

# FITOMEJORAMIENTO PARTICIPATIVO DEL KA' A HE' Ë



 **CONSEJO NACIONAL  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA**





# **FITOMEJORAMIENTO PARTICIPATIVO DEL KA' A HE' Ë**

## **Autores:**

Héctor David Nakayama

María Caridad González

Antonio Samudio Oggero

Rosanna María Britos

Carlos Mussi Cataldi

Federico Alberto Cantero

Juan Venancio Benítez

Inocencia Peralta López

# **FITOMEJORAMIENTO PARTICIPATIVO DEL KA' A HE' Ë**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**

Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica

Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas

**INSTITUTO PARAGUAYO DE TECNOLOGÍA AGRARIA**

Centro de Investigación Hernando Bertoni

**COOPERATIVA LA NORTEÑA YCUAMANDYU**

**CÁMARA PARAGUAYA DE LA STEVIA**

**MINISTERIO DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

REDIEX

**INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

***Héctor Amilcar Rojas Sanabria***

Vice Rector – Rector en ejercicio

Universidad Nacional de Asunción

***Inocencia Peralta López***

Directora General

Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica

### **Equipo administrativo del proyecto 14-INV-452 CONACYT**

José Coronel*	DGAyF-UNA
Mirian Unzain	DGAyF-UNA
Mario Paniagua	DGAyF-UNA
Mónica Balbuena	DGAyF-UNA
Alide Rodríguez Alcalá	Consultora Independiente

\*Director General, DGAyF-UNA

Las opiniones, resultados e interpretaciones del presente documento y los límites territoriales que aparecen en el mismo, son propios de cada uno de los autores, y no necesariamente reflejan la posición de la Universidad Nacional de Asunción, salvo que así lo señale expresamente.

### **Equipo de investigadores del proyecto 14-INV-452 CONACYT**

Héctor David Nakayama*	CEMIT-DGICT-UNA
Antonio Samudio Oggero	CEMIT-DGICT-UNA
Joel Egidio Caballero	Cooperativa La Nortefía
Rosanna María Britos	IPTA
Carlos Mussi Cataldi	CEMIT-DGICT-UNA
Juan Venancio Benítez	CEMIT-DGICT-UNA
María Caridad González	INCA
Federico Alberto Cantero	IPTA
Rubén Darío Duré	CEMIT-DGICT-UNA
Liz Adolfina Bogado	CEMIT-DGICT-UNA
Inocencia Peralta López**	DGICT-UNA

\*Investigador Principal

\*\*Directora de Proyectos

Edición: Alide Rodríguez Alcalá

Diseño y Diagramación: Sara Paredes

Primera edición, septiembre de 2018

ISBN 978-99967-0-678-3

Tiraje: 300 ejemplares

Impresión:

En el marco del proyecto 14-INV-452 FORTALECIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE Stevia rebaudiana Bert. (KA'A HE'Ë) A TRAVÉS DEL FITO-MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO CON PEQUEÑOS PRODUCTORES. Co financiado por el CONACYT a través del programa PROCENCIA con los recursos del Fondo para la Excelencia de la Educación e Investigación - FEEL.

ISBN: 978-99967-0-678-3



# PRÓLOGO

El consumo del ka'a he'ë se ha globalizado debido a su alto valor edulcorante, natural y sin efectos nocivos registrados. Este hecho ha generado un mercado insatisfecho por la alta demanda y la deficiente producción a escala mundial. Se ve necesario obtener variedades con alta productividad, en condiciones de estrés hídrico y frente a patógenos. En ese proceso de mejoramiento, los pequeños productores pueden jugar un papel importante, al aportar su experticia y conocimiento, de la mano de los técnicos mejoradores, para la selección de nuevos materiales de ka'a he'ë.

El presente documento es el resultado de la investigación realizada por un equipo multidisciplinario, co-financiada por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), ejecutada por la Universidad Nacional de Asunción a través del Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas de la Dirección General de Investigación Científica y Tecnológica (CEMIT-DGICT-UNA), en asociación con el Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), Cooperativa La Norteña Ycuamandyyu, Ministerio de Industria y Comercio (REDIEX/MIC), Cámara Paraguaya de la Stevia (CAPASTE) y el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de Cuba.

Productores de ka'a he'ë del departamento de San Pedro fueron capacitados en temas de Mejoramiento Participativo, además de realizar la selección participativa en un campo demostrativo de la Cooperativa La Norteña.

Ponemos a disposición una guía práctica y accesible como un aporte al proceso de participación de los pequeños productores en el mejoramiento del ka'a he'ë.



## EL MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PLANTAS

El mejoramiento de las especies cultivadas comenzó hace más tiempo de lo que imaginamos, precisamente cuando inició la agricultura. Los primeros agricultores, intuitivamente seleccionaron semillas de aquellas plantas que producían los mejores frutos (frutos que les gustaban más), estos agricultores ya comenzaron a seleccionar a los cultivos como los conocemos en la actualidad, hace ya más de 10 siglos.

El mejoramiento genético de plantas se define como el conjunto de operaciones que partiendo de un grupo de individuos cuyas cualidades no se encuentran en la condición requerida, permite obtener otro grupo capaz de reproducirse, que se denomina cultivar y que constituye un progreso en algunas características, como un medio para satisfacer, cada vez en mejor forma, las necesidades de la humanidad.

En los programas de mejoramiento de cultivos de interés agrícola es necesario contar con una amplia base genética que garantice suficiente variabilidad para tener probabilidades de seleccionar los genotipos. Esencialmente este programa consiste en tres fases: generación de la variabilidad genética, selección de genotipos y evaluación de los genotipos seleccionados con caracteres agronómicos ideales.

Se requiere un sistema que involucre herramientas complementarias al sistema de mejora convencional, buscando el aprovechamiento adecuado de la variabilidad genética con la que se cuenta. En este grupo de herramientas se encuentran el cultivo de tejidos in vitro, la inducción de mutaciones y la transformación genética.

Una base genética estrecha representa dificultades para los diferentes programas de mejoramiento, la falta de variabilidad genética en germoplasmas élite, por ejemplo para genes de resistencia a enfermedades, posibilita a una enfermedad devastar toda la producción por ser todas éstas genéticamente semejantes. Kisha y Diers (1997) demostraron que variaciones genéticas para productividad y otras características agronómicas, pueden estar limitadas por la falta de diversidad genética en los cruzamientos entre genotipos de parentales élite.

## INDUCCIÓN DE MUTACIONES

Una mutación se define como un cambio heredado en la información genética: los descendientes pueden ser células o individuos. Las mutaciones sirven como herramientas importantes para el análisis genético: la solución para casi cualquier problema genético comienza con un buen juego de mutantes. Las mutaciones son el origen primario de la variabilidad genética y, por lo tanto, cierto control sobre su frecuencia y/o espectro puede considerarse una herramienta de gran valor para el mejoramiento de las plantas cultivadas.

La mayor parte de la variación genética deseada explorada en los programas de mejoramiento se ha producido de forma natural y se conserva en las colecciones de germoplasma. Sin embargo, cuando estas colecciones no pueden proporcionar una fuente para un rasgo particular, es necesario recurrir a otras fuentes de variación. En tales casos, las técnicas de mutación proporcionan herramientas para la creación rápida de las características deseadas.

El uso de diversos mutágenos para generar variación genética en plantas de cultivo tiene una historia casi tan larga como la de reproducción convencional. La inducción de la variabilidad por la irradiación de semillas de cebada con rayos X se demostró ya en 1928 por Stadler. La aplicación de este fenómeno ha recorrido un largo camino para convertirse en una herramienta real, no sólo en el mejoramiento de los cultivos, sino también en investigación básica en el genoma de la planta, su estructura y función.

### Cultivares liberados

Año	1930	1980	1995	2008
<b>Variedades liberadas</b>	1	225	1.700	3.000

### Variedades comerciales por países

País	Cantidad
China	741
India	340
Japón	233
Rusia	214
Alemania	176
Holanda	176
USA	128

La inducción de mutaciones ha resultado ser un método eficaz para lograr variaciones dentro de un tipo de cultivo, ya que ofrece la posibilidad de inducir características deseadas que no se pueden hallar en la naturaleza o se han perdido durante el proceso evolutivo. Cuando los fitogenetistas no encuentran en el banco de genes de que disponen, un gen, o genes, resistente a una enfermedad en particular o tolerante a los cambios del medio ambiente, no tienen otra opción evidente sino tratar de inducir la mutación.

De acuerdo con Lagoda, mencionado en OIEA (2005), la mutación inducida de plantas es una técnica lanzada hace 80 años que utiliza la radiación para reorganizar la composición genética de las plantas. Este tipo de mutaciones también permiten adaptar ciertas plantas

al cambio climático. La mutación no deja radiación residual en la planta. Somos cada vez más conscientes que el cambio climático, la crisis alimentaria y el debate sobre las fuentes energéticas se han traducido en problemas cotidianos, por lo que, la mutación inducida puede ser una tecnología inofensiva capaz de responder a los desafíos a los que se enfrenta hoy la agricultura.

Las mutaciones dadas a conocer e incorporadas en programas de mejoramiento genético consisten, principalmente, en cambios en la arquitectura de la planta, tiempo de floración, forma y color de la flor, forma, color y tamaño del fruto y resistencia a patógenos e insectos. También se han reportado cambios por efecto de mutaciones en caracteres, como contenido de aceite en girasol y soja, composición de ácidos grasos del aceite de lino (*Linum usitatissimum*), soja y canola (*Brassica napus*). El agente debe ser lo suficientemente efectivo sobre el material hereditario para causar cambios en su estructura y al mismo tiempo, inocuo para el hombre.

Con relación al problema de bajo rendimiento y susceptibilidad a plagas y enfermedades, es posible mediante la mutagénesis radioinducida obtener genotipos con mayor productividad y resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades.

## INDUCCIÓN FÍSICA

La inducción artificial de mutaciones por medio de la radiación ionizante data de principios del siglo XX, pero no fue hasta unos 30 años después que se demostró que estas transformaciones podían emplearse en la fitotecnia. En los intentos iniciales para inducir mutaciones en las plantas se utilizó fundamentalmente la técnica de rayos X; más tarde, en los comienzos de la “era atómica”, se emplearon las radiaciones gamma y de neutrones, ya que estos tipos de radiación ionizante podían obtenerse fácilmente en los centros de investigación nuclear recién creados.

## INDUCCIÓN QUÍMICA

El número de mutágenos químicos es muy grande y continuamente se está incrementando, sin embargo para propósitos de mejoramiento en plantas cultivadas sólo unos pocos son realmente útiles. La mayoría de ellos pertenecen al grupo de los agentes alquilantes y dentro de ellos se pueden señalar los siguientes: metanosulfonato de etilo (EMS), sulfato de dietilo (DES) y a los compuestos nitrosos como la N-metil-N-nitrosourea (MNH). Una sustancia química de interesantes características como inductor de mutaciones es la ázida sódica, que no supone riesgos para los animales.

**MEJORAMIENTO  
PARTICIPATIVO**

---



Desde los inicios de la agricultura hasta la actualidad los agricultores han contribuido a la mejora genética de las plantas, seleccionando semillas de las mejores plantas en cada cosecha y de esta forma han garantizado el avance genético por selección y la obtención de genotipos de mejor comportamiento en los ambientes específicos en que fueron seleccionados. Aunque los agricultores no incluyen testigos ni replicaciones pero tienen otros factores que garantizaban el éxito de su trabajo, siendo el principal, el conocimiento del ecosistema donde desarrollan su actividad.

A través de los años la experimentación de los agricultores ha hecho posible la domesticación de una amplia gama de plantas, trayendo como resultado la existencia de miles de plantas genéticamente diferentes así como el incremento y conservación in situ de la biodiversidad.

El desarrollo de la Ciencia y la Técnica ha contribuido a hacer más eficientes los programas de mejora logrando obtener variedades de alto potencial productivo que han desafiado las previsiones pesimistas de Malthus y de esta forma seguir alimentando a una población mundial en continuo crecimiento, sin embargo, los principales éxitos están relacionados con tecnologías de altos insumos y ambientes favorables por lo que las variedades requieren determinadas condiciones para expresar su potencial productivo.

Los trabajos de mejora no pueden desconocer la interacción entre genotipo y el ambiente (GA), pues cuando el ambiente en que se realiza la selección es muy distinto al ambiente de destino, es posible que el resultado esperado no se logre, por lo que la selección directa en el ambiente de destino garantizará una mayor eficiencia en el proceso de selección y es donde radica la importancia del mejoramiento participativo, pues se in-

corporan los productores a la selección en el ambiente de destino, identificando los mejores genotipos en ambientes específicos.

En los programas de mejora convencionales, los investigadores son los responsables de la obtención de las variedades, las cuales son entregadas a los extensionistas para su transferencia y los productores son los clientes que se encargarían de adoptar o no las variedades obtenidas, sin embargo, las dos últimas décadas se han caracterizado por una mayor integración de los métodos de evaluación participativa en el desarrollo tecnológico, la innovación y en los programas de mejoramiento genético. La participación de agricultores, consumidores, y otras partes interesadas enriquece los procesos de selección al tener en cuenta las preferencias, perspectivas y los múltiples criterios de selección en ambientes de diferentes contextos y entornos socioeconómicos.

## MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO

Es un método de fitomejoramiento en el cual los diferentes actores locales de la cadena productiva (Agricultores + otros) participan conjuntamente con los investigadores en el proceso de desarrollo de las variedades y de nuevos cultivares desarrollados, a ser adoptados por los productores.

### PRINCIPALES VENTAJAS DEL MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO

- Los mejoradores se retroalimentan con los conocimientos y experiencias prácticas de los agricultores y éstos con los conocimientos de los investigadores.

- Se incrementan los ecosistemas donde se realiza la selección pudiendo explotar mucho más la variabilidad genética generada y con ello satisfacer las disímiles exigencias y necesidades de los agricultores y consumidores.
- Los resultados son introducidos con rapidez.
- Se incrementa y conserva la biodiversidad al realizar la selección en diferentes ambientes de destino.
- Se garantiza una rápida adopción de las variedades por parte de los productores al realizar la selección en sus áreas de producción.
- Mayor comprensión por parte de los científicos de las necesidades de los agricultores, conduciendo a una mejor identificación de los problemas apropiados para la investigación adaptativa y en finca.
- Uso eficaz y económico de los recursos mediante mejores nexos entre agricultores e investigadores.

## **ETAPAS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO**

- Identificar el problema: Se realiza con la participación de investigadores, agricultores y clientes en general.
- Selección de los progenitores: Selección por parte de los investigadores de los genotipos a emplear en los programas de mejoramiento genético para dar respuesta a los problemas y necesidades identificados.
- Incremento de la variabilidad genética: Incremento de la variabilidad genética por parte de los investigadores mediante diferentes métodos.

- Selección participativa: Selección conjunta (Productores-Investigadores) de los genotipos de interés mediante el desarrollo de ferias de diversidad.

- Selección en ambientes de destino. Evaluación de los genotipos seleccionados por cada productor en la etapa anterior en sus ambientes de destino e identificación de los de mayor adaptación al ambiente específico y la tecnología empleada por cada productor.

- Registro varietal: Caracterización de las nuevas variedades para su registro.

El mejoramiento participativo ha sido empleado en muchos países del mundo con muy buenos resultados. En Cuba se ha empleado en diferentes cultivos como: arroz, tomate, poroto, soja, garbanzo, maíz, papa, flor de Jamaica, lográndose la creación de equipos de trabajo integrados por productores y mejoradores lo que ha garantizado una ampliación de las áreas experimentales así como la obtención y rápida introducción de las nuevas variedades obtenidas.







**KA'A HE'Ē** (*Stevia rebaudiana*)





La *Stevia rebaudiana* Bertoni, es una planta arbustiva originaria de la zona de Amambay, Paraguay, es conocida en guaraní como ka'a he'ë (hierba dulce). Se produce en Paraguay y en otras partes del mundo, se usa principalmente como edulcorante dietético para alimentos y bebidas, especialmente porque no presenta calorías ni modifica los niveles de azúcares en la sangre. Las hojas se usan en preparaciones medicinales, varios glucósidos, en particular los esteviolglicósidos proporcionan a esta hierba su sabor que es de 100 a 300 veces más dulce que el azúcar, por lo que se puede usar, como edulcorante. El nivel de glucósidos de las hojas es muy variable, de forma que el dulzor de las mismas puede oscilar entre un 2% de glucósidos y un 18%, según las variedades o cultivares.

## DESCRIPCIÓN

En 1899, por primera vez el sabio Moisés Santiago Bertoni tuvo posesión de algunas plantas proveídas por los indígenas del lugar, la cultivó y le dio su clasificación botánica en 1905.

Crece en estado silvestre en forma de planta aislada, las hojas de las plantas han sido utilizadas por los guaraníes desde los tiempos pre-colombinos para endulzar los alimentos.

En la actualidad se produce en Paraguay, Argentina y Brasil, en donde se encuentran abundantes ecotipos, también se las cultiva en Japón, China, Taiwán y Filipinas, se usa principalmente como edulcorante dietético para alimentos y bebidas, especialmente porque no presenta calorías ni modifica los niveles de azúcares en la sangre como lo hacen la mayoría de los edulcorantes (como el azúcar o la miel).

Las hojas se usan en preparaciones medicinales, varios glucósidos, que proporcionan a esta hierba su sabor que es de 100 a 300 veces más dulce que el azúcar de caña, por lo que se puede usar, como edulcorante.

### CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>División:</b>	Spermatophyta
<b>Subdivisión:</b>	Angiospermas
<b>Clase:</b>	Dicotiledoneas
<b>Subclase:</b>	Simpétulas
<b>Orden:</b>	Asterales
<b>Familia:</b>	(Asteraceae) Compositae
<b>Género:</b>	Stevia
<b>Especie:</b>	rebaudiana
<b>Descriptor:</b>	Dr. Moisés Santiago Bertoni (1899)

### NOMBRES COMUNES:

**Paraguay:** Stevia, Ka'e he' ã (hierba dulce), Azucá-ka'á (hierba azúcar)

**Brasil:** Estevia, Ka'e he' ã (hierba dulce), Azucá-caá (hierba azúcar) Ca-á – yupé (dulce), Eira caá (hierba de miel).

**Colombia:** Stevia, Estevia

El tallo es anual, sub leñoso, pubescente; durante su desarrollo inicial no posee ramificaciones, tornándose multicaule después del primer ciclo vegetativo llegando a producir hasta 20 tallos en tres a cuatro años. En condiciones óptimas, el tallo puede llegar hasta un metro y medio de altura. También esta parte de la planta se caracteriza por su contenido de antioxidantes, 5 veces más comparado con el té verde, así también el contenido de steviósido es menor al 3% del peso seco.

Las hojas son elípticas oval o lanceoladas, pequeñas, simples; borde dentado; a veces en verticilos; algo pubescentes. El tamaño promedio aproximado es de 5 cm de longitud y 2 cm de ancho.

La raíz es fibrosa, filiforme, perenne y no profundiza, distribuyéndose cerca de la superficie del suelo. Es el único órgano de la planta que no contiene steviósidos.

Es una planta cuyo sistema radicular es perenne, la duración del cultivo dependen del manejo y las buenas prácticas. El sistema aéreo es transitorio las cuales rebrotan después de cada cosecha.

La flor es hermafrodita pequeña (7 a 15 mm) y blanquecina, en capítulos pequeños terminales o axilares, agrupados en panículas corimbosas.

El fruto es un aquenio que puede ser claro (estéril) u oscuro (fértil) y es diseminado principalmente por el viento.

La planta es auto incompatible, por lo que la polinización es entomófila; se dice que es de tipo esporofítico y clasificada como apomíctica obligatoria.

## MULTIPLICACIÓN

El ka'a he'ē es de reproducción sexual, la cual ocurre por medio de fecundación cruzada (alógama), caracterizada por dar origen a cultivares con gran variabilidad fenotípica, como así también en el contenido de los principios activos dulces en las hojas. Esta última característica es de utilidad para los investigadores para la selección de especímenes para la producción comercial de la planta.

Una planta tarda más de un mes en producir todas sus flores. En Paraguay florecen en octubre, diciem-

bre y marzo, pero se clasifica como planta de días cortos, situando el fotoperiodo crítico en 12 – 14 horas según el ecotipo, el contenido de steviósidos en la inflorescencia está alrededor del 3% del peso seco.

La madurez fisiológica del periodo vegetativo de la planta se da aproximadamente en tres meses dependiendo de la zona, temperatura y variedades, luego de la cual empiezan a dar indicios de la madurez organoléptica; hojas con mayor dulzor, debido a la aparición cada vez mayor de esteviósido y la disminución de fibras, el color verde se ve acentuado y aparece el aroma y olor. El inicio de la floración ocasiona disminución en las concentraciones de esteviósido en la planta.

La producción de mudas se realiza por medio sexual o por semilla botánica y por método asexual o vegetativamente por medio de brotes o partes de la planta, que podrían ser hijuelos, esquejes o estacas etc., dependiendo de las variedades a utilizar.



## **METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE MUDAS POR SEMILLA BOTÁNICA**

Es el método utilizado preferentemente para la propagación de materiales nativos, es un método sencillo y económico y su éxito depende de la aplicación de técnicas recomendadas.

La cosecha de semillas puede realizarse durante la mayor parte el año, cada 3 o 4 meses, pero la cosecha de febrero y marzo es la que produce semillas de mejor calidad, debido a la época de mayor actividad de insectos y abejas que visitan la plantación.

### **COSECHA DE SEMILLA DE PLANTAS ENTERAS**

Es el método más común de cosecha de semillas, se realiza cuando la plantación hayan adquirido una coloración marrón, es el momento en que la planta cumple con todo su ciclo, o cuando el 80% de los pétalos obtengan esa coloración marrón, y se procede a cortar la planta entera y posteriormente se procede a separar las semillas de las ramas y hojas. Con esta metodología de cosecha, 1 kilogramo de semilla da origen de entre 4000 a 7000 mudas. Esto se debe a que de esta manera se cosechan semillas maduras e inmaduras, y restos de la planta.

### **COSECHA DE SEMILLA EN FORMA SECUENCIAL**

La cosecha se inicia cuando el 50% de los pétalos de las flores de las plantas hayan adquirido un color oscuro, se realiza en tres a cuatro entradas, con intervalos de 7 a 10 días de ahí el nombre secuencial, se encapucha la planta con una bolsa plastillera, papel o lienzo y se sacude las plantas de manera a que las semillas se desprendan en el interior de la bolsa.

Con esta metodología 1 kg de semilla origina 30.000 a 45.000 plantitas, debido a que solo caen en la bolsa aquellas semillas maduras.

La cosecha de semillas puede realizarse durante la mayor parte del año, cada 3 o 4 meses, pero la cosecha de febrero y marzo es la que produce semillas de mejor calidad, debido a la época de mayor actividad de insectos y abejas que visitan la plantación.

En el caso de variedades mejoradas no se puede recurrir a la reproducción sexual o por semilla botánica porque ocurrirá la llamada segregación genética, ya que el ka`a he'ë es una planta de polinización cruzada, y se observa gran variación en plántulas obtenidas por semilla botánica, ya sea en sus características fenológicas e industriales, es la razón por la cual las variedades cuyas características se desean mantener de generación en generación como es el caso de la variedad de ka`a he'ë "Eirete y Katupyry, o cualquier material clonal deben multiplicarse vegetativamente, por medio de partes de la planta, ya sea hijuelos, estacas o esquejes.

El método más recomendado de reproducción asexual por ser el más rápido y económico es la multiplicación por esquejes.

Para iniciar la producción de mudas de una variedad mejorada se deberá contar con un plantel inicial de plantas madres que deberán ser adquiridas de entidades y viveros registrados en el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Vegetal y de Semillas (SENAVE) de manera a asegurar su identidad, y certificar su calidad tanto industrial como sanitaria.

La cantidad de plantas madres depende de la capacidad de producción, la cantidad de mano de obra disponible, la capacidad del módulo de sombraje y la superficie del cultivo que se desea realizar.

Por lo general son suficientes 3.000 unidades para producir la cantidad necesaria de mudas para la instalación de media hectárea de cultivo en un año.

Las plantas madres provistas por los viveristas ya sea en contenedores (bandejas o macetas) o a raíz desnuda serán trasplantados a campo, cercanos al módulo de enraizado, preferentemente con un arreglo es-

pacial de cuatro hileras simples de 30 cm entre sí, un caminero de 50 cm y seguidamente cuatro hileras de 30 cm y así sucesivamente, la distancia entre plantas podría ser de 20 a 30 cm entre ellas, de manera a facilitar el corte de los esquejes, también se puede realizar arreglos de hileras simple 50 cm entre hileras y 20 entre plantas.



### ÉPOCA DE MULTIPLICACIÓN

La multiplicación vegetativa o producción de plantines se inicia a partir de agosto hasta el mes de febrero, prácticamente 7 meses al año se puede realizar esta actividad. La multiplicación se paraliza en el mes de marzo, porque en esta época las plantas madres comienzan a florecer abundantemente, y todos los esquejes que brotan lo hacen con botones florales, y por lo tanto pierden su capacidad de emitir raíces. Es conveniente suspender la multiplicación y esperar el mes de mayo para plantar en el lugar definitivo.

### METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE PLANTINES

La plantación en contenedores es la más eficaz, ya que utilizando todas las técnicas correctamente tiene un alto porcentaje de enraizamiento, además permite realizar trasplantes durante todo el año, su desventaja con otros métodos es su mayor costo de producción.

La plantación de los esquejes se realiza introduciendo los esquejes (3 cm de longitud, o introduciendo 2 a 3 nudos) en macetas plásticas, de 8x15, 10x15, también pueden realizarse en bandejas de plástico o de isoport, el tamaño varía desde 50 celdas hasta 162 celdas por bandejas, últimas experiencias indican que el que mejor resulta, por su capacidad de retención de agua y el tamaño de las raíces es la utilización de bandejas con 50 celdas.

La cantidad de mudas oscila entre 200 a 400 unidades/m<sup>2</sup>, las mudas producidas en contenedores pueden ser trasplantadas a los 45 a 60 días después de la fecha de plantación de las mismas y tienen la ventaja de alcanzar un prendimiento a campo superior a los 90%.

Los plantines producidos en contenedores estarán listos, para ser trasplantadas a campo a los 45 a 60 días después de la plantación de los esquejes.

Para la producción en contenedores es necesario tener un sustrato para que los mismos que proporcionen nutrientes al plantín antes de ir a campo.

Los materiales para la producción del mismo dependen de los que se tengan disponibles en la finca, en lo posible utilizar gallinaza como enmienda orgánica antes que el estiércol vacuno debido a que este último posee semillas de malezas en su composición.

## **PLANTACIÓN DE ESQUEJES DIRECTO EN TABLONES**

La plantación a raíz desnuda es un método de producción masiva de plantines, debido a su practicidad y bajo costo.

La plantación de los esquejes se realiza en tablones de un metro de ancho y el largor depende de la superficie del módulo de enraizado.

La plantación de los esquejes se realiza abriendo pequeños surcos y se van plantando los esquejes cada un cm entre sí y 10 cm entre cada hilera o surco, así en un metro cuadrado se planta 1000 esquejes.

La profundidad de plantación no debe ser menos a 3 cm, o asegurar de que queden bajo tierra 1 a 2 nudos.

Los esquejes plantados con este método están listos para ser trasplantadas al lugar definitivo a los 90 días.

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS ESQUEJES**

Una planta puede tener tres tipos de esquejes: terminales, sub terminales y basales.

Lo que se recomienda es desechar los esquejes basales debido a su bajo porcentaje de enraizamiento, y utilizar tanto los esquejes terminales como los sub terminales, la cantidad disponible de cada uno depende de la edad y altura de las plantas.

Los esquejes deben tener un tamaño de 10 a 15 cm de longitud, con 4 a 5 nudos y 8 a 10 hojas.

La localización del corte es en la base del entrenudo aproximadamente a 0,5 cm del último nudo.

### **TRATAMIENTO DE LOS ESQUEJES**

De manera a evitar la diseminación de las enfermedades, obtener mudas sanas y de alta calidad se realiza el curado de los esquejes, sumergiendo los esquejes cortados en una solución preparada con fungicidas ya sea químico o biológico dependiendo del sistema seleccionado.

## PLANTACIÓN DE LOS ESQUEJES

Es muy importante realizar correctamente la plantación de los esquejes, independientemente a que se haga en contenedores o directamente en los tablones, la profundidad de plantación no debe ser menor a los 3 cm, y para asegurar esto se debe introducir por lo menos dos nudos bajo tierra. Otro aspecto a resaltar es la no remoción de hojas de los esquejes porque ésta propicia un mejor enraizamiento y calidad de los mismos.

### CONDICIONES PARA EL ENRAIZAMIENTO

- Temperatura disminuida
- Alta humedad

La temperatura del aire se consigue disminuir por medio del uso de malla media sombra sobre los enraizadores y con los sombrajes naturales.

Para asegurar el enraizamiento de los esquejes, una de las condiciones fundamentales es la de mantenerlos en un ambiente de alta humedad, de manera que los mismos no se deshidraten después del corte.

#### **Existen dos formas de lograr esto:**

Riego Intermitente: el sistema de riego debe ser preferentemente por micro aspersión y durante un periodo de 13 horas (6:00 hs a 19:00 hs), de la siguiente manera:

- cada 15 a 20 minutos, los esquejes son regados por un tiempo de 2 a 3 minutos. Esta operación se prolonga por aproximadamente 15 días. Luego se procede a un riego normal de las mudas. El trasplante al lugar definitivo se realiza a los 85 a 90 días posteriores a la plantación de los esquejes en los tablones.

Cámara húmeda: Luego de la plantación de los esquejes en contenedores o tablones, se procede al rie-

go de los mismos y luego es colocado un túnel a una altura de 50 cm de los esquejes, colocando arcos de tubos de plásticos, o tacuarillas a un metro de distancia y encima el plástico de film transparente de 80 a 120 micrones de espesor. El túnel debe estar cerrado herméticamente con arena a los costados y permanecer así durante 20 a 22 días, sin riego alguno. Transcurrido ese tiempo el plástico es retirado lentamente y se vuelve a regar normalmente, el plástico dependiendo del grosor puede ser reutilizado 2 a 3 veces, luego de una buena limpieza con agua y jabón.

## MANEJO DEL CULTIVO

La durabilidad del cultivo en el campo depende del manejo y adecuado, durante el año, son realizados tres cortes o cosechas que se repiten en los cinco años que potencialmente se explota el cultivo.

### PRIMER CORTE

El primer corte luego del trasplante es llamado poda de uniformización y los siguientes años, este corte es llamado poda de limpieza, si el trasplante fue realizado en su mejor época (de abril a mayo) el primer corte es realizado a la salida del invierno, y este representa en general el 20% de la cosecha total.

Cuando se tiene un cultivo recién establecido el primer año es llamado poda de uniformización, debido a que se realiza de manera a uniformar el cultivo permitiendo una brotación homogénea, siendo esta operación una de las más importantes para el éxito de los posteriores cortes.

Cuando se trata de un cultivo ya de varios años se lo denomina poda de limpieza, principalmente cuando el productor no realiza la cosecha de hojas a la salida del invierno y deja al cultivo llegar al término de ciclo de ese periodo.

Es muy importante realizar la poda en momento oportuno debido a que cortes tempranos induce a la planta a emitir brotaciones secundarias que atrasan la brotación principal comprometiendo la producción.

Criterios a tener en cuenta para obtener un mejor resultado con la poda de uniformización o limpieza:

- Fecha de trasplante.
- De manera a que se asegure el establecimiento de plantaciones realizadas con mudas provenientes de multiplicación vegetativa (esquejes), se recomienda no realizar la poda de uniformización, sino realizar una poda de limpieza, es decir, dejar que el cultivo complete su ciclo, de tal forma a que el sistema radicular esté bien establecido. A partir del segundo año manejar el cultivo normalmente.
- Considerar la zona en que se encuentra el cultivo: para la zona Central, Cordillera y San Pedro realizar la poda entre agosto y septiembre; para Alto Paraná y Sur, entre septiembre y octubre.
- En un cultivo que está en producción (dos años o más) esperar aproximadamente 80 a 90 días del último corte (marzo-abril), dependiendo de la variedad, para realizar la poda de limpieza.
- Monitorear la emergencia de las brotaciones principales que es el indicativo del momento oportuno de la poda de uniformización. Realizar la mayor cantidad de muestreos.

La planta de ka'a he' ě posee dos tipos de brotación, la brotación secundaria que es la emitida por las ramas posterior al corte y las brotaciones principales que se producen a nivel del cuello de la planta proveniente de los hijuelos.

Cuando la poda de uniformización se realiza fuera de época (poda tempranera), por lo general se induce a la planta a emitir brotaciones secundarias, atrasando las principales que son las que originarán la cosecha siguiente, comprometiendo de esa forma la obtención de buenos rendimientos.

## SEGUNDO CORTE

Es realizado en el verano, entre los meses de diciembre y enero, es el más productivo y corresponde al 45% de la cosecha total, y también es donde se alcanzan los tenores más altos de Steviolglicosidos.

## TERCER CORTE

Es realizado entre los meses de marzo y abril, y representa el 35% de la cosecha total.

Una vez finalizado este corte, se puede plantar un abono verde como el lupino, en las hileras del ka`a he'Ē de manera a mantener el cultivo limpio y mejorar el suelo.

Según experiencias de algunos productores, sólo realizan dos cosechas al año, no efectuando la cosecha correspondiente a la salida del invierno (julio-agosto), por los siguientes motivos: en la mayoría de las veces el costo de cosecha es mayor al ingreso por la venta de la materia prima; mencionan que obtienen los mismos rendimientos haciendo dos cosechas al año, esto puede atribuirse a que el sistema radicular del ka`a he'Ē tiene más tiempo de recuperación posterior al corte realizado en los meses de marzo-abril.

## COSECHA

La cosecha del ka`a he'Ē comprende hasta cuatro cortes por año, dependiendo de la zona del país, en

el Departamento Amambay normalmente se dan cuatro cosechas al año, en las demás zonas son efectuados tres cortes.

## ÉPOCA DEL CORTE

El periodo en que se debe realizar el corte depende de la fecha de trasplante, una plantación típica realizada en época ideal es trasplantada en los meses de abril y mayo, el primer corte se realizará entre los meses de julio y agosto dependiendo de la zona, el segundo corte es realizado en noviembre y diciembre, y el tercer corte es realizado en febrero-marzo.

## MOMENTO Y FORMA DEL CORTE

El momento ideal de corte se da cuando la planta comienza a emitir los botones florales o una semana antes que aparezcan flores abiertas y coincide con la etapa de mayor concentración de steviolglicosidos. En el caso del material nativo se recomienda realizar esta operación cuando el 25 por ciento de la población posea esa característica.

La operación del corte debe ser realizado en tiempo seco, cuando no haya probabilidades de lluvia, y luego de que el rocío se haya disipado, en el caso de secado natural la cosecha debe realizarse sólo hasta el mediodía y la materia prima debe permanecer en el campo por 4 a 5 horas de manera que pierda la mayor humedad posible.

El corte debe realizarse a una altura de 3 a 5 cm del suelo, a los efectos de reducir la mortandad de plantas, y limitar al máximo la contaminación del producto con arena y otras impurezas.

El corte debe ser realizado con tijeras de podar grandes, evitando en lo posible el uso de machetes, que

podrían ser causantes de alta mortandad de plantas provocando heridas en las raíces, al no poder ser controlada la altura de corte.

El Corta Setos Manual Motorizado es otra herramienta apropiada para el corte. Éste posee una pequeña guadaña que corta las plantas con una gran eficiencia. Con esta máquina, una persona corta 1 ha en 8 horas, a diferencia de los 20 jornales necesarios con la herramienta anterior.

Luego del corte de las mismas es recomendado realizar una pre limpieza que consiste en eliminar manualmente las hojas basales negras, de manera a aumentar la calidad de la materia prima, para grandes extensiones se puede extender en el campo por 1 a 2 horas y golpearlas y sólo se desprenden las hojas bajas, posteriormente colocarlas sobre una malla o lona, con un máximo de 10 a 15 cm de espesor y exponerlas al sol, de esta manera sólo quedan en la carpa las hojas verdes.

Esas mallas pueden ser extendidas a lo largo del cultivo y a la tardécita, antes de que absorba humedad, se las enrolla y se guardan en los depósitos, si es necesario, volver a quitar a la mañana siguiente hasta conseguir el secado deseado.

Las plantas pueden considerarse secas cuando se desprenden fácilmente al ser golpeadas con algún palo u horquilla para que las mismas suelten sus hojas y se separen de las ramas (10 % humedad). Las hojas secas pueden ser colocadas en bolsas plásticas para protegerlas de la humedad, también pueden realizarse fardos prensados.

Para el almacenamiento de las hojas se deben utilizar depósitos secos y bien ventilados, la durabilidad del producto depende de un buen secado.

## SITUACIÓN DEL CULTIVO EN PARAGUAY

Actualmente se cuenta con 2.350 hectáreas según últimos datos procesados por la Dirección de Censo y Estadísticas Agropecuarias del MAG (zafra 2015/2016); con una capacidad de producción de 3.700 – 4.000 toneladas de hojas secas promedio al año.

El cultivo demanda la utilización de mano de obra intensiva, por lo que se adecua a su incorporación en la producción de la finca familiar, que abarca el 80% del total de las explotaciones del país. Estimamos que hoy día, el cultivo de Stevia ocupa 7 personas de manera permanente por hectárea.

Las zonas de mayor producción son: San Pedro, Caaguazú, Alto Paraná, Itapuá, Canindeyú, entre otras.



## MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO DEL KA'A HE'Ë

Como en otros cultivos, en el Paraguay, no se conoce precedentes de selección participativa del ka'a he'ë, siendo éste centro de origen, por lo que resulta necesario aplicar esta metodología de trabajo de manera a optimizar y potenciar los conocimientos y experticia de los productores de ka'a he'ë con los de los técnicos mejoradores.

En capítulos anteriores ya se han descrito las técnicas de mejoramiento genético de cultivos, así como la selección participativa y el manejo del ka'a he'ë. Ahora corresponde que nos detengamos en la selección participativa del ka'a he'ë, exclusivamente.

En primer lugar, se debe identificar las características que se desea, por lo que puede ayudarnos el siguiente esquema:

### ETAPAS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO PARTICIPATIVO.

**Identificar el problema o característica a mejorar:** En el caso del ka'a he'ë, se puede apreciar la densidad foliar, altura de la planta, color de las hojas, tamaño de las hojas, número de tallos, dulzor de las hojas, entre otras.

**Selección de los progenitores:** Se puede partir de las variedades eirete y katypyry (IPTA) y de líneas avanzadas.

**Incremento de la variabilidad genética:** En este caso, se puede emplear materiales de programas de mejoramiento y de laboratorios de materiales sometidos a agentes físicos y químicos.

**Selección participativa:** Selección conjunta (Pequeños Productores-Investigadores) de los genotipos de interés mediante el desarrollo de ferias de diversidad y días de campo especiales para el efecto.

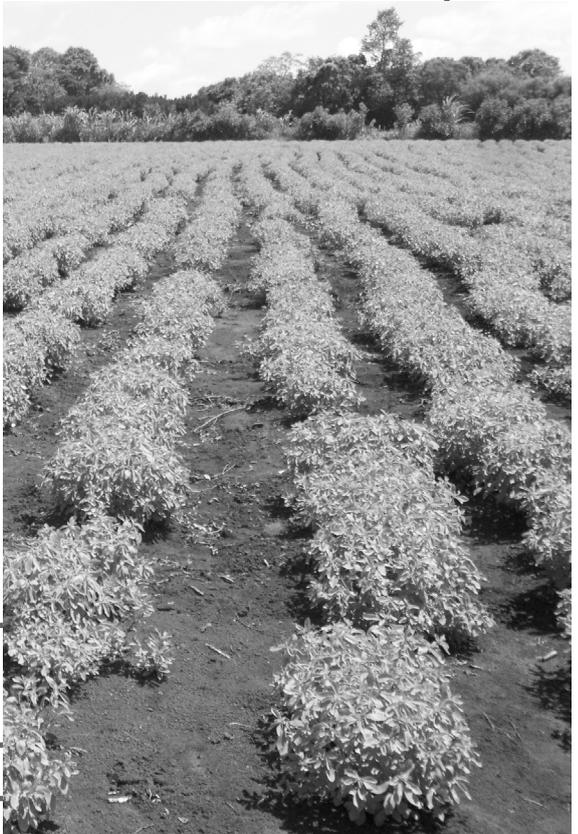
**Selección en ambientes de destino:** Evaluación de los genotipos seleccionados por cada productor en la etapa anterior en sus ambientes de destino e identificación de los de mayor adaptación al ambiente específico y la tecnología empleada por cada productor.

Evaluación del contenido de Rebaudiósido A y Esteviósido: Determinación en laboratorios analíticos especializados de la concentración de los esteviolglicósidos de interés.

**Registro varietal:** Caracterización de las nuevas variedades para su registro.

Todos los materiales seleccionados tienen código para que no sean reconocidos directamente por el productor, eliminando de esta manera las posibles inducciones por las variedades conocidas y reconocidas. Los ejemplares elegidos deben ser multiplicados para luego ser evaluados en los campos de los productores participantes y confirmar su elección.





## GLOSARIO

**Apomíctica:** Reproducción asexual por medio de semillas, sin que ocurra la fecundación, por lo que los descendientes son genéticamente idénticos a la planta madre.

**Aquenio:** Fruto seco que contiene una sola semilla, cuya envoltura externa no está adherida a la misma.

**Biotecnología vegetal:** Aplicación de técnicas para la mejora de plantas para obtener variedades con características deseadas.

**Capítulo floral:** Tipo de inflorescencia racimosa o abierta en la que el pedúnculo se ensancha en la extremidad formando un disco algo grueso, llamado receptáculo común.

**Cultivar/cultivares:** Grupo de plantas seleccionadas artificialmente por diversos métodos a partir de un cultivo más variable, con el propósito de fijar caracteres de importancia para el obtentor y que estos se mantengan tras la reproducción.

**Ecotipo:** Forma genéticamente diferenciada de una especie que vive en un hábitat o ecosistema determinado.

**Esporofítico:** Reproducción por medio de esporas producidas sexual o asexualmente.

**Filiforme:** Alargado y fino, parecido a un hilo o una hebra.

**Fitomejoramiento:** Desarrollo de nuevas variedades de plantas utilizando diversos métodos y técnicas.

**Flor de Jamaica:** Flor de la especie *Hibiscus sabdariffa* o también llamada "Grosella", es utilizada con fines medicinales, gastronómicos o para la elaboración de colorantes comestibles.

**Gallinaza:** Excremento o estiércol de gallinas.

**Genotipo:** Información genética que posee un organismo en particular, en forma de ADN.

**Germoplasma:** Conjunto de genes que se transmite a la descendencia por medio de la reproducción sexual.

**Guadaña:** Herramienta agrícola compuesta de una cuchilla curva insertada en un palo normalmente rígido, usada para cortar hierba, forraje para el ganado o cereales.

**Ingeniería genética:** Manipulación directa de los genes de un organismo usando la biotecnología, estos genes pueden ser modificados, eliminados o duplicados según el fin deseado.

**In situ:** Término en idioma latino utilizado para referirse a un fenómeno observado o una manipulación realizada en un lugar determinado.

**Lanceolada:** Hoja que posee forma de punta de lanza.

**Madurez organoléptica:** Momento en que un fruto ha alcanzado su máximo sabor y aroma que lo hacen apto para el consumo.

**Multicaule:** Planta que posee varios tallos brotados desde la misma base.

**Panículas corimbosas:** Inflorescencia abierta, racimosa, en la que el eje es corto y los pedicelos de las flores son largos y salen a diferentes alturas del eje. El largo de cada pedicelo floral es tal, que todas las flores del corimbo abren a un mismo nivel.

**Perenne:** Es una planta que vive durante más de dos años, no forma tejido leñoso permanente (hierbas, arbustos).

**Pubescente:** Cualquier órgano vegetal (hoja, tallo o fruto) que presenta una superficie cubierta de pelos finos y suaves.

**Polinización entomófila:** Fecundación cruzada de flores por intermedio de insectos.

**Segregación genética:** Separación y transferencia de los genes a la proge- nie y ocurre durante el proceso de división celular por meiosis.

**Variabilidad genética:** Variación en el material genético de una población o especie, puede ocurrir por selección natural o por intervención del hombre.

**Variabilidad fenotípica:** Variación en la expresión de genes en una planta, esta variación es apreciable a simple vista.

**Verticilos:** Conjunto de tres o más hojas que brotan de un tallo en el mismo nudo.

## BIBLIOGRAFÍA

Casaccia, J., Álvares, E. (2006). Recomendaciones técnicas para una producción sustentable del ka'a he'e (Stevia rebaudiana (Bertoni) Bertoni) en el Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección de Investigación Agrícola, Instituto Agronómico Nacional, Programa de Investigación de ka'a he'ë. 9 p.

Cuba. (2011). Impactos en Cuba del Programa de Innovación Agropecuaria. Aprendizaje a ciclo completo 78 p.

Cubero, J. (2003). Introducción a la mejora genética vegetal. 2 ed. Córdoba, ES. Mundi-Prensa. 567 p.

De Haan, S., Salas, E., Fonseca, C., Gastelo, M., Amaya, N., Bastos, C., Hualla, V., Bonierbale, M. (2017). Selección participativa de variedades de papa (SPC) usando el diseño mamá y bebé: una guía para capacitadores con perspectiva de género. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa. 82 p.

FAO. (2009) Plant Breeding and Farmer participation. Edited by S. Ceccarelli, E.P. Guimaraes, Weitzel, 671 p.

Fernández, J., Fernández, A., Santos, J., González, J. (2002). Genética. Barcelona, ES: Ariel. 474 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2009). Plant breeding and farmer participation Rome, IT: FAO. 671 p. Consultado 2 Feb. 2018. Disponible en: <http://ftp.fao.org/docrep/fao/012/i1070e/i1070e.pdf>

Gómez, L., ROMERO, M., Giménez, J., Roldán, A., De La Barra, E. (2009). Mejoramiento de la quinua *Chenopodium quinoa* mediante mutaciones inducidas (en línea). España, FAO. Consultado 2 Feb. 2018. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro14/cap1.5.htm#Top>

Khush, G. G., Virmani, S. S. (1985). Some plant breeding problems needing biotechnology. In: IRRI. Biotechnology in International Agricultural Research. Proceedings Inter-Center Seminar on IARCs and Biotechnology. Manila, Philippines. p. 111-120.

Kisha, T. J., Diers, B. W. (1997). Allele contribution of parents to selected progeny from twoway crosses. Soybean Genetics Newsletter, Ames. V. 24. P.190-193

Klawitter, M., Henson Cagley, J., Yorgey, G., Gugerty, M.K. and Anderson, L. (2009). Gender Cropping Series: Wheat in Sub Saharan Africa, Evans School Policy Analysis and Research, University of Washington

Novak, F., Brunner, H. (1992). Plant breeding: Induced mutation technology for crop improvement. IAEA bulletin, 4: 25-33.

Ochse, J. J., Soule, M. J., Dijkman, M. J., Wehlburg, C. (1965). Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. México, MX: Limusa. v.2. 1536 p.

OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). (2005). El OIEA propone una mutación inducida de plantas ante la crisis alimentaria (en línea). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Resumen de Prensa. 16 p. Consultado 19 Feb. 2018. Disponible en: <http://www.pnuma.org/informacion/noticias/2008-08/13/13ago08.doc>

Pierce, P. (2010). Genética: un enfoque conceptual (en línea). 3 ed. Madrid, ES: Medica Panamericana. 832 p. Consultado 11 Feb. 2018. Disponible en: <http://books.google.com/books?id=ALR9bgLtFhYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=fals>

Quisumbing, A.R. and Pandolfelli, L. (2009). Promising Approaches to Address the Needs of Poor Female Farmers. IFPRI Discussion Paper 00882. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute.

Rives, M. (1983). Introducing new technology to plant breeding. In: UPOV. Genetic Engineering and Plant Breeding. Records of a Symposium held on the occasion of the 16th. Session of the International Union for the Protection of New Varieties of Plants. p. 53-61.

Röbbelen, G. (1990). Mutation breeding for quality improvement a care study for oilseed crops. Mutation Breeding Reviews, No. 6. IAEA, Vienna, AT: p. 1-43

Robles, R. (1980). Producción de oleaginosas y textiles. México, MX: Limusa. 675 p.

Ronney Vernooy. (2008). Semillas generosas. Mejoramiento participativo de plantas, 103p.

Salmerón Erdosay, J., Cervantes Santana, T., Valencia, M. (1995). Mejoramiento genético de soja por irradiación y selección. In: I Simposio Internacional sobre Mutagénesis en Agricultura y V Seminario Nacional sobre el uso de la Irradiación en Fitomejoramiento (I, V, Colegio de Posgraduados). Montecillo, MX: 12 p.



# FITOMEJORAMIENTO PARTICIPATIVO DEL KA' A HE' Ñ



ISBN: 978-99967-0-678-3



9 789996 170678