



Sub proyecto
*Manejo, Conservación y Uso de los Recursos genéticos de
frutales amazónicos a través de la coordinación y
cooperación institucionales en el marco de la iniciativa
amazónica*



Propuesta

**PLAN DE MEJORAMIENTO GENETICO DEL
PIJUAYO**

ACRONIMOS

INIA: Instituto Nacional de Innovación Agraria

ICRAF: Centro Internacional de Investigación en Agroforestería

Resumen

El pijuayo es una palmera nativa de la Amazonía, con elevado contenido de vitamina A, 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 especialmente dirigidas al ecotipo sin espinas procedente de Yurimaguas departamento de Loreto (Yurimaguas). Como rasgos prioritarios del “ideotipo” se consideran la precocidad, productividad y contenido de vitamina A. A largo plazo, se contempla la posibilidad de producir híbridos intra-específicos previa obtención de líneas puras, determinación de la habilidad combinatoria general (HCG) y selección varietal continuada. Como primera etapa de ejecución del plan se propone 10 años de actividad y se proyecta un horizonte de 25 años.

La palmera forma parte de los sistemas productivos adaptados a las inundaciones en los ecosistemas no aluviales. Se prevé que el cultivo del pijuayo 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 claves: *Bactris gasipaes*, pijuayo, germoplasma, mejoramiento, genética

1. Introducción

El pijuayo es una palmera originaria de la América tropical , algunas de las principales razones para la disminución en su uso fueron la introducción de nuevos cultivos alimenticios de ciclo corto, la falta de tecnología para procesar la fruta y el palmito, los subsidios de los gobiernos hacia la importación de granos básicos, la falta de hábito de consumo en las nuevas poblaciones y el desarrollo de las áreas con otros cultivos, especialmente con pastizales, los que con el uso extensivo del fuego disminuyeron la presencia del pijuayo en las zonas de dispersión natural.

En la actualidad la aparición de nuevos mercados y de nuevas formas de consumo, así como la alta dependencia alimentaria que se ha creado en algunos países de centro y sur América, hacen evidente la necesidad de desarrollar cultivos con especies "olvidadas" y nativas del continente americano. El pijuayo es una de estas especies, que tiene un alto potencial para la producción de alimentos, madera y fibra.

En la amazonia peruana, particularmente la zona de Pucallpa presenta condiciones favorables para el desarrollo del cultivo y ser una de ls alternativas para frenar una agricultura migratoria y fijar al agricultor en el campo como un pequeño empresario.

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 Amazonia 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 buscara mantener y ampliar la base genética colectada y la aplicación de descriptores evaluativos de rasgos prioritarios, como el de precocidad-productividad, contenido de vitamina A, 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 pijuayo, particularmente los del INIA/ICRAF. Dada su aplicabilidad a mediano y largo plazo, el plan deberá ser un documento en permanente revisión y consulta.

2. Filogenia y ecología

Origen y posición taxonómica

Los pijuayos han sido clasificados bajo dos nombres genéricos: *Bactris* y *Guilielma*. Sin embargo, la tendencia actual es considerarlo bajo el género *Bactris*, del cual han sido descritas 239 especies.

Nombre Científico:	<i>Bactris gasipaes</i> H.B.K.
Nombre común:	Pijuayo, Pejibaye, Pejinaye, Pupunha.
Tipo:	Fanerógama
Subtipo:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledónea
Subclase:	Micrانتinas
Orden:	Espadicifloríneas
Familia:	Palmáceas
Género:	<i>Bactris</i>
Especie:	<i>gasipaes</i>

Distribución

La amplia distribución geográfica de los pejobayes silvestres establece una diferencia importante con respecto a la historia de los cultivos originados de especies endémicas, esto es, de distribución limitada, porque en el primer caso pueden ser domesticadas independientemente por distintos pueblos, en tanto que en el segundo tienen un centro de origen más concreto.

Morfología.

El pejobaye es cultivado actualmente desde Veracruz en México extendiéndose hacia el sur hasta Santa Cruz y El Cha-pare, en Bolivia, y el Matto Grosso y Sao Paulo en Brasil. Según Mora-Urpí (1993), el pejobaye cultivado surgió de la domesticación independiente de varias especies hermanas y que su posterior difusión por el hombre dio lugar a múltiples hibridaciones. Este autor indica que

su origen múltiple y la segregación de los híbridos contribuyó a incrementar la gran diversidad que hoy se observa y que el nombre de *Bactris* (Guilielma) *gasipaes* K. debe reservarse exclusivamente para los pijuayos cultivados que constituyen una especie sintética.

La descripción morfológica del pijuayo cultivado se hizo con base en las colecciones del Banco de Germoplasma de Pijuayo, ubicado en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles, Costa Rica. Este Banco es considerado como el más extenso y con mayor número de introducciones del mundo. Los datos fueron tomados de 398 árboles procedentes de Bolivia, Brasil, Perú, Ecuador, Colombia, Panamá y Costa Rica, utilizándose una lista de descriptores con 101 variables empleadas por Mattos-Silva (1992). La descripción siguiente se basa en promedios, valores mínimos y máximos y distribución de frecuencias.

Árbol

De crecimiento cespitoso; altura promedio 16 m. con un ámbito de 5.5 a 24.0 m. Tallo cilíndrico, recto, 12 (2,5 a 21) m. de altura y 18 (11.5 a 26) cm. de diámetro; nudo o cicatriz foliar generalmente nivelado 4.0 (2.3 a 9.2) cm. e internudo 14.5 (6.6 a 26.6) cm. de longitud, con espinas o glabro; espinas, cuando presentes, con un promedio de 38 (7 a 97) en 16 cm² en el internudo, generalmente oscuras y de consistencia que varía de débiles a fuertes, las más largas con tamaños que varían de 2.5 a 14.3 cm.

Corona

Formada por 21 (10 a 30) hojas pinnadas, glabras o con espinas cortas presentes en toda la extensión de la vaina, del pecíolo y de la vena central; las espinas pueden también estar presentes en las superficies abaxial y adaxial y en el borde de los folíolos; no hay evidencia fenotípica clara que pueda separar la vaina del pecíolo – excepto durante su desarrollo cuando forma un cilindro que se abre por la presión del estípite al engrosar –, ambos sumados miden 107 (49 a 179) cm. de longitud; lámina con 300 (178.5 a 396) cm. de longitud y presenta 249 (180 a 386) folíolos; los folíolos son siempre bífidos, pubescentes en la fase joven, 84 (57.5 a 114.8) cm. de longitud y 4 (2.6 a 6.3) cm. de ancho máximo, con un promedio de 5 (0 a 64) fusionados en la base de lámina y 11 (0 a 29) en el ápice.

Inflorescencia

Inicialmente dentro de dos brácteas; una externa corta triangular y dura – profilar – aproximadamente 12.7 cm. de ancho y 180 (50 a 875) g. y la interna – peduncular – encerrada, es

una espata glabra o con espinas distribuidas en toda su extensión o solamente en el ápice; espata cerrada, cuando desarrollada con una longitud promedio de 83 cm., varía entre 51 y 125.5 cm.; diámetro 12 (6 a 18) cm., peso total 2.65 (0.7 a 6.25) kg. con un peso del espádice de 1.73 (0.35 a 4.2) kg.; grosor de la espata 5.6 (1.9 a 15) mm., internamente de color crema, algunas veces amarillo pálido; y con huellas presentes o no en la superficie interior, las huellas son provocadas por la compresión de las flores, principalmente las femeninas; pedúnculo 27 (10 a 71) cm. de longitud, raramente con espinas; raquis 50(31 a 77.5) cm. de longitud, con 3 (0 a 16) raquillas abortadas, cuyas bractéolas varían mucho en longitud, diámetro y forma; raquillas (espigas) fértiles 55 (25 a 145), longitud 29 (16 a 47) cm, rectas o recurvadas, con bractéolas que varían mucho en longitud y ancho; en las espigas aparecen ocasionalmente flores hermafroditas funcionales y además flores masculinas modificadas ("flores acompañantes") que son generalmente estériles y mal diferenciadas.

Flores

Estaminadas (masculinas) de color crema, algunas veces amarillo pálido, con 6 estambres dispuestos en pares a los lados de la corola y miden 4.4 (2.3 a 6) mm. de diámetro por 4 (1.7 a 6.3) mm. de longitud; las pistiladas (femeninas) generalmente son de color amarillo y rara vez verdes; están intercaladas entre las estaminadas; son tricarpelares, sincárpicas, uniloculares con estigmas sésiles formados por la fusión incompleta de la parte distal de los carpelos, donde queda un canal – recubierto con tejido glandular – comunicador con el lóculo; miden 7.6 (3.5 a 12.3) mm. de diámetro por 7.2 (3 a 13.1) mm. de longitud; el estigma queda expuesto, ya que la corola no alcanza a cubrir el ovario; pero está parcialmente protegido por un velo que lo rodea formado por una extensión de la epidermis.

Racimo

Siempre en las axilas de las hojas inferiores, 6.1 (0.7 a 20.4) Kg.; pedúnculo casi siempre glabro, 32 (12 a 60) cm. de longitud; raquis 46 (21 a 71) cm. de longitud, con 50 (18 a 89) cm las raquillas fértiles y 3 (0 a 15) cm las abortadas.

Frutos

Fértiles con el epicarpo generalmente brillante y de color anaranjado, amarillo, rojo o naranja encendido, 154 (0 a 764) por racimo, peso promedio 45 (4 a 186) g. diámetro máximo promedio 4.2 (1.9 a 5.1) cm. y longitud 4.5 (2.1 a 6.9)cm.; rayas en el epicarpo presentes o ausentes; mesocarpo de color anaranjado (algunos naranja encendido o crema), con alto a medio contenido

de fibras, contenidos variables de aceite y de agua; el ápice del fruto puede ser mamiforme, redondeado, puntiagudo o truncado; la base es ondulada, plana, ancha o redondeada; la corola dentada, tridentada o redondeada; frutos partenocárpicos 21 (0 a 326) por racimo, peso promedio 36 (3.1 a 142)g., diámetro máximo promedio 3.6 (1.8 a 7.1) y longitud 4.3 (2.0 a 6.5) cm.

Semillas

Aquí se considera el endocarpo como uno de los componentes de la semilla que, aunque botánicamente esto es controversial, funcionalmente sí lo es) dispuestas en la parte mediana del fruto pero ocasionalmente, pueden ser encontradas en la zona distal; varían bastante de forma, la cual puede ser obovada, elíptica, redondeada, oblonga o cuneiforme; pueden ser libres, o de mediana a alta adherencia al mesocarpo; peso 3.2 (1 a 8.8)g, longitud 2.2 (1.2 a 4) cm. y diámetro máximo promedio 1.5 (1 a 2.3)cm.; los dos poros estériles están nivelados o con alturas diferentes y con 4.8 (2.1 a 7.7) mm. de separación y a una distancia de 1.5 (0.1 a 5.3) mm. del extremo distal; poro fértil a una distancia de. 3.9 (0.8 a 5.3) mm. del extremo distal; tejido de fibras aplanadas sobre el endocarpo, semejando un arilo, oscuro distribuido generalmente en la parte dorsoventral, algunas veces sólo en la dorsal o sobre todo el endocarpo; endocarpo con un grosor de 0.8 (0.2 a 1.2) mm.; fibras libres en toda la extensión, más concentradas en el ápice, cuerno presente o ausente.

3. Base genética disponible

3.1. Variabilidad Inter-especifica

En la región del Chocó Biogeográfico, se han observado materiales de diferentes formas, tamaños y color del fruto, entre otras características. Algunas variedades han sido introducidas desde el Bajo Calima y otros materiales son nativos de la región. La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica regional 9- ha venido estudiando las características morfológicas de la planta, como la presencia o no de espinas en el tronco y hojas, longitud de entrenudos, coloración de la cáscara del fruto, la forma y tamaño del fruto, son factores que se utilizan para describir variedades.

3.2. Variabilidad intra-especifica

La especie tiene una variedad característica denominada sin espinas, la cual es muy apreciada por la calidad de su fruto más no de su palmito.

3.2.1. Colecciones *ex situ* en Yurimaguas-Perú

Las colecciones más antiguas de germoplasma de *Bactris gasipaes* HBK Mc Vaugh existentes en la actualidad fueron realizadas por el INIA/ICRAF entre los años 1986-1988 en el Departamento de Loreto (Yurimaguas). En la Estación Experimental San Roque del INIA/ICRAF, Loreto (Yurimaguas), se ha evaluado este material en tierra firme, no habiéndose identificado fenotipos que sobresalen en rendimiento.

El INIA/ICRAF y el INIA/ICRAF en convenio, realizaron en el año 1996 i 1998, una colección de 12 poblaciones en 5 cuencas en la localidad de Yurimaguas llegando a obtener 99 150 introducciones de libre polinización. Las mismas que fueron instaladas en la cuenca del Aguaytia Ucayali, en suelos de no inundables y en campo de agricultores, según el diseño completamente aleatorizado con un promedio de 25 repeticiones o plantas por introducción.

3.2.2. Colección *ex situ* en Pucallpa-Perú

En Ucayali, la colección de germoplasma del INIA/ICRAF constituida por plantas originarias de Loreto (Yurimaguas) fue instalada en 1996 y 1998 en terrenos no inundables de agricultores. Este material ha sido evaluado, pues cuenta con diseño experimental y número de repeticiones expresado. En este lugar, el pijuayo encontró condiciones favorables para su adaptación, lo que permitió identificar plantas madres con buenas características fenotípicas y genotípicas, y evaluar hasta el presente tolerancia a las condiciones de suelo y clima, arquitectura de planta, emisión de botones florales, cantidad y calidad de frutos.

En la colección de germoplasma de INIA/ICRAF, 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 la cuenca: alto, mediano y bajo, las características son:

- Altura y vigor de plantas

- Diámetro de tallos y ramas
- Forma y color de las hojas
- Precocidad. Se considera que una planta es precoz cuando comienza a producir a los 3 años de la germinación.
- 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 1 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 socio-económica de cada zona de producción, donde las cosechas graduales son convenientes para mantener precios estables.
- Productividad: Características remarcables de algunos genotipos seleccionados por INIA/ICRAF-Ucayali (cuenca del Aguaytia)son su alta productividad. 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.
- Variabilidad en el contenido de vitamina A: Se encontró un amplio rango; la información sobre las plantas selectas es aun escasa. Siendo el vitamina A una de las la razones principales del cultivo de pijuayo, 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.

3.2.5. Diversidad en manos de agricultores

Entre 1996 y 1998, el INIA/ICRAF, el Ministerio de Agricultura, y otras entidades, establecieron EN LOS Departamentos de Loreto (Yurimaguas) y Ucayali (cuenca del Aguaytia) plantaciones con plantas francas originadas en semilla silvestre, de las cuales sobreviven en gran parte, lo cual implica una mayor amplitud de la base genética en proceso de domesticación. También implica 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.

5. Bases del mejoramiento genético del pijuayo

Se ha informado que pese a tener flores hermafroditas, el pijuayo es una especie alógama facultativa con algo más de alogamia (fecundación cruzada de tipo anemófilo y entomófilo) y menor 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/ICRAF - Ucayali. 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 pijuayo, los métodos de mejoramiento corresponde a los aplicados a plantas alógamas, consistentes básicamente en selección recurrente, tales como creación de variedades-población, variedades sintéticas o variedades híbridas. Además, el pijuayo 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 vitamina A 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 2 puntos muy importantes:

(a). La información botánica, citogenética y genética sobre el pijuayo, *Bactris gasipaes* 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 pijuayo requiere entre 3 a 5 años para mostrar su potencial productivo y entre 7 a 8 ó más años para confirmar su capacidad productiva definitiva. Por lo tanto, para el mejoramiento de esta

especie debe 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 Amazonia 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 vitamina A
- Producir y distribuir semilla seleccionada por sus caracteres deseables debidamente acreditados

7. Estrategias para el mejoramiento genético del pijuayo

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 vuelve a repetir el proceso de recombinación y selección. Las PGS pueden ser propagadas y distribuidas (Fig. 3)

- **Hibridación.** En su forma mas 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 auto polinización, se pueden realizar hibridaciones intermedias para ir observado 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 al pijuayo en una especie que pueda adaptarse a la tecnología moderna y ser explotada con excelentes perspectivas económicas. 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 propone las siguientes categorías para este descriptor:

Precoz: Inicio de producción de fruta a los 3 años de la germinación

Semi precoz: Inicio de la producción a los 4 años

Tardío: Inicio de la producción a los 5 años

- (b) **Productividad:** En 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/ICRAF 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 mas cáscara y el 25 a 30% restante, peso de las semillas.

(c) **Contenido de vitamina A en la fruta:** El alto contenido de esta vitamina es fundamental para el cultivo del pijuayo y su valor económico. Sobre la base de análisis y estudios efectuados por diferentes Instituciones, entre ellas el INIA/ICRAF, el contenido no debe ser menor de 2000 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/ICRAF e INIA/ICRAF - Loreto (Yurimaguas), 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 subrayar la consistencia del comportamiento de introducciones y plantas destacadas de la colección del INIA/ICRAF-Loreto (Yurimaguas), 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 madres superiores, produzcan material menos heterogéneo y con un comportamiento superior en producción de frutos y contenido de vitamina A, al material de siembra actual.

Existen las siguientes opciones

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

Es el primer paso para avanzar hacia el logro de plantas mejoradas, fundamentado en la evaluación y selección de plantas madres aparentemente superiores y en la depuración de la descendencia lograda mediante semilla botánica. Se considera que podrían existir disponibles

un mínimo de 50 plantas madres selectas procedentes de 3 fuentes principales: Colección de INIA/ICRAF- Pucallpa, Colección de INIA/ICRAF- Yurimagua y Productores de Loreto (Yurimaguas) 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 5 x 2.5 m.. Un año después de sembradas las semillas estarían listas para ser instaladas en campo definitivo.

b. Clonación de plantas madres selectas

Una vez elegidas las plantas madres, se procederá a su clonación mediante estacas. Se propone que las mismas 50 plantas que se propaguen por la vía sexual (semilla botánica) también se propaguen por la vía vegetativa. El nivel de metas a cumplir dependería del programa de extensión que se instaure. Luego de colectadas las estacas se requiere un año para tener los plantones en condiciones de ser instalados en campo definitivo.

c. Cruzamiento entre 10 plantas madres selectas

De las 50 plantas propagadas se elegirán las 30 mejores, sobre la base de los descriptores señalados para el “ideotipo”. Luego de colectará polen de las 300 plantas, que será mezclado antes de ser usado para polinizar a las mismas 30 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 almácigo 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 6º 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 de material sujeto a pruebas genéticas mas rigurosas y esquemas variables de selección recurrente. Para este trabajo a mediano y largo plazo se cuenta con la colección INIA/ICRAF/ efectuadas en Loreto (Yurimaguas) el año 1998. 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.

Se tienen las siguientes opciones:

a. Selección recurrente

a-1) Con cruzamiento no controlado, de todas o un grupo de plantas madres selectas, seguida de pruebas de progenie, depuración de plantas madres y progenies inferiores, cruzamiento no controlado entre progenies superiores restantes y producción de material selecto. Este cruzamiento entre plantas seleccionadas se hará en una parcela aislada de otras plantas de pijuayo. Se trata pues de la formación de una “población de producción” o huerto semillero comprobado. En la selección de las plantas 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 practicara con el mismo enfoque que en a-1; en este caso el comportamiento de las progenies 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 propiciara el cruce entre ellas en un campo aislado de otras plantas de pijuayo, dando lugar a la producción de semilla mejorada apropiada para su distribución a los productores

b) Propagación de las mejores plantas madres previa depuración mediante una prueba de comportamiento clonal.

Consiste en clonar todas las plantas madres superiores y observar su comportamiento en condiciones ambientales variables para dilucidar su valor genético. Una vez identificadas las plantas madres con el más alto valor genético se podrán optar por dos alternativas:

- Clonar las plantas madres de mayor heredabilidad

- Realizar cruzamientos entre todas las plantas madres 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 medibles. El impacto económico y social producido por este tipo de material podría estimarse también a partir del 6º año después del establecimiento de las nuevas plantaciones.

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

En la estrategia a corto plazo se ha enfatizado principalmente en el rendimiento de frutos. 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 10 mejores progenitores de Loreto (Yurimaguas) y Ucayali. Habrá dos juegos de genotipos así probados: uno del material en Ucayali, otro del material en Loreto (Yurimaguas). 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.

Dado el sistema reproductivo del pijuayo, 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 deberán tener una base genética amplia que estará asegurada en un compuesto o mezcla del polen de los 10 mejores genotipos seleccionados en cada localidad.

Las poblaciones que se generen tendrán 3 objetivos importantes:

- (i). Evaluación de la HCG de cada uno de los genotipos selectos en Ucayali (cuena del Aguaytia) y Loreto (Yurimaguas) para identificar a los mejores progenitores.
- (ii). Crear poblaciones mejoradas cruzando los genotipos selectos en cada una de las localidades.

(iii). Integrar las 2 poblaciones cruzando los genotipos selectos en Ucayali (cuenca del Aguaytia) por los selectos en Loreto (Yurimaguas).

2. Se estimaran la HCG, en ensayos replicados en Ucayali (cuenca del Aguaytia) y Loreto (Yurimaguas), 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 10 plantas por parcela y 4 repeticiones dentro de cada localidad.

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

4. Se integraran las poblaciones cruzando los genotipos selectos en Ucayali (cuenca del Aguaytia) con los de Loreto (Yurimaguas) para crear una población selecta de base genética amplia que podría ser compartida por los interesados en las zonas del país que estuvieran interesados en el cultivo de pijuayo.

(b) Creación de nuevas variedades.

Con los resultados obtenidos en (a). Se puede crear nuevas variedades que podrían ser de dos tipos:

- Variedades sintéticas:

La creación de estas variedades se basa en la alogamia y en los mejores progenitores, en base a sus 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 y cuyo comportamiento se ha mantenido estable por lo menos durante 3 años consecutivos. Estos genotipos serian propagados vegetativamente y plantados en un campo aislado de cualquier otra plantación de pijuayo. Las plantas serian 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 madres 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 madres como las productoras

de polen son selectas, se puede anticipar un comportamiento superior en rendimiento y contenido de vitamina A 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 procedencias de cinco cuencas de la Amazonia 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 pijuayo 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:
- Vitamina A:
- Peso de fruto:

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

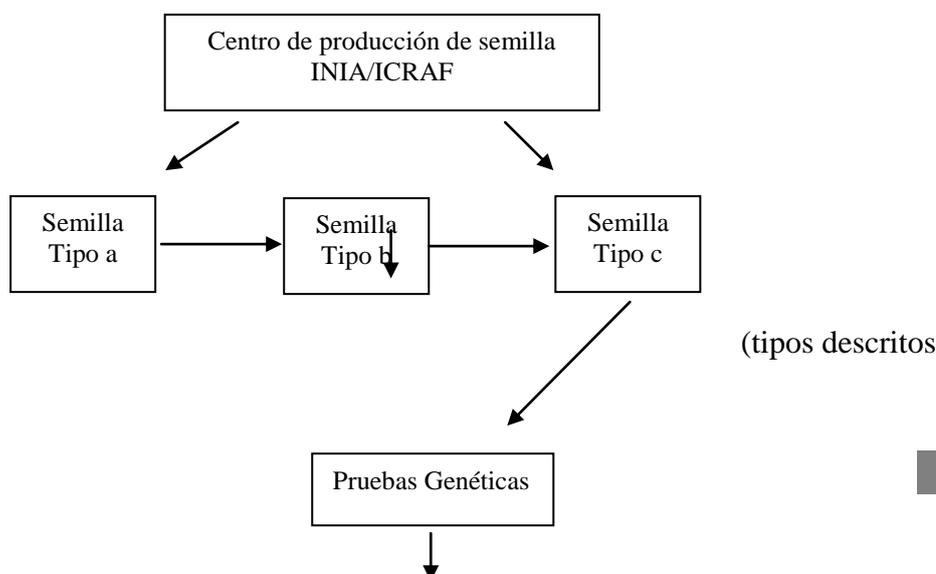
9. Distribución de semilla

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 clasificar de la siguiente manera: (ver también: estrategias para la producción de semilla mejorada en términos del tiempo – acápite 7.3)

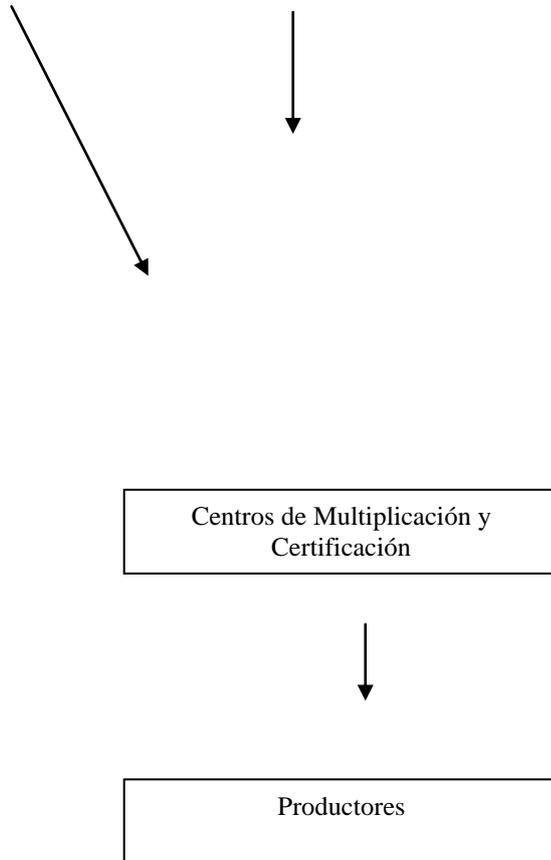
- a. De selección masal preliminar, de corto plazo (unos 3 años) y sin pruebas genéticas. Puede ser mediante propagación sexual (semilla proveniente polinización libre o vegetativa (mediante estacas o injertos
- b. De selección confirmada, basada en pruebas genéticas, lo que significa una evaluación 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/ICRAF.
- c. Basada en la combinación genética de caracteres, obtenible a largo plazo (mas 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. Asumiendo que esta 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



líneas arriba)



La “distribución” de la semilla implica básicamente su venta comercial, proceso que podría estar intermediado por 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 vitamina A. Basta una de las características para seleccionar la planta
- c. Pruebas genéticas para determinar heredabilidad de caracteres en las plantas seleccionadas. Para lo cual se deberá propagar vegetativamente, preferentemente 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 10 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 debe mantener 3-4 genotipos o ideotipos de distintas procedencias
- g. Hacer nueva 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 hacerlo 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 trabajara en auto polinización de plantas selectas para producir líneas puras principalmente por alto rendimiento, productividad precoz y contenido de vitamina A. De modo que al final de cada fase se pueden producir híbridos ideotipos por cruce de líneas productivas con líneas con alto contenido de vitamina A.

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

11. Investigación

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

Prioridad 1:

- Métodos de propagación clonal
- Estandarizar el método de análisis de vitamina A para uso de los investigadores de diferentes instituciones y así tener datos comparativos de contenido de vitamina A.
- Desarrollar método rápido para determinar en campo el contenido aproximado de vitamina A 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 *Bactris gasipaes* y *Myrciaria floribunda*. para ser utilizados como patrón en injertos en que se utilizaría *Bactris gasipaes* 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. Necesario identificar gen marcador dominante que diferencia 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 pijuayo.

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

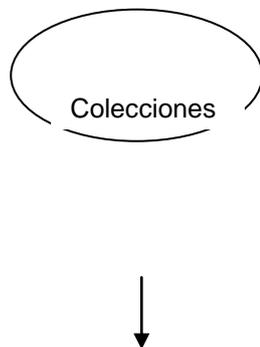
- Protocolo de extracción de ADN del pijuayo.
- Determinar marcadores moleculares para identificar *loci* relacionados a caracteres cuantitativos (QTL).

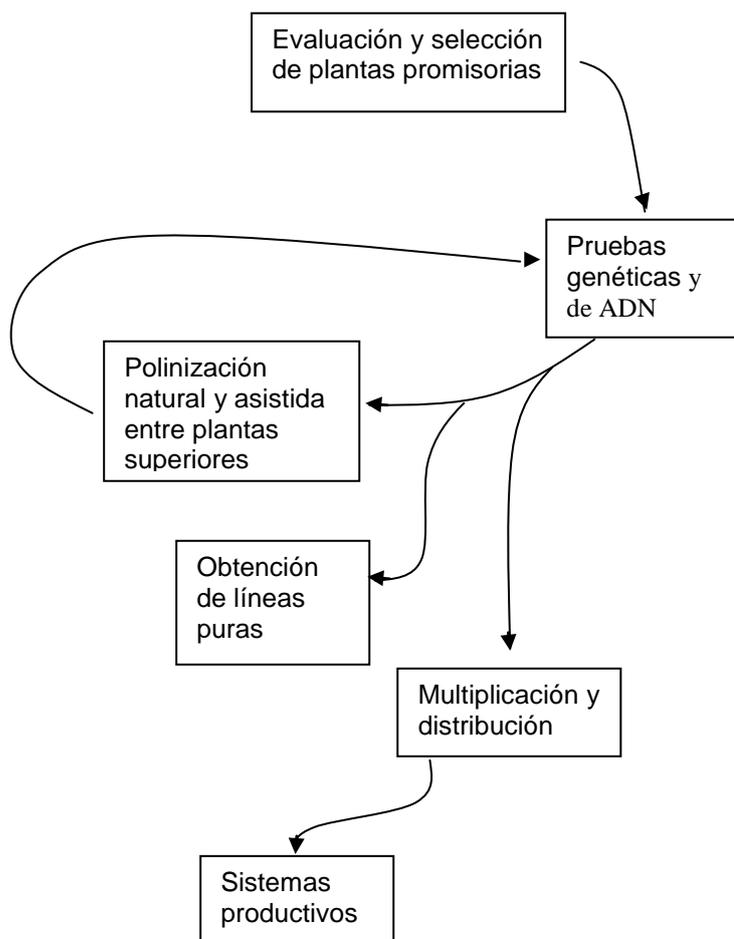
Prioridad 2:

- Confirmar el número cromosómico de *Bactris gasipaes*
- Estudiar viabilidad y almacenamiento de polen.
- Estudiar factibilidad del cultivo de anteras para obtener genotipos homocigotas de las plantas selectas por rendimiento de frutos, contenido de vitamina A y otros caracteres deseables.
- Inducción de mutaciones para mayor tamaño de frutos y periodo más corto de floración y fructificación.

- Tetraploidización de *Bactris gasipaes* para comparar mérito agronómico de ambos niveles de ploidía.

Figura 2. Esquema global de selección aplicable al pijuayo





Ciclo hacia "ideotipo"

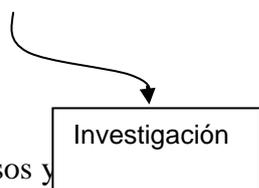
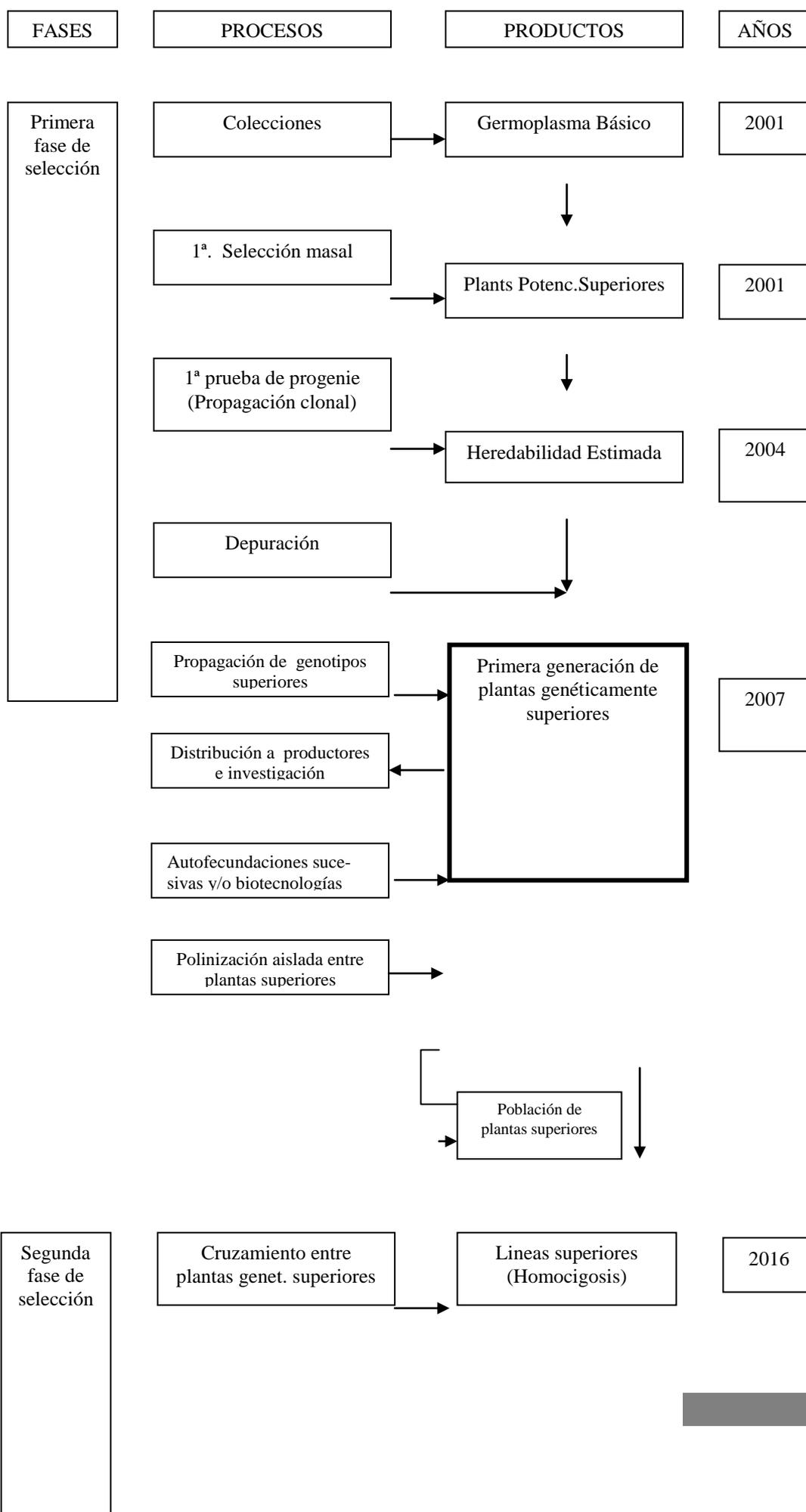
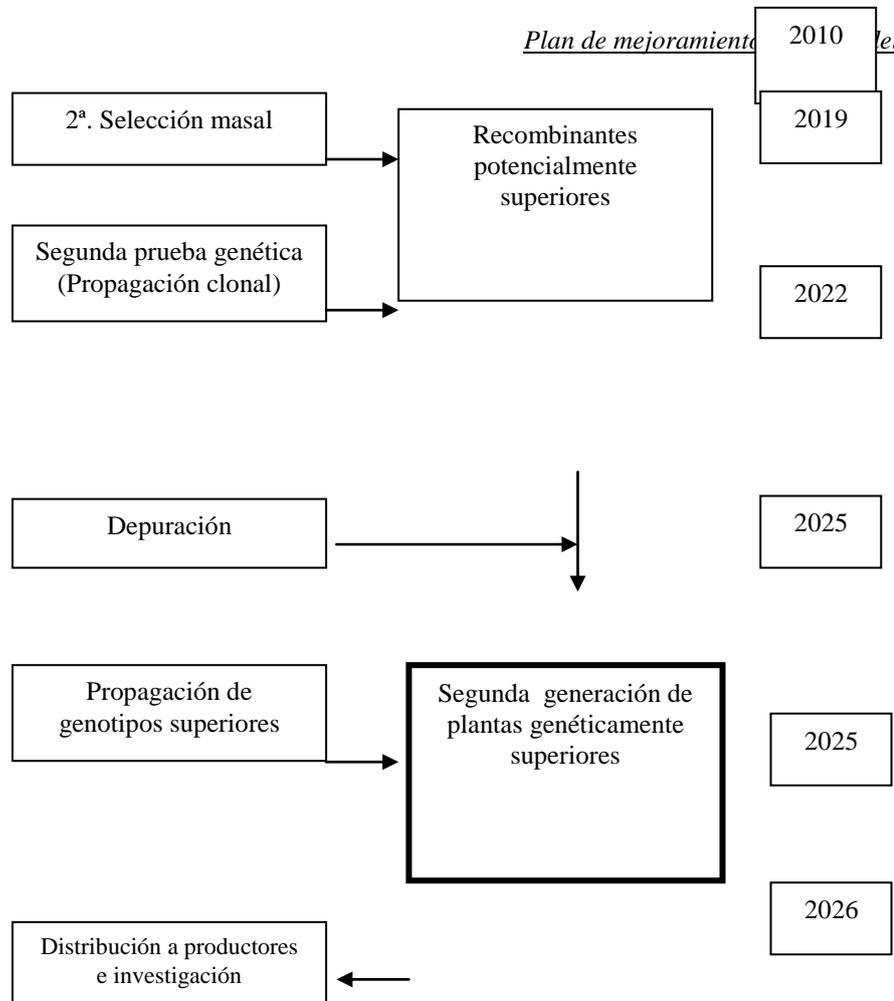


Figura 3. Secuencia a largo plazo de procesos y Investigación mejoramiento del pijuayo





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

	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
<u>FIN</u> Contribuir a la sostenibilidad del desarrollo agrario de la Amazonia mediante tecnologías que aporten a la eficiencia de los sistemas productivos	Diez (10) clones y/o variedades de pijuayo , han sido distribuidas en Loreto (Yurimaguas) y Ucayali (cuenca del Aguaytia)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 Amazonia Peruana	Por lo menos diez (10) plantas mejoradas evaluadas y distribuidas en Loreto (Yurimaguas) 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 pijuayo

<u>RESULTADOS</u>			
<p>1. Disponibilidad de germoplasma con amplia base genética para satisfacer los requerimientos del mejoramiento</p> <p>2. Evaluación, selección y recombinación de germoplasma con énfasis en productividad, precocidad y contenido de vitamina A</p> <p>3. Producir y distribuir semilla seleccionada por sus caracteres deseables debidamente acreditados</p>	<p>-150 introduc. de cinco cuencas de Loreto (Yurimaguas) colectadas al año 2</p> <p>-150 introduc. evaluadas según descriptores al año 4</p> <p>- 5 plantas seleccionadas pre-existentes, multiplicadas y distribuidas en el año 2</p> <p>-3 plantas superiores distribuidas al año 08</p> <p>- 10 plantas superiores probadas al año 07</p>	<p>-Fichas pasaporte de las colecciones</p> <p>-Descriptores de evaluac. de germoplasma ejecutados</p> <p>-Informes técnicos sobre evaluación de germoplasma</p> <p>-Actas de visita a parcelas de agricultores que evidencien la existencia de plantas mejoradas</p>	<p>- Prioridad para pijuayo en la política de largo plazo del INIA/ICRAF</p> <p>-Disponibilidad financiera del INIA/ICRAF</p> <p>-Crecimiento de la oferta y demanda interna y externa</p>

Marco lógico del plan de mejoramiento para el periodo 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										
Multiplicación										
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

1. AZCON-BIETO, J. AND TALÓN, M. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Mc Graw Hill Interamericana, Madrid.
2. BIDWETE, R.G. 1990. Fisiología Vegetal. Prisma. Madrid.
3. BROCHAT, T.K.; DONSELMAN, M.H. 1984. Rootgeneratoión in transplanted palms. *Príncipes* 28 (2): 90-91
4. CABRERA, W. A 1998. Aspectos Fisiológicos en la Formación de Raíces Adventicias. La Molina, Lima.
5. CLEMENT, CH.; PATIÑO, V. 1990. Diversidad Genética en pejibaye, Razas e Híbridos. Cuarto Congreso Internacional del Pijuayo. Iquitos, Perú. Editorial UCR, San José, Costa Rica, 11-20 p
6. EEUWENS, C.J. 1978. Effects of organic nutrientes and hormones on growth and development of tissue explants from coconut (*Cocos nucifera*) an date (*Phoenix dactylifera*) palms cultured in vitro. *Physiologia Plantarum* (Dinamarca) 42(2): 173-178.
7. HARTMANN, H.T., 1982. Plant Propagation: Principles and Practices. 6th ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J.
8. MATOS SILVA, A 1992. El pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K): origen, biología floral y manejo agronómico. In: Palmeras poco utilizadas en América Tropical.
9. MORA URPI. 1983. Fisiologia del Pejibaye (*Bactris gasipaes*).
10. CLEMENT, CH.; WEBER, J. MORA, J.; 1997. Peach Palm *Bactris gasipaes* Kunth. International Plant Genetic Resources Instiute. Rome – Italy.
11. PATIÑO, V. M. 1963. Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Vol. I. Imp. Dept., Cali, Colombia
12. PINEDO, P.M. 1987 órgano génesis directa en ápices caulinares de pejibaye (*Bactris gasipaes* H.B.K.). Tesis Mg.Sc. Turrialba, C.R. Programa Universidad de Costa Rica / CATIE. 112p.

13. PINEDO , P.M; TANCHIVA, F.E.1989. Aislamiento de hijuelos basales de pijuayo (Bactris gasipaesH.B.K). estación experimental “San Roque”. Informe de Experiemento, INIAA, Iquitos.
14. SALISBURY. F. B. AND ROSS, C. W. 1994. Fisiología Vegetal. Versión en Español Grupo Editorial Iberoamerica. México.
15. SHARMA, D.R.;KUMARI, R.; CHOWDURY,J.B.1984. Organ cultures In vitro culture of female data palm (Phoenix dactylifera L.)tissue. Eyphtica (Holanda) 29(1): 169-174
16. TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA. SECRETARÍA PRO – TEMPORE.Cultivo del Pijuayo (Bactris gasipaes Kunth) para palmito en la amazonía. 1996. Lima – Perú.
17. www.monografias.com
18. www.corpoica.org.co/agrocambio/6.html