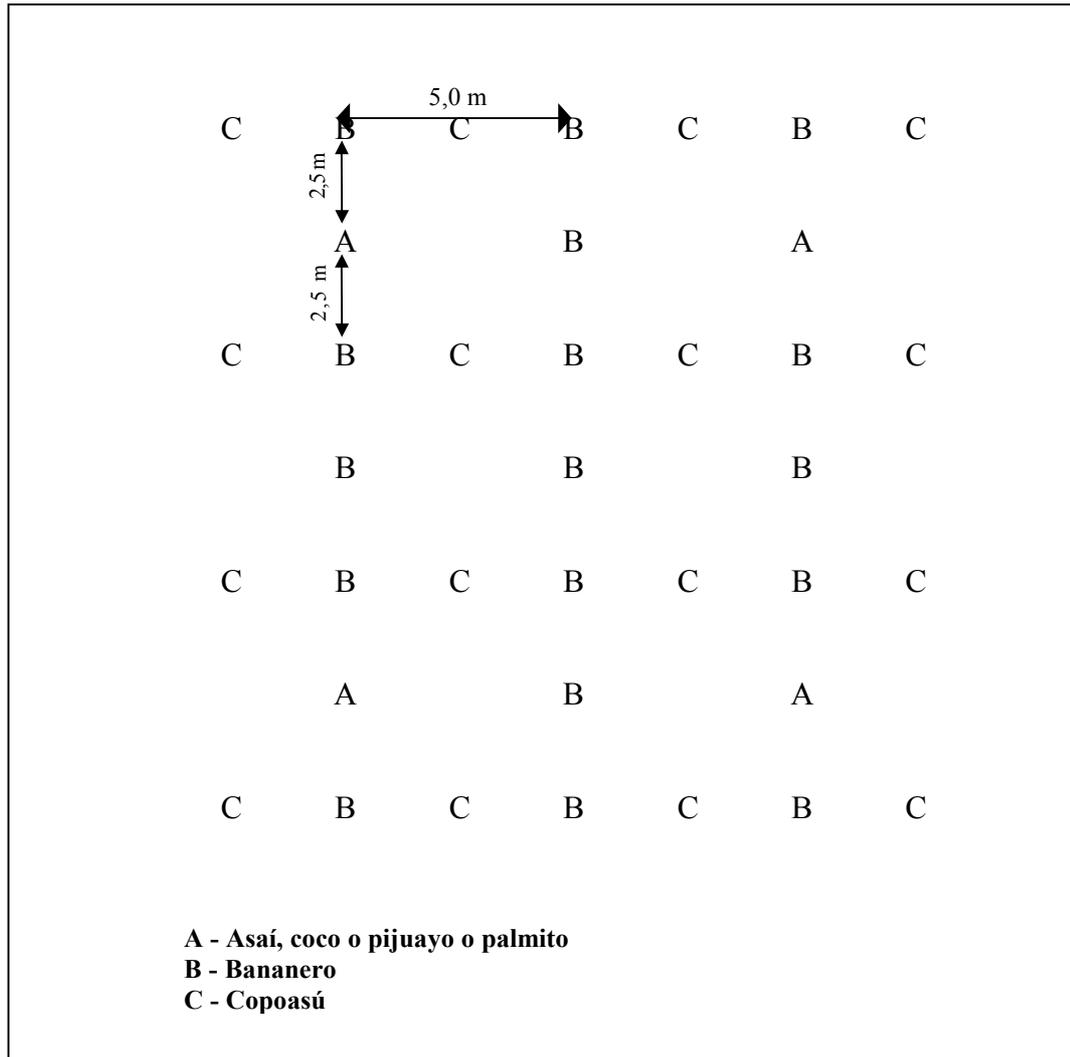
Transcurridos tres años de la plantación, se efectúa la eliminación de los pies de bananeros que se encuentran entre dos copoasú, reduciéndolos al 50% (Fig. 4.7), los que permanecerán por dos años más, cuando también serán eliminados. Es conveniente que la disminución de la densidad de los bananeros se efectúe en la época de lluvias, para que no haya daños en los árboles de copoasú a consecuencia de la brusca exposición a una mayor intensidad de radiación solar.



**FIG. 4.7 - Esquema de distribución de las plantas en asociación del copoasú con el banano después de la poda.**

La utilización del sombreado provisorio con bananeros permite que a partir del año a año y medio, el productor tenga retornos de la inversión con la producción de bananas. Al momento de efectuarse el entresacado de los bananeros es posible obtener hasta 44,8 t de racimos/ha y, luego del entresacado, otras 22,4 t/ha, totalizando, al final de los cinco años, 67,2 t de racimos/ha (Eulálio, 1997).

Variantes de este sistema con bananos pueden involucrar una consociación triple con otras especies para la formación de consociaciones dobles definitivas, principalmente palmeras como el asaí (*E. oleracea*), el coco (*C. nucifera*) y el pijuayo o palmito (*B. gasipaes*), sin alterar la densidad de plantas de copoasú por hectárea. El número de pies de bananeros, en este caso, es de 700 por hectárea, los espacios restantes son ocupados por una de estas palmeras (Fig. 4.8). La eliminación de los bananeros se realiza tres años después de la plantación, produciendo en promedio 39 t/ha.



**FIG. 4.8 - Esquema de distribución de las plantas en consociación triple involucrando al copoasú, bananero y asaí.**

Otras especies frutícolas que pueden ser cultivadas en asociación provisoria con el copoasú son el maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) (Foto 10) y el papayo (*Carica papaya*). En el primero caso, tanto el copoasú como el maracuyá son plantados a una densidad de 400 plantas por hectárea, a un espaciamiento de 5,0 x 5,0 m. La disposición de las hileras de árboles (“espalderas”) se orienta en dirección oriente-poniente, a fin de evitar la acción perpendicular de los vientos, que pueden ocasionar la caída de los soportes del maracuyá. También es importante que los soportes sean colocados entre un copoasú y otro y los maracuyá plantados entre dos soportes.



**Foto 10 - Consociación involucrando al copoasú y al maracujá.**

En el primer año, el maracujá produce cerca de 3,2 t de frutos/ha; en el segundo, 4,4 t/ha; y en el tercero, 2,8 t/ha. Después del tercer ciclo de producción, las plantas de maracujá son eliminadas.

En el consorcio de copoasú con papayos, la primera especie es plantada a un distanciamiento de 5,0 x 5,0 m y las papayas en las entrelíneas, a una distancia de 2,5 entre unos y otros. En las líneas de copoasú también se planta un mamey (*Mammea americana*) entre una planta y otra. De este modo, el consorcio queda constituido por 400 copoasú y 1.200 mameys por cada hectárea.

La producción de mamey, que se inicia seis a ocho meses después del plantío, puede proporcionar cosechas de 8,4 t en el primer año; 25,2 t en el segundo; y 16,8 t en el tercer año (Freitas, 1979). Después del tercer año, las papayas son eliminadas. Del mismo modo que en el consorcio de copoasú y bananero, el sistema puede ser ajustado para consorcios triples, utilizando asaí, pijuayo o palmito, o cocoteros como constituyentes definitivos, substituyendo al momento de la plantación, 100 plantas de mamey por una de esas especies. El espaciamiento para este componente debe ser de 10 x 10 m.

En todos estos sistemas, existe la posibilidad de intercalar en el primer año cultivos de ciclo corto. El cultivo de ciclo corto debe ser implantado concomitantemente con las especies perennes y semiperennes. Esto es particularmente importante para pequeños productores, ya que permite la generación de ingresos en el primer año después de la plantación del huerto de copoasú.

En sistemas agroforestales, el copoasú está siendo ensayado en combinación con especies arbóreas madereras o de uso múltiple, no pudiéndose determinar aún qué combinaciones son las más eficientes. No obstante, resultados preliminares han evidenciado que los sistemas en que se ha usado la castaña (*Bertholletia excelsa*) como sombra definitiva son bastante promisorios, debido, principalmente, a la baja competencia por nutrientes de ésta con el copoasú (Locatelli *et al.*, 1996; Quisen & Souza, 1998; Marques & Ferreira, 1998).

Dado las múltiples posibilidades de consociación del copoasú con otros cultivos semiperennes y perennes, es necesario que las decisiones sobre las especies que serán utilizadas consideren no solamente las ventajas biológicas del sistema, sino también las perspectivas del mercado actual y, principalmente, las posibilidades de ampliación o de saturación para los productos obtenidos de los cultivos consorciados (Nogueira *et al.*, 1991).

#### **4.5 Podas de conducción y de formación de copa**

Cuando no se han efectuado podas de conducción y de formación de copa, el copoasú presenta en la edad adulta una altura elevada (Foto 11), lo que dificulta el control de plagas y principalmente de la enfermedad de la “escoba de bruja”, factor que limita la producción de frutos dado que si no es retirada la fuente de inóculo, las reinfestaciones son permanentes. También el número de frutos rajados o quebrados es mayor, reduciendo el ingreso para el productor. Las rajaduras de los frutos son provocadas por el mayor impacto durante la caída de los frutos al suelo, debido a la altura o también debido a choques con las ramas más gruesas de la planta.



Foto 11 - Copoasú no-sometido a poda de conducción y con una altura superior a 15 m.

En plantas no injertadas obtenidas de semillas debe realizarse una cuidadosa poda de conducción del tallo, a fin de reducir su porte. Esto es más importante que la poda de formación de la copa, ya que con sólo podar la rama ortotrópica, la copa quedará equilibrada y se desarrollarán ramas de fructificación en la trifurcación, siendo un poco más lenta que cuando las extremidades de estas ramas son cortadas (poda de formación de la copa). Por otro lado, en plantas injertadas es imprescindible la utilización de la poda de formación de copa, tomando en cuenta que en este caso no hay formación de trifurcaciones, habiendo predominancia de ramas a un solo lado del tronco lo que provoca la conformación de copas decumbentes. En copoasú injertados, la poda de formación de la copa busca no sólo obtener plantas con ramas no-decumbentes sino también proporcionar un mayor número de ramas de fructificación. A fin de obtener resultados satisfactorios, además de la poda de formación, es fundamental el entutoramiento de las plantas hasta la edad de dos años. A esta edad, el tronco ya está vertical y con un diámetro suficiente para soportar el peso de la copa.

En el caso de las plantas originadas por semillas, la conducción es efectuada a través de la eliminación de la rama ortotrópica recién brotada, a partir de la primera o segunda trifurcación. La decisión sobre el número de trifurcaciones que deben permanecer en las plantas, dependerá de la inclinación de las ramas plagiotrópicas.

Cuando las ramas forman ángulos de 90° con la rama ortotrópica, o sea, se encuentran paralelas con el suelo, se deben mantener dos trifurcaciones. Por otro lado, cuando las ramas forman ángulos de alrededor de 135° con la parte inferior del cuello, se debe dejar sólo un conjunto de tres ramas plagiotrópicas (Foto 12).



**Foto 12 - Copoasú originado por semilla y sometido a la poda de conducción, con un conjunto de tres ramas plagiotrópicas.**

Cuando las ramas plagiotrópicas alcanzan una altura de 2 m se podan a 1,7 m, con el objeto de forzar el brote de ramas laterales, lo que permite que la copa adquiera una conformación de taza. La poda de conducción debe realizarse a lo menos una vez al año, con la eliminación de los brotes ortotrópicos que surjan en el centro y en las proximidades de la trifurcación. Esta práctica se realiza con una navaja, cuando los brotes son tiernos o con una sierra cuando ya presentan una consistencia leñosa (Müller & Carvalho, 1997). Otra opción es la poda química, utilizando herbicidas de contacto, aplicados directamente en las hojas de las ramas a ser eliminadas. La época del año en que estos brotes surgen con mayor intensidad es al inicio del período de menor precipitación pluvial, cuando las yemas adquieren nuevamente la energía después del período recesivo.

Las plantas conducidas de esta forma quedan con una altura de más o menos 3,5 a 4,0 m, lo que permite una mayor densidad de los huertos (espaciamiento de 5 x 5 m). Sin embargo, el aspecto más importante es permitir la eliminación de las ramas atacadas por enfermedades, principalmente “escoba de bruja” y facilitar sobremanera, en las regiones en donde el barreno de los frutos constituye un serio problema, el ensacamiento de los frutos. Existen opiniones contrarias al uso de esta práctica debido a que reduce la productividad de frutos por planta, no obstante, cuando se considera la productividad por área, ésta es equivalente o incluso superior a la de las plantaciones establecidas con plantas no sometidas a conducción.

#### **4.6 Control de malezas**

El control de malezas puede ser efectuado a través de rozados manuales o mecánicos. Para evitar la erosión laminar no se deben efectuar despejes en las entrelíneas, a fin de no dejar el suelo sin cobertura vegetal, pues puede producirse el arraste de la camada superior a consecuencia de la acción de las lluvias fuertes. En el período de sequía es posible incorporar malezas de las entrelíneas por medio de un arado rotativo. Pero en el período de lluvias intensas esta técnica no debe ser utilizada.

Para mantener el matorral efectivamente controlado, la periodicidad de las rozaduras debe ser de tres meses en el período de lluvias y cuatro meses en el período de sequía. El matorral rozado debe ser utilizado como cobertura muerta en torno a las plantas, principalmente en la rozadura efectuada próxima al período de sequía, lo que ayuda a mantener la humedad del suelo en la región del sistema radicular, disminuyendo el estrés hídrico y aumentando la disponibilidad de materia orgánica para el cultivo.

Además del control de malezas en las entrelíneas es necesario la limpieza completa o “coronamiento” en torno a las plantas de copoasú, a fin de eliminar las malezas en esa área, evitando la competencia por agua y nutrientes. El coronamiento puede ser efectuado por medio de guadañas manuales o productos químicos. La guadaña manual es indicada, especialmente, en el primer año después de la plantación del cultivo. En el caso de los productos químicos en huertos de hasta un año de edad, se deben adoptar cuidados especiales a fin de que el herbicida no alcance las hojas de los copoasú. En plantas adultas, el control químico es más adecuado y económico. El uso de guadañas manuales después del primer año de la plantación no es aconsejable por provocar daños en el sistema radicular y formar cuencas en torno a las plantas.

La definición del tipo de herbicida a ser utilizado en el despeje químico depende de las especies de malezas presentes en el área. Normalmente se utiliza el “paraquat” y el glifosato, alternadamente. El primero debe ser usado a una concentración del 1,0% y el segundo a una concentración del 0,5% más 0,5% de urea. El glifosato, por ser sistémico, es particularmente indicado para el control de gramíneas que se propagan por estructuras vegetativas subterráneas. El coronamiento debe ser efectuado inmediatamente después de la rozadura, obedeciendo la misma periodicidad de ésta.

#### **4.7 Cobertura viva o “mulcheo” del suelo**

La utilización de cobertura viva con leguminosas, buscando el control de las malezas y el enriquecimiento del suelo con nitrógeno y materia orgánica es una práctica poco utilizada, pues no se dispone de resultados consistentes que evidencien las ventajas de este sistema en el cultivo. En Rondônia se ha incentivado también la plantación de *Desmodium ovalifolium* y *Arachis pintoii* en las entrelíneas. La pueraria (*Pueraria phaseoloides*), bastante usada como cobertura viva en plantaciones de caucho y de cocoteros, no es recomendable para plantaciones de copoasú porque es una trepadora muy agresiva que exige un manejo constante para que no envuelva las ramas de las copas de los copoasú (Ribeiro, 1997).

Los pequeños agricultores aprovechan las entrelíneas en los dos primeros años después de la plantación, con el cultivo del “caupi” (*Vigna unguiculata*). En este caso, el objetivo principal de la plantación es la obtención de grano. El caupí es plantado al final del período de lluvias y después de la cosecha, los restos del cultivo son usados como cobertura muerta.

#### **4.8 Fertilización**

La casi totalidad de los suelos en donde se han establecido las plantaciones de copoasú se caracterizan por presentar buenas propiedades físicas, o sea, suelos profundos y con buen drenaje, por ende con características químicas desfavorables, especialmente en lo que concierne a la fertilidad natural. Esta situación se observa también en las zonas de ocurrencia natural de la especie, en donde la productividad por planta es insignificante, en la mayoría de los casos, variando de 5 a 10 frutos/año, a pesar del gran tamaño y envergadura de la copa.

Los agricultores que se dedican al cultivo del copoasú reconocen la importancia de la fertilización para el aumento de la productividad, pero se enfrentan con la inexistencia de investigaciones que posibiliten la indicación de fórmulas y dosis agronómicamente correctas y económicamente viables. Es así que de las diferentes formulaciones y dosis que se han usado en el cultivo, no se ha podido discriminar cuáles son las más eficientes.

En plantaciones de copoasú en fase de producción, principalmente en aquellas no-sometidas a fertilización, el síntoma de deficiencia de potasio es el que se manifiesta con mayor frecuencia. El síntoma de deficiencia de este macronutriente se caracteriza por clorosis y posterior necrosis de las orillas y puntas de las hojas más viejas (Foto 13), debido al hecho de que el potasio es el nutriente que exporta en mayor cantidad a los frutos, como también es trasladado a los puntos de crecimiento. De acuerdo con el trabajo de Cravo & Souza (1996), la exportación de este macronutriente a los frutos gira en torno a los 4.960,3 g/t, seguido del nitrógeno y del magnesio con 3.871,0 g/t y 1.214,3 g/t, respectivamente.



**Foto 13 - Hoja de copoasú con síntomas de deficiencia de potasio.**

En relación a los micronutrientes, las mayores exportaciones para la cosecha son de cobre, hierro y manganeso (Tabla 4.4)

Tabla 4.4 - Extracción de macro y micronutrientes por frutos de copoasú, clon BG-C-8501.

Macronutriente	g/t
Nitrógeno	3.871,0
Fósforo	444,0
Potasio	4.960,3
Calcio	223,8
Magnesio	1214,3
Micronutriente	g / t
Boro	3,13
Cobre	22,72
Fierro	15,20
Manganeso	10,36
Zinc	6,08

Fuente: Cravo & Souza (1996)

Los principales síntomas visibles de la deficiencia de nutrientes en el copoasú, observados por Salvador et al. (1994), presentan semejanzas con los constatados para el cacao, como se detalla a continuación:

- Nitrógeno - Clorosis intensa y generalizada, primero en las hojas viejas y posteriormente en las hojas nuevas; reducción del tamaño de la planta y en el número y tamaño de las hojas; puntuaciones necróticas en la zona apical y bordes del limbo de las hojas más viejas;
- Fósforo - Hojas más viejas relativamente estrechas y con manchas necróticas irregulares, ápice también necrosado y con marchitez; formación exagerada de yemas apicales y yemas laterales durmientes;

- Potasio - Clorosis y posterior necrosis de las orillas y puntas de las hojas, inicialmente en las más viejas; reducción en el crecimiento del tallo y en el número y área de las hojas;
- Calcio - Hojas nuevas anormales, con arrugamiento y encorvamiento de los bordes hacia la cima; caída prematura de las hojas. En las hojas jóvenes que permanecen en la planta, ocurre la fusión de los puntos necróticos formando manchas de mayor tamaño;
- Magnesio - Clorosis internerval en las hojas viejas, manteniendo las nervaduras un color verde intenso; puntos necróticos, a veces circundados por un halo amarillo en las puntas y orillas de las hojas;
- Azufre - Hojas de tamaño normal, pero con leve clorosis en todas las hojas; nervaduras más pálidas que el limbo; yemas durmientes en las púas y paralización del crecimiento;
- Zinc - Hojas nuevas con distorciones, estrechas en relación al largo, ondulación marginal y limbo, a veces en forma de hoz; clorosis entre las nervaduras formando un reticulado, avanzando en toda la extensión del limbo;
- Manganeso - Clorosis internerval en las hojas más nuevas, en forma reticulada, con una red verde y gruesa de nervaduras sobre un fondo amarillo; no hay reducción en el tamaño de la planta y de las hojas;
- Cobre - Muerte de la yema apical, originando brotes excesivos en la zona. Las hojas nuevas son de tamaño reducido y mal formadas, con cierta rugosidad entre las nervaduras y marchitez. Presencia de puntos necróticos en las orillas y en las puntas de las hojas más viejas;
- Boro - Pérdida de la dominancia apical, originando brotes laterales con hojas nuevas disminuyendo de tamaño; internódios cortos y engrosamiento del tallo;
- Hierro - Clorosis solamente en las hojas más nuevas, color amarillo vivo, con nervaduras verdes, formando una red fina sobre un fondo amarillento, sin reducción en el tamaño o espesor de las hojas. Las hojas viejas presentan aspecto normal;

En hojas de plantas jóvenes de copoasú sin síntomas de deficiencia, los contenidos de N, P, K, Ca, Mg y S giran en torno a 2,16%, 0,18%, 1,09%, 0,42%, 0,29% y 0,30%, respectivamente, en tanto que para hojas con síntomas de deficiencia estos contenidos son de 1,05%, 0,09%, 0,22%, 0,12%, 0,06% y 0,17%, en el mismo orden. En relación a los micronutrientes B, Cu, Fe, Mn y Zn, la concentración de estos elementos en hojas normales presenta valores de 62 ppm, 3 ppm, 60 ppm, 64 ppm y 13 ppm, respectivamente. Para hojas con síntomas de deficiencia estas concentraciones son de 26 ppm, 2 ppm, 25 ppm, 6 ppm y 10 ppm, respectivamente (Salvador *et al.*, 1994). Debido a la falta de estudios sobre los requerimientos nutricionales del copoasú, estos datos sirven como indicación preliminar para la diagnosis foliar de plantas de esta especie, pudiendo usarse en plantas adultas, la tercera hoja desde la base hacia el ápice de una rama para los nutrientes transportables y la tercera hoja del ápice hacia la base de la rama, para los nutrientes que presentan una baja o ninguna movilidad en el tejido vegetal.

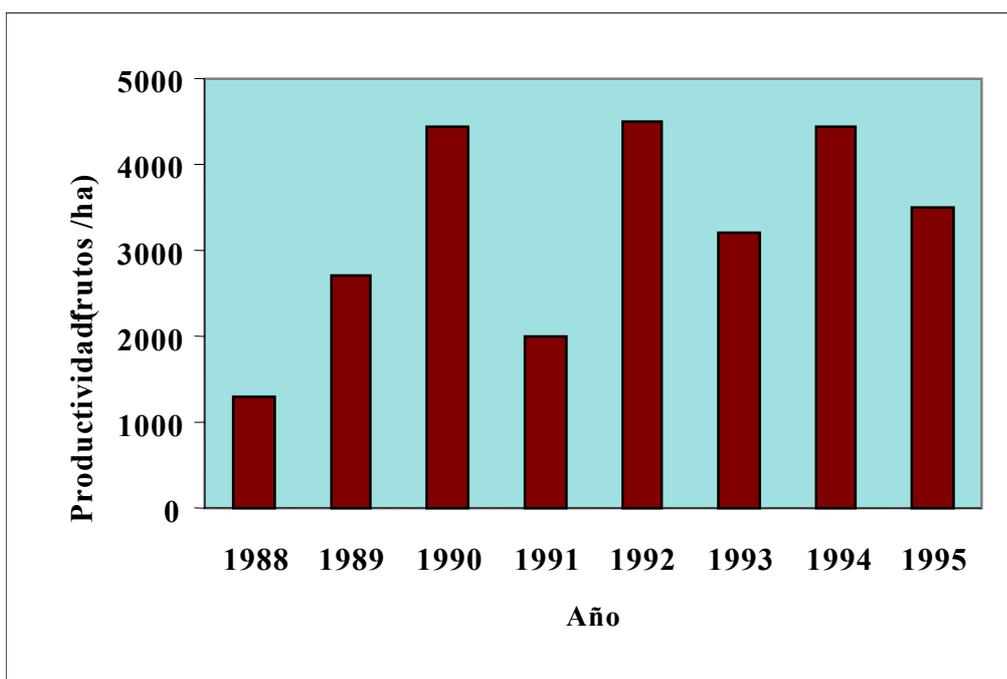
Las formulaciones y dosis de fertilizantes orgánicos y minerales actualmente recomendados están basadas en observaciones de naturaleza práctica, sin ningún rigor científico, en plantaciones que reciben determinadas cantidades y formas de aplicación de los abonos. Es así que, Müller & Carvalho (1997) sugieren para suelos de baja fertilidad los siguientes procedimientos de fertilización:

- Aplicar en el primer año de cultivo 300 g de la formulación 10-28-20 (NPK) por planta, divididas en cuatro aplicaciones de 75 g, las que deben ser distribuidas en intervalos de tres meses;
- En el segundo año aplicar 480 g/planta de la misma formulación, acatando los mismos intervalos de aplicación;
- A partir del tercer año, cuando la mayoría de las plantas están entrando en la fase productiva, las fertilizaciones deben ser suministradas al inicio, en la mitad y al final del período de mayor intensidad de lluvias, utilizando la misma formulación y la cantidad de 200 g por aplicación.

En algunos municipios del Estado de Pará, además de la fertilización con NPK y antes de la primera aplicación de fertilizante mineral, se efectúa una fertilización complementaria con 500 g de harina de hueso y 1000 g de masa de semillas de ricino por planta, aplicadas en cuevas situadas en la periferia de la copa. Alternativamente, pueden utilizarse diez litros de estiércol curtido por planta. En el último tratamiento anual con NPK, período en que las plantas están en la fase de pre-floración, se recomienda la aplicación de 30 g de bórax. El boro, en este caso, tiene la función de favorecer la germinación del grano de pólen y el crecimiento del tubo polínico, mejorando el rendimiento de frutos. Además de esta fertilización, cuando las plantas manifiestan síntomas de deficiencia de magnesio o de otros micronutrientes, algunos productores realizan aplicaciones de termofosfato enriquecido con micronutrientes.

#### **4.9 Productividad**

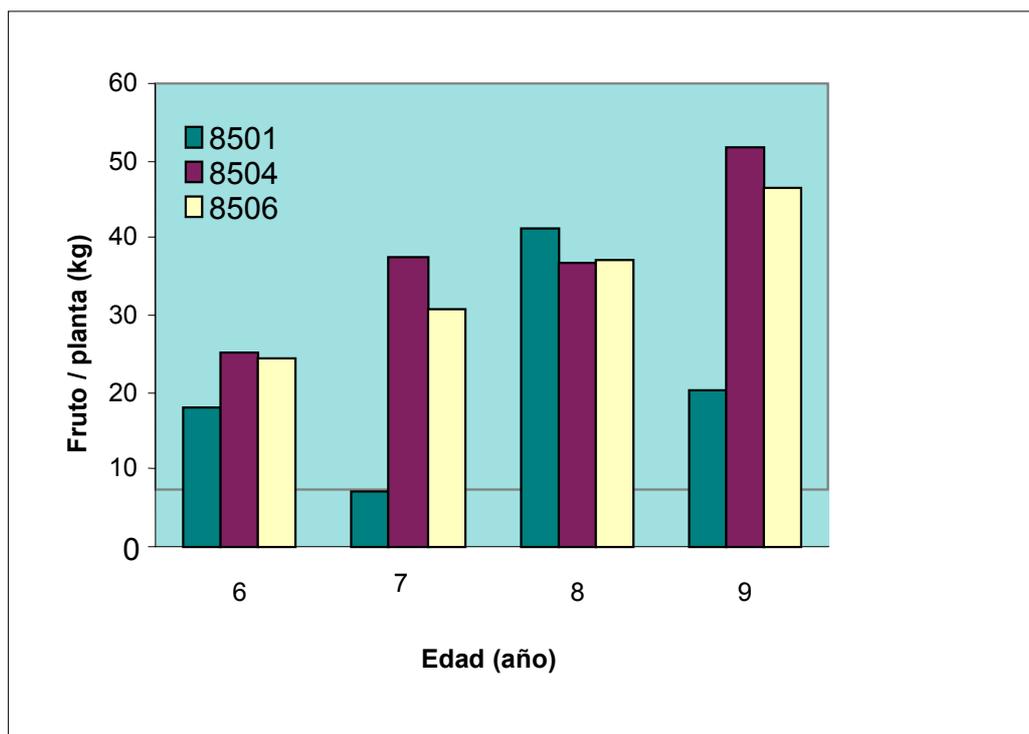
La productividad de las plantaciones es extremadamente variable, dependiendo, entre otros factores, del nivel de tecnología utilizado, especialmente en lo que concierne al control de la enfermedad de la “escoba de bruja” y de los tratamientos de cultivos aplicados en la plantación. En los cultivos en que se han adoptado procedimientos técnicos adecuados, existen grandes variaciones en la productividad entre plantas, a consecuencia de que la especie es alógama y predomina la propagación por semillas. Otro factor que dificulta la estimación precisa de la productividad del copoasú está asociada al hecho de que la especie presenta ciclicidad de producción (Souza, 1996; Müller & Carvalho, 1997). Debido a ello, una buena cosecha en un año determinado es sucedida por una cosecha menor al año subsiguiente (Fig. 4.9). En plantaciones establecidas con mugrones obtenidos por semillas, la ciclicidad no se manifiesta uniformemente en todas las plantas, siendo variable el porcentaje de reducción o de crecimiento de la productividad entre plantas. Sin embargo, dentro de una misma plantación, la mayoría de las plantas manifiestan, concomitantemente, con mayor o menor intensidad el fenómeno, especialmente cuando tienen una edad superior a ocho años, ocasión en que ya presentan un área foliar suficiente como para expresar el máximo potencial de producción de frutos.



**Figura 4.9 - Ciclo de producción del copoasú en el Estado de Amazonas** (Fuente: Souza, 1996).

En algunos genotipos como en el clon BG-C-8501, el ciclo de producción se manifiesta antes que la planta alcance la edad suficiente para expresar su máxima productividad. Por otro lado, los clones como los BG-C-8506 y BG-C-8504 exhiben una tendencia creciente de productividad hasta los nueve años de edad (Fig. 4.10), lo que se observa más comúnmente.

Las estimaciones de productividad, en términos de número de frutos/planta/año, presentadas en la Tabla 4.5, evidencian la dificultad establecer rendimientos para el cultivo del copoasú. Las informaciones contradictorias, en la mayoría de los casos, se deben al hecho de que esas estimaciones sólo consideran la producción de una o dos cosechas, cuando en realidad para obtener un buen nivel de precisión se deberían considerar las producciones de por lo menos seis cosechas consecutivas, una vez que las plantas han alcanzado los ocho años de edad (Müller & Carvalho, 1997).



**FIG. 4.10 - Productividad de los clones BG-C-8501, BG-C-8504 e BG-C-8506 en función de la edad** (Fonte: Adaptado de Souza & Silva, 1997).

**Tabla 4.5 - Estimación de productividad del copoasú en diferentes Estados de la Amazonia brasileña y en Bahia.**

Local	Productividad Fruto/planta/año	Observación
Amazonas <sup>1</sup>	17,2	Plantas con 6 años de edad.
Amazonas <sup>2</sup>	26,0	Plantas con 10 años de edad.
Bahia <sup>3</sup>	13,0	Plantas con 5 años de edad
Pará <sup>4</sup>	12,0	Plantas con edad superior a 30 años
Pará <sup>5</sup>	25,0	Plantas con 7 años de edad
Pará <sup>6</sup>	11,7	Plantas con 9 años de edad
Rondônia <sup>7</sup>	20,0 a 30,0	Plantas con 10 años de edad

Fuente: 1. Falcão & Lleras (1992); 2. Venturieri (1993); 3. Fraife Filho *et al.* (1998); 4. Calzavara *et al.* (1984); 5. Coral (1993); 6. Alves *et al.* (1997); 7. Ribeiro (1992).

En las plantaciones bien conducidas la productividad promedio se situa en torno a los 15 kg de frutos por planta/año. Hay que hacer notar que dentro de una misma plantación pueden encontrarse plantas con una productividad y otras con productividades insignificantes.

**5.0  
PROTECCION  
FITOSANITARIA**

Reiteradamente en la literatura se señalan diversas plagas que atacan las plantas de copoasú en la Amazonia. No obstante, a excepción del barrenado de los frutos (*Conotrachelus humeropictus*) y del barrenado de los mugrones (*Xylosandrus compactus*), que causan severos daños y son difíciles de controlar, las demás plagas son menos nocivas, ocurren esporádicamente y pueden ser controladas fácilmente. Además de eso, en las plantaciones de copoasú se encuentran normalmente presentes enemigos naturales que limitan la acción de las plagas. Dentro de los enemigos naturales se destacan algunos arácnidos, el neuróptero *Chrysopa sp* y algunas avispas, particularmente *Polistes canadensis* y *Polybia sericea*. Las arañas actúan como depredadores alimentándose de las moscas, pequeñas lagartijas, hormigas, cigarras y otros insectos. El *Chrysopa sp.* es un depredador abundante y eficiente de pulgones, cochinillas y moscas blancas, entre otros insectos. El *Polistes canadensis* y el *Polybia sericea* se encuentran con frecuencia en las ramas y hojas del copoasú, donde cazan larvas de insectos para comer o llevarlas para alimentar a su crías (Silva et al., 1997).

En relación a las enfermedades, las que causan mayores perjuicios son la “escoba de bruja”, la antracnosis y la mancha de *Phomopsis* siendo la primera el principal problema fitosanitario del cultivo del copoasú.

## 5.1 Plagas

### 1. Barrenado de los frutos (*Conotrachelus humeropictus*)

El barrenado de los frutos constituye una seria plaga en los cultivos de copoasú establecidos en los Estados del Amazonas, Rondônia y Acre. En el Estado de Pará su ocurrencia es bastante rara, habiendo sido constatada, en 1990, en una plantación localizada en el municipio de Castanhal (Mendes, 1996). Además del copoasú, ataca otras especies del género *Theobroma*, particularmente al cacao, registrándose por primera vez en 1981 atacando plantaciones de cacao en el municipio de Cacoal, Estado de Rondônia (Mendes *et al.*, 1982). Su ocurrencia en frutos de poblaciones nativas de *T. cacao*, antes de la plantación de cacao híbrido en el Estado de Rondônia, fue relatada a Trevisan (1989) por cauchuteros de la región.

El adulto es un pequeño escarabajo de la familia Curculionidae, que mide cerca de 10 mm, con una trompa larga y de color marrón oscuro (Foto 14). Los adultos depositan los huevos endofíticamente en los frutos (Mendes, 1996), desde donde emergen las larvas que se mueven en dirección de la pulpa hasta alcanzar las semillas. Durante el trayecto de la larva se originan daños directos causados por la destrucción parcial de la pulpa, de los filamentos placentarios y de las semillas. Después de haber destruido algunas semillas, se dirigen hacia la cáscara, donde hacen un orificio para salir. (García *et al.*, 1997).

El ciclo evolutivo del huevo a la muerte del adulto es de 108 días para los machos y de 156 días para las hembras. Dentro de este ciclo, 31 días corresponden a los períodos embrionarios y larval que ocurren al interior de los frutos, en donde los huevos y las larvas se encuentran protegidos de los enemigos naturales. Los estados de pre-pupa, pupa y maduración fisiológica del adulto y su salida del suelo requieren cerca de 20 días (Mendes, *et al.*, 1997). En estas últimas fases los insectos están sujetos a la acción de enemigos naturales (Mendes, 1996).



**Foto 14 - Adulto del barreno de los frutos de copoasú, *Conotrachelus humeropictus*** (Foto: A. C. B. de Mendes, CEPLAC).

En algunas plantaciones de los Estados de Rondônia y del Amazonas, el barreno de los frutos llegar a constituirse en el principal problema fitosanitario del copoasú. Encuestas realizadas en una plantación localizada en el municipio de Careiro, AM, en tres cosechas consecutivas y en zonas del Proyecto “Reforestamento Económico Consorciado Adensado” (RECA) localizado en Nueva California, RO, en la cosecha 1996/97, evidenciaron la magnitud de los perjuicios que esta plaga puede ocasionar, comprometiendo la mitad o más de la cosecha (Tabla 5.1).

**Tabla 5.1 Porcentaje de frutos sanos e infestados por *Cronotrachelus humeropictus* en plantaciones localizadas en los municipios de Careiro, AM e de Nova Califórnia, RO.**

Cosecha	Sano (%)	Infestado (%)
----- Careiro-----		
1993/94	32,3	49,8
1994/95	24,6	49,8
1995/96	27,9	57,7
-----Nova Califórnia, RO-----		
1996/97	70,4	29,6

Fuente: Lopes & Silva, 1998.

Las siguientes medidas de controle son difundidas por el Centro de Investigación Agroforestal de Rondônia (Teixeira & Geralda, 1997) y por el Centro de Investigación Agroforestal de la Amazonia Occidental (Garcia *et al.*, 1997):

- Evitar el establecimiento de plantaciones de copoasú en zonas recientemente plantadas con cacao o próximas a plantíos abandonados;
- Recolectar y retirar de las plantaciones todos los frutos que se encuentran en la superficie del suelo, al igual que los que no están infestados;
- Efectuar inspecciones en la plantación, cada 15 días, para verificar la presencia de frutos atacados;
- Los frutos infestados deben ser recogidos, retirados del área de plantío y destruidos. La destrucción de los frutos puede ser efectuada colocándolos en zanjias de 1 a 2 m de profundidad, sumergiéndolos en agua durante tres días o quemándolos;
- Envolver los frutos en formación con sacos de plástico; y
- Pulverizar la parte aérea de los copoasú con endosulfan 35% (1,5 l/ ha).

La posibilidad de controlar biológicamente el barreno de los frutos fue evidenciada por Mendes (1996), utilizando los hongos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*. Conodios de estos

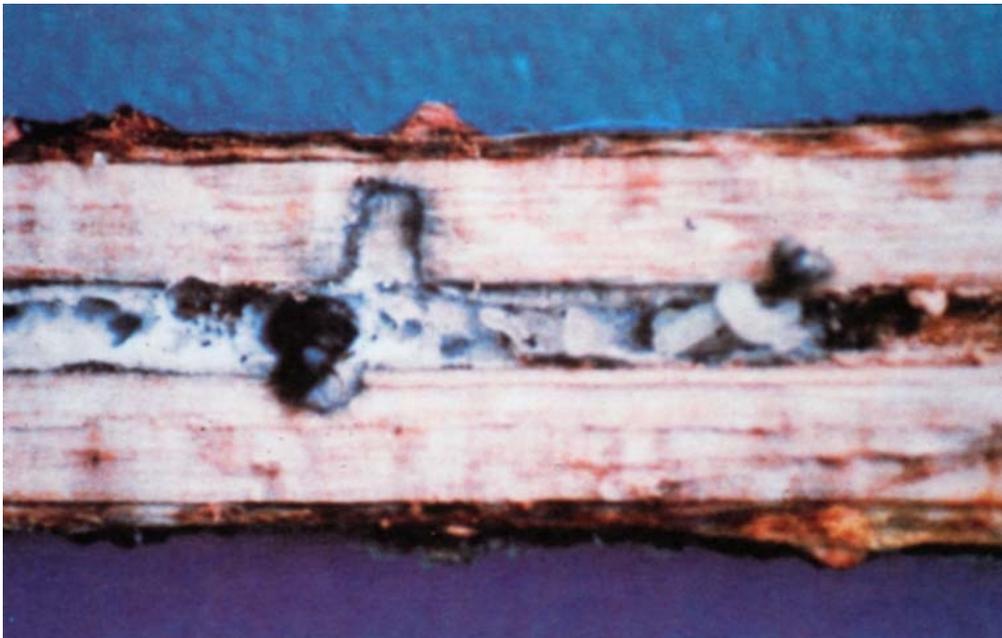
entomopatógenos, al ser pulverizados en la superficie del suelo, ocasionaron una mortalidad de hasta el 90% de *C. humeropictus*. Sin embargo, aún se requieren estudios más profundos para que el método pueda ser recomendado en el control de la plaga.

En relación al ensacado de los frutos y al tratamiento con insecticida, la adopción de estos métodos de control sólo es viable plantaciones en donde se efectúa la conducción de las plantas, pues en caso contrario la altura excesiva de los copoasú hace las operaciones de ensacado de los frutos y de pulverización, bastante onerosas. Conviene destacar, sin embargo, que los insecticidas que tienen como ingrediente activo el endosulfán, en el Brasil, según las normas del Ministério de Agricultura y de Abastecimiento, no están autorizados para su uso en el cultivo del copoasú (Ribeiro, 1992). Además se debe considerar que el uso de insecticidas en el cultivo puede provocar la reducción de la población de polinizadores, por lo que es más adecuado utilizar un procedimiento semejante al del control del barrenado de los frutos de la “graviroleira” que involucra el tratamiento localizado con insecticida y posterior ensacado de los frutos.

## 2. Barreno de los mugrones (*Xylosandrus compactus*)

Es un escarabajo de la familia Scolytidae, cuya hembra mide entre 1,5 y 1,8 mm de largo, de color negro brillante. El macho es de tamaño un poco menor y de color marrón. Esta plaga es originaria de Asia, polífaga y bastante conocida como plaga del cafeto (*C. arabica*) y de numerosos arbustos cultivados (Couturier, 1994). En la Amazonia, además del copoasú, se ha encontrado atacando al camucamu (*Myrciaria dubia*) (Couturier & Tanchiva, 1991), andirobeira (*Carapa guianensis*), mango (*Mangifera indica*), achiote o urucuzeiro (*Bixa orellana*) (Silva & Souza, 1994), mogno (*Swietenia macrophylla*), mogno africano (*Khaya ivorensis*), rambotazeiro (*Nephellium lappaceum*) y sapote (*Matisia cordata*), entre otras especies.

Los principales perjuicios de esta plaga ocurren en la fase de vivero, cuando la hembra penetra en el cuello de la planta, en donde efectúa la oviposición y deposita un hongo (*Ambrosiella xilebori*), cuyas esporas constituyen el alimento de los adultos y de las larvas (Foto 15). Este hongo no presenta patogenicidad para la planta, siendo los daños principales consecuencia del desarrollo en las galerías, de otros hongos patógenos diseminados por el propio insecto y por el viento (Mendes *et al.*, 1979), causando la muerte de los mugrones en cerca de una semana.



**Foto 15 - Corte longitudinal del cuello de mugrón de copoasú atacado por *Xylosandrus compactus*, con la presencia de adultos, larvas y del hongo que sirve de alimento a la plaga.**

No existen medidas de control efectivamente comprobadas para esta plaga en el copoasú. En el camu-camu, Couturier (1994) especula que el ataque puede verse favorecido por la debilidad de la planta y sugiere mantener las plantas en buenas condiciones de riego, fertilización y sombreado. Adicionalmente, sugiere la destrucción por el fuego, de los mugrones y de las ramas atacadas. Este mismo procedimiento es indicado para plantas de cacao infestadas por *X. compactus* (Mendes *et al.*, 1979).

El control con insecticidas de contacto de alto poder residual puede ser una alternativa, especialmente para mugrones en vivero (Couturier *et al.*, 1994). En este caso, se debe considerar el hábito crepuscular de los adultos y pulverizar las plantas al atardecer, a fin de combatirlos durante el vuelo (Mendes *et al.*, 1979). Los insecticidas sistémicos probablemente no sean eficientes a consecuencia del hecho de que los adultos y las larvas se alimentan más de los hongos que se desarrollan en las galerías, que del tejido vegetal (Couturier *et al.*, 1994). Como se menciona en el caso del barreno de los frutos, la aplicación de insecticidas debe considerar los posibles efectos nocivos sobre los polinizadores y la necesidad de licencia previa del Ministerio de Agricultura y de Abastecimiento, pues ningún insecticida se encuentra registrado para el cultivo.

### 3. Lepidópteros

Los principales insectos defoliadores del copoasú se encuentran en el orden Lepidoptera, destacándose la lagartija verde (*Macrosoma tipulata*), la recolectora de hojas (*Cerconota sp.*) y el gusano del cesto (*Oiketicus sp.*) (Silva *et al.*, 1997).

La lagartija verde es muy común atacando tanto plantas en el vivero como en el campo. Se alimentan de la parte internerval de las hojas (Foto 16). El control de esta plaga, de la lagartija recolectora de hojas y del gusano del cesto se puede efectuar por medio de pulverizaciones periódicas con insecticidas de contacto y diseminador adhesivo. Debe resaltarse una vez más, que no existe aún ningún insecticida registrado en el Ministerio de Agricultura y Abastecimiento del Brasil para ser utilizado en el cultivo del copoasú.



**Foto 16 - Lagartija verde de copoasú, *Macrosoma tipulata*.**

### 4. Escarabajo marrón (*Costalimaita ferruginea*)

Es un coléoptero de 5 mm de largo, color castaño, cuyas larvas viven en el suelo (Bastos, 1981). Los daños causados por esta plaga ocurren con mayor frecuencia en las hojas jóvenes. Los insectos carcomen el limbo foliar, sin destruir las orillas de las hojas. El control se realiza también por medio de pulverizaciones periódicas con insecticida de contacto más dispersante adhesivo (Müller *et al.*; 1995). La aplicación de insecticida debe evitarse en el período de floración de las plantas, ya que pueden ocasionar una reducción de la población de los insectos polinizadores disminuyendo, en consecuencia, el número de frutos.

## 5.2 Enfermedades

### 1. “Escoba de bruja”

#### Origen, dispersión y huéspedes

La “escoba de bruja”, causada por el hongo *Crinipelis perniciosa*, es originaria del valle del Amazonas (Pound, 1938), y fue descrita por primera vez por Ferreira, en 1785, con el nombre de lagarto (Silva, 1987). Posteriormente fue registrada en Suriname, con el nombre de “krulloten” o “witchbroom” (Went, 1904). Es común encontrarla en la Región Norte del Brasil y recientemente, en la Región Noreste (Pereira *et al.*, 1989). También se encuentra en Bolivia, Colombia, Ecuador, Grenada, Guyana, México, Panamá, Perú, St. Vincent, Suriname, Trinidad y Tabago y en Venezuela (Purdy & Schmidt, 1996).

Fuera del copoasú, la “escoba de bruja” ataca también al cacao (*Theobroma cacao*), donde provoca daños económicos importantes, lo que ha determinado la investigación en ese cultivo. Existen otras especies del género *Theobroma* que son huéspedes de esa enfermedad, tales como el *T. bicolor*, *T. microcarpum*, *T. obovatum*, *T. speciosum* e *T. subincanum*, además de las especies del género *Herrania*, como el *H. albiflora*, *H. nitida* e *H. purpurea* (Hardy, 1961; Thorold, 1975). Hay también plantas de otros géneros que son huéspedes de la “escoba de bruja”, como una especie de bejuco no identificado, conocido por liana (Evans, 1977; Pegler, 1978), solanáceas silvestres, como el *Solanum rugosum* y *S. lasiantherum* y cultivadas como la *S. lycopersicum* (Bastos & Evans, 1985) y el achiote o urucum, *Bixa orellana* (Bastos & Andebrham, 1986).

#### Síntomas

La “escoba de bruja” ataca mugrones en viveros y plantas adultas. En mugrones, el ataque puede ser observado tanto en el hipocótilo como en los brotes jóvenes. En las plantas adultas ataca principalmente a los tejidos meristemáticos en desarrollo, tales como yemas terminales y laterales, grupos florales y frutos jóvenes. Los síntomas del ataque de *C. perniciosa* son el resultado del desequilibrio hormonal en la interacción patógeno-huésped, que a la larga rompe la dominancia apical.

En mugrones, los síntomas característicos de la “escoba de bruja” son el aumento del diámetro del hipocótilo (Foto 17) y del último brote (Foto 18), cuyas hojas quedan pequeñas, retorcidas y secas. Dependiendo de la edad del mugrón, éste puede morir o se puede retardar su desarrollo debido a la enfermedad.



**Foto 17 - Mugrón de copoasú con dilatación en el hipocótilo provocada por *C. pernicioso* (izquierda) y mugrón sano (derecha).**

**Foto18 - Mugrón de copoasú con síntoma de “escoba de bruja” resultante de la inoculación artificial en la última brotación (derecha) y mugrón sano (izquierda).**

En las plantas adultas, las ramas vegetativas atacadas quedan hipertrofiadas, encorvadas, con entrenudos cortos, muchos brotes laterales, hojas grandes y retorcidas y “pulvinos” hipertrofiados (Foto 19). Cuando el árbol está infestado, el tamaño de las “escobas” está relacionado al vigor y estado de crecimiento de la brotación. Las “escobas” resultantes de la infección en brotaciones jóvenes son mayores que aquellas resultantes de infecciones en yemas de tejidos envejecidos. Puede ocurrir que algunas infecciones provoquen apenas unas manchas oscurecidas y ligeramente hinchadas en las ramas, denominadas canchales, que son fuentes de inoculación del patógeno que pueden pasar desapercibidas (Baker & Holiday, 1957; Bastos, 1990).

En los grupos o almohadas florales, las flores se secan y caen (Foto 20), como resultado de la hipertrofia del pedúnculo. Se forman agrupamientos de flores hipertrofiadas, las cuales dan origen a frutos deformados, que mueren prematuramente.



**Foto 19 – “Escoba de bruja” en rama terminal de copoasú.**

**Foto 20 - Flor de copoasú atacada por *C. pernicioso* (izquierda) y flor sana (derecha).**

Los frutos originados en almohadas florales atacadas, no evolucionan en tamaño, se secan y toman la forma de una fresa. Los frutos que se originan en almohadas florales sanas, pero que son infectados tempranamente, quedan momificados y distanciados. Cuando el ataque se origina en un fruto ya desarrollado, próximo a la maduración, se observan manchas oscuras en la cáscara, de difícil percepción en función del color normal de los frutos. En estos frutos, la pulpa y las almendras pueden estar parcial o totalmente comprometidas.

Etiología, biología, aspectos epidemiológicos y ciclo

La “escoba de bruja” es provocada por el hongo *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer (Singer, 1942), anteriormente denominado *Marasmius perniciosus* (Stahel, 1915). A pesar de que el agente causante de la “escoba de bruja” en el copoasú es el mismo del cacao, los estudios *in vitro* e *in vivo* indican que en condiciones naturales, el *C. pernicioso* aislado del cacao no ataca al copoasú y vice-versa (Almeida, 1982; Stein *et al.*, 1996).

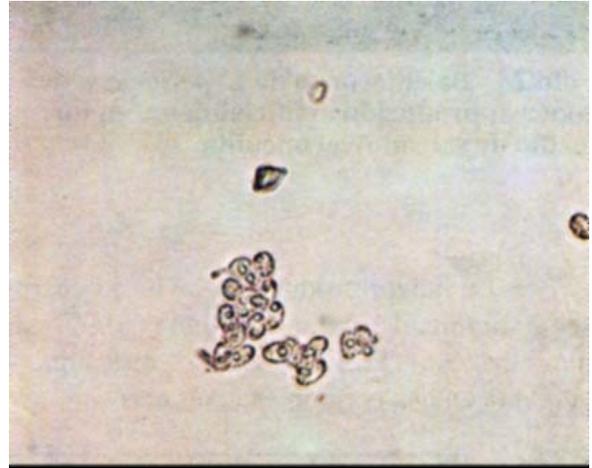
El hongo *C. pernicioso* posee dos fases fisiológica y morfológicamente distintas, durante su ciclo de vida: fase parasítica de crecimiento intercelular, con micélio grueso, monocariótico y sin gancho de conexión, encontrada en los tejidos vivos del huésped; y la fase saprofitica de crecimiento intracelular, con micélio fino, dicariótico y con gancho de conexión, encontrada en los tejidos muertos (Evans, 1980).

En la fase saprofitica el patógeno produce basidiocarpos (Foto 21), que sobreviven por cinco a ocho días (Rudgard, 1984) presentando al interior los basidiósporos (Foto 22), principales unidades reproductivas de la especie. Otros tipos de propágulos producidos *in vitro* han provocado también infección en plántulas (Bastos, 1993). La dificultad para obtener estructuras infectivas de *C. pernicioso* *in vitro* se constituye en una barrera para los estudios *in vitro* e *in vivo*, que para ser ejecutados quedan limitados a los períodos de producción natural de basidiósporos. A fin de minimizar este problema, se obtuvo la producción artificial de basidiósporos de *C. pernicioso* del cacao (Bastos & Andebrhan, 1987; Griffith & Hedger, 1993) y del copoasú (Stein *et al.*, 1996), en condiciones de laboratorio e invernadero (Foto 23).

Durante la noche, estos basidiósporos son liberados y dispersos por el viento y por la lluvia. Al alcanzar la superficie sana del huésped, en condiciones ambientales favorables, germinan, penetran y dan inicio a un nuevo ciclo de la enfermedad (Cronshaw & Evans, 1978; Frias *et al.*, 1995; Sreenivasan & Dabydeen, 1989; Stahel, 1915).



**Foto 21 - Basidiocarpos de *C. perniciosa* de copoasú.**



**Foto 22 - Micrografía óptica (40x) de basidiósporos (unidades reproductivas de *C. perniciosa* del copoasú.**

Las investigaciones realizadas con *C. perniciosa* de copoasú, en Belém, PA, en 1992 (Stein *et al.*, 1996), mostraron que la mayor producción de basidiocarpos en “escobas” (Foto 24), bajo cubierta (50% de intercepción de la luz solar), se verifica entre los meses de mayo y julio, aunque puede haber producción de pequeñas cantidades en otras épocas del año (Fig. 5.1).

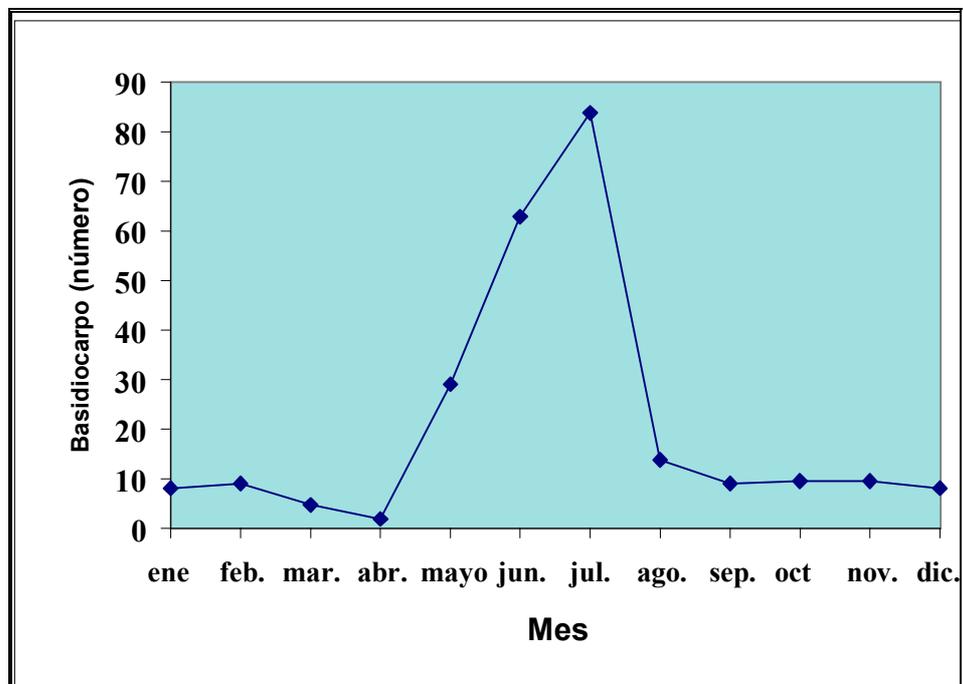


**Foto 23- Basidiocarp de *C. perniciosa* de copoasú producido artificialmente en un medio de salvado-vermiculita.**



**Foto 24 - Producción de basidiocarpos de *C. perniciosa* en “escoba de bruja” destacada de copoasú.**

La mayor producción de basidiocarpos en “escobas” ligadas a la planta en área semi-sombreada, durante los años 1992 a 1994, estuvo concentrada en el período de junio a agosto (Fig. 5.2). Esto significa que los tejidos jóvenes de copoasú presentes en la planta en ese período estaban más sujetos a la enfermedad.



**FIG. 5.1 - Producción de basidiocarpos de *C. perniciosa* de copoasú en “escobas” destacadas, mantenidas en un ambiente con un 50% de intercepción de la luz solar (Fonte: Stein *et al.*, 1996).**

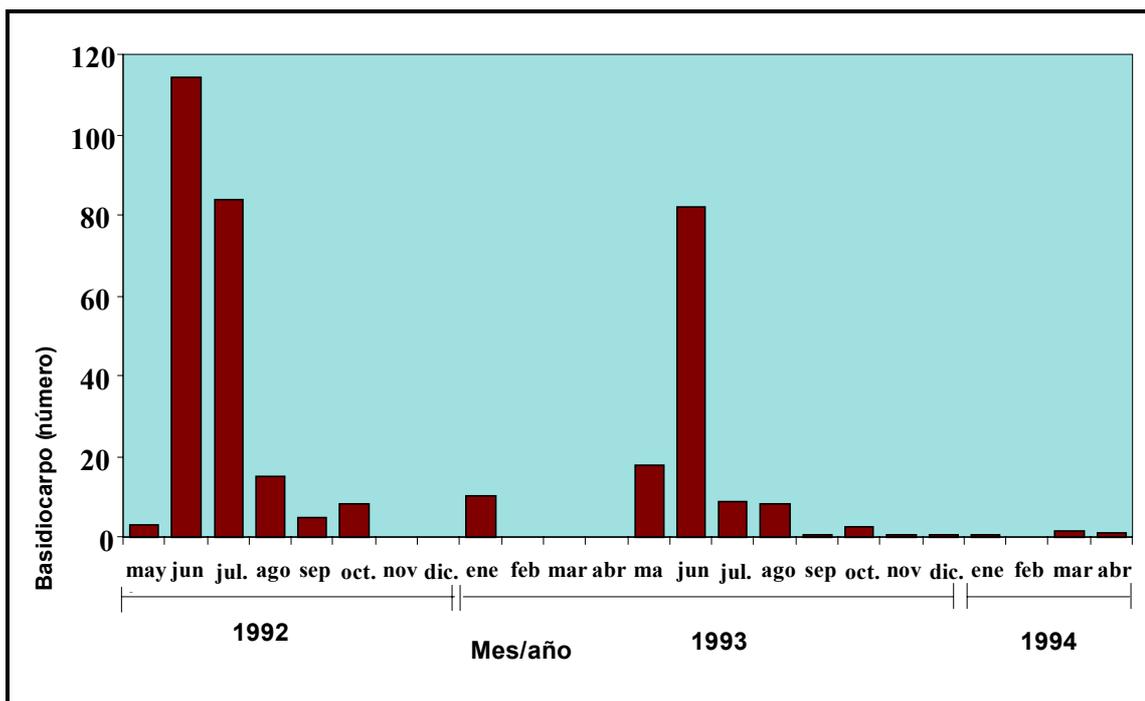


FIG. 5.2 - Producción de basidiocarpos de *C. perniciosus* de copoasú en el campo, en “escobas” vegetativas ligadas a la planta en el período de mayo de 1992 a abril de 1994 (Fonte: Stein *et al.*, 1997).

Los brotes nuevos de copoasú con “escoba de bruja” se observan en mayor cantidad de junio a septiembre (Fig. 5.3), coincidiendo con la presencia de brotes sanos en el huésped y de inoculación del patógeno, bajo condiciones favorables, simultáneamente, en los meses anteriores (Nunes *et al.*, 1996; Stein *et al.*, 1996, 1997).

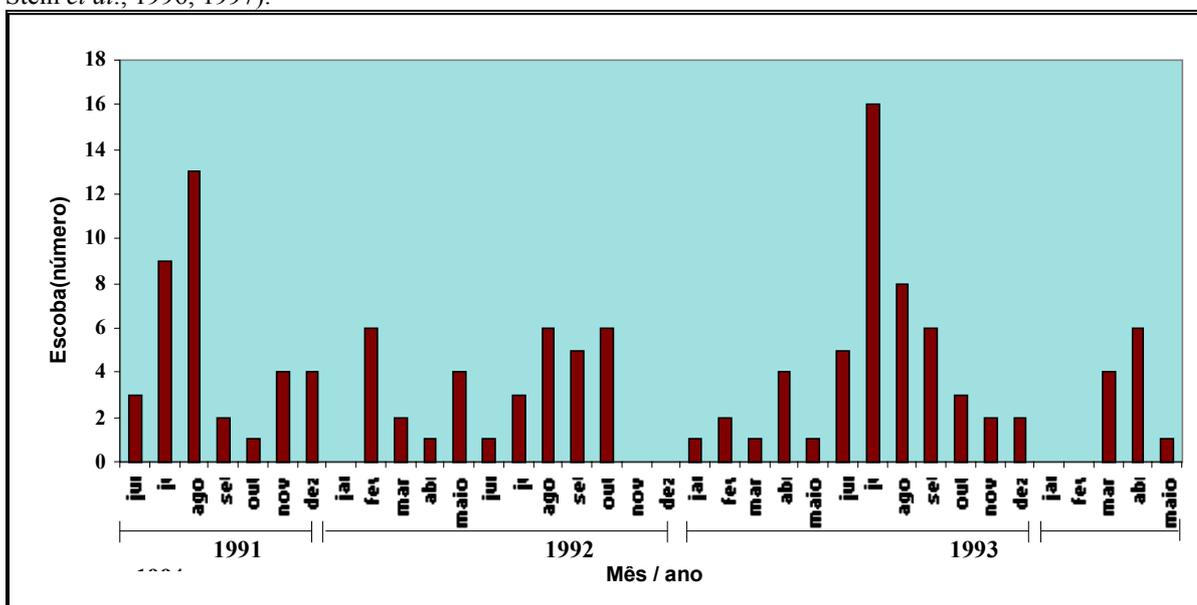


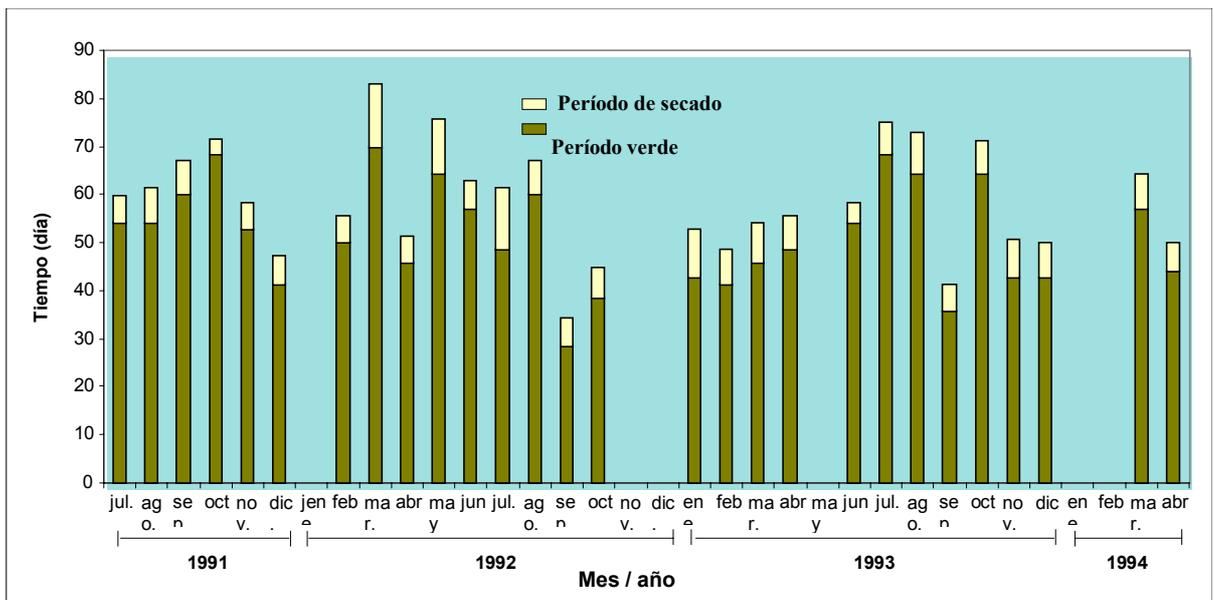
FIG. 5.3 - Emisión de “escobas” vegetativas en copoasú sometidos a sombreado, en el período de junio de 1991 a mayo de 1994 (Fonte: Stein *et al.*, 1997).

El período que va desde el contacto del basidiósforo con la superficie del huésped hasta la aparición de las “escobas” (período de incubación) varía de tres a cuatro semanas (Nunes *et al.*, 1996).

Después del surgimiento en la planta, la “escoba” crece y se ensancha rápidamente, permaneciendo en estado verde por períodos que varían de uno a tres meses, secándose después (Foto 25) desde la base al ápice (muerte fisiológica), en períodos que varían de tres a 13 días (Fig. 5.4).

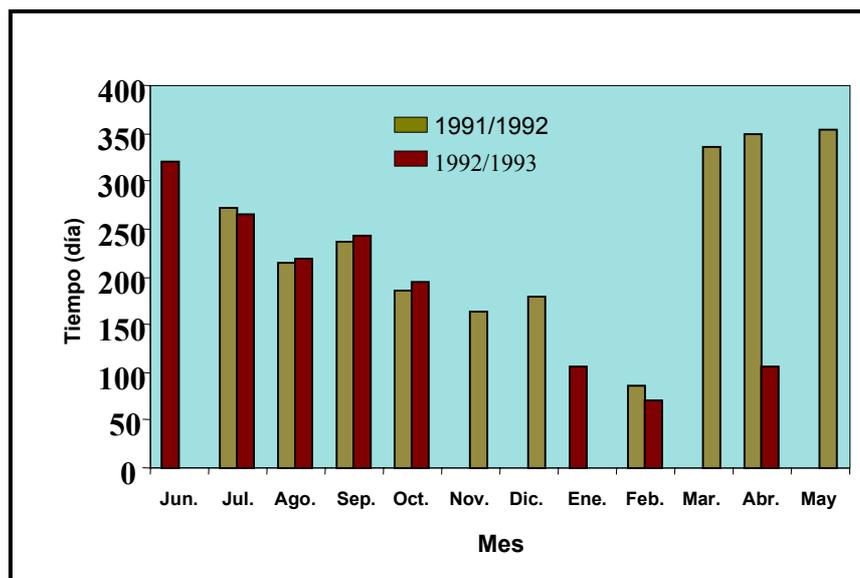


**Foto 25 – “Escoba de bruja” de copoasú en estados verde (derecha) y seca (izquierda).**



**FIG. 5.4 - Período de permanencia de “escobas” vegetativas de *C. pernicioso* de copoasú en los estados verde y seco, en el período de julio de 1991 a abril de 1994 (Fonte: Stein *et al.*, 1997).**

Después de secarse, las “escobas” quedan pegadas a la planta y pasan por un período de latencia o de pre-fructificación (Fig. 5.5), antes de producir basidiocarpos, lo que puede variar de 2,5 hasta 11 meses (Nunes *et al.*, 1996; Stein *et al.*, 1996, 1997).



**FIG. 5.5 - Período de latencia o de pre-fructificación de *C. pernicioso* de copoasú en “escobas” vegetativas fijas a la planta en el período de junio de 1991 a mayo de 1993 (Fonte: Stein *et al.*, 1997).**

Los estudios sobre la epidemiología de la “escoba de bruja” del copoasú realizados en el Campo Experimental de Embrapa Amazonia Oriental, en Belém, PA (Nunes *et al.*, 1996) apuntan a la precipitación pluvial como el factor climático que más influye en la producción de basidiocarpos de *C. pernicioso*. En el cacao se demostró la importancia de las precipitaciones, neblina y llovizna, cuya presencia o ausencia condiciona la epidemia, en función de los efectos que ejerce en la fenología del huésped, en la producción de basidiocarpos, en la liberación y dispersión de basidiósporos (Andebrhan, 1987; Tovar, 1991), en la infección y en la sincronización de esos eventos (Purdy & Schmidt, 1996). No obstante, los análisis de correlación de datos recolectados durante experimentos realizados en Embrapa Amazonia Oriental, en condiciones de bajo cubierta y campo (Stein *et al.*, datos no publicados) con algunos factores climáticos, indicaron que la precipitación de lluvias no fue significativa para la producción de basidiocarpos, y destacaron como significativas la humedad relativa máxima y la luz solar, con correlaciones positiva y negativa, respectivamente, de esos factores.

En resumen, el ciclo de la “escoba de bruja” del copoasú, adaptado de Nunes *et al.* (1996) y Wheeler & Suárez (1993), está representado en la (Fig. 5.6).

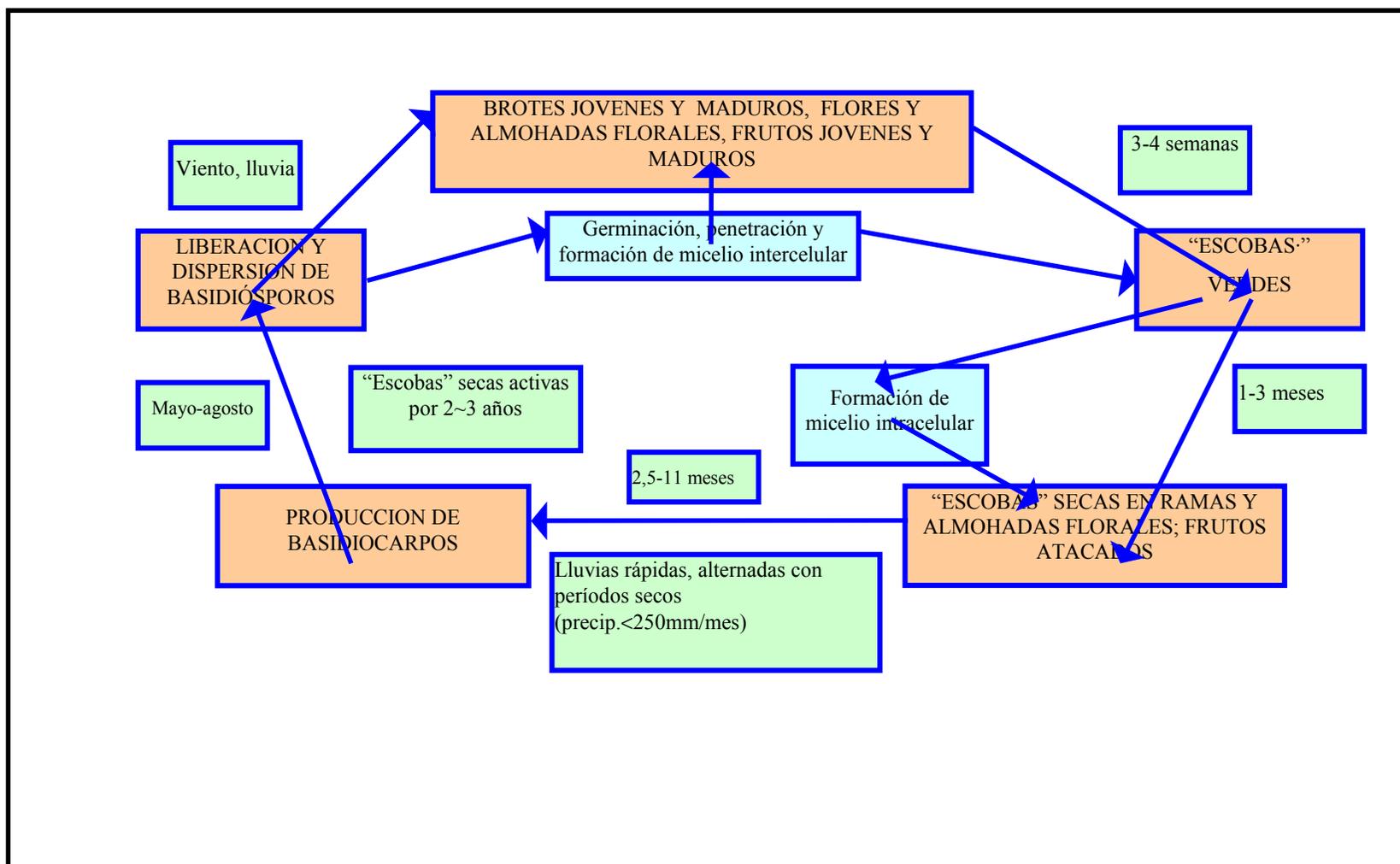


FIG. 5.6 - Ciclo de vida de *Crinipellis pernicioso* en *Theobroma grandiflorum* (Fuente: Adaptado de Nunes *et al.*, 1996 e Wheeler & Suárez, 1993).

## Recomendaciones de control

### Material de planación

La utilización de clones resistentes a la “escoba de bruja” se constituye en una alternativa para las próximas plantaciones, ya que los primeros clones resistentes ya fueron identificados y están en fase de evaluación final y multiplicación (Alves *et al.*, 1997).

### Poda fitosanitaria

Es la técnica comúnmente usada para el control de la “escoba de bruja” en la Amazonia. La aparición de “escobas” en plantaciones nuevas ocurre generalmente después del tercer año. Tan pronto sean detectadas, las “escobas” deben ser podadas. En el caso de “escobas” en las extremidades de las ramas, la poda debe efectuarse eliminando cerca de 20 cm de tejido sano de la rama. En almohadas florales, la poda debe realizarse lo más próximo posible a la cáscara. Los frutos atacados deben ser removidos con el pedúnculo. Las partes de la planta expuestas por la poda deben ser protegidas con pasta bordalesa, para evitar la penetración de otros patógenos.

Todo el material podado debe ser destruido y removido del área de plantío, ya que el patógeno se reproduce en la “escoba” muerta y continuará produciendo basidiocarpos por cerca de tres años (Bastos, 1994). En caso de quedar “escobas” podadas en el área de plantío, éstas deben ser fragmentadas en pequeños pedazos y cubiertas con tierra, para facilitar la descomposición, o pulverizadas con aceite mineral, antes del inicio de la estación lluviosa, a fin de impedir físicamente la absorción de agua por los tejidos muertos, lo que desencadenaría la producción de basidiocarpos.

La poda fitosanitaria debe seguir un cronograma de rutina, de acuerdo con el ciclo del patógeno, para ser eficiente. Para la región amazónica, se recomiendan dos podas por año. La primera poda, considerada la principal, debe llevarse a cabo de uno a dos meses después de la época de mayor emisión de “escobas” en el campo, a fines de agosto o septiembre, coincidiendo con el período seco. La poda secundaria o de repaso, debe ejecutarse tres a cuatro meses después de la poda principal, para remover “escobas” remanentes y tardías, coincidiendo con el inicio de las lluvias. Se debe evitar la presencia de grandes cantidades de tejidos jóvenes de copoasú en el campo en la época de mayor producción de basidiocarpos.

### Control químico

Para evitar la aparición de “escobas” en los mugrones, durante la fase de vivero, se pueden hacer aplicaciones quincenales con oxiclورو de cobre (0,4%), principalmente en áreas en donde es alta la incidencia de “escoba de bruja” en plantaciones ya establecidas.

La aplicación de fungicidas cúpricos (0,4%; semanalmente) puede hacerse para proteger flores y frutos, durante la época de mayor producción de basidiocarpos, en conjunto con pulverizaciones de fungicidas sistémicos en la copa, con el objeto de inhibir la formación de “escobas” y erradicar el micelio del patógeno.

Las pruebas de fungicidas en busca del control de *C. pernicioso* en copoasú indicaron que los fungicidas Tebuconazole y Triadimenol (1ppm) inhibían el crecimiento micelial del patógeno en medio de cultivos de papa, dextrosa y agar (BDA). Se inhibió la dispersión y germinación de basidiósporos de basidiocarpos producidos en “escobas” secas destacadas, como asimismo la formación de “escobas” y producción de basidiocarpos en mugrones de copoasú (Yoneyama & Stein, 1995b; Yoneyama & Stein, 1995c).

En el campo, la asociación de la poda fitosanitaria y tres pulverizaciones con Tebuconazole 20 (0,05%), en los meses de mayo, junio y julio, previno en un 67% la formación de “escobas” (Yoneyama *et al.*, 1997).

### Control biológico

Las investigaciones sobre el control biológico de *Crinipellis pernicioso* han sido realizadas principalmente en el cacao, como una alternativa para reducir las pérdidas provocadas por la “escoba de bruja” (Bastos, 1991). Algunos hongos, como *Cladobotryum amazonense*, *Trichoderma viride* y *Verticillium lamellicola*, son considerados hiperparásitos de basidiocarpos de *C. pernicioso* y tienen la capacidad de suprimir su formación o destruirlos. La manipulación del ambiente de las “escobas” para facilitar la colonización de estos antagonistas puede viabilizar el control biológico de *C. pernicioso* (Andebrhan, 1982; Bastos, 1979, 1988, 1996a, 1996b).

Pruebas con *Gliocladium roseum* realizadas en invernadero para el control de *C. pernicioso* en mugrones de coposú indicaron la protección del 43% de los mugrones, por 75 días, señalando que este antagonista, de algún modo, retardó la manifestación de los síntomas de la “escoba de bruja” en los mugrones inoculados artificialmente, considerándose que éstos se manifestaron dentro de 15 días en los testigos (Barbosa & Stein, 1997).

## 2- Antracnosis

La antracnosis es una enfermedad de ocurrencia común en las plantas cultivadas, estando asociada frecuentemente a plantas desnutridas. En el coposú, la antracnosis puede ser considerada grave en la época más lluviosa, provocando manchas foliares y quema de los brotes.

El agente causal de la antracnosis es el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. En las hojas y ramas se observan manchas oscuras, de tamaño variable y forma redondeada, circundadas por un halo clorótico, diferenciada de la mancha provocada por *Phomopsis folliculicola* Punith., la que es más clara (marrón) y no está envuelta por un halo clorótico (Foto 26). En ataques muy severos las hojas se queman y el brote se seca totalmente (Foto 27).



**Foto 26 - Manchas foliares en coposú, provocadas por *Colletotrichum gloeosporioides* (ennegrecida, con halo clorótico) y por *Phomopsis sp.* (marrón, sin halo clorótico).**



**Foto 27 – “Quema” de hojas y secado de las ramas, provocadas por *Colletotrichum gloeosporioides* en mugrones de copoasú.**

Para evitar la ocurrencia severa de la antracnosis los mugrones deben presentar un buen estado nutricional, evitándose el hacinamiento excesivo en el vivero. En plantas adultas, además de la fertilización recomendada, las ramas atacadas deben ser podadas y eliminadas. En áreas sujetas a anegamientos, se deben tomar medidas para mejorar el drenaje.

El control de la antracnosis puede llevarse a cabo con fungicidas cúpricos (0,3%) o benomyl (0,05%) en aplicaciones semanales o quincenales, dependiendo de la intensidad del ataque, hasta que se reduzcan o desaparezcan los síntomas.

### 3. Pudrición interna del fruto o mal “do facão”

La pudrición interna de los frutos, es provocada principalmente por el hongo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. Generalmente, *L. theobromae* aprovecha traumatismos externos en la cáscara de los frutos provocados por insectos, problemas fisiológicos o daños mecánicos, para penetrar en los frutos y provocar la pudrición de la pulpa, la cual queda ennegrecida o, a veces, amarillenta y liquificada. Según Venturieri (1993), se aisló en estas pudriciones otros agentes causantes de pudrición, como el *Fusarium* sp. y una bacteria no identificada.

El control de la pudrición interna de los frutos debe estar relacionado con la causa de los traumatismos en la cáscara de los frutos. En general, deben evitarse los traumatismos de origen mecánico. Los daños provocados por insectos deben ser minimizados por medio del control químico de los agentes causantes. Entre los insectos que provocan daños en la cáscara, el *Conotrachelus humeripictus* es el más importante. Su control se efectúa eliminando los frutos adheridos a la planta que presenten orificios característicos del ataque de esta plaga y con Endosulfán 35% (1,5 l/ha), para la eliminación de los adultos presentes en la planta (Gallo *et al.* 1988). El barreno de la cáscara de los frutos, provocada por insectos de la familia Scolytidae e Platypodidae, atacan los frutos recogidos y almacenados y su control debe ser efectuado por medio de una recolección más frecuente de los frutos maduros (Venturieri, 1993; Benza, 1980).

### 4 - Mancha de *Phomopsis*

La mancha de *Phomopsis* en copoasú es provocada por *Phomopsis folliculicola* Punithalingam (Benchimol, datos no publicados).

Los síntomas de la mancha de *Phomopsis* se observan en hojas, pecíolos y tallos herbáceos de mugrones de vivero y en hojas y pecíolos de plantas adultas. En las hojas, se observan manchas circulares, con un diámetro entre 1 y 8 mm, bien delimitadas, de coloración parda, enrojecida o blanquecina, de acuerdo con la edad del tejido. En las hojas jóvenes, todavía membranosas, puede ocurrir una aglutinación de lesiones, que toman un formato angular. Se presenta entonces, una marchitez de los tejidos alrededor de las lesiones, con el desprendimiento posterior del tejido enfermo, que puede quedar adherido al borde de la lesión por un único punto, o caer, perforando el limbo (Foto 28). En las hojas maduras y en aquellas próximas a la senescencia, las manchas asumen una coloración enrojecida y blanquecina, respectivamente (Fotos 29 y 30). En los pecíolos y tallos herbáceos, las manchas son de coloración marrón-oscuro, redondeadas o alargadas, sobre las cuales se observan exudaciones amarillentas, en los casos de ataque severo (Stein *et al.*, 1991).



**Foto 28 -Manchas de coloración parda, provocadas por *P. folliculicola*, en hoja joven de copoasú.**



**Foto 29 - Manchas de coloración enrojecida, provocadas por *P. folliculicola*, en hoja madura de copoasú.**



**Foto 30 - Manchas de coloración blanquecina, provocadas por *P. folliculicola*, en hoja senescente de copoasú.**

En función de ensayos de patogenicidad *in vitro* con resultados positivos mediante perforación superficial previa de los tejidos inoculados, se puede acreditar que hay insectos involucrados, probablemente de la familia Pseudococcidae, en el proceso de infección del copoasú por *P. folliculicola*. Sin embargo, observaciones exhaustivas en vivero y en el campo no han detectado la presencia de insectos asociados a los tejidos enfermos.

La mancha de *Phomopsis* ocurre con mayor intensidad durante la época lluviosa, en el período de enero a junio, en el Estado de Pará. Los brotes atacados por *P. folliculicola* pueden ser recuperados con aplicaciones de fungicidas utilizados para el control de la antracnosis.

#### 5. Muerte progresiva

El agente causante de la muerte progresiva del copoasú es el hongo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl. En plantas jóvenes, los síntomas se caracterizan por el anillamiento de la cáscara, provocando el secado súbito (Véras *et al.*, 1997). En plantas más viejas, se observa el secado de las ramas, lo que puede resultar en la muerte de la planta. Este secado se debe a la colonización de los tejidos internos de la planta por el patógeno. En estados más avanzados de la enfermedad, se puede presentar la deformación del lugar de ataque y exposición del leño.

A modo de prevención, deben evitarse los traumatismos durante los tratamientos a los cultivos. En plantas enfermas, las ramas atacadas deben ser eliminadas en conjunto con 15 a 20 cm de tejido sano. En el caso de lesiones pequeñas, los tejidos necrosados deben ser removidos y, en lesiones mayores, se debe proceder al raspaje superficial de los tejidos alrededor de un radio de 10 cm, pincelándose después con una pasta a base de benomyl (20g) o tiofanato metílico (30g) + aceite vegetal (20ml) + cal hidratada (400g) + agua (600ml). Se debe efectuar una nueva aplicación 30 días después del tratamiento (Véras *et al.*, 1997).

#### 6. Mancha parda

La mancha parda del copoasú es provocada por el hongo *Calonectria kyotensis* Terashita. Las hojas con síntomas de esta enfermedad presentan lesiones foliares extensas e irregulares, de tonalidad pardo-claro, con zonas amarillas en la franja de transición del tejido enfermo hacia el sano (Foto 31). En ambientes húmedos, se pueden observar puntos rojizos sobre las lesiones, que son frutificaciones del patógeno. El control de la mancha parda se puede realizar con pulverizaciones de benomyl a 500 ppm (Nunes *et al.*, 1995).



**Foto 31 - Mancha parda del copoasú, provocada por *Calonectria kyotensis*.**

#### 7 - Pudrición blanca de las raíces

La pudrición blanca de las raíces es provocada por el hongo *Rigidoporus lignosus*. Se detectó en Belém, PA, en el campo de frutales de la Embrapa Amazonia Oriental (Stein *et al.*, 1992). Las plantas atacadas tenían seis años de edad y se encontraban en un área semi-sombreada, con la presencia de muchos restos de troncos de plantas removidas producto del raleamiento de la sombra, donde proliferó el patógeno. La apertura de trincheras alrededor de las plantas atacadas dio la posibilidad de observar que las raíces de estos troncos se entrelazaron con las del copoasú, transmitiendo de esta forma la enfermedad (Foto 32). Las hojas de las plantas afectadas presentaban síntomas iniciales de bronceamiento, seguido de un color amarillento y secado total de la copa (Fotos 33 y 34). Se detectaron señales de *R. lignosus* sobre la cáscara de copoasú enfermos (Foto 35).



**Foto 32 - Raíces de copoasú con rizomorfias de *R. lignosus*, entrelazadas con raíces infectadas de restos de troncos producto del despeje en el área de plantío.**



**Foto 33 - Planta de copoasú con síntomas visibles de pudrición blanca de las raíces, próxima a un resto de tronco, transmisor de la enfermedad.**

El control de la pudrición blanca debe ser preventivo. En áreas nuevas, el terreno debe ser destroncado. Las plantas con síntomas visibles en la copa deben ser eliminadas, destroncadas y quemadas. En las plantas que circundan a las enfermas, se deben abrir trincheras para exponer el sistema radicular. Si la raíz pivotante estuviese comprometida, la planta debe ser eliminada. En caso contrario, se deben remover las raíces laterales afectadas, los tejidos sanos expuestos, se deben pincelar con pentacloronitrobenzeno (10%) y la trinchera sellada.



**Foto 34- Planta de copoasú con partes secas provocadas por la pudrición blanca de las raíces.**



**Foto 35 - Base del tallo del copoasú con señales de *R. lignosus*, agente causante de la pudrición blanca de las raíces.**

## 8- Pudrición del pié

El agente causante de la pudrición del pié del copoasú es el hongo *Phytophthora palmivora* Butler. Los síntomas de la enfermedad son la paralización del crecimiento, las hojas se ponen amarillas y caen prematuramente. Se pudren algunas raíces y en caso de que varias raíces sean afectadas, las hojas se marchitan y secan rápidamente quedando pendientes de la planta por algún tiempo. La pudrición de los tejidos internos del tallo se extiende por cerca de 25cm sobre el nivel del suelo. En la región extrema la cáscara queda ennegrecida (Foto 36) y se observa una exudación de resina oscurecida (Nunes *et al.*, 1998).

Para el control de la pudrición del pié se debe hacer una aplicación de metalaxil + mancozeb (4 g/l) o dodine (6,5 g/l) en las partes lesionadas.



**Foto 36 Oscuramiento en la base del tallo (pudrición del pié) de copoasú, provocada por *Phytophthora palmivora*.**

## 9. “Quema por el filamento”

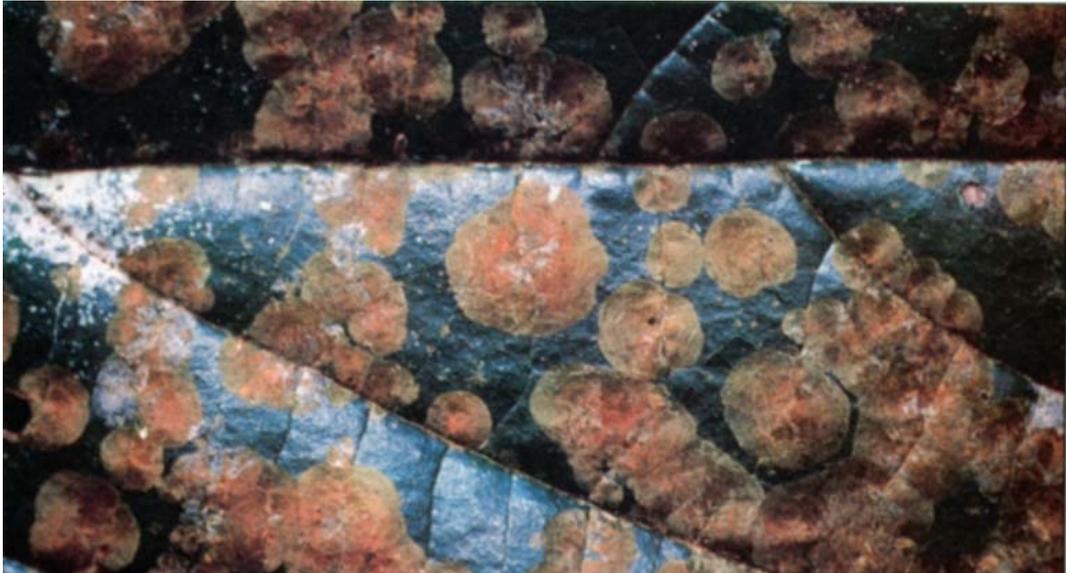
La “quema por el filamento” es una enfermedad que ocurre con frecuencia en frutales de la región amazónica (Lourd & Alves, 1987). El agente causante de la “quema por el filamento” es un hongo *Pellicularia koleroga* Cooke. La presencia de este patógeno se detecta con facilidad en las partes afectadas de la planta, por ser de coloración blanquecina, las que se extienden a lo largo de las ramas y hojas. Las partes afectadas se secan y las hojas se separan y penden de las ramas por filamentos del patógeno.

Las condiciones de alta humedad favorecen el desarrollo de la enfermedad. Como control preventivo se debe evitar la alta densidad de las plantaciones. Las partes secas de las plantas afectadas deben ser podadas y eliminadas. La enfermedad no provoca pérdidas económicas significativas para el cultivo del copoasú, que justifiquen programas de control. No obstante, en caso de surgir, se deben realizar pulverizaciones quincenales con mancozeb o fungicida cúprico (0,2%), hasta que disminuya el ataque (Venturieri *et al.*, 1985).

## 10 - Otras enfermedades

El copoasú es también atacado por otras enfermedades de menor importancia, por el momento. La mancha de *Rhizoctonia*, también llamada mancha parda, provocada por *Rhizoctonia* sp. Kuhn, y caracterizada por lesiones irregulares de coloración marrón oscuro, circundada por un halo amarillento

en hojas maduras y por lesiones del mismo color, pero más claras, en hojas nuevas, con deformación en el limbo (Véras *et al.*, 1997). La requema de los mugrones, provocada por *Phytophthora* sp., causa manchas oscuras y pequeñas en las hojas y ramas nuevas. La pudrición rojiza, causada por *Ganoderma philipii* (Bres. & P. Henn.) Bras., afecta el sistema radicular y los síntomas se reflejan en que las hojas se ponen amarillas en forma parcial y después totalmente, secado y muerte súbita de la planta (Véras *et al.*, 1997). La mancha de alga, causada por *Cephaleuros mycoidea*, es muy común en las plantas cultivadas y se caracteriza por la presencia de manchas redondeadas, ovaladas, de coloración rojizo, en la superficie de las hojas del coposú, no causando daños, pero reduciendo el área fotosintética de la planta (Foto 37).



**Foto 37 - Mancha de alga en hoja de coposú, causada por *Cephaleuros mycoidea***

**6.0  
COSECHA  
Y TRANSPORTE  
A LA UNIDAD DE  
PROCESAMIENTO**

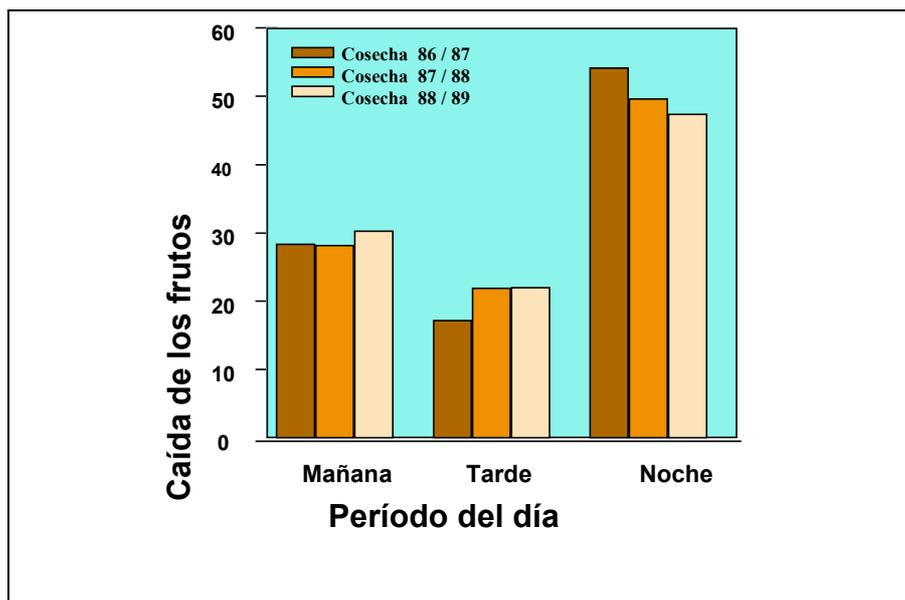
## 6.1 Cosecha

El copoasú es un fruto no climatérico y sin cambios visibles en la coloración externa de la cáscara que sirva como indicativo del momento en que ha alcanzado el grado máximo de maduración. Sensorialmente, el punto de maduración puede ser identificado por el aroma característico de la fruta, que se torna más pronunciado en ese período. Como la maduración se produce desde el ápice hacia la base del fruto es posible iniciar la cosecha de aquellos frutos que exhalen en su porción terminal el aroma característico del copoasú, manteniendo un segmento de rama de alrededor de 10 cm. De esta forma, el fruto completa su maduración dos a tres días después de la cosecha, momento en que el pedúnculo se desprende naturalmente del fruto. Cabe destacar que al encontrarse los frutos en esta etapa completan la maduración sin alteraciones en las características físicas, químicas y organolépticas. No obstante, este no es un método práctico que pueda ser utilizado a gran escala, su uso está limitado a plantaciones domésticos.

Los frutos cuando están completamente maduros se desprenden naturalmente de la planta por la formación de una capa de abscisión en la parte basal ligada al pedúnculo, el cual permanece en la planta por un período de hasta un año, cuando se seca y cae. De la floración hasta la maduración transcurren aproximadamente cuatro a cuatro meses y medio (Calzavara et al, 1984).

Como es difícil identificar el punto de maduración, los frutos son recolectados normalmente del suelo. En plantaciones comerciales, especialmente durante el período más álgido de la cosecha, la frecuencia de cosecha es diaria. Al comienzo y al final del período de cosecha, se recolectan cada dos días a fin de reducir los costos de mano de obra. Es preciso mencionar que en una misma planta se pueden encontrar frutos en diferentes estados de maduración, siendo necesario hacer varios repases. Esto está directamente ligado al hecho de que el período de floración es relativamente amplio y que no todas las flores son fecundadas al mismo tiempo. Cuando son originarios de poblaciones nativas o subespontáneas es común encontrar frutos deteriorados a consecuencia de que los intervalos de cosecha son mayores, ya que la baja densidad de plantas por hectárea hace la operación más trabajosa y onerosa. En este caso, el daño a los frutos por el ataque de roedores también es mayor ya que permanecen mayor tiempo en la superficie del suelo. También es más frecuente encontrar frutos con rajaduras en la cáscara producto de la caída, tomando en cuenta que en esta situación, la altura de las plantas es muchas veces superior a 15 m.

La recolección se efectúa en el horario matinal, debido a que el desprendimiento de los frutos ocurre predominantemente durante la noche (Fig. 6.1). Algunos frutos, eventualmente, se desprenden de la planta antes de estar completamente maduros. Esto no es muy frecuente y es el resultado de la acción de vientos fuertes y, a veces, debido a la falta de agua principalmente al comienzo de la cosecha, que generalmente coincide con el fin del período de sequía.



**FIG 6.1 - Porcentaje de abscisión de frutos maduros de copoasú en función del período del día (Fuente: Müller & Carvalho, 1997).**

En plantaciones pequeñas, la mano de obra utilizada en la recolección de los frutos es esencialmente familiar. Por otro lado, en las medianas y, particularmente, en grandes plantaciones esta actividad es realizada por terceros que son pagados de acuerdo a la cantidad de frutos recolectados.

## 6.2 Transporte

El transporte a las unidades de procesamiento se efectúa en carros acoplados a tractores o en camiones. Los frutos son transportados a granel, sin grandes problemas, ya que debido a la consistencia leñosa de la cáscara las pérdidas durante el transporte son prácticamente nulas. Normalmente en la cosecha se utilizan sacos de yute, colocados en carros de mano. El recolector recorre la plantación dejando los frutos amontonados en los puntos extremos de las líneas, donde se cargan las carretas o camiones.

Para facilitar la actividad de la recolección es conveniente haber efectuado un rozado bajo de las malezas, a fines de octubre o a principios de noviembre. Este procedimiento aumenta el rendimiento de la mano de obra, por permitir la visualización de los frutos que están en el suelo y el movimiento del recolector con mayor facilidad.

Los frutos, una vez que se desprenden de la planta, tienen una poscosecha de cinco a siete días sin que se alteren significativamente las propiedades organolépticas, químicas y físico-químicas de la pulpa, si se mantienen en un local con buena ventilación y protegidos de la radiación solar directa. Cuando son almacenados en ambiente refrigerado (temperatura de alrededor de 10°C) presentan una poscosecha útil de 15 días (Lima, 1993). El sistema de refrigeración, sin embargo, sólo es utilizado en supermercados que comercializan el fruto. Normalmente, en la mayoría de las pequeñas y medianas industrias, los frutos son procesados en un plazo máximo de dos días después de recibido el producto\*.

\* **Nota del editor:** la fisiología poscosecha del fruto debe ser más estudiada para confirmar la característica no-climática de los frutos, teniendo en cuenta la evolución de las características químicas, físicas y sensoriales durante los dos días siguientes a la cosecha, descrita por los autores.

## **7.0** **AGROINDUSTRIA**



## 7.1 Características de las unidades procesadoras

La agroindustria de los productos del copoasú en la Amazonia brasileña se caracteriza por la existencia de muchas unidades pequeñas localizadas principalmente en los Estados de Pará, Amazonas y Rondônia, en donde el cultivo del copoasú está más difundido y hay mayor producción. Existen también unidades medianas organizadas generalmente en cooperativas. Tanto las pequeñas agroindustrias como las medianas, tienen como característica básica el procesamiento de diversas especies de frutas tropicales y no solamente el copoasú. Es por ello que, además del copoasú, es común encontrar el procesamiento de la piña (*Ananas comosus*), el asaí (*Euterpe oleraceae*), la acerola (*Malpighia glabra*), el bacuri (*Platonia insignis*), la guayava (*Psidium guajava*), la guanábana (*Annona muricata*), el maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), el indano o “muruci” (*Byrsonima crassifolia*) y el taperiba (*Spondias mombim*), entre otras. Este procedimiento busca un mejor aprovechamiento de la infraestructura de la maquinaria, equipamiento, cámaras frigoríficas y personal, tomando en cuenta que no es viable trabajar sólo con el copoasú debido a que el período de cosecha abarca solamente de cuatro a seis meses del año.

## 7.2 Usos y presentación

La pulpa del copoasú tiene múltiples usos y grandes perspectivas de utilización tecnológica en la industria de alimentos. Actualmente, se emplea en la elaboración de refrescos y en la producción industrial o artesanal de sorbetes, néctares, dulces, jaleas, yoghurt, licores, jarabes, galletas y bombones (Foto 38). Las posibilidades de producción de otros derivados lácteos, tales como leche congelada con jugo de copoasú (Damasceno & Neves, 1994) y dulce de leche con adición de dulce de copoasú (1995), son otras formas de uso que comienzan a despertar el interés de la industria de alimentos, con grandes perspectivas de éxito. En la alimentación doméstica la pulpa tiene grandes aplicaciones, contemplando más de 60 modalidades de consumo, entre las cuales destacan: cremas, budines, tortas, pasteles y tartaletas (Calzavara et al., 1994).



**Foto 38 - Productos industrializados y artesanales originarios del copoasú.**

El aprovechamiento de las semillas tiene actualmente un uso limitado, existiendo solamente una pequeña empresa que produce “cupulate”.

La pulpa congelada se comercializa envasada en bolsas plásticas de 1 kg del producto. Alternativamente se le encuentra también en bolsas plásticas con cuatro tabletas de 100 g cada una, envueltas individualmente en film de polietileno. Por lo práctica que resulta esta última forma de presentación, ha sido preferida por hoteles, fuentes de soda, restaurantes y por los consumidores en general, ya que cada tableta es suficiente para preparar la cantidad de refresco normalmente consumida por una persona. Cada kilogramo de pulpa rinde cuatro litros de refresco.

Las normas del Ministerio de Agricultura y de Abastecimiento del Brasil establecen que la pulpa de copoasú para consumo directo, debe conservarse exclusivamente por medios físicos, prohibiéndose el uso de aditivos químicos. Para que la pulpa pueda ser comercializada, debe cumplir con las siguientes normas de calidad (Ministério da Agricultura e do Abastecimento 1998):

- Mohos y levaduras: número máximo de  $5 \times 10^3$ /g.
- Coliforme fecal: máximo 1 /g.
- Salmonella: ausente.
- Color: blanco a blanco amarillento.
- Sabor: ácido natural.
- Aroma: acentuado.

- Contenido mínimo de sólidos solubles: 9,00°Brix.
- pH: 2,60 a 3,80.
- Acidez expresada en ácido cítrico: 1,50% a 3,40%.
- Ácido ascórbico: 23,00 mg/ 100g
- Azúcares totales: 6,00%.
- Sólidos totales: 13,00%.

En lo que concierne a los aspectos microbiológicos, es preciso destacar que los valores citados son los límites máximos tolerables, siendo perfectamente posible obtener pulpa de copoasú con niveles de contaminación por óxidos y levaduras bastante menores y exentos de coliformes fecales, siempre que el producto sea procesado en forma higiénica, en instalaciones adecuadas.

Los productos derivados de la pulpa, tales como sorbetes, jaleas, dulces en masas, dulces cremosos, licores y yoghurt, adoptan los tipos de envasado tradicionales utilizados para productos similares de otras frutas tropicales. Para estos productos, no existe un padrón de peso líquido contenido en el envase, variando de acuerdo al fabricante. Sin embargo, para la jalea y el dulce cremoso, lo más común son los frascos de vidrio con tapa hermética o rosca metálica, con un contenido de 230 y 500 g del producto, respectivamente. Para los dulces en masa, la forma más corriente de presentación del producto es en envases de lata de 500 g. El licor de copoasú se presenta en botellas de vidrio transparente de 500 ó 1.000 ml.

### **7.3 Obtención de pulpa congelada**

El proceso de obtención de pulpa congelada de copoasú abarca una secuencia de etapas, de acuerdo a lo que se muestra en la Fig. 7.1, pudiendo sufrir variaciones de acuerdo con el nivel de tecnología de la unidad de procesamiento. Es así que en algunas unidades, la pulpa puede ser refinada y en seguida pasar por un estanque de equilibrio, premunido de una bomba dosificadora que inyecta el producto en la envasadora.

Cada etapa debe ser ejecutada con procedimientos adecuados para que el producto final sea de una alta calidad, principalmente en lo que concierne a las propiedades físicas, químicas, sensoriales y sanitarias. Debido a ello, las instalaciones deben estar en perfecto estado de conservación, con puertas y ventanas protegidas con esterillas, que impidan el ingreso de insectos. La indumentaria de los funcionarios que trabajan directamente en la unidad de procesamiento es también otro factor relevante. Es imprescindible que el uso de gorro, delantal, guantes blancos y botas con suelas de goma. Además de esto, en cada etapa se deben considerar los siguientes aspectos:

- Recepción

Los frutos al llegar a la plataforma de recepción se examinan, descartando los que presenten rajaduras o presenten síntomas visibles de ataque del barrenado de los frutos.

- Pesaje

Los frutos se pesan en cajas de plástico rígido, anotando en la ficha de control el nombre del proveedor la fecha de la cosecha, fecha de recepción y peso.

- Lavado

Esta etapa es de gran importancia, ya que los frutos no son cojidos sino recolectados de la superficie del suelo y por lo tanto, con riesgo de contaminación del producto final por bacterias, inclusive coliformes fecales. Debe destacarse que el espesor de la cáscara constituye una barrera que protege la pulpa de la contaminación. Sin embargo, en caso de que el lavado de la superficie de la cáscara no se efectue adecuadamente, la manipulación en las etapas siguientes redundará en contaminación microbiológica de la pulpa. Otro aspecto que debe ser considerado es la remoción de la capa de polvo de la superficie externa de la cáscara, que se desprende fácilmente con la manipulación y que puede mezclarse con la pulpa durante el proceso de descascamiento, confiriendo a ésta un aspecto indeseable, por la presencia de materias extrañas de color oscuro.

El agua es el principal agente de esta etapa siendo, por lo tanto, de suma importancia que presente una buena calidad física, química y sanitaria, que sea insípida e inodora. Cuando el agua no está debidamente tratada (sanitizada con cloro) puede producir el efecto que se muestra en la Foto 39.



**Foto 39 - Fruto no-sometido a lavado (izquierda) y fruto sometido a lavado (derecha).**

Los frutos deben someterse inicialmente a un lavado por inmersión en agua clorada (30 a 50 ppm de cloro activo), para que se proceda a su desinfección externa y a eliminación de impurezas mayores. Para que la superficie externa de la cáscara esté adecuadamente limpia, es necesario un segundo lavado, también con agua clorada (10 ppm de cloro activo), el que puede hacerse tanto por inmersión de los frutos en estanques de acero inoxidable como con chorros de agua a presión, o con cañerías que desembocan en duchas (Associação de Assistência Técnica e Extensão Rural de Rondônia, 1993) o, también, en estanques giratorios de lavado. En caso de tener que efectuar la limpieza solamente con lavados por inmersión será necesario usar escobillas para la remoción de la capa de polvo de la cáscara, debiendo efectuarse esta operación durante el primer baño por inmersión.

- Remoción de la cáscara

El descascarado se efectúa manualmente, con el auxilio de una hoja roma de acero inoxidable, golpeando levemente la superficie de la cáscara de modo que ésta se abra, exponiendo el conjunto de pulpa y semillas. Otra alternativa es fijar la lámina sobre una plancha de madera, revestida en acero inoxidable, quebrando la cáscara por medio de impactos del fruto sobre la lámina fija. Después de abrir los frutos, la masa constituida por la pulpa y semillas se remueve manualmente y se lleva a la despulpadora.

- Despulpamiento

La separación de la pulpa y las semillas se realiza en un despulpador de acero inoxidable, accionado por un motor eléctrico. Existen en el mercado diversos modelos, con diferentes capacidades de procesamiento y normalmente efectúan el despulpamiento de otras frutas tropicales. Los principios mecánicos utilizados en estos equipos son fricción y agitación del conjunto de pulpa y semillas, provocado por dos paletas de teflón o acero, dispuestas en forma paralela a un eje horizontal. Este eje, accionado por un sistema de polea, gira proporcionando la agitación y fricción de las paletas sobre la superficie de la masa de pulpa y semillas, forzando la separación de estos dos componentes, fluyendo la primera a través de un tamiz cilíndrico con orificios de 1,5 mm y la segunda por la abertura de descarga. Los modelos más simples sólo efectúan la extracción de la pulpa, en tanto que los modelos más completos además del despulpamiento, refinan la pulpa en forma continua pasándola a través de un tamiz con orificios de 0,7 mm. Para refinar la pulpa, las paletas de acero o teflón se substituyen por escobillas.

- Envasado

Esta operación debe realizarse inmediatamente después de la obtención de la pulpa o de su refinado. Normalmente se utilizan envases de plástico. Por las normas vigentes en Brasil, el rótulo puede contener diseños o figuras de varios tipos de frutos, siempre que la expresión “pulpa de copoasú” esté claramente identificada en el envase (Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998).

- Congelado

El proceso más rudimentario de congelado involucra el uso de un “freezer” doméstico. El principal problema para utilizar este sistema está relacionado con el tiempo requerido para el congelado, especialmente cuando el “freezer” está completamente vacío y se carga totalmente de una sola vez. En este caso, el proceso de congelado puede requerir un tiempo superior a ocho horas.

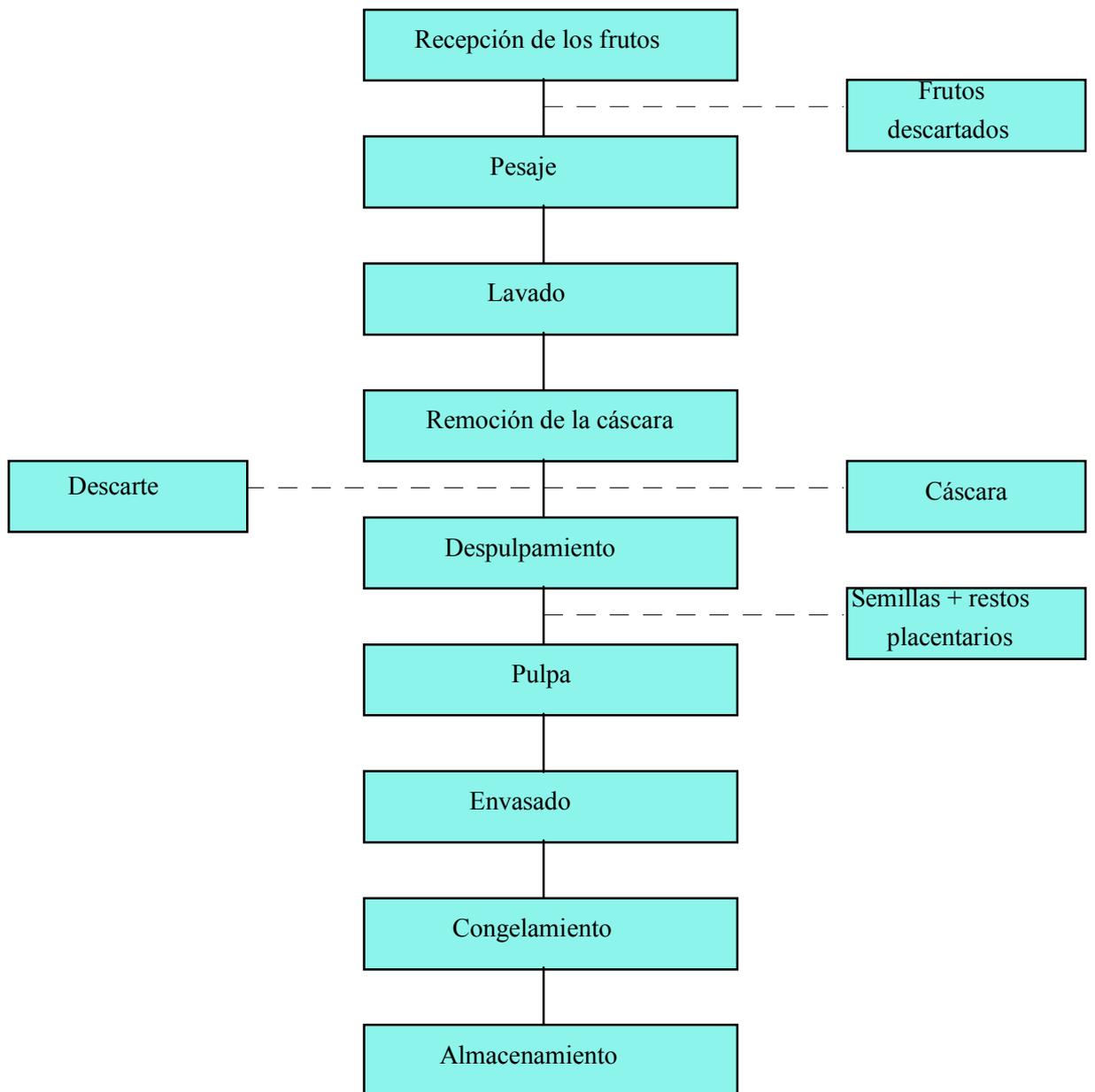
En los sistemas más modernos se utilizan túneles o cámaras de congelamiento rápido con inyección de aire y una temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$ , que permiten el congelamiento de grandes cantidades de pulpa, en poco tiempo. El congelamiento rápido es deseable, ya que evita la formación de macrocristales de hielo que perjudican la calidad del producto (Ribeiro, 1997)

- Almacenamiento

La pulpa debe ser almacenada a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $-18^{\circ}\text{C}$ , debiendo mantenerse la cadena de frío durante la distribución, comercialización y venta del producto al por menor. Temperaturas más elevadas, en el rango de  $-12^{\circ}\text{C}$  a  $-8^{\circ}\text{C}$ , también permiten la conservación del producto, pero su fecha de vencimiento es también menor que cuando es almacenada a temperaturas más bajas. El almacenamiento a temperaturas más elevadas no es adecuado, ya que favorece el desarrollo de óxidos y fermentación y provoca alteraciones en la calidad bromatológica

de la pulpa (Miranda, 1989). Cabe destacar, que una parte de la pulpa es comercializada inmediatamente después del congelamiento y otra parte es almacenada durante seis a ocho meses, para poder abastecer al mercado durante el período entre cosechas.





**FIG. 7.1 - Flujograma para obtención de la pulpa congelada de copoasú(Fuente: Adaptado de Barbosa et al., 1978 e Miranda, 1989).**



## 7.4 Obtención de “cupulate”

El procesamiento de las semillas de copoasú para la obtención de cupulate es semejante al de las semillas de cacao para la obtención de chocolate. Básicamente, el proceso desarrollado por Nazaré et al (1990) y descrito a continuación, obedece a la secuencia que se muestra en la Fig. 7.2.

- Fermentación

El primer aspecto que debe considerarse para la obtención de cupulate con un buen padrón de calidad, es que las semillas sean sometidas a fermentación inmediatamente después de la operación de despulpamiento. En esta etapa, existe una diferencia en relación al procesamiento de las semillas de cacao, las que no son desulpadas previamente. En el caso de las semillas de copoasú, la fermentación se efectúa solamente con los restos de pulpa que permanecen adheridos a las semillas.

La fermentación se efectúa en cajas de madera, con una capacidad de 80 kg de semillas. Se procesan a temperatura ambiente, en un local protegido de las lluvias. A las 24 horas de haberse colocado las semillas en las cajas, se agrega una solución de azúcar al 30%, a una temperatura de 38°C, en la proporción de 1% en relación al peso de las semillas. Este mismo procedimiento se realiza después de 48 horas de fermentación. La masa de semillas debe revolverse por lo menos dos veces al día, para que la fermentación sea uniforme en todas las semillas. El proceso concluye entre el quinto y el séptimo día.

Durante la fermentación, la temperatura de la masa de semillas aumenta, llegando a los 50°C al tercer día después que las semillas han sido colocadas en las cajas, momento en que comienza a disminuir, entrando en equilibrio con la temperatura ambiente, ocasión en que el proceso de fermentación está concluido.

- Secado

Después de la fermentación las semillas son lavadas en agua corriente y secadas al sol, hasta que el contenido de agua alcance un valor de un 8,0%. La evaporación del agua en esta etapa, reduce el peso en relación al peso de las semillas que fueron colocadas en los estanques de fermentación, en un 54,5%. De modo que para cada 1.000 kg de semillas sometidas a fermentación, al final del proceso de secado, se obtienen 455 kg de semillas secas.

El proceso de secado al sol es difícil en el período de cosecha del copoasú, ya que coincide con la época de lluvias más intensas en la Amazonia. El sistema de secado utilizado para semillas de cacao puede ser perfectamente aplicado a las semillas de copoasú. En este caso, el producto es expuesto al sol por medio de instalaciones apropiadas denominadas “barcazas”, construidas sobre pilares de albañilería, con una base de madera y cubierta móvil sobre ruedas y guías de fierro, permitiendo, cuando

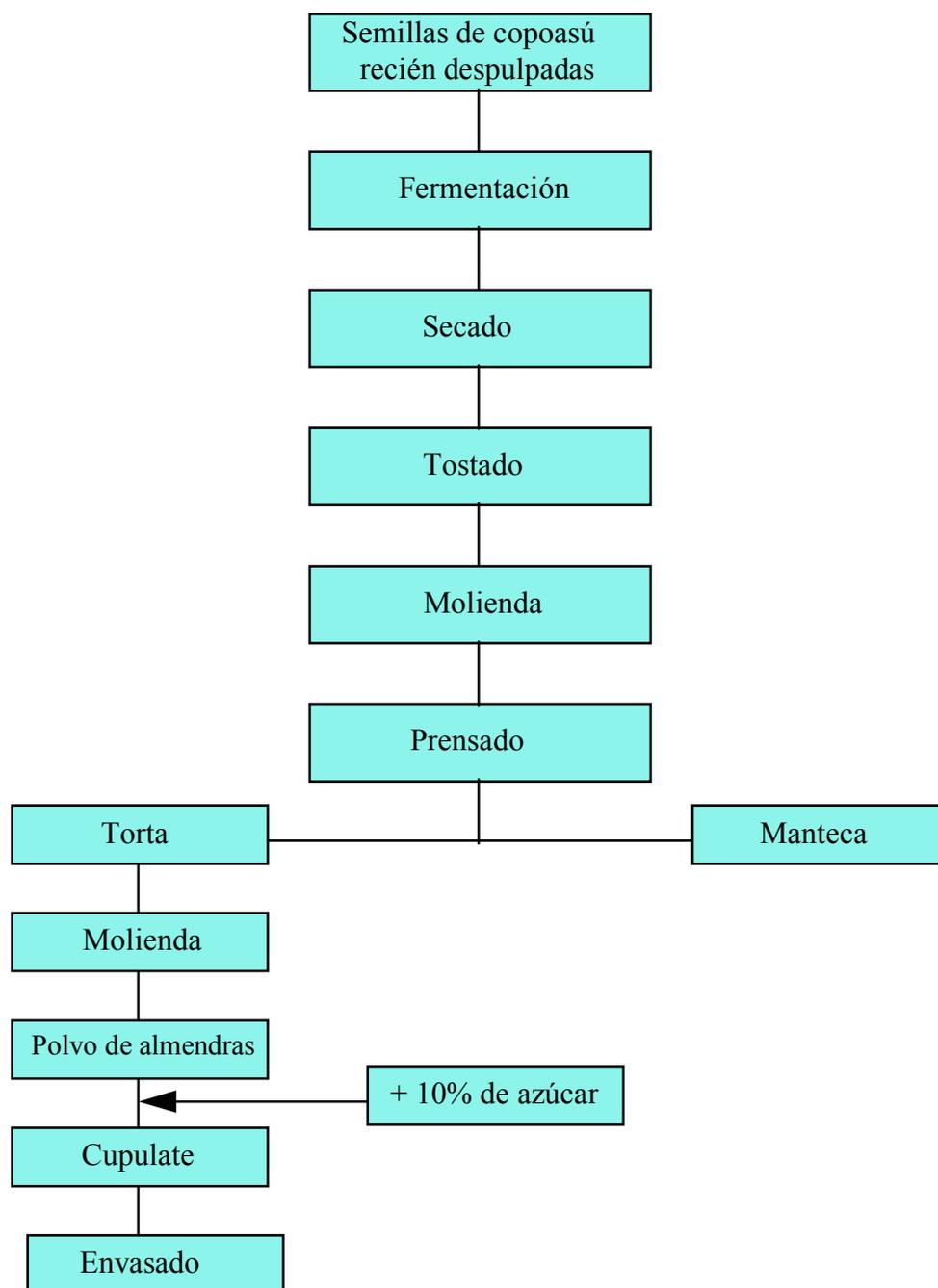
están abiertas, exponer las semillas al sol y cuando están cerradas, protegerlas de la lluvia y del rocío (Ponte et al., 1986).

- Descascarado

La remoción de la cáscara de las semillas se constituye en un problema, en vista de la inexistencia de equipos apropiados para esta operación. Los descascaradores utilizados para las semillas de cacao no se consideran adecuados para las semillas de copoasú, debido a que su forma y tamaño son diferentes y por ser de cáscara más dura. Normalmente esta operación se efectúa manualmente, siendo por lo tanto, bastante lenta. Las cáscaras representan aproximadamente el 27% del peso de las semillas tostadas y las almendras corresponden, en promedio, al 30% del peso inicial de las semillas antes de la fermentación.

- Molienda y prensado

Después del descascarado, las almendras son molidas y luego prensadas con el objeto de efectuar el desengrase parcial, obteniéndose así la torta y la manteca de copoasú. La torta es sometida a molienda, y al polvo obtenido se le adiciona un 10% de azúcar. El producto resultante de la mezcla del polvo de almendras, parcialmente desgrasado, más el azúcar constituye el cupulate.



**Figura 7.2 - Flujograma de las etapas de preparación de semillas frescas de copoasú para la obtención de cupulate en polvo (Fuente: Nazaré et al., 1990).**

Por cada 1.000 kg de semillas frescas se obtienen 180 kg de cupulate y 135 kg de manteca de copoasú.

La manteca resultante del desgrasado se usa en la formulación de cupulate en tabletas. En la Embrapa Amazonia Oriental se utilizan en la fabricación de cupulate en tabletas de diferentes tipos, las formulaciones descritas en la Tabla 7.1.

**Tabla 7.1 Composición centesimal de los ingredientes utilizados en la obtención de diferentes tipos de “cupulate” en tabletas.**

Ingrediente (%)	Tipo de producto		
	Medio amargo	Con leche	Blanco
Almendra de copoasú	45	30	-
Azúcar refinado	43	44	40,9
Manteca de copoasú	12	16	40,9
Leche en polvo instantánea	-	10	18,2

Fuente: Nazaré et al.(1990).

## 7.5 Otros productos

Para otros productos originarios de la pulpa, especialmente los dulces en masa y cremosos, los fabricantes han desarrollado sus propias formulaciones. Estos productos se encuentran en el mercado teniendo como ingredientes básicos el azúcar y la pulpa de copoasú, o con la adición de almendras de castaña del Brasil (*Bertholletia excelsa*) trituradas o coco (*Cocus nucifera*) rallado. Para la obtención de la jalea, se hierve la pulpa previamente, recuperando el jugo, al cual se le adiciona azúcar y pectina, que bajo la acción de la ebullición provee la jalea. Por cada 1 kg de jugo de copoasú se necesitan 0,6 kg de azúcar y 16 g de pectina (Nazaré, 1997).

## 7.6 Aprovechamiento de la cáscara

Las investigaciones buscando el aprovechamiento de la cáscara del fruto de copoasú prácticamente no existen. Sin embargo, por ser un material biodegradable y con un contenido razonable de potasio, hierro, manganeso y otros nutrientes (Souza & Cravo, 1996), se puede utilizar en la obtención de un compuesto orgánico, a ejemplo de lo que indican Freire *et al.* (1990) para la cáscara del fruto del cacao.

### 7.7 Infraestructura y equipos para una unidad procesadora de pulpa congelada

El proyecto de una unidad de procesamiento de pulpa de copoasú debe tener en cuenta la posibilidad de procesamiento de otras frutas regionales, para diversificar la oferta de productos y, principalmente, para evitar la ociosidad de los equipos y personal.

El perfil de la unidad que será descrita considera la alternativa de pequeña agroindustria, con capacidad para procesar 120 t de pulpa/año (60% de copoasú y 40% de otras frutas), situada próxima a los lugares de producción o dentro de una propiedad

productora de copoasú, con una línea de producción dentro de padrones de higiene y sanidad aceptables. El lugar deberá contar con red eléctrica y caminos\*.

Como se mencionara anteriormente, el período de cosecha del copoasú abarca de cuatro a un máximo de siete meses del año. Debido a ello, es necesario definir otras especies de frutas que puedan ser procesadas en la entre cosecha del copoasú. Especies como aceroleira, maracuyá, graviroleira y asaí, particularmente las dos últimas, presentan cosechas en el segundo semestre del año, o sea, en el período de entre cosecha del copoasú.

### Infraestructura Física

La planta baja de una unidad pequeña de procesamiento de pulpa debe presentar las siguientes dependencias:

- Área libre - Para desembarque de los frutos y embarque de la pulpa congelada (40 m<sup>2</sup>).
- Recepción y lavado - Dependencia destinada a la recepción y lavado de los frutos provenientes del área libre (20 m<sup>2</sup>).
- Área de descascamiento - Donde se realizará la remoción de la cáscara del fruto. (16 m<sup>2</sup>)
- Sala de despulpamiento y envasado - Lugar en donde la pulpa será extraída y embalada (20,0 m<sup>2</sup>)
- Cámara de congelamiento - Cámara con temperatura de -25°C para el congelamiento de la pulpa (12 m<sup>2</sup>).
- Cámara de almacenaje - Cámara con temperatura de -20°C para el almacenamiento de la pulpa hasta la distribución (20 m<sup>2</sup>)
- Gabinete de trabajo (12 m<sup>2</sup>).
- Instalaciones sanitarias (10 m<sup>2</sup>).

### Equipos

El equipamiento mínimo para la unidad es:

- Un despulpador compacto, en acero inoxidable;
- Un despulpador semi-automático, en acero inoxidable;
- Dos estanques para el lavado de frutas, en acero inoxidable;
- Una mesa de selección;
- Una mesa para la abertura de los frutos;
- Diez baldes inox 16 litros;
- Dos sistemas de refrigeración para la cámara de congelamiento;
- Un sellador de pedal para bolsas plásticas;
- Una balanza para 200 kg;
- Una balanza para 1 kg.
- Refractómetro – 0,35 – 0-90° Brix

---

\* **Nota del Revisor:** El nivel de inversión total estimado es de US\$ 150.000 – 200.000, para el diseño presentado.

- PHmetro portátil

No obstante, existe también la alternativa tecnológica de la agroindustria caracterizada por líneas integradas de procesamiento, con una capacidad de producción de alrededor de 2.000 kg de pulpa por hora, este tipo de empresa es, sin embargo, bastante rara en la Amazonia brasileña, existiendo perfiles industriales bien detallados, elaborados por el Ministerio de Agricultura y de Abastecimiento (Brasil, 1995).

### **7.8 Rendimiento Industrial**

En los primeros equipos desarrollados para el despulpamiento de copoasú, el rendimiento industrial era bastante bajo, situándose en el rango de 22% a 24% (Calzavara, 1984). Con el perfeccionamiento de estos equipos, el rendimiento industrial mejoró substancialmente, alcanzando actualmente valores entre 30% y 35%.

## **8.0 MERCADO ACTUAL Y POTENCIAL**

## 8.1 Mercado actual

El mercado actual del copoasú se encuentra aún casi totalmente representado por la población de la Amazonia, especialmente en el de los grandes centros urbanos, en donde la demanda es mayor. Entre las frutas nativas consumidas en la Región Metropolitana de Belém, el copoasú ocupa el segundo lugar, le sigue el asaí (Cavalcante, 1991). Solamente en esta Región, las estimaciones de consumo aparente de pulpa de copoasú indican una demanda potencial de 623 t/año (Rodrigues & Santana, 1997), en tanto que el consumo real es apenas de 264 t/año (Homma, 1996), evidenciando que no obstante el incremento acentuado del área plantada, la comercialización a mediano plazo no se constituirá en problema, ya que el consumo real está muy por debajo de lo que esta Región puede demandar (Rodrigues & Santana, 1997).

Uno de los factores que ha limitado el aumento del consumo de copoasú en la Amazonia es el elevado precio de la pulpa, tanto en el período de cosecha y entre cosecha, cuando se acentúa sufriendo un alza de alrededor del 20%. El bajo poder adquisitivo de la mayor parte de la población amazónica hace que el copoasú sea consumido principalmente por las clases de rentas más altas. En el período entre cosecha, con el valor que se paga por un kilogramo de pulpa congelada de esta fruta es posible adquirir 2,3 kg de pulpa de acerola o de castaña de cajú, 1,8 kg de pulpa de piña, 1,7 kg de pulpa de guayava o 1,6 kg de pulpa de muruci (Tabla 8.1). Solamente las pulpas de bacuri y de graviola presentan precios superiores a los del copoasú. Los altos precios de las pulpas de bacuri y de graviola son consecuencia del bajo rendimiento de la pulpa y los elevados costos involucrados en el control de plagas, respectivamente. La baja productividad, en la mayoría de las plantaciones de copoasú, es el factor preponderante del elevado precio del producto.

Los análisis de comercialización del copoasú en la Amazonia brasileña, han demostrado que el productor recibe por el fruto entre el 34,4% y el 41,2% del precio pagado por el consumidor final, y por la pulpa congelada el 26,6%. En el caso de la comercialización de la pulpa, el mayorista se apropia del 39,4% del precio pagado por el consumidor y el minorista el 34%. Cabe destacar que el mayorista realiza las operaciones de despulpamiento, envasado, congelamiento, almacenamiento y distribución, por esta razón se queda con la mayor parte del precio pagado por el consumidor (Rodrigues & Santana, 1997). Ante estos márgenes de comercialización, algunos productores prefieren agregar valor al producto, procesando y comercializando la producción directamente con bares, casinos, restaurantes y fuentes de soda.

Además de la Amazonia, los productos derivados del copoasú, especialmente la pulpa, comienzan a conquistar nuevos mercados. En las áreas fuera de la Amazonia, la pulpa se usa básicamente en la elaboración de refrescos y sorbetes, debido al desconocimiento de la población de esas localidades, sobre los múltiples usos que tiene el copoasú en la culinaria doméstica. En estas localidades, el copoasú disputa la franja del mercado en donde los consumidores prefieren jugos naturales con sabores diferentes. Este nicho de mercado también es disputado por otras frutas, tales como el asaí y el cacao, y por cerca de otras veinte frutas tropicales amazónicas.

**Tabla 8.1 - Precio promedio para el consumidor de la pulpa de copoasú en el período entre cosecha y de otras frutas tropicales, en Belém-PA.**

Producto	Precio (US\$/kg)
Acerola	2,00
Piña	2,50
Bacuri	6,66
Castaña de Cajú	2,00
Copoasú	4,58
Guayava	2,71
Graviola	5,17
Muruci	2,92

Las estadísticas sobre la exportación de pulpa hacia los Estados de las regiones Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste y Sur del Brasil son bastante escasas, no se dispone de datos que establezcan el

volumen real de producción actualmente consumido en estos Estados. Estas dificultades se deben al hecho de que existen diversas mini fábricas procesadoras y éstas comercializan parte de su producción directamente con bares, casinos, hoteles y restaurantes de estas regiones. Sin embargo, solamente la Cooperativa Agrícola Mixta de Tomé-Açu, que en la cosecha de 1997/98 procesó cerca de 310 t de pulpa de copoasú, exportó 104 t a los Estados de Río Grande Norte, Pernambuco, São Paulo, Minas Gerais, Tocantins, Goiás y Distrito Federal. Las exportaciones hacia el exterior corresponden a 6 t que fueron a Inglaterra.

Es necesario destacar que estos mercados sólo comenzaron a ser explorados a partir del inicio de la década de los 90, cuando el volumen de producción aumentó substancialmente y, paralelamente, creció la demanda por productos naturales y con sabores diferentes. Sin embargo, fuera de la Amazonia los productos derivados del copoasú son consumidos ocasionalmente, no estando aún incorporados al hábito alimentario de la población.

El sorbete de copoasú se consume hoy en día en todos los Estados brasileños y en ciudades amazónicas del Perú y Ecuador. Esto constituye una de las mayores alternativas del ramo, que sintiendo la necesidad de diversificarse, ha incorporado ese sabor en su línea de producción desde hace cerca de cinco años.

En relación al mercado internacional, las exportaciones han sido esporádicas, pues la producción es aún insuficiente para atender con regularidad las cantidades demandadas por los importadores. Ocasionalmente, la pulpa de copoasú ha sido exportada a los Estados Unidos, Francia, Suiza, Holanda (Consulta Internacional sobre comercialização de produtos provenientes do uso sustentável da floresta: cupuaçu. 1998) e Inglaterra, en cantidades que no tienen ninguna expresión económica sirviendo, no obstante, para divulgar el producto en esos países.

## 8.2 Mercado potencial

Los mercados de las regiones Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste y Sur del Brasil tienen grandes posibilidades de ser ampliados, especialmente en las tres últimas, en donde el nivel de renta de la población es mayor. Homma (1996) estimó el consumo potencial para esas regiones en 2.970 t de pulpa, cantidad que es superior a la producción actual de pulpa de copoasú en la Amazonia brasileña, que se sitúa entre 2.481 t a 2.569 t. El copoasú ya no es tan desconocido en esas regiones, especialmente en las ciudades con mayor contingente poblacional de los Estados de Río de Janeiro, São Paulo y del Distrito Federal, donde se encuentra en los principales supermercados, casinos, bares y restaurantes. Para que la pulpa de copoasú sea competitiva en esos Estados es fundamental que el sistema de distribución y la presentación del producto sean mejorados substancialmente, los costos con transporte reducidos, de tal forma que llegue a los consumidores a un precio competitivo.

En los últimos años, algunos productos derivados del copoasú han sido presentados en ferias internacionales de productos hortícolas. En la EUROAGRO, realizada en España en 1996, entre las frutas de la Amazonia, fue la que despertó mayor atención de los importadores, por el fuerte aroma y sabor original.

Además de las potencialidades ofrecidas por el mercado brasileño fuera de la Amazonia, las perspectivas del mercado internacional se pueden considerar prometedoras. Para este último es necesario realizar una planificación con bastante criterio; que se utilicen técnicas adecuadas de procesamiento y envasado dentro de las especificaciones de cada mercado; que haya garantía de regularidad de la oferta; que el producto esté regido por los padrones de calidad exigidos por los importadores y, que se organicen campañas de divulgación de los productos derivados del copoasú en los países europeos.

Los estudios efectuados por organizaciones no gubernamentales, buscando la comercialización del copoasú en el mercado internacional identificaron oportunidades y amenazas para los productos derivados de esta fruta, algunas descritas a continuación (Consulta Internacional sobre comercialização de produtos provenientes do uso sustentável da floresta: cupuaçu, 1998):

### Oportunidades

- Industrias de chocolate y de sorbete ya han demostrado interés por las semillas y por la pulpa de copoasú.
- El copoasú es prometedor como aromatizante para sorbetes, yoghurt y jugos tropicales.
- Los costos de producción pueden ser reducidos.
- Aumento de la producción.

Amenazas:

- Oferta insuficiente.
- Uso no sustentable de la tierra frente a las presiones de demanda del mercado internacional.
- Falta de experiencia de los productores de pulpa en comercialización internacional.

Otra amenaza que puede citarse es la expansión desordenada del cultivo, la que podría generar una sobre oferta del producto, antes de la consolidación de los mercados potenciales.

**9.0**  
**SOSTENIBILIDAD**  
**DEL CULTIVO**

## **9.1 Aspectos agronómicos**

Los principales aspectos agronómicos asociados a la sostenibilidad del cultivo del copoasú en la Amazonia abarcan, principalmente, el control eficiente de la “escoba de bruja” y la reposición de los nutrientes extraídos del suelo. Para la “escoba de bruja”, ya se han identificado y caracterizado los primeros clones resistentes, los que se encuentran en fase de multiplicación para ser puestos a disposición de los productores. Las tecnologías desarrolladas para el control de esta enfermedad, que involucran la poda y la remoción o destrucción de las partes atacadas de la planta, son alternativas para plantaciones ya establecidas, permitiendo el control eficiente de la enfermedad. En este aspecto, cabe destacar que es importante que todos los que se dedican al cultivo del copoasú adopten esta técnica, pues de poco sirve efectuar el control de la enfermedad en determinada plantación, si en las áreas cercanas no se adopta esta medida. En este caso, se originan nuevas infecciones por la presencia de fuentes de inóculo.

En general, las tecnologías desarrolladas o adaptadas para el cultivo del copoasú son compatibles con el nivel de la agricultura practicada en la Amazonia, no incorpora equipos y máquinas agrícolas sofisticadas, ni la utilización a gran escala de fertilizantes y de preservativos agrícolas.

## **9.2 Aspectos económicos**

En la Amazonia brasileña el cultivo del copoasú presenta una buena rentabilidad cuando se utilizan técnicas adecuadas en la implantación y en la conducción de la plantación.

Los costos de producción del copoasú están relacionados con los sistemas de cultivo utilizados por los productores y de la ubicación de la plantación. Para áreas situadas en lugares muy distantes de los centros urbanos, el costo de los insumos necesarios para el cultivo son bastante elevados y casi siempre difícil de adquirir.

En la Tabla 9.1 se presentan los costos de las fases de implantación (primer año) y de mantención (segundo hasta el séptimo año) de una hectárea de copoasú consorciado con bananeros y asaí, localizado en el municipio próximo a la ciudad de Belém. En el primer año, el costo de los insumos es el ítem más importante, igual al 76,5%, en tanto que la preparación del área y los tratamientos del cultivo representan el 23,5% de los gastos con implantación y mantención. Es necesario mencionar que solamente el costo de las patillas representa el 34% de los insumos.

El valor global del costo de implantación y gasto en el primer año es relativamente elevado. Por otro lado, hay que considerar que a partir del tercer año el balance entre ingreso y egreso acumulado es positivo. Esto es posible debido a la generación de ingresos por la producción de bananas, del segundo y tercer año.

A partir del cuarto año, el sistema se torna más rentable debido a la reducción del egreso y al aumento del ingreso con la producción de copoasú.

Cuando se eliminan los bananeros, al final del cuarto año, se inicia la producción de asaí, manteniendo la rentabilidad económica del sistema.

**Tabla 9.1 -Costos de implantación, mantención y flujo de caja para una hectárea de un sistema de producción de copoasú consorciado con banano y asaí.**

Especificación	Unidad	Valor Unitario (US\$)	Cantidad	Valor (US\$)
<b>INVERSION Y COSTOS 1º AÑO</b>				
<b>1. Operaciones</b>				
1.1. Preparación del área				
Limpieza	D/H	6,00	20	120,00
Quema	D/H	6,00	05	30,00
	D/H	6,00	07	42,00
Destronque raso	D/H	6,00	20	120,00
1.2. Plantación				
Deslinde	D/H	6,00	06	36,00
Abertura de hoyos/fertilización	D/H	6,00	15	90,00
Plantación	D/H	6,00	04	24,00
1.3. Tratamientos de los cultivos				
Cercado	D/H	6,00	08	48,00
Limpieza	h/tr	18,00	12	216,00
Poda de conducción	H/D	6,00	04	24,00
Poda fitosanitaria	H/D	6,00	02	12,00
Tala bananeros	H/D	6,00	08	48,00
Fertilización orgánica	H/D	6,00	08	48,00
Fertilización química	H/D	6,00	07	42,00
<b>2. Insumos</b>				
2.1. Patillas				
Bananeros	unid.	0,40	700	280,00
Copoasú	unid.	1,20	500	600,00
Asaí	unid.	0,80	120	96,00
2.2 Fertilizante orgánico (todos)	m <sup>3</sup>	50,00	12 (1200x10 l)	600,00
2.3. Fertilizante químico				
Calcáreo dolomítico (sólo bananeros)	t	120,00	1,7 (700x2,5 kg)	204,00
Superfosfato triple (todos)	kg	0,46	240 (1200x0,2kg)	110,00
Clorato de potasio (sólo bananeros)	kg	0,40	280 (700x0,4kg)	112,00
NPK:10-28-20 (bananeros)	kg	0,47	420 (700X0,6kg)	197,00
NPK:10-28-20 (copoasú)	kg	0,47	120 (400x0,3kg)	56,00
NPK:10-28-20 (asaí)	kg	0,47	30 (100x0,3kg)	14,10
Micronutrientes(B y Z) (copoasú)	kg	3,00	04 (400x0,01)	12,00
2.4. Preservativos				
Herbicida.paraquat	l	8,00	05	40,00
Insecticida.parathion	l	20,00	01	20,00
Nematicida carbofuran 5	kg	5,00	03	15,00
Fungicida tebuconazole 20	l	60,00	01	60,00
Aceite mineral	l	3,00	02	06,00
Dispersante adhesivo	l	3,00	01	03,00
<b>3. Equipos</b>				
Lurdinha”	u	30,00	01	30,00
Pulverizador 20l	u	80,00	01	80,00
Carro de mano	u	50,00	01	50,00
Chapéu de napoleão	u	30,00	01	30,00
Tijera de podar	u	20,00	01	20,00
Azada	u	6,00	06	36,00
Draga	u	6,00	06	36,00
Azadón	u	6,00	06	36,00
Cajas de plástico	u	10,00	10	100,00
Total 1º año				
Gasto e inversión				3743,00
Ingresos				0
Saldo 1º. año				-3743,00

**Tabla 9.1:** Continuación...

<b>COSTO 2º AÑO:</b>				
<b>1. Operaciones</b>				
1.1. Tratamientos de los cultivos				
Fertilizaciones	H/D	6,00	15	90,00
Poda de conducción	H/D	6,00	04	24,00
Poda fitosanitaria	H/D	6,00	02	12,00
Tala de bananeros	H/D	6,00	08	48,00
Pulverizaciones	H/D	6,00	08	48,00
1.2. Cosecha y transporte				
Banana	H/D	6,00	15	90,00
<b>2. Insumos</b>				
2.1. Fertilizante orgánico.	m <sup>3</sup>	50,00	12	600,00
2.2. Fertilizante químico				
Cloreto potasio (bananero)	kg	0,40	280 (700x0,4)	112,00
NPK 10-28-20 (todos)	kg	0,47	720 (1200x0,6)	338,00
Micronutrientes (B y Zn)	kg	3,00	08 (400x0,02)	24,00
2.3. Preservativos				
Herbicida paraquat	l	8,00	05	40,00
Insecticida parathion	l	20,00	01	20,00
Fungicida tebuconazole	l	60,00	01	60,00
Aceite mineral	l	3,00	02	06,00
Total 2º año:				
Gastos				1512,00
Egreso acumulado:				
1º año+2º año	(3743,00+1512,00)			-5255,00
Ingresos 2º año				
Banana	kg	0,20	20000(1400x14,29)	+4000,00
Saldo acumulado en el 2º año				-1255,00
<b>COSTO 3º. AÑO:</b>				
<b>1. Operaciones</b>				
1.1. Tratamientos de los cultivos				
Fertilizaciones	H/D	6,00	15	90,00
Poda de conducción	H/D	6,00	04	24,00
Poda fitosanitaria	H/D	6,00	02	12,00
Tala de bananeros	H/D	6,00	08	48,00
Pulverizaciones	H/D	6,00	08	48,00
1.2. Cosecha y transporte				
Banana y copoasú	H/D	6,00	15	90,00
<b>2. Insumos</b>				
2.1. Fertilizante orgánico	m <sup>3</sup>	50,00	12	600,00
2.2. Fertilizante químico				
Cloreto potasio	kg	0,40	280 (700x0,4)	112,00
NPK 10-28-20	kg	0,47	720 (1200x0,6)	338,00
Micronutrientes (B y Zn)	kg	3,00	12 (400x0,03)	36,00
2.3. Preservativos				
Herbicida paraquat	l	8,00	05	40,00
Insecticida parathion	l	20,00	01	20,00
Fungicida tebuconazole	l	60,00	01	60,00
Aceite mineral	l	3,00	02	06,00
Dispersante adhesivo	l	3,00	01	03,00
Total 3º año:				
Costos				1527,00
Egresos acumulados				
2º año+3º año	(1231,00+1527)			-2758,00
Ingresos 3º año:				
Banana	kg(cacho)	0,20	20000 (1400x14,29)	+4000,00
Copoasú	kg(polpa)	2,50	400 (400x1,0)	+1000,00
Total				+5000,00
Saldo acumulado en el 3º año	(5000,00-2758,00)			+2242,00

**Tabla 9.1:** Continuación...

<b>COSTOS 4º AÑO</b>				
<b>1. Operaciones</b>				
1.1. Tratamientos de los cultivos				
Fertilizaciones	H/D	6,00	15	90,00
Poda de conducción.	H/D	6,00	04	24,00
Poda fitosanitaria.	H/D	6,00	02	12,00
Tabla de bananeros.	H/D	6,00	08	48,00
Pulverizaciones	H/D	6,00	08	48,00
1.2. Cosecha y transporte				
Banana y copoasú	H/D	6,00	15	90,00
<b>2. Insumos</b>				
2.1. Fertilizante químico				
Cloreto potasio	kg	0,40	160 (400x0,4)	64,00
Cloreto potasio (asaí)	kg	0,40	40 (100x0,4)	16,00
NPK:10-28-20 (todos)	kg	0,47	540 (900x0,6)	254,00
Termofosfato	kg	0,46	180 (900x0,20)	83,00
Micronutrientes (B y Zn)	kg	3,00	12 (400x0,03)	36,00
2.2. Preservativos				
Herbicida glifosate	l	12,00	05	60,00
Insecticida parathion	l	20,00	01	20,00
Fungicida tebuconazole	l	60,00	01	60,00
Aceite mineral	l	3,00	02	06,00
Dispersante adhesivo	l	3,00	01	03,00
Total 4º año:				
Gasto				-914,00
Ingreso del 4º año:				
Banana	kg(cacho)	0,20	10000 (700x14,29)	+2000,00
Copoasú	kg(polpa)	2,50	800 (400x2,0)	+2000,00
Total:				+4000,00
+saldo del año anterior				+2242,00
Ingresos acumulados		(4000,00+2242,00)		+6242,00
Saldo acum 4º año		(6242,00-914,00)		+5328,00
<b>COSTOS 5º AÑO:</b>				
Idem año anterior				
Ingresos 5º año:				
Copoasú	kg(polpa)	2,50	1200 (400x3,0)	+3000,00
Asaí	kg(frutos)	0,20	1000 (100x10)	+200,00
Total		(3000,00+200,0)		+3200,00
Saldo año anterior				+5328,00
Ingresos acumulados		(5328,00+3200,		+8528,00
Saldo acum 5º año		(8528,00-914,00)		+7614,00
<b>COSTOS 6º AÑO:</b>				
Idem año anterior				
Ingresos 6º año:				
Copoasú	kg(polpa)	2,50	1600 (400x4,0)	+4000,00
Asaí	kg(fruto)	0,20	1500 (100x15)	+300,00
Total				+4300,00
Saldo año anterior				+7614,00
Ingresos acumulados		(7614,00+4300,		+11914,00
Saldo acumulado 6º año		(11914,00-914,00)		+11000,00
<b>COSTOS 7º AÑO</b> (Estabilização)				
Idem año anterior				
Ingresos en el 7º año:				
Copoasú	kg(polpa)	2,50	2000 (400x5,0)	+5000,00
Asaí	kg(fruto)	0,20	2000 (100x20)	+400,00
Total				+5400,00
Ingresos acumulados		11000,00+ 5400,00		+16400,00
Saldo acumulado en el 7º año		16400,00-914,00		+15486,00

### **9.3 Aspectos sociales**

El cultivo del copoasú se realiza con mayor frecuencia en pequeñas propiedades, ocupando mano de obra familiar y, generalmente, en combinación con otros cultivos. En la pequeña propiedad puede ser consorciado, en el primer año con la yuca, mijo, caupí o con bananeros, el maracuyá o haba del ricino, lo que permite la obtención de algunos ingresos durante la fase joven del cultivo. En el caso de consorcios con plantas perennes se asegura una mejor distribución de los ingresos durante el año y la ocupación más racional de la mano de obra, particularmente cuando la asociación se establece con cultivos cuyos períodos de cosecha son diferentes del copoasú. Los frutos pueden ser transportados en envases rústicos (cestos, sacos de arpillera, cajas de madera, etc.) o a granel, sin comprometer la calidad y presentan un período razonable de vida pos cosecha, lo que facilita la comercialización.

### **9.4 Aspectos ambientales**

El copoasú se constituye en opción válida para la diversificación de la fruticultura comercial en la Amazonia, sin provocar daños ambientales. Ejemplo de ello es el cultivo del cacao, que tiene características restauradoras y conservadoras (Silva, 1986), su condición de cultivo de sub-bosque, admitiendo sistemas de asociación con cultivos anuales, semiperennes y perennes, aliada a la característica de formación de literas, que protege el suelo del impacto directo de las lluvias, evitando la erosión, proporcionando, por lo tanto, el reciclaje de los nutrientes minerales.

Las plantaciones de copoasú han sido implantadas en áreas alteradas, por lo tanto, sin ningún impacto sobre la vegetación de bosque primario. Básicamente han sido utilizadas en zonas ocupadas anteriormente con pastizales degradados, cultivo de la pimienta del reino o de otras especies que, por problemas de mercado, dejaron de ser interesantes para los productores. El aprovechamiento de estas tierras, que no tenían un uso alternativo inmediato, con el cultivo del copoasú, tiene un efecto directo en la protección de los bosques, ya que debido a que es un cultivo perenne permite la estabilización del hombre y reduce la presión sobre nuevos despejes de terreno.

La mayoría de las tecnologías desarrolladas o adaptadas para el control de plagas y enfermedades, solamente en casos extremos involucra el uso de preservativos agrícolas.

Además de lo expuesto, considerando la vocación forestal de la Amazonia hay que admitir que los sistemas que involucran consorcios de plantas perennes son los que más se aproximan al bosque, cuya estabilidad está directamente ligada a la diversidad. Estos sistemas tienen grandes posibilidades de éxito en la región (Dantas, 1986).

## LITERATURA CITADA

- ADDISON, G.; TAVARES, R. Hybridization and grafting in species of *Theobroma* which occur in Amazonia. **Evolution**, v.6, n.4, p.380-386, 1952.
- ADDISON, G.; TAVARES, R. **Observações sobre as espécies do gênero *Theobroma* que ocorrem na Amazônia**. Belém: IAN, 1951. 42p. (IAN. Boletim Técnico, 25).
- ALMEIDA, C.M.V.C. de; ALMEIDA, C.F.G. Coleta de cacau silvestre no Estado de Rondônia. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.17, n.2, p.65-92, 1987.
- ALMEIDA, L.C. **Patogenicidade de isolados de *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer a *Theobroma spp.*** Belém: CEPLAC/DEPEA, 1982. (CEPLAC. Pesquisa em Desenvolvimento, 4).
- ALVES, R. M.; OLIVEIRA, R. P. de; LIMA, R. R. de; NEVES, M. P. das; CHAVES, J. P.; RODRIGUES, M.; ARAÚJO, D.G. de; PIMENTEL, L. Pesquisas com recursos genéticos e melhoramento do cupuaçuzeiro em desenvolvimento na Embrapa-CPATU. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA, 1., 1996, Manaus, AM. **Anais...**Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1996. p.127-135 (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 6).
- ALVES, R.M.; ARAÚJO, D.G.; FERNANDES, J.R.Q. Avaliação preliminar de matrizes de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em áreas de produtores em Tomé-Açu, Pará. In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 13., 1998, Feira de Santana, BA. **Resumos...**Feira de Santana, 1998, p.359.
- ALVES, R.M.; CORREA, J.R.V.; GOMES, M.R. de O.; FERNANDES, G.L. da C. Melhoramento genético do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) no Estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.127-146 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- ALVES, S.; W.S. JENNINGS. Volatile composition of certain Amazonian fruits. **Food Chemistry**, v.4, p.149-159, 1979.
- ALVIM, P.deT. Ecophysiology of cacao. In: ALVIM, P.T. **Ecophysiology of tropical crops**. Bahia: CEPLAC, 1975, v.2, p.1-53.
- ANDEBRHAN, T. Rain water as a factor in the dissemination of basidiospores of *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer within cacao trees. In: International Cocoa Research Conference, 10; 1987, Santo Domingo. **Proceedings**. Santo Domingo: Dominican Republic, 1987. p.363-366.
- ANDEBRHAN, T. ***Verticillium lamellicola* (F.E. Smith) W. Gams, um novo hiperparasita de basidiocarpos de *Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer**. Belém: CEPLAC-CEPEC, 1982. p. 303-306. (Informe Técnico).

- ASSOCIAÇÃO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DE RONDÔNIA. **Sistema de produção de cupuaçu**. Porto Velho: EMATER-RO, 1993. 32p.
- BAKER, R.E.D.; HOLIDAY, P. Witches' broom disease of cacao (*Marasmius perniciosus* Stahel). **Phytopathological Paper**, n.2, 1957. 42p.
- BARBOSA, L.F. & STEIN, R.L.B. Controle biológico da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FCAP,7., SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL,1., 1997, Belém. **Resumos...** Belém: FCAP, p.168.
- BARBOSA, W.C.; NAZARÉ, R.F.R. de; NAGATA, I. Estudos físicos e químicos dos frutos: bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e muruci (*Byrsonima crassifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5, 1979, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: SBF, 1979. p.797-809.
- BARROSO, G. M.; GUIMARÃES, E. F.; COSTA, C. G.; PEIXOTO, A. L. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. São Paulo: Editora da USP, 1978. v.1., 255p.
- BASTOS, C.N. & EVANS, H.C. A new pathotype of *Crinipellis pernicioso* (witches' broom disease) on solanaceous hosts. **Plant Pathology**, v.34, p.306-312, 1985.
- BASTOS, C.N. & ANDEBRHAN, T. *In vitro* production of basidiospores of *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer, the causative agent of witches' broom disease of cocoa (*Theobroma cacao* L.). **Transactions of the British Mycological Society**, v.88, p. 404-409, 1987.
- BASTOS, C.N. & ANDEBRHAN, T. Urucu (*Bixa orellana*): nova espécie hospedeira de vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacauzeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.11, n.4, p.963-965, 1986.
- BASTOS, C.N. Capacidade de *Crinipellis pernicioso* produzir basidiósporos viáveis em vassouras com três anos de idade e de infectar tecidos do cacauzeiro com gemas dormentes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.19, n.4, p.585-587, 1994.
- BASTOS, C.N. **Epifitologia, hospedeiros e controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer)**. Itabuna: CEPLAC/DEPEA, 1990. 21p. (CEPLAC/DEPEA. Boletim Técnico, 168).
- BASTOS, C.N. Hiperparasitismo do fungo *Dactylium sp.* a *Crinipellis pernicioso* (Stahel) Singer, causador da vassoura-de-bruxa do cacauzeiro. **Revista Theobroma**, Itabuna, v.9, n.4, p.197-200, 1979.

- BASTOS, C.N. Infecção de plântulas de cacaueteiro por outros tipos de propágulos, diferentes de basidiósporos, produzidos *in vitro* por *Crinipellis pernicioso*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.18, n.3, p: 451-453, 1993.
- BASTOS, C.N. Mycoparasitic nature of the antagonism between *Trichoderma viride* and *Crinipellis pernicioso*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p. 50-54, 1996a.
- BASTOS, C.N. Possibilidade do controle biológico da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacaueteiro. In: BETTIOL, W. **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA, 1991. (EMBRAPA-CNPDA. Documentos, 15).
- BASTOS, C.N. Potencial de *Trichoderma viride* no controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacaueteiro. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.509-512,1996b.
- BASTOS, C.N. Resultados preliminares sobre a eficiência de *Trichoderma viride* no controle da vassoura-de-bruxa (*Crinipellis pernicioso*) do cacaueteiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.13, n.4, p.340-342, 1988.
- BASTOS, J. A. M. **Principais pragas das culturas e seus controles**. São Paulo: Nobel, 1981. 266p.
- BASTOS, T.X.; GOMES, M.R.O.; CORRÊA, M.M. Padrão climático e variabilidade das chuvas em Tomé-Açu e sua implicação para as culturas da pimenta-do-reino e do cupuaçuzeiro. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA,1.,1996, Manaus. **Anais...Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental**, 1997. p. 385-392 (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 6).
- BENZA, J.C. *Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum. In: **Frutales nativos**. La Molina: Universidad Agraria La Molina, 1980. p.152-155.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Desenvolvimento Rural. **Produção de polpa de fruta tratada termicamente e congelada**. Brasília, 1995. 27p. (MARA - Secretaria de Desenvolvimento Rural. Perfis Agroindustriais, 10).
- BRUMITT, R.K.; POWELL, C.E. **Authors of plant names**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. 732p.
- BRUMITT, R.K.; **Vascular plant families and genera**. Kew: Royal Botanic Gardens, 1992. 804p.
- CALZAVARA, B.B.G. **Fruteiras**: abieiro, abricoeiro, bacurizeiro, biribazeiro, cupuaçuzeiro. Belém: IPEAN, 1970. 84p. (IPEAN. Série Culturas da Amazônia, v.1, n.2).

- CALZAVARA, B.B.G.; MÜLLER, C.H.; KAWAGE, O.de N.C. **Fruticultura tropical: o cupuaçuzeiro, cultivo, beneficiamento e utilização do fruto**. Belém: Embrapa-CPATU, 1984. 181p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 32).
- CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: CEJUP, 1991. 279p.
- CHAAR, J.M. **Composição do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) e conservação de seu néctar por meios físicos e químicos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1980. 87p. Tese de Mestrado.
- COMISSÃO ESTADUAL DE SEMENTES E MUDAS DO PARÁ (Belém, PA). **Normas técnicas e padrões para a produção de mudas fiscalizadas no estado do Pará**. Belém, 1997. 40p.
- CONSULTA Internacional sobre comercialização de produtos provenientes do uso sustentável da floresta: cupuaçu. São Paulo: ICCO/CUT/TME/FASE, 1998.36p.
- CORAL, R. P. da S. **O cupuaçu: boa opção para investimento**. Belém: SAGRI, 1993. 40p.
- CORRÊA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1931. v.2, 707p.
- COUTURIER, G.; TANCHIVA, E. *Xylosandrus compactus* (Coleoptera:Scolytidae), nueva praga del camu-camu *Myrciaria dubia* (Myrtaceae), en la Amazonia Peruana. **Rev. Per. Ent.**, v. 34, p.31-32, 1991.
- COUTURIER, G.; TANCHIVA, E.; CÁRDENAS, R.; GONZALES, J.; INGA, H. **Los insectos plagas del camu camu (*Myrciaria dubia* H.B.K) y del araza (*Eugenia stipitata* McVaugh); identificación y control**. Lima: INIA, 1994, 28p. (INIA, Informe Técnico, 26).
- CRAVO, M. da SILVA; SOUZA, A. da G. C. de. Exportação de nutrientes por fruto de cupuaçuzeiro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos expandidos...** Manaus: Ed. da Universidade do Amazonas, 1996. p.632-633.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981. 1262p.
- CRONSHAW, D.K. & EVANS, H.C. Witches' broom disease of cocoa (*Crinipellis perniciosa*) in Ecuador; II. Methods of infection. **Annals of Applied Biology**, v.89, p.193-200, 1978.
- CRUZ, P.E.N. **Caracterização química e nutricional de algumas frutas do Estado do Maranhão**. São Luís: UFMA, 1988. 58p.

- CUATRECASAS, J. Cacao and its allied: a taxonomic opf the genus *Theobroma*. **Contributions U. S. of the Natural Herbarium**, v. 35, n.6, p.379-614, 1964.
- DAMASCENO, C.M.R.; NEVES, E.C.A. Elaboração de leite geleificado com calda de cupuaçu. **Anais da Associação Brasileira de Química**. v.43, n.1-2, p.70-74, 1994.
- DANTAS, M. Cultivo de plantas perenes na Amazônia. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., Belém, 1984. **Anais...** Belém, Embrapa-CPATU, 1986. v.4, p.19-26 (Embrapa-CPATU. Documentos, 36).
- DANTAS, S. da C.; SOUZA, V.F. de; ARAÚJO FILHO, O.S. de. Efeito do volume no recipiente no crescimento de mudas de cupuaçu. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA,1.,1996, Manaus. **Anais...**Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1996. p. 156-157 (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 6).
- DINIZ, T.D. de A.S.; SILVA, M.M.M. da; BASTOS, T.X.; MÜLLER, C.H.; KAWAGE, O. de N.C.; RODRIGUES, I.A. Fatores meteorológicos e a produtividade da castanha-do-brasil, cupuaçu e bacuri. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido**, Belém, 1983. p.40-43.
- DUCKE, A. **As espécies brasileiras do gênero *Theobroma* L.** Belém: IAN, 1953. p. 3-20, (IAN. Boletim Técnico, 56).
- EULÁLIO, C. P. **Avaliação do comportamento de genótipos de bananeira (*Musa spp.*) no primeiro ciclo de produção em Belém-Pará.** Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1997. 15p.
- EVANS, H.C. Pleomorphism of *Crinipellis pernicioso*, causal agent of witches' broom disease of cocoa. **Transactions of the British Mycological Society**, v.,74, p.515-523, 1980.
- EVANS, H.C. Research on Cocoa Disease in Ecuador: past and present. **Pans**, v.23, n.1, p.68-80, 1977.
- FALCÃO, M. de A.; LLERAS, E. Aspectos fenológicos ecológicos e de produtividade do cupuaçu, *Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum. **Acta Amazônica**, Manaus, v.13, n.5-6, p.725-735, 1983.
- FRAIFE FILHO; G.A.; RAMOS, J.V.; MOURA, J.I.L.; LEITE, J.B.V. Avaliação de genótipos de cupuaçuzeiro na região sudeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1984, Poços de Caldas, MG. **Resumos...** Lavras: UFLA, 1998. p.334.
- FREIRE, E.S; ROMEU, A.P.; PASSOS, F.V.; PASSOS, F.L.; MORORÓ, R.C.; SCHWAN, R.F.; LLAMOSAS, A.; CHEPOTE, R.E.; SANTANA, M.B.M; FERREIRA, H.I.S. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos da pós-colheita do cacau.** Ilhéus: CEPLAC/CEPEC, 1990. 24p.

- FREITAS, J. M. de Q. **A cultura do mamão Havai**. Belém: Emater-Pará, 1979. 24p.
- FRIAS, G.A.; PURDY, L.H.; SCHMIDT, R.A. An inoculation method for evaluating resistance of cacao to *Crinipellis pernicioso*. **Plant Disease**, v.79, p.787-791, 1995.
- FRÓES. R. L. **Informações sobre algumas plantas econômicas do Planalto Amazônico**. Belém: IAN, 1959. 113p. (IAN. Boletim Técnico, 35).
- GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; FILHO, B.E.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: CERES, 1988. 649p.
- GARCIA, L.C. Influência da temperatura na germinação de sementes e no vigor de plântulas de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.7, p.1145-1150, 1994.
- GARCIA, M.V.B.; PAMPLONA, A.M.S.R.; MORAES, L.A.C. **Pragas do cupuaçuzeiro: I - a broca-do-fruto**. Manaus:EMBRAPA-CPAA, 1997. folder.
- GASPAROTTO, L.; ARAÚJO, R. da C.; SILVA, S.E.L. da S. Cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais - Programa SHIFT. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p.103-108 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- GIACOMETTI, D. C. Cupuassu, *Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum. In: HERNANDEZ, J. E.; LEÓN, J. **Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492**. Roma: FAO, 1992. p. 203-207. (FAO. Producción y Protección Vegetal, 26).
- GRIFFITH, G.W. & HEDGER, J.N. A novel method for producing basidiocarps of the cocoa pathogen *Crinipellis pernicioso* using a bran-vermiculite medium. **Netherland Journal of Plant Pathology**, v.99, p.:227-230, 1993.
- HARDY, F. **Manual del cacao**. Turrialba: IICA, 1961. 439p.
- HOMMA, A.K.O. Cupuaçu: potencialidades e mercado, algumas especulações. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA,1.,1996, Manaus, AM. **Anais...**Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1996. p. 85-95 (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 6).
- IBGE (Rio de Janeiro, RJ). **Tabelas de composição de alimentos**. Rio de Janeiro: 1981. 213p. (IBGE. Estudo nacional de despesa familiar, v.3: Publicações Especiais, t.1).

- JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Index seminum pro mutua commutatione offert.** Rio de Janeiro, 1990. 50p.
- LIMA, H.C. **Conservação pós-colheita do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex. Sprengel) Schumann) em condições ambiente e sob refrigeração.** Manaus: INPA/FUA, 1993. 118p. Tese de Mestrado.
- LIMA, R. R.; COSTA, J. P. C. da. **Registro de introduções de plantas de cultura pré-colombiana coletadas na Amazônia brasileira.** Belém: Embrapa-CPATU, 1991. 210p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 58).
- LIMA, R. R.; COSTA, J. P. C. da. **Coleta de plantas de cultura pré-colombiana na Amazônia brasileira. I. Metodologia e expedições realizadas para coleta de germoplasma.** Belém: Embrapa-CPATU, 1997. 148p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 99).
- LOCATELLI, M.; SOUZA, V. F. de; VIEIRA, A. H.; QUINSEN; R. C. Estudo do comportamento produtivo do cupuaçuzeiro em sistemas agroflorestais. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA, 1., 1996, Manaus, AM. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1996. p. 158-159 (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 6).
- LOPES, C. M. D'A.; SILVA, N. M. Impacto econômico da broca do cupuaçu, *Conotrachelus humeropictus* Field (Coleoptera: Curculionidae) nos Estados do Amazonas e Rondônia. **Anais do Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n.3, p. 481-483, 1998. Comunicação Científica.
- LOURD, M.; ALVES, M.L.B. Lista de hospedeiros e etiologia da queima-do-fio das plantas frutíferas da região amazônica. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.,12, n.1, p.88-89, 1987.
- MARQUES, L. C. T.; FERREIRA, C. A. P. Avaliação técnica e econômica de um sistema agroflorestral na região do Tapajós, Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém, PA: **Resumos expandidos...** Belém: Embrapa-CPATU, 1998. p. 146-149.
- MAUÉS, M. M.; VENTURIERI, G. C.; SOUZA, L. A. DE; NAKAMURA. J. Identificação e técnicas de criação de polinizadores de espécies vegetais de importância econômica no estado do Pará. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestral da Amazônia Oriental (Belém, PA). **Geração de tecnologia agroindustrial para o desenvolvimento do trópico úmido.** Belém: Embrapa-CPATU/JICA, 1996. p. 17-55.
- MENDES, A. C. de B. **Biologia e controle microbiano de *Conotrachelus humeropictus* Field, 1940 (Coleoptera: Curculionidae).** Belém: UFPA, 1996. 101p. Tese de Doutorado.

- MENDES, A. C. de B.; GARCIA, J. de J. da S.; ROSÁRIO, A. F. da S. **Insetos nocivos ao cacauero na Amazônia brasileira**. Belém: CEPLAC/DEPEA, 1979. 34p. (CEPLAC/EPEA. Comunicado Técnico Especial, 1).
- MENDES, A. C. de B.; GARCIA, J. de J. da S.; TREVISAN, O. Ocorrência de coleobrocas nos frutos de cacaueros em Rondônia. **Informe Fitossanitário**, v. 2, 1982.
- MENDES, A. C. de B.; MAGALHÃES, B. P.; OHASHI, O. S. Biologia de *Conotrachelus humeropictus*, Fielder, 1940 (Coleoptera: Cucurlionidae), praga do cacauero e do cupuaçuzeiro na Amazônia brasileira. **Acta Amazônica**, Manaus, v.27, n.2, p.135-143, 1997.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Portaria n.78 de 17 de mar. 1998. **Diário Oficial** (da República Federativa do Brasil), Brasília, 18 mar. 1998. p.39-40.
- MIRANDA, R. de M. **Conservação da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum) com uso de frio**. Manaus: INPA., 1989. 104p. Tese de Mestrado.
- MONTEIRO, W. R. Gênero *Theobroma*: distribuição e importância econômica. In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA,1.,1996, Manaus, AM. **Anais...**Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1996. p. 96-109 (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 6).
- MORAES, V. H. de F.; MÜLLER, C. H.; SOUZA, A. G. C. de; ANTÔNIO, I. C. Native fruit species of economic potential from the Brazilian Amazon. **Angew. Bot.**, v.68, p. 47-52, 1994.
- MÜLLER, C. H.; CALZAVARA, B. B. G.; KAHWAGE, O. de N. da C. VIÉGAS, R. M. F.; KATO, A. K.; GUIMARÃES, P. E. de O. Enxertia de gema em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.). In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais....** Brasília: Embrapa-DDT, 1986a. p.232-235.
- MÜLLER, C. H.; CALZAVARA, B. B. G.; KAHWAGE, O. de N. da C. VIÉGAS, R. M. F.; KATO, A. K.; GUIMARÃES, P. E. de O. Enxertia de ponteira em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum.). In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais....** Brasília: Embrapa-DDT, 1986b. p.237-243.
- MÜLLER, C. H.; CARVALHO, J. E. U. de. Sistemas de propagação e técnicas de cultivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 57-75 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

- MÜLLER, C.H.; FIGUEIRÊDO, F.J.C.; NASCIMENTO, W.M.O. do; GALVÃO, E.U.P.; STEIN, R.L.B. ; SILVA, A. de B.; RODRIGUES, J.E.L.F; CARVALHO, J.E.U. de; NUNES, A.M.L.; NAZARÉ, R.F.R. de; BARBOSA, W.C. de. **A cultura do cupuaçu**. Brasília: Embrapa/SPI. 1995.61p. (Embrapa-SPI. Coleção Plantar, 24).
- NAZARÉ, R. F. de R. Processos agroindustriais para o desenvolvimento de produtos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 185-192 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- NAZARÉ, R. F. R. de; BARBOSA, W. C.; VIÉGAS, R. M. F. **Processamento das sementes de cupuaçu para a obtenção do cupulate**. Belém: Embrapa-CPATU, 1990. 38p. (Embrapa -CPATU. Boletim de Pesquisa, 108).
- NEVES, M. P. H.; OLIVEIRA, R. P. de; MOTA, M. G. C.; SILVA, R. M.. Sistema reprodutivo do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*): época de floração, frutificação e mudança foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BOTÂNICA, 44., 1993, São Luís, MA. **Resumos....** São Luís: SBB/UFMA, 1993. v.2, p.395.
- NOGUEIRA, O.L.; CONTO, A.J. de; CALZAVARA, B. B.G.; TEIXEIRA, L.B.; KATO, O.R.; OLIVEIRA, R.F. **Recomendações para o cultivo de espécies perenes em sistemas consorciados**. Belém: Embrapa-CPATU, 1991. 61p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 56).
- NUNES, A.M.L.; ALBUQUERQUE, F.C.; NUNES, M.A.L.. Podridão do pé do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 23, n.1, p:78, 1998.
- NUNES, A.M.L.; ALBUQUERQUE, F.C.; STEIN, R.L.B. Ocorrência de *Calonectria kyotensis* em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) e morototozeiro (*Didymopanax morototoni*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n.3, p.491-493, 1995.
- NUNES, A.M.L.; ALBUQUERQUE, F.C.; OLIVEIRA, R.P.; SÁ, T.D.A.; NUNES, M.A.L. & SHIMIZU, O. Epidemiologia da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). **Geração de tecnologia agroindustrial para o desenvolvimento do trópico úmido**. Belém: Embrapa-CPATU/JICA,1996. p. 83-105.
- OLIVEIRA, M.C.C. de. **Descrição morfológica do processo de germinação das sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum.)**. Manaus: FCA/UFAM, 1993. 44p.
- OSQUI, H.; FALESI, I.C. **Projeto de investimento e desenvolvimento da agroindústria na Amazônia** (versão preliminar). Belém: SUDAM, 1992. 224p.

- PAULA, J.E. de & ALVES, J.L. de H. **Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria e uso.** Brasília: Fundação Mokiti Okada, 1997. 543p.
- PEGLER, D.N. *Crinipellis pernicioso* (Agaricales). **Kew Bulletin**, v. 32, p.731-736, 1978.
- PEREIRA, J.L. RAM, A.; FIGUEIREDO, J.M.; ALMEIDA, L.C.C. Primeira ocorrência de vassoura-de-bruxa na principal região produtora de cacau do Brasil. **Agrotrópica**, v.1, n.1, p:79-81, 1989.
- PHILOCREON, N.C. Frutos comestíveis do Brasil. **An. Farm. Quim.**, São Paulo, v.13, n.11/12, p.89-91, 1962.
- PINHO, A.F. de S.; MÜLLER, M.W.; VIEIRA, D.R. Auto-incompatibilidade como fator limitante na produtividade do cacauzeiro no Recôncavo da Bahia, Brasil. In: INTERNATIONAL COCOA RESEARCH CONFERENCE, 1993, Yamoussoukro. **Annals...** Yamoussoukro, 1993. p. 407-414.
- PONTE, M.X.; LIMA FILHO, S. da S.; RENDEIRO, G.; QUEIRÓZ, A.G. Secador de produtos agrícolas do tipo plataforma. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais....** Brasília: Embrapa-DDT, 1986. p.497-500.
- POUND, F.J. **Cacao and witch broom disease (*Marasmius perniciosus*) of South America with notes on other species of *Theobroma*.** Trinidad-Tobago:Yuille's printerie, 1939. 38p.
- PRANCE, G.T.; SILVA, M.F. da. **Árvores de Manaus.** Manaus: INPA, 1975. 312p.
- PURDY, L.H.; SCHMIDT, R.A. Status of cacao witches' broom: biology, epidemiology and management. **Annual Review Phytopathology**, v. 34, p.573-94, 1996.
- QUISEN, R.C.; SOUZA, V.F. de. Avaliação de sistema agroflorestal de castanha-d0-brasil x cupuaçu em solos de baixa fertilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém, PA: **Resumos expandidos...**Belém: Embrapa-CPATU, 1998. p. 87-88.
- RIBEIRO, C.C. Perspectivas de utilização tecnológica da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 193-196 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- RIBEIRO, G. D. **A cultura do cupuaçuzeiro em Rondônia.** Porto Velho: Embrapa-CPAF-Rondônia, 1992. 32p. (Embrapa-CPAF-Rondônia. Documentos, 27).
- RIBEIRO, G.D. Situação atual e perspectivas da cultura do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*, Schum) no Estado de Rondônia, Brasil. In: SEMINÁRIO

- INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 109-118 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- RODRIGUES, D.M.; SANTANA, A.C. de. Aspectos da produção e da comercialização do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*, Schum) no Estado do Pará. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 351-360 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- RUDGARD, S. Epidemiology of witches' broom. **Cocoa, Chocolate and Confectionary Alliance**, 1984. 54p. (Report n° 3).
- SALVADOR, J.O.; MURAOKA, T.; ROSSETO, R.; RIBEIRO, G. de A. Sintomas de deficiências nutricionais em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) cultivado em solução nutritiva. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.407-414, 1994.
- SANTOS, I.M. dos; CONDURÚ, J.M.P. **Comparação de rendimento entre frutos de duas variedades de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Schum)**. Belém: IPEAN, 1972. 8p. (IPEAN. Comunicado, 31).
- SANTOS, M.C.B. dos. **Crescimento de mudas de cupuaçuzeiro, em função da calagem e da adubação mineral**. Belém: FCAP, 1997. 19p.
- SANTOS, W.N.M. dos. **Eficiência de métodos de remoção de resíduos de polpa e sua influência na germinação de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng) Schum)**. Belém: FCAP, 1996. 13p.
- SCHUMANN, C. Sterculiaceae. In: MARTIUS, C. F. P. von. **Flora brasiliensis**, Monachii. Frid. Freischer. v. 12, t.3, p. 1 - 114., 1898.
- SILVA, A. de B.; SOUZA, L.A. de. Ocorrência de *Xylosandrus compactus* e comportamento do urucueiro a essa praga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CORANTES NATURAIS, 2., 1994, Belém, PA. **Resumos...**Curitiba: Biosystems, 1994. p. 89.
- SILVA, A. de B.; SOUZA, L.A.; SILVA, A.T. de A. Pragas do cupuaçuzeiro e seus inimigos naturais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 151-159 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- SILVA, L.F.O cacaueiro como alternativa agrícola para a Amazônia brasileira. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1., 1984, Belém, PA. **Anais**. Belém: Embrapa-CPATU, 1986. v.4, p.419-427. (Embrapa-CPATU. Documentos, 36).
- SILVA, P. **Cacau e lagartão ou vassoura-de-bruxa: registros efetuados por Alexandre Rodrigues Ferreira nos anos de 1785 a 1787 na Amazônia**. Ilhéus: CEPEC/CEPLAC, 1987. 21p.(CEPEC/CEPLAC. Boletim Técnico, 146).

- SILVA, R. M. da. **Estudo do sistema reprodutivo e divergência genética em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum.)**. Piracicaba: ESALQ, 1996. 151p. Tese de Mestrado.
- SILVA, W.G. da. **Gordura de cupuaçu: sucedâneo da manteiga de cacau**. São Paulo: USP/FCF, 1988. 124p. Tese de Doutorado.
- SINGER, R. A monographic study of the genera *Crinipellis* and *Chaetocalathus*. **Lilloa**, v.8, p. 44-534, 1942.
- SOUZA, A. das G.C. Recursos genéticos e melhoramento do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum). In: WORKSHOP SOBRE AS CULTURAS DE CUPUAÇU E PUPUNHA,1.,1996, Manaus, AM. **Anais...**Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 1996. p. 110-126 (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 6).
- SOUZA, A. das G.C.; CRAVO, M. da S. Teores de nutrientes em frutos de cupuaçuzeiro..In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22, 1996, Manaus, Am. **Resumos expandidos**. Manaus: UA/FCA/Embrapa/INPA, 1996, p.634-635.
- SOUZA, A. das G.C.; SILVA, S.E.L.da. Avaliação da produção de clones de cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng. Schum.). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém. **Anais...**Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 147-150. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).
- SPJUT, R.W. **A systematic treatment of fruit types**. New York: The New York Botanical Garden, 1994. 182p. (Memoirs of The New York Botanical Garden, 70).
- SREENIVASAN, T.N.; DABYDEEN, S. Modes of penetration of young cocoa leaves by *Crinipellis perniciosus*. **Plant Disease**, v. 73, p.478-481, 1989.
- STAHEL, G. ***Marasmius perniciosus* nov. esp.: the cause of the krulloten-disease of cacao in the Suriname**, 1915. 25p. Bulletin n. 33.
- STEIN, R.L.B.; ALBUQUERQUE, F.C. & NASCIMENTO, R.M. Biologia de *Crinipellis perniciosus* do cupuaçuzeiro: observações de campo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.19, p. :273, 1994 (Suplemento).
- STEIN, R.L.B.; ALBUQUERQUE, F.C. & NASCIMENTO, R.M. Vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro: observações de campo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 333-339. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).

- STEIN, R.L.B.; ALBUQUERQUE, F.C.; ROCHA NETO, O.G.; CONCEIÇÃO, H.E.O.; BASTOS, C.N.; ENDO, T.; ITO, T. Biologia e Fisiologia de *Crinipellis perniciosa* do cupuaçuzeiro. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). **Geração de tecnologia agroindustrial para o desenvolvimento do trópico úmido**. Belém: Embrapa-CPATU/JICA, 1996. p.59-82 (Embrapa-CPATU. Documentos, 85).
- STEIN, R.L.B.; ITO, T.; ALBUQUERQUE, F.C.; NASCIMENTO, R.M. **Produção artificial de basidiocarpos de *Crinipellis perniciosa* do cupuaçuzeiro em meio de farelo-vermiculita**. Belém: Embrapa-CPATU, 1996. 15p. (Embrapa-CPATU. Boletim de Pesquisa, 167).
- STEIN, R.L.B.; NUNES, A.M.L.; ALBUQUERQUE, F.C.. Nova doença do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) causada por *Phomopsis* sp. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.36, 1991.
- STEIN, R.L.B.; ALBUQUERQUE, F.C.; SILVA, H.M. Ocorrência da podridão branca da raiz (*Rigidoporus lignosus*) em cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) em Belém, PA. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.193-194, 1992.
- TEIXEIRA, C.A.D.; GERALDA, M. **Cupuaçu: controle das principais pragas e doenças**. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF, 1997. folder
- THOROLD, C.A. **Diseases of cocoa**. Oxford: Clarendon Press, 3ed., 292p. 1975.
- TOVAR, G. La escoba de bruja del cacao (*Crinipellis perniciosa* (Stahel) Singer) en la región del Piedemonte Llanero De Columbia: interpretación del estudio epidemiológico para el manejo de la enfermedad. **Agronomía Colombiana**, v. 8, p.209-226, 1991.
- TREVISAN, O. **Comportamento da broca dos frutos *Conotachelus humeropicus* Fielder, 1940 (Coleoptera: Cucurliionidae), em Rondônia**. Piracicaba: ESALQ, 1989. 75p. Tese de Mestrado.
- VELHO, C. C.; WHIPKEY, A.; JANICK, J. Cupuassu: a new beverage crop for Brazil. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. **Advances in new crops: proceedings of the First International Symposium New Crops research, development, economics**. Portland: Timber Press, 1990. p.372-375.
- VENTURIERI, G. A. **Cupuaçu: a espécie sua cultura, usos e processamento**. Belém: Clube do Cupu, 1993. 108p.
- VENTURIERI, G. A. **Floral biology of cupuassu (*Theobroma grandiflorum* Willdenov ex Sprengel) Scumann)**. Reading: University of Reading, 1994. 206p. Tese de Doutorado.

- VENTURIERI, G. A. MARTEL, J.H.I. MACHADO, G.M.E. Enxertia do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* (Willd ex Spreng) Schum.) com uso de gemas e garfos com e sem toalete. **Acta Amazônica**, Manaus, v.16/17, p.27-40, 1986/1987.
- VENTURIERI, G. A.; MENDONÇA, J. L. Cupuaçu sem sementes: histórico do aparecimento da cultivar. **Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura**, Itajaí, v.4, n.4, p. 12-13, 1985.
- VENTURIERI, G.A.; ALVES, M.L.B.; NOGUEIRA, M.D. O cultivo do cupuaçuzeiro. **Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura**, Itajaí, v.1, p.15-17. 1985.
- VENTURIERI, G.C. Polinização do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*, Sterculiaceae): um caso de cantarofilia em uma fruteira amazônica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 341-350 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).**
- VÉRAS, S.M.; LIMA, M.I.P.M. & GASPAROTTO, L. Doenças de fruteiras da Amazônia. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres,1997. p. 406-410.
- VILLACHICA, H.; CARVALHO, J. E. U. de.; MÜLLER, C. H.; CAMILO DIAZ, S.; ALMANZA, M. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: FAO, 1996.367p.
- WENT, F.A.F.C. Krulloten en versteende vruchten van de cacao in Suriname. Amsterdam, **Verhandelingen der Akademie van Wetenschappen**, 1904. 40p.
- WHEELER, B.E.J.; SUÁREZ, C. The pathosystem. In: RUDGARD, S.A., MADDISON, A.C.; ANDEBRHAM, T. **Disease anagement in cocoa; comparative epidemiology of witches' broom**. Cambridge: Chapman & Hall, 1993. 249p.
- YONEYAMA, S.; NUNES, A.M.L.; DUARTE, M.L.R.; SHIMIZU, O., ENDO, T.; ALBUQUERQUE, F.C. Controle químico da vassoura-de-bruxa do cupuaçuzeiro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PIMENTA-DO-REINO E CUPUAÇU, 1996, Belém, PA. **Anais...Belém: Embrapa Amazônia Oriental/JICA, 1997. p. 161-171 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 89).**
- YONEYAMA, S.; STEIN, R.L.B. The ecology and control of witches' broom in cupuaçu trees in Brazil. (1) Chemical inhibition of mycelial growth, germination and dispersal of basidiospores from basidiocarps. **Proceedings of the Kanto Tosan Protection Society**, n.42, p. 91-93, 1995.

YONEYAMA, S.; STEIN, R.L.B. The ecology and control of witches' broom in cupuaçu trees in Brazil. (2) Inhibition of basidiocarps formation by chemical spraying. **Proceedings of the Kanto-Tosan Protection Society**, n.42, p. 95-96, 1995.

YONEYAMA, S.; STEIN, R.L.B. The ecology and control of witches' broom in cupuaçu trees in Brazil. (3) Inhibition of the disease occurrence by chemical spraying. **Proceedings of the Kanto-Tosan Protection Society**, n. 42, p. 97-99, 1995.

**COPOASU**  
**[Theobroma grandiflorum(Willd.**  
**Ex Spteng.) Shum.]:**  
CULTIVO y UTILIZACION

MANUAL TECNICO

**Coordinación General  
de esta publicación:**

Víctor R. Carazo, Embajador  
Secretario *Pro Tempore*  
Tratado de Cooperación Amazónica

Víctor Palma  
Asesor Técnico Principal  
Proyecto GCP/RLA/128/NET

**Autores:**

José Edmar Urano de Carvalho  
Investigador  
*Embrapa Amazonía Oriental*  
Carlos Hans Müller, Investigador  
*Embrapa Amazonía Oriental*  
Ruth Linda Benchimol, Investigadora  
*Embrapa Amazonía Oriental*  
Armando Kouzo Kate, Investigador  
*Embrapa Amazonía Oriental*  
Rafael Moisés Alves, Investigador  
*Embrapa Amazonía Oriental*

**Coordinación Técnica y Edición:**

Juan Izquierdo  
Oficial Regional de Producción  
Vegetal, FAO

**Revisor de Agro-Industrialización:**

Fernando Figuerola  
Consultor FAO

**Dirección del Autor Principal:**

Embrapa-Amazonía Oriental  
Belem, Brasil

**Traducción al Español:**

Olga Wachter

**Edición y formateo:**

Olga Wachter

**Impresión:**

A & C Impresores