



Andagro

FUNDACION PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO



**ASPECTOS TECNOLOGICOS DEL
CULTIVO DE PAPA EN EL
ECUADOR**

1991

FUNDACION PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO
FUNDAGRO

***ASPECTOS TECNOLOGICOS
DEL CULTIVO DE PAPA
EN EL ECUADOR***

PROYECTO KELLOGG - PAPA

QUITO-ECUADOR
1991

PRESENTACION

Este documento es una recopilación de las Memorias de Cursos y Seminarios dictados por técnicos especialistas en el cultivo de la papa y disciplinas complementarias, organizados por la Universidad de Cuenca, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo y Ministerio de Agricultura y Ganadería, con el aporte técnico, del Centro Internacional de la Papa, CIP, e Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIAP, y el apoyo de FUNDAGRO, a través del Proyecto de Validación y Transferencia de Tecnología en Sistemas de Producción Alrededor de Papa (Proyecto Kellogg-Papa).

En esta publicación se pone a disposición de técnicos y agricultores interesados en el cultivo de la papa, información tecnológica que servirá de guía para el mejoramiento de su cultivo en el Ecuador.

De esta manera FUNDAGRO cumple con uno de sus objetivos principales que es el de apoyar la difusión de tecnologías generadas para elevar los índices de producción y productividad de uno de los principales rubros alimenticios de la población ecuatoriana.

Dr. Jorge Chang Gómez
DIRECTOR EJECUTIVO

MEJORAMIENTO GENETICO DEL CULTIVO DE LA PAPA

Ing. Héctor Andrade B. *

1. INTRODUCCION

La papa, (*Solanum tuberosum*) , tiene su origen en Péru, Bolivia y Ecuador. En Europa fue introducida en el siglo XV donde se cultivaba como curiosidad botánica y, posteriormente, en Irlanda como especie comestible. En los últimos años se ha desarrollado mayormente en Europa, Norteamérica y Australia, convirtiéndose en un alimento básico para la población.

En los Andes, la papa desde tiempos inmemorables ha sido el principal alimento de consumo. Sin embargo su producción no se ha incrementado en forma significativa. Los niveles per cápita de la producción en Europa, son más altos, así como los rendimientos a nivel mundial. Los países que obtienen los rendimientos más bajos son los de Africa Tropical, Asia y la Región Andina Suramericana.

Hay dos especies de papa que habitualmente se cultiva: 1. *Solanum tuberosum* spp *andigena* cultivada en los países de los Andes y comprende las variedades nativas y 2. *Solanum tuberosum* spp *tuberosum* que es una especie que incluye variedades de Europa.

La *Solanum tuberosum* spp *andigena* que se caracteriza, principalmente, porque la planta es alta; tiene hojas pequeñas y numerosos tallos; el ciclo de cultivo es largo y tiene buena calidad culinaria. La *Solanum* spp *tuberosum*, mientras tanto posee hojas grandes; la planta es pequeña y el ciclo de cultivo es menor.

En nuestro país, el cultivo de papa cubre más de 5.5% de área total de cultivos agrícolas en la Sierra. En volumen ocupa el

* Técnico del Programa de Papa. Estación Experimental Santa Catalina-INIAP, Quito

cuarto lugar, luego de caña de azúcar, banano y yuca. De una superficie aproximada sembrada de 40.000 ha, la producción que se obtiene es de 480.000 t, con un rendimiento de 11.7 t. El consumo per cápita es de más de 46 kg/año.

La papa es una de las fuentes más nutritivas de alimentación vegetal para consumo humano. Es una fuente de energía (aproximadamente 80 Kcal/100 g), pero la proporción entre proteína y carbohidratos es más alta en la papa que en muchos cereales, raíces y otros tubérculos.

El 43% de la producción total de papa, proviene de unidades agrícolas de menos de 10 hectáreas en extensión total, que utiliza el 54% de la superficie para este cultivo. Tales unidades, en conjunto, presentan el 93% de las unidades productivas de papa en el país.

Por condiciones ecológicas, sistemas de cultivo y preferencias varietales de mercado, el área productora de papa se subdivide en tres regiones principales:

Región Norte: Provincias de Carchi e Imbabura

Región Central: Provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar.

Región Sur: Provincias de Azuay, Cañar y Loja.

2. LIMITACIONES DEL CULTIVO

2.1 Región Norte (Carchi)

Uso inadecuado de insumos; cultivan variedades nativas: Chola, Curipamba, Violeta y las mejoradas: INIAP-Esperanza, INIAP-Santa Catalina, ICA-Huila e ICA-Nariño. No existe una buena política agropecuaria (precios, créditos e insumos). Alto costo de los insumos. La generación y transferencia de tecnología es limitada. La mayoría no tiene acceso a semilla certificada.

Tiene preferencia por una variedad que es Chola, aunque es susceptible al ataque de enfermedades, esto ha limitado la adopción de otras variedades mejoradas.

2.2 Región Central (Chimborazo)

Tiene condiciones ecológicas y socio-económicas más heterogéneas, pequeños productores tienen sistemas de producción más complejos y diferentes patrones de rotación, utilizando su propia mano de obra. Los agricultores no clasifican la papa, esta tarea la hacen los comerciantes. Las principales variedades cultivadas son entre las nativas: Chaucha, Uvilla, y Puña y las mejoradas: INIAP-Esperanza, INIAP-María, INIAP-Santa Catalina, INIAP-Cecilia e INIAP-Gabriela.

Los principales problemas son los de tipo biológico (enfermedades principalmente lancha e insectos) y climáticos (heladas, sequías, vientos), además de un serio proceso de pérdida de fertilidad del suelo, debido a la sobre explotación y erosión. La validación y transferencia de tecnología es reducida al igual que el crédito para este cultivo. Existe mucha desnutrición e incidencia de enfermedades como parasitosis, tuberculosis y escabiosis dentro de la población rural.

2.3 Región Sur (Cañar)

Representa zonas reproductoras de papa con mayor homogeneidad agroecológica y socio-económica. Predomina el minifundio, existe mucha migración de la población masculina, quedando la producción en manos de las mujeres. El nivel tecnológico varía de tradicional a semitecnificada. Las principales variedades son nativas: Bolona, Jubaleña y Chaucha y últimamente variedades mejoradas como Gabriela. La fertilización es tanto química como orgánica.

Los principales problemas son: climáticos, plagas, enfermedades y económicos.

3. OBJETIVOS DEL PROGRAMA

3.1. Mejoramiento Genético

- Obtención de variedades con resistencia al ataque de *P. infestans*.
- Precocidad que aventaje el período vegetativo de las variedades nativas.
- Buenas características agronómicas que permitan efectuar con facilidad labores del cultivo (vigor, tamaño, estolones cortos).
- Con alto rendimiento y buena calidad comercial, culinaria y nutritiva.
- Resistencia al manipuleo, transporte y almacenamiento.

3.2. Mejoramiento Agronómico

- Epocas de siembra
- Distancias de siembra
- Condiciones de almacenamiento

En síntesis se pretende incrementar los rendimientos por superficie y reducir los costos de producción.

4. SISTEMAS DE MEJORAMIENTO UTILIZADOS

Desde mediados del siglo XIX, se inició el mejoramiento genético de la papa en Europa. Sin embargo, aún hoy el germoplas-

ma introducido en la subespecie *tuberosum* ha sido muy limitado, por lo tanto su variabilidad y su potencialidad de caracteres genético no es comparable con *andígena*.

En nuestro país, las subespecies *tuberosum* y *andígena* han sido utilizadas en el mejoramiento genético, obteniendo híbridos que se caracterizan, principalmente, por su gran vigor, altos rendimientos, precocidad y calidad del tubérculo intermedio entre las dos subespecies.

El mejoramiento genético requiere de conocimientos de genética y estadística para utilizar la amplia variabilidad genética, con el fin de desarrollar poblaciones avanzadas.

Para que el cultivo de la papa no se extinga y sea rentable, se hace necesario la formación de nuevos genotipos o nuevas variedades, mediante cruzamiento, que sean capaces de competir ventajosamente con genotipos que van formando los patógenos.

El proceso de eliminación que ocurre en las variedades nativas, también sucede con las mejoradas, unas duran más que otras en manos de agricultores. Esto depende, principalmente, de su base genética y de la intensidad con que se cultiva.

Esto indica que los Programas de Mejoramiento deben disponer en forma permanente de una serie de híbridos iguales o superiores a las variedades mejoradas que está sembrando el agricultor, con el objeto de que en cualquier momento pueda sustituir una o más sin acarrear mayores problemas en la producción.

Las estrategias tradicionales de mejoramiento de papa utilizadas por el Programa de Papa del INIAP son:

- Introducciones
- Pedigres (Método genealógico)
- Selección Clonal
- Retrocruzamientos

4.1. Introducciones

Consiste en traer algo que no existía anteriormente. Es el sistema mediante el cual se introduce a un país o zona, especies o variedades que han sido desconocidas en ese medio ambiente.

Este material se siembra en el campo y se realiza la primera evaluación. Las ventajas de la introducción de variedades son:

- *Obtención de variedades directamente para el cultivo.*
- *Se hace selección de líneas superiores.*
- *Empleo como progenitores en los procesos más avanzados de mejoramiento.*

4.2. Pedigree (Método genealógico)

Este método de fitomejoramiento genético es el de más aplicación en especies autógamas (papa); cuando se tienen dos variedades (Líneas puras), cada variedad con caracteres favorables que no contiene la otra, para transferir sus genes y constituir una sola línea pura mejorada; en cuyo proceso, como es de suponer, se eliminan los caracteres desfavorables de ambos progenitores.

4.3. Selección

4.3.1. Natural

Es la capacidad de competencia de las plantas y de la diferente potencialidad de producir especies (de reproducción que de mayor número de semillas). Es un sistema que se ha mantenido desde que existe la especie de papa.

4.3.2. Artificial

La labor que realiza el hombre para aislar genotipos superiores y propenden a su multiplicación.

Existen dos sistemas: La selección en masas e individual.

- Selección en masa:

De población heterogénea pero homocigóticas, seleccionar de una población heterogénea fenotípicamente similares, pero superiores al resto de la población. En esta selección en masa no se utiliza pruebas de progenie, sino se fundamenta sólo en el aspecto exterior de la planta.

Es útil en la purificación de variedades comerciales. Se caracteriza por ser simple, plantas similares y su condición de variedades son probadas por no menos de tres años de comparación con testigos comerciales.

- Desventajas:

- No se conoce la constitución genética de los individuos en esa población.
- Si al seleccionar plantas algunas son heterocigóticas, vamos a obtener heterocidad/variabilidad deseada) lo cual justifica probar por tres años.
- Como no se usa la prueba progenies, la superioridad fenotípica de las plantas seleccionadas, puede no deberse a su constitución genética, sino a favorables

interacciones con el medio ambiente. Se corre el riesgo de seleccionar plantas similares.

La selección se lleva en base al tipo de follaje, comportamiento ante la infección de enfermedades del follaje, durante la cosecha, la selección se basa en producción, tamaño, lisura y forma del tubérculo como criterio a considerar dentro del proceso de selección.

- Selección Individual:

Consiste en seleccionar las plantas que reúnan todos o en parte los caracteres del ideotipo.

Se cruzan genotipos seleccionados para atributos específicos, la frecuencia de genes para aquella cualidad incrementará, así como la frecuencia de genotipos deseables. Sin embargo, el progreso depende del patrón hereditario de cada atributo. La selección para un carácter como rendimiento que está bajo control de muchos genes y también bajo la influencia de efectos ambientales, progresará más lentamente que la selección para un carácter como resistencia a PVY, que está bajo un control genético más simple y aparentemente no sufren de modificaciones ambientales.

4.4. Retrocruzamientos

Esto consiste en una sucesión de retrocruzamientos a un progenitor cultivado, recurrente hasta que el factor o los factores de resistencia prácticamente son los únicos genes que quedan de las otras especies. Se utiliza como un complemento al método an-

terior. Es aplicado para incorporar caracteres cualitativos como puede ser la transferencia de genes para la resistencia a enfermedades.

5. EMPLEO DE ESPECIES DE PAPA

El género *Solanum*, dentro de sus especies cultivadas, en forma primitiva y silvestre, contiene un inmenso reservorio de variabilidad genética. No obstante es plausible asumir, de acuerdo a información histórica y genealógica disponible de las variedades lanzadas de *S. Tuberosum spp tuberosum*, en los últimos cien años, sólo el 1% de esta riqueza, en recursos genéticos, se ha utilizado en el mejoramiento de estas variedades de papa, tan ampliamente diseminadas en el mundo entero. Las maneras de cruzamientos, determinadas por diferencias en los niveles de ploidia o incompatibilidades, han creado a menudo dificultades para el éxito en hacer la transferencia.

El empleo de especies de papa se ha realizado, aunque no en una forma sistemática, en algunas especies cultivadas en forma primitiva, v.g. *S. tuberosum spp andigena*, principalmente por su resistencia a *P. infestans*, nemátodos, virus y bacterias. Del mismo modo, se ha utilizado contados progenitores verticales a *P. infestans*, *S. acaule* por su inmunidad de PVX a *S. stonoliferum* por su inmunidad a PVY (Cuadro 2).

En este resumen de atributos, es evidente la amplitud de los recursos genéticos del género *Solanum*. Así mismo es evidente que la utilización de estos recursos de gran variabilidad genética pueden conducir a la producción de germoplasma mejorado que se adecúe a las condiciones de crecimiento de las diferentes zonas de producción.

5.1. Consideraciones para el mejoramiento de papa

La papa tiene flores hermafroditas con cierta tendencia a la

polinización cruzada (20-25%). Cuando se autofecunda, la papa sufre disminución en el vigor y en la producción.

Las variedades/clones son generalmente heterocigóticas. El género *Solanum* muestra una serie poliploide de $2n = 2x = 24$ cromosomas (diploides) hasta $2n = 6x = 72$ cromosomas (hexaploides).

La mayor parte de las especies del género son diploides pero casi todas las especies comerciales son tetraploides.

Las hibridaciones inter específicas dependen del grado de parentesco y paralelismo en número plóidico.

Las papas tetraploides cultivadas son de mayor productividad y de mejor rango de adaptación que los diploides. Las especies diploides constituyen el 74% de germoplasma tubérculo y su patrón hereditario sigue los modelos mendelianos, mientras que en los tetraploides la herencia tetrasónica, es decir que en los diploides un gen A puede presentar sólo 3 genotipos (AA-Aa-aa) y en los tetraploides 5 genotipos del mismo gen (AAAA, AAAa, AAaa, Aaaa, aaaa)

Cuadro 1.
Especies cultivadas de *Solanum spp.*

ESPECIES	NUMERO DE CROMOSOMAS	NIVEL DE PLOIDIA
<i>S. x ajanhuiri</i> * _ _ _ _ _	$2n = 2x = 24$	diploide
<i>S. goniocalix</i>		
<i>S. phureja</i>		
<i>S. stenotomum</i>		
<i>S. x chaucha</i> _ _ _ _ _	$2n = 3x = 36$	triploide
<i>S. x juzepczukii</i>		
<i>S. tuberosum</i> _ _ _ _ _	$2n - 4x = 48$	tetraploide
(incluyendo <i>spp. tuberosum</i> y <i>spp. andigena</i>) **		
<i>S. x curtilobum</i> _ _ _ _ _	$2n - 5x = 60$	pentaploide

* La x en el nombre de una especie significa que tal especie es un híbrido

** spp. = subespecie

Cuadro 2.
Características valiosas de varias especies de papa para fines de
mejoramiento

ESPECIE	RESISTEN.	PLODIA Zn	P. INFESTANS	ALTERNARIA SOLANI	VERTICILLUM FUSARIUM	NEMATODOS	VIRUS	BACTERIAS	HELADAS
<i>S. phureja</i>	24		x		x		x	x	
<i>S. verrucosum</i>	24		x						
<i>S. tarijense</i>	24			x	x				
<i>S. saltense</i>	24			x					
<i>S. bulbocastanum</i>	24		x				x	x	
<i>S. chacoense</i>	24			x	x		x	x	
<i>S. vernei</i>	24					x	x		
<i>S. microdontum</i>	24					x	x		
<i>S. sucrense</i>	24					x	x		
<i>S. multisectum</i>	24					x			x
<i>S. megistacrolobum</i>	24					x			x
<i>S. eparcifilum</i>	24					x		x	
<i>S. pinnatisectum</i>	24		x				x	x	
<i>S. stenotomum</i>	24							x	x
<i>S. ajanhuiri</i>	24					x	x		x
<i>S. boliviense</i>	24								x
<i>S. commersonii</i>	24			x					x
<i>S. canosense</i>	24								x
<i>S. maglia</i>	24/36						x		
<i>S. juzepczukii</i>	36					x			x
<i>S. stoloniferum</i>	48		x				x	x	
<i>S. polytrichon</i>	48		x						
<i>S. escaule</i>	48		x			x	x	x	x
<i>S. curtilobum</i>	60								x
<i>S. demissum</i>	72		x				x	x	x
<i>S. hougasii</i>	72						x		

6. ESQUEMA DE FITOMEJORAMIENTO DEL PROGRAMA DE PAPA

El esquema de fitomejoramiento a seguir en la consecución de una variedad de papa dependerá principalmente para que zona agrícola se está trabajando, en donde sus características de planta y tubérculo ya están definidas, además de sus condiciones agroecológicas, socioeconómicas. También se deberá considerar su productividad y calidad de producto de la variedad a formar.

6.1. Selección de Progenitores

La base se encuentra en la Colección Ecuatoriana de Papa, que contiene unas 750 variedades, que están agrupadas en 350 grupos sinónimos. Esta colección contiene variedades nativas como: *Solanum phureja*, (Chaucha), *Solanum andigena* y también *Solanum tuberosum*, adicionalmente se encuentran 3-4 especies silvestres del Ecuador. Por el momento, la Colección se encuentra en un proceso de identificación de duplicados, y se han realizado trabajos de identificación como: tipo de planta, color del tallo, forma.

6.2. Cruzamientos

Siguiendo la técnica más adecuada de emasculación y polinización. A partir de la CEP, con gran variabilidad genética existente, se seleccionan los progenitores que darán origen a un nuevo clon/variedad. Las poblaciones avanzadas también se integran al proceso de mejoramiento y que son deficientes principalmente en características de tubérculo tales como: forma, color y calidad.

6.3. Plántulas

En el segundo ciclo agrícola, la semilla sexual obtenida de los cruzamientos es sembrada en semilleros donde el tratamiento que reciben dependerá del objeto del cruzamiento. Así en el caso de lancha las plántulas una vez que alcanzan 10 cm de al-

tura son inoculadas con una mezcla de hongo. A los 5 o con más días son eliminadas las plántulas susceptibles y las sobrevivientes son transplantadas al campo.

6.3.1. Multiplicación de semilla y pruebas de rendimiento y adaptación

En el campo son eliminadas todas las plantas que presenten síntomas de la enfermedad como de virus. En la cosecha se seleccionan principalmente por forma y color del tubérculo. Cada una de estas plantas seleccionadas se consideran genéticamente diferentes y, por lo tanto, cada una puede ser potencialmente una variedad, por lo cual, son manejadas de aquí en adelante en forma individual.

En el tercer ciclo agrícola cada planta seleccionada es sembrada en el siguiente año en un surco de 1.80 metros de longitud, el material que es seleccionado este año se siembra en surcos de 3.60 metros. Posteriormente será sembrado en surcos de 7.2 metros para continuar con cuatro surcos de 9.0 metros que corresponde a ensayos de rendimiento y adaptación. En esta etapa se eliminan todos aquellos clones que presenten menor rendimiento o de calidad y se seleccionan de 8 a 10 clones que se entregan a pruebas regionales, por 3 a 4 ciclos agrícolas, al cabo de los cuales se define si alguno de ellos se pueden entregar a los agricultores. (Figura 1.)

Los años que se gastan para obtener una variedad son de 9-10 años, tiempo que está dividido en tres fases:

Temprana: Color de piel del tubérculo

Textura del tubérculo
Color de pulpa
Forma de tubérculos
Profundidad de ojos
Defectos, crecimiento secundario
Estolón adherido
Brotamiento y enfermedades

Intermedia: Madurez
Tamaño de tubérculo
Número de tubérculos
Emergencia
Enfermedades foliares
Susceptibilidad a virus
Enfermedad de los tubérculos
Defectos de los tubérculos

Avanzada: Rendimiento total de tubérculos
Rendimiento comercial de tubérculos
Gravedad específica
Calidad culinaria
Calidad para procesamiento
Adaptación para diferentes ambientes

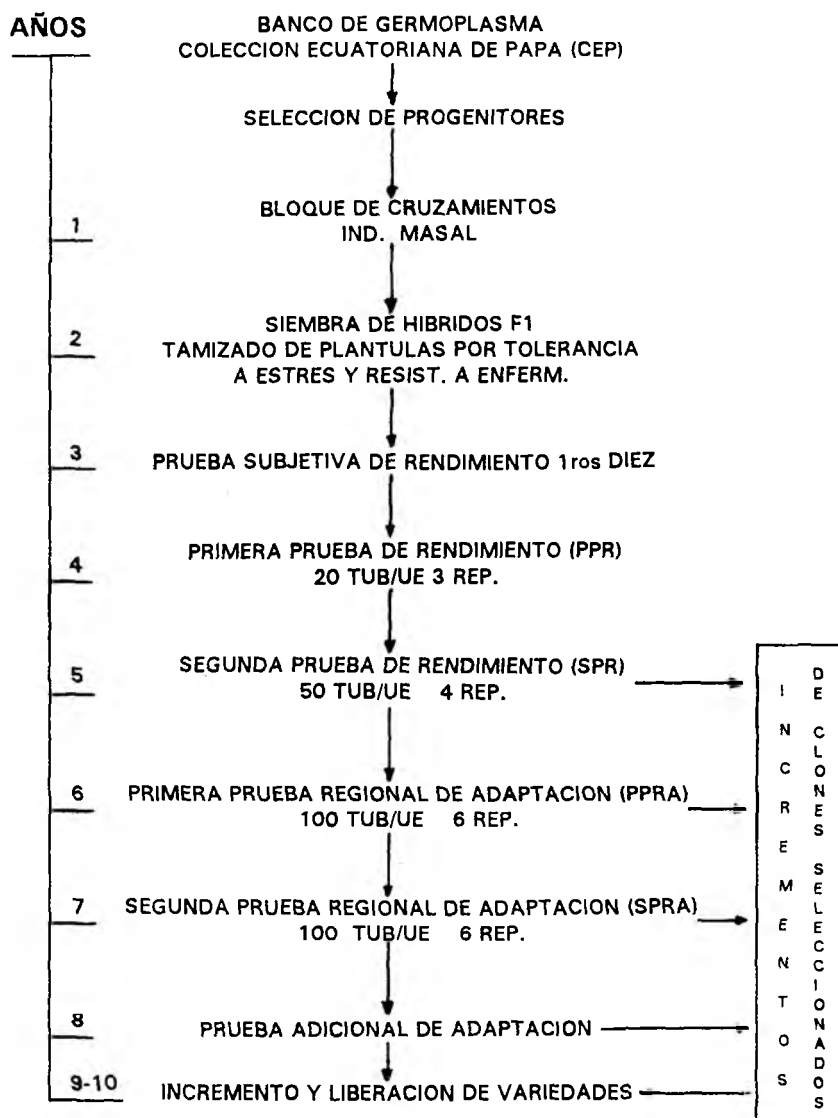


Figura 1.

Esquema del Mejoramiento del Programa de Papa Ecuador

7. GLOSARIO

7.1. Variedad de papa

Es una gran colección de individuos genotípicamente idénticos originados por la propagación asexual de una planta heterocigótica.

7.2. Clon

Es un grupo de individuos que se obtienen por reproducción vegetativa a partir de un solo individuo (Son individuos genéticamente idénticos).

7.3. Poblaciones avanzadas

Estas conforman pooles de genes de clones seleccionados del programa de mejoramiento. Estas poblaciones han sido producidas a través de 4 ó 6 ciclos de selección recurrente combinado con evaluación para resistencia y adaptación a estreses ambientales.

LITERATURA CONSULTADA

1. ALBORNOZ, P y C. ORTUÑO. 1968. INIAP-Santa Catalina, una variedad de papa para el centro de la Sierra ecuatoriana INIAP. Boletín Divulgativo # 9. Quito, Ecuador.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1984. Manual sobre Manejo de Germoplasma de Papa. Documento de capacitación. Lima, Perú. 309 p.
3. FUNDAGRO-INIAP-CIP. 1988. Bibliografía anotada sobre la Producción de Papa en el Ecuador. Serie técnica,

Documento Bibliográfico # 1. FUNDAGRO, Quito, Ecuador. pp. 118-120.

4. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS 1978. Primer Curso Internacional sobre Producción de Semilla de Papa. INIAP, Santa Catalina. Quito, Ecuador. 194 p.
5. -----, CIP-PRACIPA. 1986. Memorias del Cuarto Curso sobre Tecnología de Cultivo y Manejo de Semilla de Papa INIAP. Quito, Ecuador. 178 p.
6. MUÑOZ, F. y V. MURILLO. 1982. INIAP-Gabriela. Una variedad de papa de alto rendimiento. INIAP. Boletín Divulgativo # 124. 10 p.
7. MUNOZ, F. y I. REINOSO. 1983. INIAP-Esperanza: Una variedad de papa de alto rendimiento para el norte del país. INIAP. Boletín Divulgativo # 132. 6 p.
8. MURILLO, V. 1980. INIAP-María: Variedad de papa para la zona central de la Sierra ecuatoriana. INIAP. Boletín Divulgativo # 117. 8 p.
9. PROCIANDINO. 1988. II Seminario. Nuevos enfoques para mejoramiento de Papa. Ed. por R. Ramakrishna. Quito, Ecuador. 154 p.
10. ROBLES SANCHEZ, R. 1986. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico. Primera Edición. México, Limuza. pp. 391-415.

FUNDACION PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO
Serie Técnica

Documento Técnico No.4
Junio 1991

Casilla 17-16-219 - Fax: (593-2) 503243

Telfs.: 553-718 553-553

Direcc.: Moreno Bellido 127 y Amazonas
Quito-Ecuador

ISBN-9978-82-142-2

Impresión:

Centro Editorial de la Fundación "Simón Bolívar"

Casilla Postal 17-11-06618 Quito

Telf.: 540-347