



Instituto de Investigaciones
de la Amazonía Peruana

PLAN DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CAMU CAMU



IQUITOS, PERÚ

PLAN DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE CAMU CAMU

Mario Pinedo
Carlos Linares
Humberto Mendoza
Raúl Anguiz

IQUITOS, PERÚ

2004

Presidente del IIAP

Dennis del Castillo Torres

Gerente General

Roger Beuzeville Zumaeta

Primera edición, octubre 2004

Comité Editorial

Víctor Miyakawa

José Álvarez

Filomeno Encarnación

Jorge Gasché

Victor Montreuil

Erasmo Otárola

Autores

Mario Pinedo

IIAP

Carlos Linares

IIAP

Humberto Mendoza

UNALM

Raúl Anguiz

IIAP

ICRAF

Revisores

Kaoru Yuyama

INPA

Charles Clement

INPA

Max Pinchi

UNU

Jonathan

Cornelius

Composición

R&F Publicaciones y Servicios S.A.C.

Corrección de estilos

Atilio Vásquez

Portada

Angel Pinedo

© 2004, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP

Av. Abelardo Quiñones km 2.5

Apto. 784 – Teléfono: (065) 265515 – 265516 Fax: (065) 265527

Iquitos – Perú

Correo electrónico: ciap@iiap.org.pe

<http://www.iiap.org.pe>

ISBN 9972-667-07-3

Hecho el depósito legal N° 1601012004-7743

Los textos pueden ser utilizados total o parcialmente citando la fuente.

Hecho en el Perú

Las opiniones, conclusiones, o interpretaciones de los autores de la presente edición son de su absoluta responsabilidad y no reflejan necesariamente la posición oficial del IIAP.

ACRÓNIMOS

- CRI : Comité de Reforestación – Iquitos
- DECA : Desarrollo de Cultivos Amazónicos
- IIAP : Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana
- INPA : Instituto Nacional de Pesquisas Agropecuarias
- UNALM : Universidad Nacional Agraria La Molina
- UNU : Universidad Nacional de Ucayali
- ICRAF : Centro Internacional de Investigación en Agroforestería

Resumen

El camu camu es un frutal arbustivo nativo de la Amazonía, con elevado contenido de vitamina C (hasta 3133 mg/100 g), y enorme potencial económico. Las poblaciones naturales presentan gran variación de caracteres cualitativos y cuantitativos, lo que constituye una base apropiada para su mejoramiento genético. El plan de mejoramiento plantea la colección, caracterización, pruebas y estudios genéticos, selección recurrente y clonación de plantas superiores. Como base genética se cuenta con una amplia diversidad colectada por entidades de investigación con 197 introducciones representantes de 11 cuencas del departamento de Loreto. Como rasgos prioritarios del “ideotipo” se consideran la precocidad, productividad y contenido de vitamina C. A largo plazo, se contempla la posibilidad de producir híbridos intraespecíficos previa obtención de líneas puras, determinación de la habilidad combinatoria general (HCG) y selección varietal continuada. Como primera etapa de ejecución del plan se proponen 10 años de actividad y se proyecta un horizonte de 25 años.

El arbusto, en algunas áreas de la Amazonía peruana, forma parte de los sistemas productivos adaptados a las inundaciones en los ecosistemas aluviales. Se prevé que el cultivo del camu camu se incrementará en estos ecosistemas en el mediano y largo plazo, lo que hace necesario organizar la producción de semilla de características deseables para dicho fin. Se plantea un gradualismo en la distribución de semilla crecientemente mejorada, de modo que aun en el corto plazo (primeros tres años) se prevé la oferta de material superior.

Palabras clave: *Myrciaria dubia*, camu camu, germoplasma, mejoramiento, genética.

1. Introducción

El camu camu en estado silvestre habita en las márgenes de ríos de origen amazónico, de “agua negra”, cuya baja posición altitudinal posibilita su inundación durante el primer semestre del año. En el Perú, la especie es abundante en el sector norte del departamento de Loreto, donde fue aprovechada tradicionalmente por comunidades nativas y mestizas ribereñas.

Este arbusto es importante por los niveles excepcionalmente altos de vitamina C en la pulpa de los frutos, encontrándose un amplio rango de 877 a 3133 mg/100 g (Pinedo, 2002). Los campos de aplicación de esta vitamina se han ampliado con la investigación médica, cubriendo temas no solo preventivos de la salud, sino también relacionados con el tratamiento de ciertas enfermedades y en la industria de cosméticos.

En los años 70 fue notorio el interés de las entidades gubernamentales por desarrollar actividades de investigación sobre camu camu, y en 1995 fue introducido al mercado internacional, principalmente al japonés. La demanda creciente del mercado, está ocasionando niveles más intensos de extracción de la especie en su medio natural, con riesgo de erosión genética e impactos negativos sobre otros organismos y el medio ambiente.

Se cree que la especie representa una opción de gran potencial para el establecimiento de sistemas agrícolas de producción sostenibles en zonas inundables de la Amazonía peruana, y que su aprovechamiento comercial a mediano y largo plazo requiere el establecimiento de plantaciones, utilizando material genético seleccionado.

A través del presente plan se busca mantener y ampliar la base genética colectada y la aplicación de descriptores evaluativos de rasgos prioritarios, como el de precocidad-productividad, contenido de vitamina C, tipo de planta, rusticidad y reacción al ataque de enfermedades e insectos, entre otros.

Se aspira a que el plan sirva como documento de trabajo para los investigadores responsables del manejo de germoplasma del camu camu, particularmente los del IIAP e INIA. Dada su aplicabilidad a mediano y largo plazo, el plan deberá ser un documento en permanente revisión y consulta.

2. Filogenia y ecología

2.1 Origen y posición taxonómica

La especie *Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh es originaria de la Amazonía, con abundante diversidad en Loreto, Perú.

Tipo: Fanerógamas
Subtipo: Angiospermas
Clase: Dicotiledóneas
Orden: Myrtales
Familia: *Myrtaceae*
Género: *Myrciaria*
Especie: *dubia* (Kunth) Mc Vaugh
Nombres: Camu camu (Perú), guayabito (Venezuela), caçari, arazá de agua y crista de galo (Brasil).

Myrciaria dubia es un arbusto de hasta 3 m de altura, ramitas glabras, hojas lanceoladas o elípticas, 5 - 9 x 2.5 - 4 cm, ápice agudo, base cuneada, glabras en ambas caras; vena media plana en el haz, venas secundarias numerosas, más o menos cladodromas, conspicuamente oblicuas a la vena media, ligeramente planas o inmersas en el envés, inflorescencias axilares, en grupos de racimos cortos, brácteas y bractéolas persistentes; flores glabras; pétalos blancos. Frutos baya 2-3 cm de diámetro, rojos o negros cuando están maduros. Habita en planicie inundable, igapo; sus frutos son comestibles (Vásquez, 1997).

Otras especies importantes pertenecientes al género *Myrciaria*, inventariadas en la Amazonía peruana son las siguientes:

Myrciaria floribunda (West ex Willd) O. Berg
Nombre vulgar: Camu camu arbóreo

Árboles de hasta 15 m; ramitas glabras. Hojas oblango-elípticas, 6 - 12 x 2.5 - 3.5 cm, ápice acuminado, base cuneada a obtusa, glabras en ambas caras; vena media impresa o plana en la haz, venas secundarias numerosas, subparalelas, más o menos perpendiculares a la vena

media. Inflorescencias axilares en racimos cortos con 2 - 4 flores, glabras; pétalos blancos. Bayas rojizas a negras, 2 - 3 cm de diámetro. Habita en planicie inundable, igapo. Los frutos son comestibles (Vásquez, 1997).

Myrciaria aff. amazónica O. Berg.

Nombre vulgar: Camu-camu de altura

Árboles de hasta 24 m con fuste rojizo; ramitas glabras. Hojas elíptico-lanceoladas, 7 - 13 x 3 - 5 cm, ápice longi-acuminado, base cuneada, glabras en ambas caras; vena media emergente en la haz, venas secundarias numerosas mas o menos perpendiculares a la vena media. Inflorescencias axilares. Bayas de 1.5 a 2 cm de diámetro. Habita en tierra firme, bosque primario, sobre suelos arcillosos (Vásquez, 1997).

2.2. Área de distribución natural

Una notable concentración de la diversidad de esta especie fue observada en la Amazonía peruana y brasileña; algunos informes revelan la existencia de poblaciones naturales en la Amazonía colombiana (río Putumayo e Inirida) y en Venezuela (ríos Orinoco, Caciqueare, Oreda, Pargueni y Caura). En el Perú ha sido reportado en las cuencas de los ríos Nanay, Napo, Ucayali, Marañón, Tigre, Tapiche, Yarapa, Tahuayo, Pintuyacu, Itaya, Ampiyacu, Maniti, Oroza, Putumayo, Yavarí y Curaray, todas ubicadas en el Departamento de Loreto. Hacia el sur de Loreto, en la región de Ucayali, su ocurrencia es muy escasa, en contraste con el camu camu arbóreo, que ocurre con mayor abundancia.

2.3. Estado actual del aprovechamiento de la especie

El camu camu es una especie silvestre en proceso de domesticación e incipiente estado de explotación comercial. En las poblaciones naturales encontradas en las riberas de algunos ríos amazónicos de “agua

negra”,¹ se observa gran variabilidad fenotípica en sus diversas características morfológicas, fisiológicas y agronómicas. Actualmente, el mayor volumen de producción para el consumo local y para la exportación proviene de estas poblaciones naturales, donde los frutos se cosechan usando canoas en la época de creciente de los ríos. La extensión superficial que ocupan estas poblaciones naturales aún no ha sido determinada con precisión, estimándose que se trata solo de 1352 ha, lo que representa un área muy dispersa de pequeños bosques ribereños. La producción de frutos en estas áreas no es estable de un año a otro y está fuertemente influenciada por los ciclos de creciente y vaciante de los ríos. Si la capacidad operativa y los factores ecológicos lo permitieran, la cosecha proveniente de estas poblaciones naturales podría exceder las 6 000 toneladas de fruta fresca, lo que significaría la oferta de unas 3 000 toneladas de pulpa y unas 45 toneladas de vitamina C por año.

El volumen exportado de pulpa congelada en los años 1995, 1996 y 1997 fue de 1.3, 6.0 y 34.3 t, respectivamente. En 1998 y 1999 se incrementó significativamente a 150 y 250 t pero para las campañas 1999 - 2000 y 2000 - 2001 el volumen se redujo a 190 t y a 500 kg, respectivamente. A partir del año 2002 se ha incrementado el mercado interno nacional en niveles todavía no cuantificados, esperándose que en los próximos años tanto el Estado como el empresariado, intensifiquen sus campañas de fomento del comercio nacional e internacional.

Con la finalidad de asegurar el abastecimiento de esta valiosa fruta, algunos inversionistas privados han comenzado a aplicar tecnologías de cultivo agronómico, como la empresa San Juan, que posee una pequeña explotación en una zona no inundable vecina a la ciudad de Pucallpa, Ucayali.

A partir de 1997, instituciones gubernamentales como el Ministerio de Agricultura, el Instituto de Investigación Agraria y el Instituto de

¹ Ríos de origen amazónico, mayormente independientes de la influencia sedimentaria de las cuencas de origen andino, con escasa carga de sedimentos en suspensión; el tono oscuro de sus aguas se debe a su alto contenido de ácidos fúlvicos y húmicos.

Investigaciones de la Amazonía Peruana, promocionaron la plantación del camu camu en “restingas”². Esta promoción permitió la instalación de 5 349 ha de plantaciones en tierras de pequeños agricultores pobres, sin experiencia previa, en los departamentos de Loreto, Ucayali y San Martín con 4 117, 1 112 y 120 ha, respectivamente. Actualmente, después de 5 años, la mayor parte de plantaciones no prosperaron bien por los escasos cuidados que prodigaron los novicios plantadores, estimándose que al 2003 tan solo 1 400 ha, han iniciado la etapa de producción (900 ha en Loreto y 500 ha en Ucayali).

La totalidad de estas plantaciones fueron establecidas con semilla no seleccionada procedente de rodales naturales, lo que ha dado origen a plantaciones con características muy heterogéneas.

2.4. Reproducción, fenología y citología

Pese a que las flores de *Myrciaria dubia* son hermafroditas, la endogamia sería en parte prevenida por la falta de sincronía entre el desarrollo del gineceo y el androceo, conduciendo a una alogamia facultativa. Es decir, la especie tendría un sistema reproductivo que combina, en proporciones aún no determinadas, la autofecundación y la fecundación cruzada. La polinización se produce principalmente por insectos de las especies *Melipona fuscopilara* y *Trigona portica* (Peters y Vásquez, 1987).

Se ha estimado que el 46% de las flores de *Myrciaria dubia* son polinizadas y que el 15% de frutos inmaduros abortan antes de la madurez. El fruto, cuyo peso promedio es de cerca de 8.5 gramos, contiene 2 a 3 semillas, estimándose que el peso de 1 000 semillas fluctúa entre 600 y 800 gramos (Peters y Vásquez, 1987).

En las poblaciones naturales la floración se realiza entre los meses de setiembre a octubre y la fructificación entre diciembre y febrero, dependiendo de la localidad. En plantaciones en zonas aluviales

² Zonas ligeramente altas con forma de barras semilunares que alternan con partes bajas suavemente curvadas llamadas “bajiales”. En Loreto, en crecientes normales las restingas altas suelen inundar 1 m y las bajas 3 m.

cuidadosamente seleccionadas, con buen drenaje, menos afectadas por las inundaciones, la floración presenta dos picos en el año: el primero entre septiembre y octubre y el segundo entre marzo y abril, dando lugar, 2 a 3 meses más tarde, a la fructificación correspondiente, observándose un cambio marcado en los hábitos reproductivos y una ampliación del tiempo de producción de frutos.

La Universidad de Trujillo y la Estación Experimental de San Roque (INIA - Iquitos) realizaron estudios citológicos para determinar el número cromosómico de *Myrciaria dubia*. El recuento cromosómico de 185 placas metafásicas reveló que el 89.7% de casos presentaba $2n=22$ y en solo 10.3% de ellas se contó $2n=24$ (León et al. 2001).

3. Base genética disponible

3.1. Variabilidad interespecífica

En América tropical se han identificado y descrito varias especies cultivadas y silvestres del género *Myrciaria* (Cuadro 1), notándose que la mayor variabilidad en especies se encuentra en el Brasil (Mendoza y Anguiz, 2001). En la región Ucayali no se han encontrado poblaciones naturales de *Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh, pero sí de la especie arbórea, *Myrciaria floribunda* (West. Ex Wild), caracterizada por su gran porte, gran diversidad en el peso y tamaño de frutos, pero menor contenido de ácido ascórbico. *M. floribunda* también se encuentra en menor proporción en el Departamento de Loreto donde existen áreas en las que cohabita con *Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh. Las observaciones indican que ambas especies poseen abundante variación, de las que Vásquez (2000) ha señalado además de *M. dubia* al camu camu árbol Supay, camu camu árbol Iricahua y Camu camillo.

Cuadro 1. Especies del género *Myrciaria* encontradas en América tropical.

Especie	Estado	Nombre común	Distribución	Usos
<i>M. cauliflora</i> Berg	Cultivada	Jaboticaba, sabará, jaboticaba;	S.E. de Brasil	Refrescos caseros
<i>M. caurensis</i> Steyererm.	Silvestre	Guayabito, guayabillo blanco	Venezuela	
<i>M. dubia</i> HBK Vaugh	McCultivada	Camu camu, camo camo, guayabito, caçari, arazá de agua.	Región Amazónica Occidental	Jugos, néctares, mermeladas, helados, vinagre, Vitamina C
<i>M. floribunda</i> West. ex willd.	Silvestre	Mijo, guayabillo, escobillo	Antillas, S. de México, Pucallpa, Perú	Fruto con pulpa comestible fresca
<i>M. amazonica</i> Berg.	O.Silvestre	Camu camu de altura, camu camillo	Perú	Refrescos caseros
<i>M. jaboticaba</i>		Jaboticaba batuba, jaboticaba grauda	Brasil (Sao Paulo, Río de Janeiro)	Fruto con pulpa comestible fresca
<i>M. tenella</i>	Silvestre	Cambuí, cambuí preto,	Brasil (Minas Gerais)	Fruto con pulpa comestible
<i>M. trunciflora</i>	Cultivada	Jaboticaba de cabinho;	Brasil (Minas Gerais)	Fruto con pulpa comestible
<i>M. aureana</i>		Jaboticaba branca	Brasil	Fruto con pulpa comestible fresca

Fuente: Mendoza y Anguiz, 2002

3.2. Variabilidad intraespecífica

Las observaciones indican que ambas especies poseen abundante variación, de las que Vásquez (2000) ha señalado los tipos: camu camu arbusto hoja ancha (tres tipos de arquitectura del tallo) y camu camu arbusto hoja chica.

Se ha observado una amplia variabilidad fenotípica expresada por diferentes rasgos, tales como color y forma de las hojas, tamaño de fruto, espesor de la cáscara, número de semillas, contenido de ácido ascórbico, precocidad, etc., que constituyen una importante fuente de variabilidad para iniciar un programa de mejoramiento. Parte de esta diversidad ha sido colectada (ver 3.3) y si bien se ha evaluado la productividad durante varios años, no se llegó a efectuar las pruebas genéticas que discriminen los efectos genéticos de los ambientales. De modo que actualmente se cuenta con material de amplia base no evaluado, para el suministro de material propagativo que cubra las necesidades de un programa de mejoramiento.

En plantaciones de productores, se han encontrado tipos enanos, frutos de color amarillo³, tipos con período de cosecha atípica y de altos y estables rendimientos⁴.

3.2.1. Colecciones ex situ en Iquitos, Perú

Las colecciones más antiguas de germoplasma de *Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh existentes en la actualidad fueron realizadas por el INIA entre los años 1986 - 1988 en la región Loreto. En la Estación Experimental San Roque del INIA, Loreto, se ha evaluado este material en dos ecosistemas y posiciones fisiográficas: suelo inundable de “restinga baja” (Isla Muyuy) y suelo no inundable de terraza alta o tierra

³ López, U. A.; Oliva, C.O. (2003) Tipo encontrado en la zona de Pucallpa caracterizado por el color amarillo de la cáscara.

⁴ Pinedo, P.M. (2003). Visita a plantación de Víctor Huamancayo en Lago Avispa, zona de Requena.

firma (El Dorado, km 25 carretera Iquitos - Nauta), habiéndose identificado fenotipos que sobresalen en rendimiento.

Se colectaron 39 poblaciones, 20 de las cuales se presentan en el Cuadro 2. En suelos inundables, destacaron los ecotipos: 15-01-06, 15-01-07, 15-02-09, 15-03-05, 15-03-06, 15-03-07, 15-03-08, 15-03-09 y 15-03-10, con rendimientos entre 12.6 y 25.6 t/ha de fruta a los 10 años de edad. Las plantas fueron establecidas en un diseño de Bloque Completo aleatorizado y número variable de repeticiones. Cabe destacar que las familias que mostraron mayor rendimiento de fruta en tierra firme fueron las mismas que destacaron en zona inundable, lo que permitiría atribuir tal superioridad a factores genéticos.

El INIA y el IIAP, en convenio, realizaron en el año 2001 una colección de 14 poblaciones en cinco cuencas, llegando a obtener 115 introducciones de libre polinización, las cuales fueron instaladas cerca de Iquitos, en suelos de restinga alta en el Centro Experimental San Miguel, según el diseño completamente aleatorizado con un promedio de 25 repeticiones o plantas por introducción.

Es de notar que, debido a la gran densidad de plantas en los rodales naturales, es muy difícil individualizar los árboles madre y, por ende, diferenciar si los frutos son medio hermanos o no.

Cuadro 2. Colección realizada por el INIA - San Roque - Iquitos, 1986 - 1988

<i>Cuenca</i>	<i>Población (Cocha)</i>	<i>Nº Muestras</i>	<i>Código⁵</i>	<i>Nº semillas colectadas</i>	<i>Nº semillas sembradas</i>	
Ucayali	Supay	5	001	100	88	
Tapiche	Yarina	3	002	53	36	
Yaranga	Ubos	4	003	70	53	
Nanay	Pisco	5	06 y 07	62	36	
	Santa María	11	008 al 011	206	185	
	Pintuyacu	1	012	20	19	
	Anguilla	3	013	58	44	
	Samito	5	014	58	56	
	Yuto	5	015	98	85	
	Llanchama	4	016	78	68	
	Ninarumi	3	017	59	54	
	Itaya	San Antonio	3	018	46	40
		Tipishca	8	020 y 021	159	130
		Manzanillo	3	022	20	18
Ampiyacu	Estiron	2	027	15	10	
Apayacu	Apayacu	4	029	45	36	
Oroza	Oroza	3	030	11	10	
Napo	Fco.Orellana	3	031	39	33	
	Paparo	3	037	10	6	
	Caño Boyador	4	038	30	21	
Total	20	82	---	1237	1048	

⁵ Códigos asignados a las poblaciones colectadas, de las cuales destacó la 015 (acápite 3.3), correspondiente a la población "Yuto", río Nanay.

Cuadro 3. Colección realizada por IIAP/INIA en el año 2001

Cuenca	Población (Cocha)	Nº Muestras (introducciones)	Nº semillas colectadas	Nº semillas⁶ sembradas por el IIAP
Itaya	Tipishca	4	88	44
	Unión	4	82	41
	Pelejo	8	1194	597
Napo	Yuracyacu	10	620	310
	Núñez	10	542	271
Tigre	Pava	10	584	292
	Guacamayo	10	498	249
	Tipishca	10	568	284
Curaray	Tostado	10	524	262
	Urco	10	554	277
	Tipishca	3	460	230
	Chavarrea	7	222	111
Putumayo	Cedro	9	530	265
	Coto	10	606	303
Totales	14	115	6054	3527

3.2.2. Colección ex situ en Pucallpa, Perú

En Ucayali, la colección de germoplasma del INIA constituida por plantas originarias de Loreto (probablemente de cuencas cercanas a Iquitos como Nanay, Itaya y Ucayali) fue instalada en 1988 en terrenos inundables del Centro Experimental de Pacacocha. Este material ha sido evaluado, aunque sin diseño experimental ni número de repeticiones expresado. En este lugar, el camu camu encontró condiciones favorables para su adaptación, lo que permitió identificar plantas madre con buenas características fenotípicas y genotípicas, y evaluar durante 8 años la tolerancia a las condiciones de suelo y clima, arquitectura de planta, emisión de botones florales, cantidad y calidad de frutos.

En las plantaciones de restingas (Pacacocha) se han identificado 55 plantas, con rendimientos anuales que oscilan de 3.0 hasta 25.4 kg/pl,

⁶ La mitad del número de semillas colectadas fue sembrada por el INIA-Iquitos.

las cuales fueron clasificadas en cuatro grupos según su precocidad, que se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Plantas evaluadas en Pucallpa - Pacacocha, clasificadas según precocidad productiva

Clase	Número de plantas	Inicio de cosecha (años de la germinación)
Precoces	18	3
Semiprecoces	12	4
Tardíos	19	5
Muy tardíos	6	6
Total	55	

En la colección de germoplasma de INIA, Pucallpa, se observó un amplio rango de variabilidad en diversas características fenotípicas de las plantas que estaban creciendo en los diferentes pisos o niveles de inundación: alto, mediano y bajo del río Ucayali, así como en terreno de altura⁷. Las principales características observadas son:

- Altura y vigor de plantas
- Diámetro de tallos y ramas
- Forma y color de las hojas
- Arquitectura de planta: Existe variabilidad continua entre los dos tipos extremos de arquitectura de planta:
 - Columnar. Las plantas tienen un porte más erguido o "erecto" y mayor altura, pero con ramificación más escasa y con un ángulo agudo, entre 15 y 30°, entre el tallo principal y las ramas. La presencia de ramas florales y fructíferas es notablemente menor que en las de tipo coposo.
 - Coposa. Las plantas tienden a ser de menor talla con un porte de aspecto más "globoso", abundante ramificación cuyo ángulo de inserción es mayor que en el caso anterior (45 a 60°) y la presencia numerosa de ramas florales y fructíferas. Desde el

⁷ Visita del Dr. Humberto Mendoza a la zona de Pucallpa, 2001-2002

punto de vista agronómico, esta arquitectura de planta permitiría un manejo más eficiente.

- Precocidad. Se considera que una planta es precoz cuando comienza a producir a los tres años de la germinación.
- Alternancia del nivel de cosecha: Se reconoce la alternancia en el rendimiento, por ejemplo, se evaluaron plantas que a los 13 años de edad llegaron a producir hasta 60 kg/ año, pero no tenían un rendimiento estable a través del tiempo. Sería muy importante enfatizar el estudio de dicho comportamiento, para por lo menos, disminuir esa "alternancia" con un mejor manejo agronómico enfatizando en la fertilización, reguladores de crecimiento, aplicación de podas oportunas, etc.
- Patrones de floración y fructificación: Especialmente en plantaciones se ha observado gran variabilidad fenológica, carácter de gran importancia e íntimamente ligado a la producción comercial de frutos. Esta es una característica que extiende la cosecha en el tiempo, permitiendo 3, 4 ó más recolecciones, lo que da lugar a una mayor flexibilidad en el tiempo de oferta de fruta. La diversidad natural existente permitiría contar con plantas que presentan mayor sincronización. Sin embargo, una mayor extensión de la cosecha podría ser deseable en concordancia con la realidad socioeconómica de cada zona de producción, donde las cosechas graduales son convenientes para mantener precios estables.
- Productividad: Características remarcables de algunos genotipos seleccionados por INIA - Ucayali son su alta productividad, mayor de 25 kg/pl, habiéndose registrado hasta 60 kg/pl. Para discutir la productividad deben considerarse los componentes de rendimiento: (a) Número de frutos por planta y (b) peso promedio de cada fruto. En otros cultivos se encontró que estos componentes de rendimiento estaban correlacionados negativamente, por ejemplo: a mayor número de frutos menor peso individual de cada uno de ellos y viceversa.
 - Número de frutos por planta. En el punto anterior se discutió la tendencia del camu camu arbustivo a florear profusamente y producir una gran cantidad de frutos. Se ha estimado que solo la mitad de las flores son polinizadas, que el cuajado es poco

menor del 40% y que un 15% de los frutos en desarrollo abortan antes de llegar a la madurez. Pese a todo esto, de acuerdo a la edad de las plantas, se estima un rango de variación tan amplio como 500 a 4 000 frutos por planta.

- Peso promedio por fruto. El peso de los frutos en promedio es de 7.0 g, pudiendo variar entre 2 a 20 g.
- Variabilidad en el contenido de ácido ascórbico

Se encontró un amplio rango de 877 a 3 133 mg/100 g; la información sobre las plantas selectas es aún escasa. Siendo el ácido ascórbico la razón principal del cultivo de camu camu, la determinación de sus niveles debe intensificarse buscando un método colorimétrico aproximado, sencillo de aplicar en el campo y sobre un número elevado de plantas que permita agilizar el proceso de selección.

3.2.3. Parcela demostrativa en suelos de altura, Pucallpa

En terrazas altas de suelos ultisoles (km 44 de la carretera Pucallpa - Lima) el INIA evaluó plantaciones de camu camu para determinar las posibilidades de adaptación a la acidez del suelo, mal drenaje y a la sequía.

El material genético, similar al de Pacacocha, presentaba un estado general precario por las condiciones agroecológicas adversas (suelo, humedad y ataque de insectos). Muchas plantas, de menor altura y vigor, estaban parcialmente defoliadas y las hojas remanentes presentaban color pálido y aspecto coriáceo. En general, la floración, fructificación y producción de frutos eran reducidas. Sin embargo, pese a las condiciones extremas se observaron plantas con floración y fructificación muy superiores al resto, lo que reflejaría la gran variabilidad genética del material plantado.

Otra observación importante fue la respuesta diferencial al ataque de insectos. Mientras que en Pacacocha el ataque era leve y las diferencias podían atribuirse al azar, en el km 44 de tierra firme, las diferencias de

ataque y reacción al daño fueron mucho mayores, sugiriendo una fuerte influencia ambiental.

3.2.4. IVITA, 1980

El Instituto Veterinario de Investigación en Trópicos y Altura (IVITA)-Iquitos, cuenta con dos parcelas de 3 000 m² cada una, actualmente con 17 y 22 años de edad, instaladas en restinga alta del río Amazonas en los años 1980 y 1985, respectivamente, donde se evaluó el rendimiento de fruta. Producto de dicha evaluación se tienen identificadas siete plantas sobresalientes que a los cinco años de edad produjeron de 1.3 a 2.6 kg/pl y 11 plantas que a los nueve años mostraron rendimientos de 21 a 32 kg/pl.

3.2.5. Diversidad en manos de agricultores

Entre 1997 y 1998, el IIAP, el Ministerio de Agricultura y otras entidades, establecieron en las regiones de Loreto y Ucayali un total de 5 349 ha de plantaciones con plantas francas originadas en semilla silvestre, de las cuales sobreviven alrededor de 1 400 ha, lo cual implica una mayor amplitud de la base genética en proceso de domesticación. También significa una amplia evaluación del germoplasma por el agricultor, quien podría identificar plantas superiores y mejorar sus cosechas por selección y propagación de las mejores plantas.

3.3. Germoplasma básico disponible

Un resumen de la base genética disponible se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 5. Base genética disponible de camu camu en Loreto - Ucayali

<i>Institución</i>	<i>Año de colección</i>	<i>Procedencia</i>		<i>Nº familias (Introducciones o plantas)</i>
		<i>Cuencas</i>	<i>Nº cochas</i>	
IVITA	1980	Desconocido	01	18 plantas
INIA-Iquitos	1986-1988	Ucayali, Tapiche, Yaranga, Nanay, Itaya, Ampiyacu, Apayacu, Oroza, Napo	20	82 introd.
INIA-Pucallpa	1986	Nanay, Morona (Nanay), Ucayali	05 (aprox.)	57 plantas (aprox.)
IIAP/INIA	2001	Itaya, Napo, Tigre, Curaray, Putumayo	14	115 introd.
Agricultores de Loreto y Ucayali	1997	Ucayali, Tigre, Nanay	Desconocido	Indefinido

4. Experiencias de plantaciones demostrativas y comerciales

- Santa Ana. En 1991 se iniciaron las primeras experiencias de promoción de la especie en comunidades ribereñas. En la comunidad de Santa Ana, a unos 30 km de la ciudad de Iquitos aguas arriba por el río Amazonas, el INIA - Iquitos en alianza con el IVITA establecieron siete parcelas demostrativas con el mismo número de productores de dicha comunidad. Los productores no lograron mantener las plantas y se perdieron mayormente antes de llegar a la cosecha, excepto en el caso de don Vicente Torres, quien mantiene hasta la fecha en muy buen estado y en plena producción una pequeña parcela de 1 000 m², que fue suficiente para demostrar la viabilidad productiva de la especie y ha motivado la plantación de otras parcelas en esta comunidad.
- Reforestación CRI - Iquitos. En 1994 - 1996 el Comité de Reforestación Iquitos (CRI) de la Dirección Regional Agraria de Loreto propició la reforestación con frutales, además de las especies maderables. Solo queda una parcela en la comunidad de Sapuena como producto de esta experiencia que también cumplió un rol demostrativo importante.
- Programa de agro - exportación del camu camu. Se instauró en 1997 y se instalaron 5 349 ha en las regiones de Loreto, Ucayali y San Martín. Mediante este programa se puso en práctica un sistema de promoción con mínimo subsidio que solo aportaba asistencia técnica, capacitación y plántones. Lamentablemente, el apoyo fue interrumpido y gran parte del área plantada se perdió por falta de mantenimiento. De modo que el área productiva se redujo drásticamente. Al 2003 se contaba aproximadamente con unas 900 ha en Loreto y 500 ha en Ucayali, que los productores adoptaron y mantuvieron por su propia cuenta. A diferencia de las dos experiencias precedentes, en las que su importancia radica en el aspecto social, en este caso es remarcable el valor como proceso de

adaptación del cultivo del camu camu que se inserta en los sistemas tradicionales y los productores e investigadores van generando conocimientos innovativos. Además, la base genética disponible se amplió con estas plantaciones en un proceso de conversión y/o complementación de una actividad meramente extractivista y el aprovechamiento en plantaciones.

- Lago Avispa, la plantación de camu camu más grande del mundo. Dentro del área mencionada en el párrafo anterior, merece mención especial aquella que se instaló en el lago Avispa, río Ucayali, de propiedad del señor Alfredo Mazuca Pisando, considerada como la parcela mas extensa hasta ahora conocida, pese a que también fue disminuida por falta de mantenimiento, de 500 ha iniciales a unas 200 existentes en la actualidad. Esta parcela resulta interesante para contrastar tecnologías con aquellas aplicadas en las parcelas de pequeños productores a la luz de los conceptos de sostenibilidad.
- Agrícola San Juan, Pucallpa. Por los años 80 se instalaron un total de 40 ha en tierra firme de la carretera Pucallpa-Lima, en el km 13. Esta plantación sirvió para trabajos de mejoramiento que esta empresa privada emprendió a fin de obtener plantas élite por su alto contenido de vitamina C. La semilla para esta plantación, procedente de Loreto, no fue mayormente seleccionada y se considera que la base genética es amplia. Este trabajo no ha tenido aparentemente continuación en la empresa para desarrollarlo como una opción comercial.
- Plantaciones injertadas, Pucallpa. Similarmente a la experiencia de Agrícola San Juan, se instalaron en el entorno de los primeros kilómetros de la carretera varias parcelas comerciales con material injertado y con mayor nivel tecnológico que incluía programas de fertilización química y orgánica mediante el uso de humus de lombriz. Las empresas que están conduciendo estas parcelas son: Desarrollo de Cultivos Amazónicos (DECA), Agroindustrial del Perú e Ing. Rita Riva, entre otros, y se calcula que existan en total unas 50 ha.

- Aguaytía. Se establecieron unas 200 ha, con plantas injertadas y que se encuentran en etapa productiva incipiente. El frutal fue propuesto en los sistemas tradicionales en asociación con plátano y piña. En esta zona es importante la dinamización de la adopción del sistema por su conexión mediante la red vial de carreteras con el gran mercado de Lima.

5. Bases del mejoramiento genético del camu camu

Se ha informado que pese a tener flores hermafroditas, el camu camu es una especie alógama facultativa con algo más de 90% de alogamia (fecundación cruzada de tipo anemófilo y entomófilo) y 10% de autogamia (Peters y Vásquez, 1987). De esto se desprende que en una población de plantas provenientes de semillas de polinización libre, la mayor parte de los *loci* serán heterocigotas y una pequeña porción homocigotas. Por lo tanto, esta población será altamente heterogénea y desuniforme en la mayor parte de sus caracteres.

La heterocigocidad y heterogeneidad son evidentes en la mayoría de caracteres observados en la colección de germoplasma de INIA - Ucayali en sus estaciones de Pacacocha (suelo inundable) y el km 44 CBF (suelos de altura). Asimismo, esto concuerda con los altos niveles de variabilidad y desuniformidad presentes en las poblaciones naturales y en plantaciones de agricultores.

Por el comportamiento reproductivo del camu camu, los métodos de mejoramiento corresponden a los aplicados a plantas alógamas, que consisten básicamente en una selección recurrente, tales como creación de variedades-población, variedades sintéticas o variedades híbridas. Además, el camu camu puede ser propagado asexualmente (esquejes, injertos, cultivo de tejidos), lo que permite usar principios y métodos del mejoramiento de especies de propagación vegetativa, clonando los genotipos superiores. En las fases avanzadas de este proceso será importante identificar plantas (genotipos) con alta habilidad combinatoria general (HCG) y habilidad combinatoria específica (HCE) para precocidad, rendimiento elevado de frutos, contenido de ácido ascórbico y otros atributos importantes, a efectos de producir poblaciones con atributos específicos de producción y calidad.

Antes de discutir las metodologías que formarán parte de la estrategia de mejoramiento genético es necesario subrayar dos puntos muy importantes:

(a). La información botánica, citogenética y genética sobre el camu camu, *Myrciaria dubia* HBK Mc Vaugh es todavía escasa, y casi inexistente para otras especies cultivadas y silvestres del género *Myrciaria*. La generación de esta información a través de la investigación será muy importante para diseñar metodologías efectivas de mejoramiento genético.

(b). El camu camu requiere entre 3 a 5 años para mostrar su potencial productivo y entre 7 a 8 ó mas años para confirmar su capacidad productiva definitiva. Por lo tanto, para el mejoramiento de esta especie deben diseñarse estrategias a corto (2 - 7 años), mediano (8 - 15 años) y largo plazo (16 - 25 años).

6. Objetivos

General:

Lograr la disponibilidad de material genético selecto para su empleo en sistemas de producción congruentes con la realidad social, económica y ecológica, en zonas inundables de la Amazonía peruana

Específicos:

- Disponer de germoplasma con amplia base genética para satisfacer los requerimientos del mejoramiento
- Evaluar, seleccionar y recombinar germoplasma con énfasis en productividad, precocidad y contenido de ácido ascórbico
- Producir y distribuir semilla seleccionada por sus caracteres deseables debidamente acreditados

7. Estrategias para el mejoramiento genético del camu camu

7.1. Estrategias de evaluación del germoplasma

Se plantean como métodos para evaluar el germoplasma los siguientes:

- Selección recurrente. Consiste en aplicar la selección masal a la colección de germoplasma para identificar las Plantas Promisorias Superiores (PPS). Las pruebas de progenie de estas PPS permitirán dilucidar la heredabilidad, o sea, qué porción del fenotipo se debe a factores genéticos y ambientales. Este paso alargaría el proceso pero aseguraría una mayor ganancia genética. Las plantas o genotipos con mayor heredabilidad son llevadas a autofecundación o cruzamiento entre ellas para producir una generación de recombinantes con los caracteres o factores de selección, entre los que mediante un segundo proceso de selección masal se separan las Plantas Genéticamente Superiores (PGS) sobre las que se repite el proceso de recombinación y selección. Las PGS pueden ser propagadas y distribuidas (Fig. 3)
- Hibridación. En su forma más simple, se autofecundan las plantas superiores durante 5 a 6 generaciones hasta producir líneas homocigóticas que luego se cruzan para producir híbridos. Durante el proceso de autopolinización, se pueden realizar hibridaciones intermedias para ir observando el avance del mejoramiento. Otras formas de hibridación se podrán definir posteriormente.

7.2. Prioridades para el mejoramiento genético

Es de esperar que en un cultivo en proceso de domesticación exista una lista larga de características que podrían o deberían ser mejoradas. Sin embargo, considerando la variabilidad fenotípica que se ha observado en la especie y los requerimientos comerciales de los usuarios, es indispensable definir ciertos caracteres prioritarios para su mejoramiento. Esas características podrían contribuir a transformar el camu camu en una especie que pueda adaptarse a la tecnología

moderna y ser explotada con excelentes perspectivas económicas. Los caracteres priorizados para el mejoramiento genético son:

(a) Precocidad: Plantas precoces deben iniciar su fructificación entre 3 a 4 años de la germinación. Actualmente, gran número de plantas toman entre 5 a 6 años para dar su primera cosecha.

Se proponen las siguientes categorías para este descriptor:

Precoz: Inicio de producción de fruta a los 3 años de la germinación
Semiprecoz: Inicio de la producción a los 4 años
Tardío: Inicio de la producción a los 5 años

(b) Productividad: Las plantas de 3 años desde la germinación deben producir un mínimo de 0.5 kg de fruta fresca. Las de 4 años de edad deben presentar un rendimiento mayor de 2 kg de fruta/planta. Plantas seleccionadas por INIA han registrado producciones de frutos de hasta 60 kg a los 13 años. Por otro lado, existe información que indica que la variabilidad para peso promedio por fruto es reducida y sería entre 6 y 10 g por fruto, de los cuales entre 70 a 75% sería peso de pulpa más cáscara y el 25 a 30% restante, peso de las semillas.

(c) Contenido de ácido ascórbico en la fruta: El alto contenido de esta vitamina es fundamental para el cultivo del camu camu y su valor económico. Sobre la base de análisis y estudios efectuados por diferentes instituciones, entre ellas el IIAP, el contenido no debe ser menor de 2 000 mg/100 g de pulpa.

7.3. Estrategias para la producción de semilla mejorada en términos del tiempo

7.3.1. Suministro de material de plantación a corto plazo (2-7 años)

Se deberá emplear el mejor material disponible en el momento, consistente en el germoplasma de INIA – Ucayali en la estación de

Pacacocha e INIA - Loreto en la estación de Muyuy, sometidas a una evaluación de 8 a 11 años en condiciones ambientales contrastantes de tierra firme e inundable. (ver acápite 3.4. donde se explica la evaluación de este material). Es importante recalcar la consistencia del comportamiento de introducciones y plantas destacadas de la colección del INIA - Loreto, que expresaron superioridad de productividad de fruta en ambas condiciones (tierra firme e inundable), lo que brinda un alto nivel de confiabilidad de la calidad de las plantas.

Se subraya que en estas opciones de corto plazo no se contempla la aplicación de pruebas genéticas a favor de la producción inmediata de semilla mejorada.

Se espera que los descendientes, sea por vía sexual o asexual, de estas plantas madre superiores, produzcan material menos heterogéneo y con un comportamiento superior en producción de frutos y contenido de ácido ascórbico al material de siembra actual.

Existen las siguientes opciones:

- a. Descendientes de polinización libre de plantas madre selectas.

Es el primer paso para avanzar hacia el logro de plantas mejoradas, fundamentado en la evaluación y selección de plantas madre aparentemente superiores y en la depuración de la descendencia lograda mediante semilla botánica. Se considera que podrían existir disponibles un mínimo de 50 plantas madre selectas procedentes de tres fuentes principales: colección de INIA - Pucallpa, colección de INIA - Iquitos y productores de Loreto y Pucallpa. El número de plantones obtenidos dependería de la cobertura y los objetivos de la propagación. Se considera que dos kilos de semilla por cada planta serviría para el establecimiento de una hectárea con un distanciamiento de 3 x 2 m. Un año después de sembradas las semillas estarían listas para ser instaladas en campo definitivo.

b. Clonación de plantas madre selectas

Una vez elegidas las plantas madre, se procederá a su clonación mediante estacas. Se prefiere esta modalidad de propagación vegetativa para evitar la influencia que el “portainjerto” o “patrón” suele ejercer sobre la yema injertada, lo que causaría un efecto confundido con el factor genético. Se propone que las mismas 50 plantas que se propagan por la vía sexual (semilla botánica) también se propaguen por la vía vegetativa. El nivel de metas que se debe cumplir dependerá del programa de extensión que se instaure. Se recomienda una cantidad mínima de 30 estacas por cada planta. Cada estaca mide 20 cm de longitud y un diámetro que puede variar entre 1 y 3 cm dependiendo de la edad de la planta madre. Luego de colectadas las estacas, se requiere un año para tener los plantones en condiciones de ser instalados en campo definitivo.

c. Cruzamiento entre diez plantas madre selectas

De las 50 plantas propagadas se elegirán las diez mejores, sobre la base de los descriptores señalados para el “ideotipo”. Después se colectará polen de las diez plantas, que será mezclado antes de ser usado para polinizar a las mismas diez plantas. Para esta polinización será necesario aislar las plantas a fin de evitar la influencia de polen extraño. Este proceso comenzara en agosto del primer año, obteniéndose las semillas en diciembre o enero del segundo año. El almacenado de esta semilla se efectuaría en el mismo mes de enero, a fin de tener plantones listos para su instalación en campo definitivo a fines del segundo año.

El impacto económico y social producido por este tipo de material podría estimarse a partir del sexto año después del establecimiento de las nuevas plantaciones.

7.3.2. Suministro de material mejorado a mediano y largo plazo (8-15 años)

Es la producción de semillas a partir del material sujeto a pruebas genéticas más rigurosas y esquemas variables de selección recurrente. Para este trabajo a mediano y largo plazo se cuenta con la colección IIAP/INIA efectuada en Loreto el año 2001. Esta actividad es de evaluación y caracterización de germoplasma para conocer las características y potencialidades de cada introducción, y luego realizar las pruebas genéticas de rigor, para la posterior incorporación del mejor material al programa de mejoramiento genético. Esta actividad se realiza en la estación San Miguel, donde ya están instaladas 3 000 nuevas plantas de 115 introducciones. Otro grupo que sería incluido en esta evaluación corresponde a la colección realizada en enero del año 2004 en la cuenca del Putumayo con 25 plantas madre colectadas y un total de 1 777 plantones, los cuales se encuentran actualmente en la fase de vivero.

Se tienen las siguientes opciones:

a. Selección recurrente

a-1) Con cruzamiento no controlado, de todas o un grupo de plantas madre selectas, seguida de pruebas de progenie, depuración de plantas madre y progenes inferiores, cruzamiento no controlado entre progenes superiores restantes y producción de material selecto. Este cruzamiento entre plantas seleccionadas se hará en una parcela aislada de otras plantas de camu camu. Se trata pues de la formación de una “población de producción” o huerto semillero comprobado. En la selección de las planta madres se tendrá en cuenta su procedencia, además de los caracteres deseables, a fin de evitar parentescos entre las matrices. La semilla (sexual) resultante puede ser distribuida a los productores antes o después de una nueva evaluación de sus caracteres deseables (8 - 15 años) (Fig. 3).

a-2) Con autofecundación, que se practicará con el mismo enfoque que en a-1; en este caso el comportamiento de las progenes de

cada autocruce, se convierte en el criterio de selección. Luego de la primera autofecundación de 30 plantas seleccionadas, se procederá a una depuración. Seguidamente se propiciará el cruce entre ellas en un campo aislado de otras plantas de camu camu, dando lugar a la producción de semilla mejorada apropiada para su distribución a los productores

- b) Propagación de las mejores plantas madre previa depuración mediante una prueba de comportamiento clonal

Consiste en clonar todas las plantas madre superiores y observar su comportamiento en condiciones ambientales variables para dilucidar su valor genético. Una vez identificadas las plantas madre con el más alto valor genético se podrán optar por dos alternativas: a) clonar las plantas madre de mayor heredabilidad, y b) realizar cruzamientos entre todas las plantas madre superiores para obtener material de propagación que puede ser distribuido a los agricultores. Este procedimiento es el más rápido y sencillo para utilizar los mejores recursos genéticos existentes y obtener progresos significativos y mesurables. El impacto económico y social producido por este tipo de material podría estimarse también a partir del sexto año después del establecimiento de las nuevas plantaciones.

7.3.3. Suministro de material mejorado a largo plazo (más de 15 años)

En la estrategia a corto plazo se ha enfatizado principalmente en el rendimiento de frutos y el contenido de ácido ascórbico. En esta fase, el énfasis deberá ampliarse a los demás caracteres enumerados en el punto 7.2.: Prioridades para el mejoramiento genético.

- (a) Evaluación de la Habilidad Combinatoria General de genotipos selectos. Mide la habilidad de un determinado genotipo de combinarse con un grupo grande de genotipos diferentes y transmitir sus características deseables a su descendencia identificando así a los mejores progenitores.

Se proponen las siguientes etapas:

1. Cada genotipo se evaluará utilizando dos polimezclas, constituidas respectivamente por mezclas de polen de los diez mejores progenitores de Loreto y Ucayali. Habrá dos juegos de genotipos así probados: uno del material en Ucayali, otro del material en Loreto. Como hay dos probadores por localidad, se originarán dos poblaciones en cada localidad. Con tal fin se usará un diseño de apareamiento Línea x Probador.

Cuadro 6. Poblaciones que se crearán en Ucayali y Loreto para evaluar la habilidad combinatoria general (HCG)⁸ de los genotipos selectos (líneas) en cada una de las 2 localidades.

Genotipo (línea) N°	Localidad: Ucayali		Genotipo (línea) N°	Localidad: Loreto	
	Población 1	Población 2		Población 1	Población 2
	Probador Compuesto U	Probador Compuesto L		Probador Compuesto U	Probador Compuesto L
U1	Familia UU.1	Familia UL.1	L1	Familia LU.1	Familia LL.1
U2	Familia UU.2	Familia UL.2	L2	Familia LU.2	Familia LL.2
U3	Familia UU.3	Familia UL.3	L3	Familia LU.3	Familia LL.3
U4	Familia UU.4	Familia UL.4	L4	Familia LU.4	Familia LL.4
U5	Familia UU.5	Familia UL.5	L5	Familia LU.5	Familia LL.5
Un	Familia UU.n	Familia UL.n	Lm	Familia LU.m	Familia LL.m

Compuesto U. Mezcla de polen de los diez mejores genotipos seleccionados en Ucayali.

Compuesto L. Mezcla de polen de los diez mejores genotipos seleccionados en Loreto.

⁸ Habilidad Combinatoria General (HCG): Comportamiento promedio de las progenies de una línea en comparación con el comportamiento promedio de todas las líneas de la población.

Dado el sistema reproductivo del camu camu arbustivo, es importante contar con genotipos (plantas madres) que tengan una HCG elevada para asegurar un comportamiento superior en cantidad y calidad. Por esta razón, los probadores deben tener una base genética amplia que estará asegurada en un compuesto o mezcla del polen de los diez mejores genotipos seleccionados en cada localidad.

Las poblaciones que se generen tendrán tres objetivos importantes:

- (i). Evaluación de la HCG de cada uno de los genotipos selectos en Ucayali y Loreto para identificar a los mejores progenitores.
- (ii). Crear poblaciones mejoradas cruzando los genotipos selectos en cada una de las localidades.
- (iii). Integrar las dos poblaciones cruzando los genotipos selectos en Ucayali por los selectos en Loreto.

2. Se estimarán la HCG, en ensayos replicados en Ucayali y Loreto, de las poblaciones constituidas por **n** y **m** familias. Esta evaluación permitirá identificar los mejores progenitores para los caracteres elegidos como prioritarios. Al no haber información sobre el tamaño mínimo de parcela ni el número óptimo de repeticiones para este tipo de evaluaciones, sería conveniente usar diez plantas por parcela y cuatro repeticiones dentro de cada localidad.

La evaluación de los materiales indicados en el Cuadro 4, permitirá identificar nuevos genotipos entre los que es de esperar que se identifiquen genotipos con características superiores a las de los actuales.

3. Se cruzarán los genotipos selectos con la mejor HCG para crear poblaciones mejoradas

4. Se integrarán las poblaciones cruzando los genotipos selectos en Ucayali con los de Loreto para crear una población selecta de base genética amplia, que podría ser compartida por todas las personas que estuvieran interesadas en el cultivo de camu camu.

(b) Creación de nuevas variedades

Con los resultados obtenidos en (a), es posible crear nuevas variedades que podrían ser de dos tipos:

- Variedades sintéticas:

La creación de estas variedades se sustenta en la alogamia y en los mejores progenitores, teniendo como base los estimados elevados de HCG que se hayan identificado. Se tomarían los mejores 4 ó 5 genotipos que han tenido un comportamiento sobresaliente en producción de frutos y contenido de ácido ascórbico, y cuyo comportamiento se ha mantenido estable por lo menos durante tres años consecutivos. Estos genotipos serían propagados vegetativamente y plantados en un campo aislado de cualquier otra plantación de camu camu. Las plantas serían ubicadas en el campo siguiendo un arreglo experimental bien definido y con el debido número de repeticiones para formar un "bloque de policruzamiento". Las plantas madre seleccionadas serían polinizadas con una mezcla de polen proveniente de genotipos selectos. Al final de la campaña se extraería la semilla de todos los frutos y se mezclaría para formar una variedad sintética. Puesto que en estas variedades tanto las plantas madre como las productoras de polen son selectas, se puede anticipar un comportamiento superior en rendimiento y contenido de ácido ascórbico y al mismo tiempo la heterogeneidad debe ser reducida con respecto a las anteriores. Se prevé que el material obtenido ha de tener un nivel significativo de superioridad, ya que la base genética del material inicial es amplia con procedencia de cinco cuencas de la Amazonía peruana.

- Variedades híbridas:

Las variedades híbridas provienen de cruzamientos controlados entre líneas homocigóticas resultantes de autofecundación sucesiva o entre variedades obtenidas por otros métodos, como, por ejemplo, las variedades sintéticas antes mencionadas o simplemente dos razas o genotipos claramente diferenciados, pero cuya combinación produce un tercer genotipo con caracteres superiores a sus progenitores.

La producción de variedades sintéticas e híbridas será decidida en fases posteriores de mejoramiento y dependería del esclarecimiento de algunos aspectos como:

- La depresión endogámica, especialmente cuando se considera que camu camu tiene un mecanismo (dicogamia) para prevenir la autofecundación.
- Si la carga genética de factores letales es muy grande, probablemente no sería posible desarrollar líneas puras, porque las progenies no serían viables
- Viabilidad del cultivo de anteras para obtener líneas puras

8. Definición del “ideotipo”

Para fines de selección, bastará que un espécimen posea por lo menos uno de los tres caracteres para ser considerado como material promisorio. A continuación los caracteres del ideotipo en orden de prioridad:

- Productividad precoz: No menor de 0.5 kg de fruta fresca/planta a los tres años, contados a partir de la germinación de la semilla
- Vitamina C: No menos de 2 000 mg/100g de pulpa
- Peso de fruto: Peso promedio de fruto igual o mayor de 10 g

La estrategia presupone la selección de poblaciones separadas por uno o más criterios de selección. Estos rasgos se combinarán posteriormente mediante cruzamiento controlado (Figura 3).

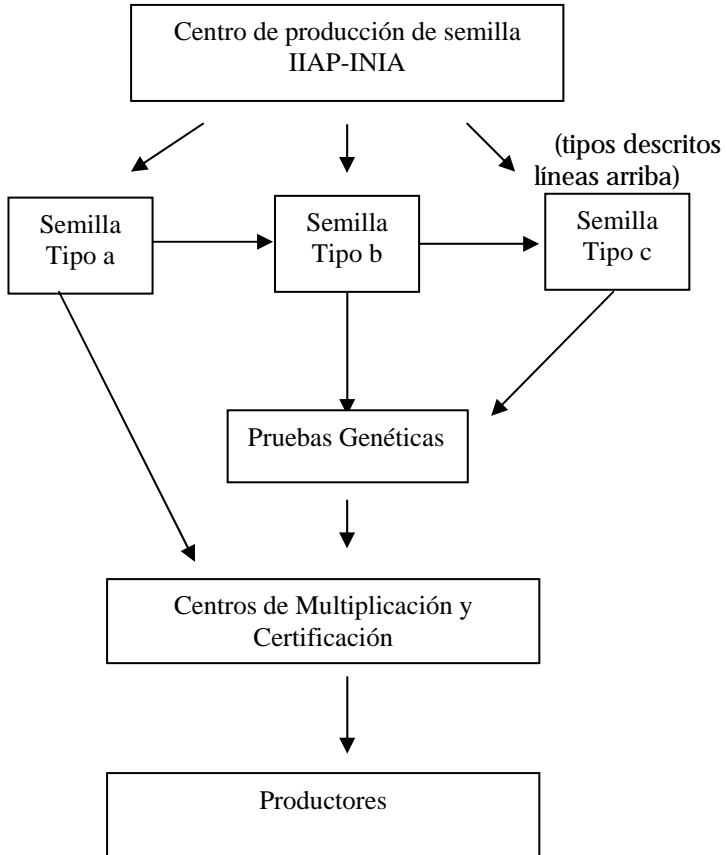
9. Distribución de semilla

Desde el punto de vista técnico, el mejoramiento de la calidad de semilla sería gradual y, por lo tanto, también sería gradual su distribución. En cuanto a la calidad, podemos clasificarla de la siguiente manera: (ver también: estrategias para la producción de semilla mejorada en términos del tiempo – acápite 7.3).

- a. De selección masal preliminar, de corto plazo (unos tres años) y sin pruebas genéticas. Puede ser mediante propagación sexual (semilla proveniente polinización libre) o vegetativa (mediante estacas o injertos).
- b. De selección confirmada, basada en pruebas genéticas, lo que significa una evaluación reiterativa y sistemática dirigida a discriminar los efectos ambientales de los genéticos con relación a la calidad del material. Aunque es viable en el mediano plazo de unos 7 años, existe la posibilidad de producir este tipo de semilla en el corto plazo dando validez a las evaluaciones genéticas previas, por ejemplo, la practicada en el INIA.
- c. Basada en la combinación genética de caracteres, obtenible a largo plazo (más de 15 años). Aunque existe la posibilidad de aplicar biotecnologías (como el cultivo de anteras), que abreviarían significativamente el tiempo necesario para la purificación de líneas.

La aplicabilidad social dependerá de las actividades promocionales que emprenda el Gobierno o de los niveles de inversión que apliquen las empresas privadas. A su vez, el activismo será el reflejo del desarrollo del mercado interno y externo que ocurra en el país. Suponiendo que esté dada la demanda a escala comercial de la semilla mejorada, se esboza el siguiente esquema de distribución:

Figura 1. Esquema hipotético de distribución de semilla



La “distribución” de la semilla implica básicamente su venta comercial, proceso que podría tener como intermediario a un ente promotor que otorgue la semilla como parte de un crédito al productor.

10. Secuencia metodológica del plan de mejoramiento

- a. Colección en poblaciones naturales.
- b. Selección masal de las mejores plantas de la colección por productividad de fruta, precocidad y contenido de ácido ascórbico. Basta una de las características para seleccionar la planta.
- c. Pruebas genéticas para determinar la heredabilidad de caracteres en las plantas seleccionadas. Para lo cual se deberá propagar vegetativamente, de preferencia por estacas, las plantas selectas y establecer comparativos de clones, de acuerdo a un diseño estadístico adecuado para confirmar o descartar su superioridad en diferentes condiciones ambientales. Se recomienda obtener mediante dicha propagación diez plantas de cada carácter por sitio. Descartar plantas con bajo nivel de heredabilidad y obtener así la primera generación de plantas genéticamente superiores.
- d. Polinizar naturalmente y autofecundar las plantas madres superiores.
- e. Sembrar las semillas resultantes para huerto semillero, con fines de producción. Esta plantación debe estar aislada de otras plantas.
- f. En este huerto semillero se deben mantener 3 - 4 genotipos o ideotipos de distintas procedencias.
- g. Realizar una nueva fase de selección, donde se puede incluir nuevo material.
- h. Paralelamente se desarrolla polinización cruzada entre plantas destacables (con estudiantes de postgrado se hace polinización; se recomienda efectuarlo directamente en el campo, y no se requiere conservar el polen).
- i. Evaluar estas plantas en condiciones de campo y luego hacer un nuevo ciclo y así sucesivamente hasta obtener el ideotipo.
- j. Evaluar ADN para comparar la proximidad genética entre las plantas superiores obtenidas por los dos sistemas (con el

- productor y con el investigador; el estudio podría hacerse mediante tesis de maestría).
- k. Utilizar variedades múltiples selectas, de amplia base genética para resistencia horizontal a plagas y climas.
 - l. Multiplicación y establecimiento de plantaciones demostrativas con agricultores de plantas con control genético.
 - m. Simultáneamente se trabajará en autopolinización de plantas selectas para producir líneas puras principalmente por alto rendimiento, productividad precoz y contenido de ácido ascórbico. De modo que al final de cada fase se pueden producir híbridos ideotipos por cruce de líneas productivas con líneas con alto contenido de ácido ascórbico.

La secuencia metodológica expuesta líneas arriba, se objetiviza en las figuras 2 y 3.

11. Investigación

El trabajo de mejoramiento genético requiere información citogenética, genética, fisiológica y agronómica que deberá adquirirse de manera paralela con los trabajos de mejoramiento. Las actividades y el orden de prioridad propuestos se presentan a continuación:

Prioridad 1:

- Estandarizar el método de análisis de ácido ascórbico para uso de los investigadores de diferentes instituciones y así tener datos comparativos de contenido de vitamina C.
- Desarrollar un método rápido para determinar en campo el contenido aproximado de ácido ascórbico en material genético en proceso de selección.
- Determinar las correlaciones fenotípicas existentes entre los caracteres considerados prioritarios para el mejoramiento genético de esta especie.
- Evaluar el valor relativo de *Myrciaria dubia* y *Myrciaria floribunda*, para ser utilizados como patrón en injertos en que se utilizaría *Myrciaria dubia* como yemas.
- Estimular la investigación en cultivo de tejidos para facilitar la propagación rápida de genotipos selectos y conservación de recursos genéticos.
- Ensayar cruces controlados en ambientes confinados usando estacas con botones florales.
- Verificación de porcentajes de autogamia y alogamia. Es necesario identificar el gen marcador dominante que diferencia la semilla o plántulas de corta edad provenientes de alogamia y de autogamia.
- Explorar el uso de herramientas biotecnológicas para realizar, en forma rápida, los tamizados e identificación de progenitores y progenies superiores de camu camu.

Para la aplicación de esta tecnología deben desarrollarse los siguientes aspectos:

- Protocolo de extracción de ADN del camu camu.
- Determinar marcadores moleculares para identificar *loci* relacionados a caracteres cuantitativos (QTL).

Prioridad 2:

- Confirmar el número cromosómico de *Myrciaria dubia*.
- Estudiar la viabilidad y almacenamiento de polen.
- Estudiar la factibilidad del cultivo de anteras para obtener genotipos homocigotas de las plantas selectas por rendimiento de frutos, contenido de ácido ascórbico y otros caracteres deseables.
- Inducción de mutaciones para mayor tamaño de frutos y período más corto de floración y fructificación.
- Tetraploidización de *Myrciaria dubia* para comparar el mérito agronómico de ambos niveles de ploidía.

Figura 2. Esquema global de selección aplicable al camu camu

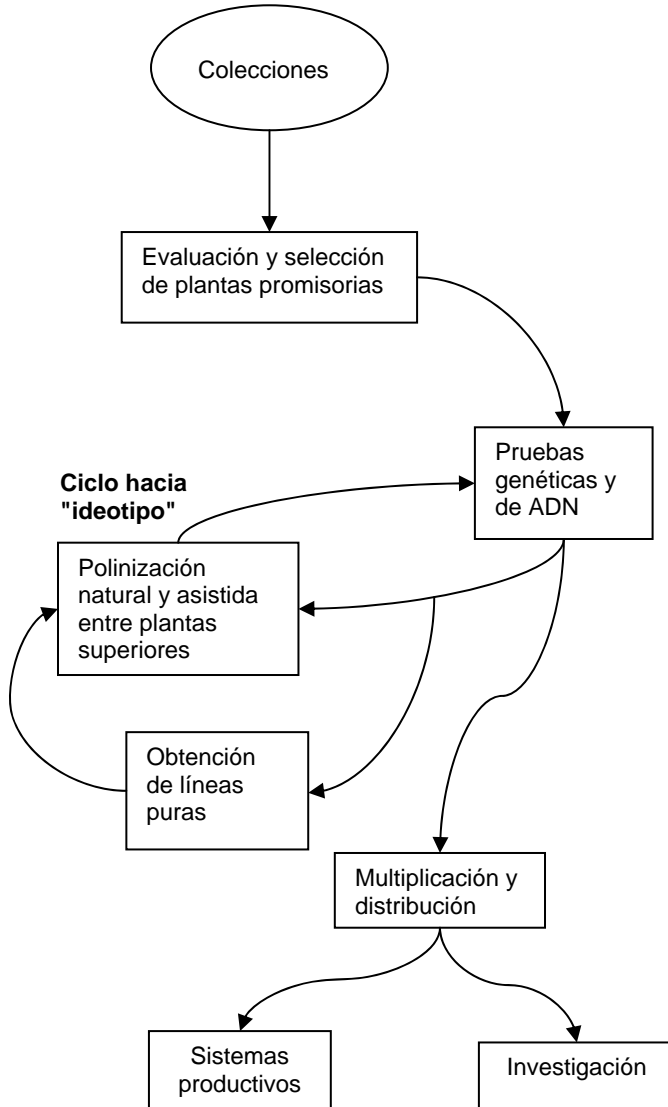
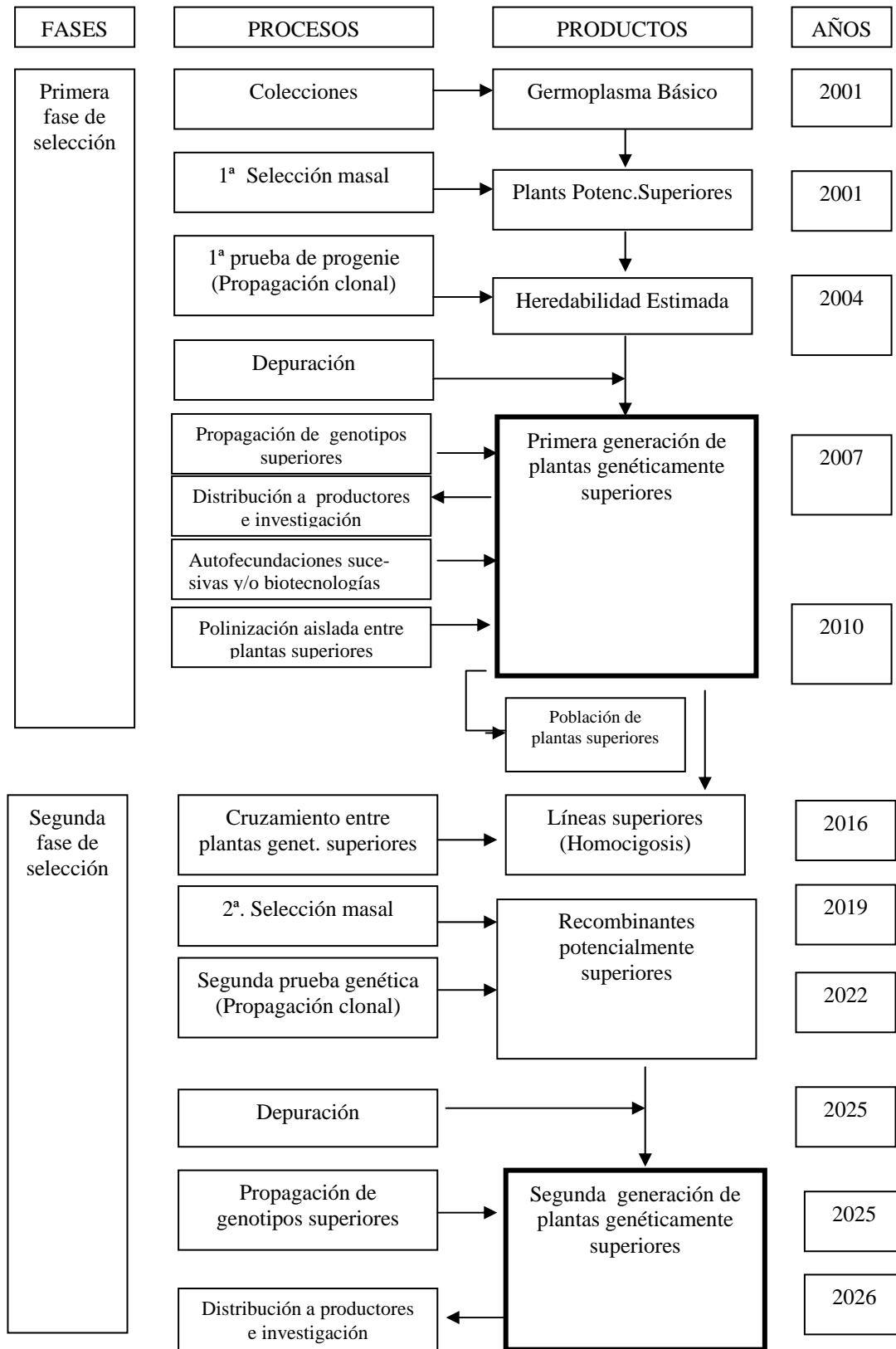


Figura 3. Secuencia a largo plazo de procesos y productos del mejoramiento del camu camu



12. Marco Lógico del Plan de Mejoramiento para el período 2004-2013

	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
<u>FIN</u>			
Contribuir a la sostenibilidad del desarrollo agrario de la Amazonía mediante tecnologías que aporten a la eficiencia de los sistemas productivos	Diez (10) clones y/o variedades de camu camu han sido distribuidas en Loreto y Ucayali y han incrementado la rentabilidad de los sistemas productivos en por lo menos 20%	-Certificados de registro de clones o variedades -Informe técnico económico sobre parcelas de productores	-Mercados y políticas nacionales favorables
<u>PROPÓSITO</u>			
Lograr la disponibilidad de material genético selecto para su empleo en sistemas de producción congruentes con la realidad social, económica y ecológica, en zonas inundables de la Amazonía peruana	Por lo menos diez (10) plantas mejoradas evaluadas y distribuidas en Loreto y Ucayali, en el corto, mediano y largo plazo	-Informe técnico sobre distribución geográfica de las plantas distribuidas -Actas de visitas técnicas a parcelas de productores	-Financiamiento a largo plazo -Activismo empresarial en la línea camu camu
<u>RESULTADOS</u>			
1. Disponibilidad de germoplasma con amplia base genética para satisfacer los requerimientos del mejoramiento	-150 introducidas de cinco cuencas de Loreto colectadas al año 2	-Fichas pasaporte de las colecciones -Descriptores de evaluac.	- Prioridad para camu camu en la política de largo plazo del IIAP

Plan de mejoramiento genético del camu camu

	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
2.Evaluación, selección y recombinación de germoplasma con énfasis en productividad, precocidad y contenido de ácido ascórbico	-150 introducidas y evaluadas según descriptores al año 4	de germoplasma ejecutados -Informes técnicos sobre evaluación de germoplasma	-Disponibilidad financiera del IIAP -Crecimiento de la oferta y demanda interna y externa
3.Producir y distribuir semilla seleccionada por sus caracteres deseables debidamente acreditados	- 5 plantas seleccionadas preexistentes, multiplicadas y distribuidas en el año 2 -3 plantas superiores distribuidas al año 08 - 10 plantas superiores probadas al año 07	-Actas de visita a parcelas de agricultores que evidencien la existencia de plantas mejoradas	

Marco lógico del plan de mejoramiento para el período 2004-2013 (Continuación)

<u>ACTIVIDADES</u>	Presupuesto Año 1 (Dólares)	Presupuesto Por año	Presupuesto para 10 años
Colección y caracterización	500		500
Análisis de fruta y suelo	900		900
Instalación de germoplasma	700		700
Mantenimiento de germoplasma	800	800 x 10 años	8000
Evaluación de germoplasma	3600	3600 x 10	36000
Selección masal		1200 x 10	12000
Pruebas genéticas		800 x 10	8000
Multiplicación	3000	3000 x 3	9000
Registro de variedades		1500 x 10	15000
Distribución	2500	2500 x 5	12500
Totales	12000		102600

13. Cronograma 2004 - 2013

Actividades	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Colección y caracterización										
Instalación germoplasma										
Evaluación germoplasma										
Mantenimiento germoplasma										
Selección masal										
Pruebas genéticas										
Multiplificación										
Registro de variedades										
Distribución										

14. Presupuesto por actividades (dólares)

Actividades	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Colección y caracterización		500	500							
Instalación germoplasma	500		500							
Evaluación germoplasma	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600	3600
Mantenimiento germoplasma	800	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Selección masal			1200	1200						
Pruebas genéticas					800	800	800	800	800	
Multiplicación	500	1500						2000	3000	
Registro de variedades								5000		
Distribución		500	1500	1500	1500	1500	1500	1000	1000	1500
Totales	5400	6900	8100	7100	6700	6700	6700	13200	9200	5900
Total general										\$ 75900

15. Bibliografía

- ENCISO, R. 1992. Propagación del camu camu (*Myrciaria dubia*) por injerto. Informe Técnico N° 18. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima. 17 p.
- IMÁN, S. 2000. Cultivo de camu camu *Myrciaria dubia* HBK en la región Loreto. INIA, Serie Manual 01-00. 32 pp.
- LEÓN, A.E.; GUTIÉRREZ, J.; POLO, B.E.; RODRÍGUEZ, N.C. 2001. Numero cromosómico de *Myrciaria dubia* (H.B.K.)McVaugh "camu camu". Facultad de Ciencias Biológicas/Medicina. Universidad Nacional de Trujillo. Resumen. 1 p.
- MENDOZA, A.H.; ANGUIZ, R. 2001. El camu camu, *Myrciaria dubia* HBK McVaugh: Situación actual y perspectiva de mejoramiento genético. UNLM/IIAP. 18 p.
- MENDOZA, R.O.; PICÓN, B.C.; GONZALES, T.J.; CÁRDENAS, M.R.; PADILLA, T.C.; MEDIAVILLA, G.M.; LLERAS, E.; DELGADO, F.F. 1989. Informe de la expedición de recolección de germoplasma de camu camu (*Myrciaria dubia*) en la Amazonía peruana. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial. Lima. Perú. 19 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 2000. Programa Nacional de Camu camu. MINAG/Instituto Nacional de Recursos Naturales. Unidad de Desarrollo de la Amazonía. 22 p.
- PETERS, C.M.; VÁSQUEZ, M.A. 1987. Estudios ecológicos de camu camu (*Myrciaria dubia*). I. Producción de frutos en poblaciones naturales. Acta Amazónica 16/17:161-173
- PICÓN, C., DELGADO DE LA FLOR, F.; PADILLA, C. 1987. Descriptores de camu camu. Informe Técnico N° 8. Programa de Investigación en Cultivos Tropicales. INIA. Lima. 55 pp.
-

- PINEDO, P.M.; RIVA, R.R.; RENGIFO, S.E.; DELGADO, V.C.; VILLACRÉS, V.J.; GONZALES, C.A.; INGA, S.H.; LÓPEZ, U.A.; FARRONAY, P.R.; VEGA, V.R.; LINARES, B.C. 2001. Sistema de Producción de camu camu en restinga. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú. 141 p.
- PINEDO, P.M.; INGA, S.H.; PINEDO, F.S.; LINARES, B.C. 2002. Variación del contenido de vitamina C de camu camu silvestre en Loreto, Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Programa de Ecosistemas Terrestres. Informe de colección de germoplasma. 7 p.
- RIVA, R. & GONZALES, I. 1997, Tecnología del cultivo de camu camu (*Myrciaria dubia* HBK) en la Amazonía peruana. Informe técnico. INIA-CTARU. Pucallpa. 45 pp.
- RIVA, R. 2001. Diagnóstico del cultivo del camu-camu (*Myrciaria dubia* H.B.K.McVaugh.) en la región Ucayali. Ministerio de Agricultura. Dirección Regional Agraria – Ucayali. 132 p.
- VÁSQUEZ, M. A. 2000. El camu camu; cultivo, manejo e investigaciones. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 218 p.
- VÁSQUEZ, M.R. 1997. Florula de las Reservas Biológicas de Iquitos, Perú. Alpahuayo - Mishana. Missouri Botanical Garden. 1046 p.