

PRODUCCIÓN DE PAPA EN ZONAS ÁRIDAS Y SALINAS A PARTIR DE SEMILLA BOTÁNICA

FACTIBILIDAD Y PERSPECTIVAS

René Chávez Alfaro¹, Mahesh Upadhy², Rolando Cabello³, Rafael Berrios⁴, Porfirio Siles⁴.

RESUMEN

La papa es el cultivo más importante en el Perú, donde más de 200000 hectáreas son cultivadas bajo las diversas condiciones agroecológicas existentes. Los obstáculos técnicos más importantes para mejorar la producción de papa en el Perú son la escasez de semilla de buena calidad, y la susceptibilidad de las variedades existentes a plagas y enfermedades importantes.

Las principales ventajas de usar semilla botánica en vez de tubérculos-semillas son: la semilla botánica disminuye al mínimo los problemas asociados con plagas y enfermedades transmitidas por el tubérculo y sólo muy pocos patógenos pueden ser portados por la semilla. Así mismo la semilla botánica puede ser almacenada por los agricultores en forma conveniente y barata de una temporada de siembra a otra o durante varios años, también su transporte es fácil y económico. La semilla botánica puede ser incorporada fácilmente en los sistemas agrícolas existentes porque el tiempo de siembra no depende de la fase de brotamiento de los tubérculos-semilla, pudiendo extenderse la papa a regiones donde antes no podía ser cultivada, como son las áreas tropicales, cálidas y húmedas porque allí es difícil producir y almacenar tubérculos-semillas de buena calidad. Otra de las principales ventajas de la semilla botánica es que es un material de bajo costo que puede reducir el costo total de producción. Para sembrar una hectárea, los agricultores necesitan solamente alrededor de 100 gramos de semilla botánica, comparados con dos toneladas de tubérculos semillas.

1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LA PAPA PARA ZONAS ÁRIDAS Y SALINAS DEL PERÚ

El descubrimiento de la variabilidad genética para resistencia y salinidad y sequía en el germoplasma hexaploide nativo y cultivares del camote ($2n=6x=90=BBBBBB$) y en poblaciones

clonales tetraploides de papa ($2n=4x=48=AAAA$) a principios de 1985, catalizó el inicio de una investigación aplicada sobre respuestas fenotípicas de las plantas tuberíferas a los estreses abióticos más comunes de las zonas áridas y salinas de la costa peruana. De esta manera se estableció el mismo año en zonas costaneras representativas el proyecto de investigación colaborativa de Mejoramiento genético de papa y camote para zonas árido-salinas entre la facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional de Tacna y el Centro Internacional de la Papa (CHAVEZ et al, 1992).

1. Ph.D. Mejoramiento genético de plantas (UNJBG).
2. Ph.D. Fisiología y genética vegetal (CIP).
3. Msc. Fisiología vegetal (CIP).
4. Bch. en Agronomía (UNJBG).

Dentro de la estrategia de selección recurrente y logística del proyecto se diseñó un programa de cruzamientos y selecciones para generar clones y familias híbridas superiores, así como progenitores de buena habilidad combinatoria adaptados a las condiciones de aridez y salinidad de los suelos marginales de la costa peruana. Este germoplasma mejorado, una vez multiplicado, limpiado de virus, y liberado sería utilizado por los agricultores de esta zona agroecológica para la alimentación humana, como forraje y materia prima para la agroindustria. Desde aquella fecha, hasta hoy día, se ha generado una amplia ganancia genética y un extenso avance de selección materializado fundamentalmente por un caudal de clones, híbridos y variedades superiores adaptadas a las condiciones climáticas y edáficas de la costa sur peruana, así como una amplia resistencia de campo al nemátodo del nudo de la raíz, *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* y *M. arenaria* (CHAVEZ, et al 1993, 1995).

2. EL DESIERTO Y EL ESTRÉS ABIÓTICO

En los suelos salinos con potencial agrícola del sur del Perú la sal predominante es el cloruro de sodio. La salinidad del suelo se mide con los conductímetros que valoran el nivel de sal en el suelo en mmh/cm/25°C. La conductividad eléctrica de los suelos salinos fluctúa entre 5 y 25 mmh/cm. Poniendo un ejemplo diremos que un suelo de una CE de 5 mmh/cm tiene aproximadamente 1% de cloruro de sodio en el suelo. Lo cual es una cantidad suficiente para causar serio estrés a muchas plantas cultivadas.

El problema de la salinización de las tierras agrícolas en el sur del Perú puede ser resuelto primariamente mediante la manipulación del medio ambiente a través de proyectos de drenaje y lavado de los suelos. Sin embargo, estos procedimientos envuelven una gran cantidad de agua, además es un procedimiento costoso y de efectos positivos poco estables. Pensamos que la solución más fácil y sostenible es mejorar genéticamente las plantas para su adaptación a las condiciones agrícolas desérticas (CHAVEZ, 1995).

En general, los suelos áridos-salinos tienen concentraciones elevadas de boro cuyo rango fluctúa de 4 a 10 ppm. Las plantas en su mayoría requieren boro para su metabolismo en concentraciones de 0.5 a 3 ppm. Una deficiencia de boro a niveles menores de 1 a 0.5 ppm en el suelo produce un estrés en la planta. En plantas como el tomate, zapallo, sandía y aun en la papa produce ennegrecimiento, pudrición y caída temprana de frutos inmaduros. Por el contrario,

una concentración elevada de boro de 4 a 10 ppm produce una toxicidad en la planta, como sucede en los cítricos, la yuca, palta, guayaba, papa y camote entre otros, mostrando fuertes quemaduras en los bordes de las hojas, reducción marcada en el rendimiento y clorosis (CHAVEZ et al 1992).

Las comparaciones de los diferentes niveles de salinidad del suelo han demostrado que la reducción del rendimiento es mayor a intervalos largos de riego que a intervalos cortos. Incrementándose la concentración de sales en la zona radicular con las temperaturas elevadas del verano (tab. 1,2,3,4).

Los niveles de salinidad en el suelo a 4 mmh/cm no tiene efectos significativos en el rendimiento del camote y la papa, pero a niveles superiores de 5 mmh/cm, especialmente entre 8 a 12 mmhs, hay una drástica reducción en el crecimiento de la planta, sea donde y cuando es aplicada la sal. En este sentido la papa y el camote son susceptibles a la salinidad y otros estreses del desierto. Los rendimientos son drásticamente reducidos a medida que se incrementa el contenido de sal y boro en el suelo. Sin embargo, los genotipos de papa y camote evaluados en suelos árido-salinos han mostrado diferentes respuestas de rendimiento bajo un mismo estrés de salinidad, toxicidad de boro y sequía. Además, la diferencia de los resultados de experimentos de verano e invierno muestran el efecto del clima en la acción de las sales, debido a la evaporación y capacidad de campo del suelo (CHAVEZ, et al 1993).

3. BASES CIENTÍFICAS DE LA SEMILLA BOTÁNICA

3.1 ORIGEN Y OBJETIVOS

Las primeras variedades de papa con valor comercial son originarias de las partes altas de los Andes, de donde fueron llevadas por los conquistadores españoles a Europa, distribuyéndose luego por todo el Mundo, para constituirse en el alimento más importante de la humanidad como fuente de energía, ya que produce de dos a cuatro veces más que el maíz y de seis a diez veces que los cereales pequeños o de cosecha fina.

Desde hace varias décadas, los genetistas dedicados al mejoramiento de las variedades de papa y la obtención de híbridos han logrado notables avances. En los últimos años, los principales trabajos científicos sobre este cultivo, se han puesto bajo la dirección de CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA, con sede en la

Estación Experimental "La Molina" situada en Lima Perú. Este Centro es financiado por el Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional y sus metas son aumentar la producción de la papa en los países del tercer mundo y buscar nuevas áreas aptas para el tubérculo en zonas altas y también en las bajas con clima tropical. Los principales objetivos de ésta investigación científica son:

- a) La alta productividad,
- b) El mejoramiento de las cualidades comerciales, adaptadas desde luego a las exigencias del mercado en cada país,
- c) La resistencia a numerosas y diversas enfermedades, plagas y virus que atacan a los cultivos de papa.

En cuanto a producción por unidad de superficie y calidad los logros han sido extraordinarios. También se ha conseguido cultivares con poca o mucha resistencia a enfermedades, insectos, nemátodos y virus; aunque en este campo los problemas continúan por varias razones. El proceso técnico para lograr nuevas variedades o híbridos requiere muchos años de complicados trabajos y no es fácil reunir todas las características deseables en una sola variedad, debido a problemas genéticos. Sin embargo, cuando se logran cultivares resistentes a enfermedades o plagas, se presenta otro serio inconveniente.

3.2 AVANCE DE SELECCIÓN

Para generar familias de semilla botánica de papa, se utilizan diferentes métodos de mejoramiento, los cuales poseen las características necesarias para la producción de tubérculos por planta y una uniformidad de caracteres agronómicos aceptables en color, forma y madurez. Un gran número de buenos progenitores han sido identificados, basados en los estudios de habilidad combinatoria general y específica de muchos clones y cultivares de las poblaciones del trópico bajo, tales como los clones superiores LT. Estas líneas parentales fueron posteriormente inter cruzadas para obtener diferentes grupos de familias, pero estos grupos de familias híbridas (semilla botánica) han sido evaluados en diseños para el rendimiento de otros caracteres en diferentes estaciones experimentales del Perú y de otros países tropicales, incluyendo la Rep. Popular China. Los resultados muestran que existen un gran número de familias híbridas que dan un rendimiento muy aceptable para el mercado en un promedio de 1.2 Kg de papa por planta con una uniformidad que

fluctúa entre aceptable y excelente. (CIP 1990), (MALAGAMBA 1984).

El rendimiento y uniformidad de algunas familias de semilla botánica fueron tan buenas como el rendimiento de las variedades comerciales producidas a partir de tubérculo-semilla. Algunas de estas familias han sido aprobadas en la Universidad Nacional de Tacna, habiendo mostrado casi todas ellas susceptibilidad a suelos áridos y salinos; en este aspecto, en la UNJBG se está tratando de encontrar híbridos de semilla botánica que se adapten a las condiciones desérticas de Tacna y Moquegua. (CHAVEZ et al, 1992).

Estas diminutas semillas de papa, plantando en pequeños huertos y parcelas de terreno producen papas de buena calidad, tanto como para consumo inmediato como para semilla-tubérculo. Las semillas provienen de genotipos clonales mejorados a través de un largo proceso de combinaciones convencionales y de manipulación cromosómica.

Tal vez la ventaja más notable de la semilla botánica frente a la semilla-tubérculo es la cantidad necesitada para plantar en una hectárea. Se necesita sólo aproximadamente 100 gr. de semilla botánica para una hectárea, mientras que de semilla tubérculo se necesitan 2 TM, para una hectárea. Una Ha. de papa destinada a la producción de semilla da 24 TM/ Ha y sirve para sembrar otras 12 Hás, mientras que de 1 Ha de papa destinada a la producción de semilla botánica sirve para sembrar otras 1400 Has (CHAVEZ 1990, MALAGAMBA 1984, GOLMIRZAIIE et al 1990).

Los problemas asociados con la transmisión de enfermedades a través de los tubérculos son minimizadas con la semilla botánica, debido a que esta no transmite la mayoría de las enfermedades virósicas, fungosas y bacterianas transmitidas a través de los tubérculos, (CIP 1990).

Es necesario enfatizar que la semilla botánica de bajo costo no competirá con la semilla tubérculo ya establecida y costosa especializada en zonas templadas y muchas regiones templadas y frías del cinturón tropical, pero si se presenta como una alternativa ventajosa donde técnicamente hay limitaciones en el manejo de semilla tubérculo, donde hay buena disponibilidad de mano de obra, donde hay mucha escasez de alimentos y en lugares donde se ha podido cultivar papa, como en las selvas húmedas y calurosas. (CHAVEZ 1990, CIP 1991).

Otras ventajas del uso de semilla botánica de papa son su fácil almacenamiento y transporte, se

evitarán enfermedades virósicas, fungosas y bacterianas, constituyéndose una semilla certificada de bajo costo (su dormancia se rompe utilizando ácido giberélico a 2000 ppm). (CHAVEZ 1990).

El tamaño del tubérculo es un factor importante para un "rendimiento comercial" de aceptación en el mercado, más que el rendimiento total de tubérculos del cultivo. En algunos mercados son aceptados grandes tubérculos (papa frita y al horno), en otros mercados prefieren tubérculos pequeños (semilla). El rendimiento comercial es fuertemente influenciado por dos factores: el total rendimiento, y el número de tubérculos por unidad de área. El número de tubérculos es altamente dependiente de la densidad vegetal o distanciamiento. (CHAVEZ 1990, MALAGAMBA 1984, GOLMIRZAIE et al 1990).

La tarea de mejoramiento programado incluye la producción de TPS en policruzas y luego una selección masal en la búsqueda de variedades tolerantes a salinidad y sequía, de mayor precosidad, mejor calidad industrial y culinaria, así como el mayor rendimiento por hectárea. (CHAVEZ 1990).

Realmente pocos ejemplos pueden ser mencionados de una tecnología que tuvo que atraer y rebuscar mucho e interesar, como una semilla de papa efectiva (TPS : true potato seed: Semilla verdadera de papa) que se estuvo desarrollando en algunos países en los recientes años. Este gran interés originado por la gran flexibilidad ofrecida por TPS en pedir diferentes condiciones agroeconómicas y por el rápido progreso hecho, desarrollando materiales y técnicas que pueden tener aplicación en muchas regiones del mundo. Verdaderamente la gran proporción de las áreas con gran potencial para adopción o uso de TPS puede beneficiar por su fácil manejo y materiales uniformes desarrollados en el CIP y en otras instituciones, (MALAGAMBA 1984, CIP 1992).

Para nuestro conocimiento el uso de TPS en el presente viene siendo investigado en más de 40 países de los más desarrollados. En varios de aquellos países los métodos de utilización son evaluados como alternativas en estaciones experimentales y bajo condiciones de campo del agricultor, (MALAGAMBA 1984, GOLMIRZAIE et al 1990).

3.3 CONDICIONES AGROECONÓMICAS Y ECOLÓGICAS

Diferentes medidas y resultados de trabajos en chacra de agricultores en varias regiones del Perú indican ese potencial para adopción de TPS. La tecnología puede ir

especialmente a favorecer aunque, siguiendo con las condiciones agroeconómicas generales presentes:

- a) El clima debe ser apropiado para producir papa por un período mayor de tres meses.
- b) La producción de papa es baja debido a la baja calidad de la semilla tubérculo.
- c) El costo de la semilla tubérculo representa una alta proporción del total del costo de producción.
- d) Las prácticas de crecimiento en hortalizas son abundantes y baratas.
- e) El precio de papa en el mercado es relativamente alto.
- f) El mercado tiene normas aunque aún no son estrictas sobre la uniformidad del tubérculo.
- g) El área dedicada para el cultivo de la papa en las chacras es grande, (MALAGAMBA 1984, WIERSEMA 1988).

En general estas condiciones pueden ser establecidas en dos tipos de zonas o áreas:

- 1) Aquellos que actualmente están cultivadas con papa para semilla tubérculo, pero donde TPS puede ser un viable sustituto para producir semilla limpia con muchos beneficios.

Estas zonas pueden ser caracterizadas por grandes mercados que tienen normas establecidas y, antes de esto, TPS no solamente pueda tener y ofrecer ventajas económicas, sino también pueda encontrar una calidad de nivel competitivo. En zonas sustituidas por alta producción y calidad en cuanto a uniformidad del tubérculo son casos de particular importancia, (MENDOZA 1983).

- 2) Aquellas de potencial de expansión de la cosecha, zonas donde actualmente la papa no es cultivada o tiene una importancia secundaria en el amplio sistema de cultivos. Zonas donde el crecimiento vegetativo y los trabajos son especializados y abundantes en grandes chacras en el cálido trópico. Ahora son buenas evidencias que en estas áreas aparece TPS para obtener la mayor e inmediata adopción del potencial, (MALAGAMBA 1984, ATLIN 1984).

El fin de utilizar la TPS es tener papa para producción; pueden ser distinguidos dos sistemas básicos: siembra directa de TPS y realizando

trasplante de plantas al campo definitivo, (MALAGAMBA 1984, GOLMIRZAIIE et al 1990).

La papa puede reproducirse sexualmente plantando las pequeñas semillas que se forman en frutos chicos similares al tomate. Sin embargo, con pocas excepciones, la mayoría de los productores de papa en el mundo plantan tubérculos. Este tipo de reproducción vegetativa es una de las características distintivas del cultivo de la papa. Este hecho no sólo determina fuertemente como se cultiva la papa, sino que también determina dónde, quien, y para qué usos la cultivan. En la mayoría del Tercer mundo, la escasez y el costo elevado de los tubérculos-semillas de buena calidad constituye una restricción seria a la producción de papa, (HORTON 1992, ACCATINO 1992).

La investigación en semilla sexual de papa comenzó en 1977 para desarrollar una alternativa a la propagación vegetativa de la papa. La semilla sexual de papa tiene aplicaciones potenciales en programas nacionales de semillas y en las fincas. Su uso podría abaratar el material de plantación e incrementar significativamente la cantidad de

tubérculos en mercado de papa-consumo, (HORTON 1992, MALAGAMBA 1982).

Actualmente, se estima en 10 millones de toneladas la cantidad de papa que se destina anualmente a la siembra en los países del Tercer Mundo. La semilla sexual de papa es mucho más fácil de almacenar que los tubérculos-semillas y su uso podría disminuir sensiblemente la diseminación de enfermedades causadas por virus y transmitidas por tubérculos, (HORTON 1992, WIERSEMA 1988).

Las prioridades asignadas a la investigación en semilla sexual de papa incluyen el desarrollo de poblaciones uniformes, tempranas, y de alto rendimiento; la mejora en los métodos de producción de semillas; y la determinación de la posibilidad técnica y económica de diferentes sistemas de multiplicación usando semillas de papa en países en desarrollo, (HORTON 1992, MENDOZA 1979).

En el método de siembra directa en el campo de TPS, las características de la semilla y el normal desarrollo lento del vigor de la planta limitan el uso

HEMFROTECA CENTRAL UNIBG



El clon élite progenitor de semillas botánicas SDC.387776.3 ha mostrado una progenie promisoriosa bajo condiciones árido-salinas.

de este método en grandes zonas que pueden ser manejadas intensivamente. Por eso, este método tuvo excelente aplicación en la producción de plantas tubérculo en camas de producción donde puede ser obtenida una alta producción y en áreas más grandes solamente con prácticas apropiadas de manejo. Porque de la alta cantidad de plantas-tubérculo obtenidas por multiplicación se obtiene una gran producción; al inicio, en las camas de producción por extensión se puede producir suficientes tubérculos para plantar un campo grande en la siguiente estación, (MALAGAMBA 1982), CIP 1990).

El sistema de trasplante de plántulas al campo definitivo tuvo que mostrar, entre otras ventajas, la posibilidad de producir plantas vigorosas en almácigos, y trasplantando en cualquier tiempo si las condiciones son apropiadas. Esto permite un eficiente uso de la tierra y vencer la limitante de la siembra directa de TPS. Cuando las condiciones son favorables para el trasplante de plántulas puede ser utilizado también como material para la siguiente estación. Como sea, en zonas de expansión del potencial de la cosecha, particularmente en aquellas regiones del trópico, la producción directa de papa para trasplante aparece como el sistema más adecuado. Bajo estas condiciones, la posibilidad de utilizar la planta-tubérculo para plantar o sembrar en la siguiente estación es limitado por la poca aptitud de estas zonas al almacenamiento y conservación de la calidad de la semilla-tubérculo en cuanto a calidad; también se le expone a virus y enfermedades, (MALAGAMBA 1984, CIP 1992).

El propósito de la investigación en TPS es demostrar la factibilidad de la producción y determinar el potencial de rendimiento comercial de la papa a partir de semilla botánica mejorada, en zonas áridas utilizando híbridos superiores. Es problemática de los Valles de Tacna y Moquegua la escasez del recurso hídrico y su elevado costo de extracción dependiendo de la zona de cultivo, se presentan también diferentes minerales y no minerales a niveles cercanamente tóxicos que trae en suspensión el agua ya sea de origen subterráneo o de origen fluvial; los cuales pueden actuar en detrimento del cultivo de la papa, el camote y de otros cultivos (CHAVEZ et al 1992).

3.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA SEMILLA BOTÁNICA Vs SEMILLA TUBÉRCULO

Comparación de producción de papa usando semilla botánica y tubérculos semilla.

SEMILLA BOTANICA (TPS)	TUBERCULOS SEMILLA
1) 80 a 120 g/Ha de semilla según la densidad de siembra o de trasplante.	1000 2000 kg/Ha de tubérculo semilla según el tamaño del tubérculo y densidad de siembra.
2) Libre de nemátodos, insectos, bacterias, hongos y la mayoría de virus.	Puede estar infectada por nemátodos e insectos económicamente importantes y por bacterias, hongos y virus.
3) Requiere mayor labor en la fase inicial del cultivo.	Exige menos labor y la siembra puede ser mecánica.
4) En las etapas iniciales de crecimiento de la planta, esta es más vulnerable a la competencia de malezas, plagas, enfermedades y estreses. En esta etapa se requiere irrigación artificial.	En las etapas iniciales es menos vulnerable a los estreses, gracias a mayor vigor y crecimiento uniforme.
5) Tendencia a madurar 15-20 días más tarde. Rendimiento comparable o mayor. Gran número de tubérculos pequeños. Menor uniformidad en factores de calidad de tubérculos.	Maduración precoz y uniformidad, tanto fisiológica como en calidad de tubérculos.
6) Los tubérculos son menos adecuados para procesamiento industrial.	Tubérculos bien adaptados para procesamiento industrial.
7) Costo de almacenamiento y transporte extremadamente bajo.	Costo de almacenamiento y transporte muy caro.
8) El costo total de producción se reduce por eliminación de los costos en tubérculos semilla, almacenamiento y transporte.	El costo total de producción es mucho más alto.
9) Es fácil de almacenar por mucho tiempo. Su distribución es fácil y económica. Se adapta fácilmente a los sistemas de cultivo debido a que la época de siembra no depende del envejecimiento de los tubérculos.	Exige conocimientos especiales para un buen almacenamiento y tiene poco margen de adaptación a los sistemas de cultivo.

GOLMIRZAI, ORTIZ y SERQUEN (1990), MALAGAMBA (1984).

4. ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA BOTÁNICA DE PAPA

El uso de la semilla sexual o botánica de papa puede superar los problemas de almacenamiento, transporte y enfermedades asociadas con el uso de tubérculo-semilla en muchos países del Tercer Mundo, y permitirá la expansión de la producción de este cultivo a las zonas de climas tropicales y subtropicales, en varias regiones del mundo. Factores ecológicos tales como poblaciones elevadas de áfidos (en el Perú se han identificado cerca de 10 especies de áfidos), y la presencia de enfermedades durante todo el año, dificultan el mantenimiento de sus propios programas de tubérculos-semillas de categoría certificada. Como resultado, muchos países importan tubérculos-

semillas de países de clima templado y, por consiguiente, los costos de producción de papa para consumo con muy altos.

Estas limitaciones para la producción de tubérculos-semilla de alta calidad y para la expansión de la papa hacia nuevas áreas donde tiene potencia como un cultivo alimenticio valioso, hacen del uso de la semilla sexual una alternativa atractiva respecto al uso de tubérculo-semilla para el incremento de la producción de papa.

En las regiones andinas, la semilla sexual ha sido utilizada desde la antigüedad, probablemente desde el inicio de su cultivo, para la producción de papa. Los Incas utilizaron prácticas culturales avanzadas y conocieron como trasplantar, pudiendo haber aprendido el uso de esta semilla como una curiosidad (MALAGAMBA Y MONARES, 1988). Algunos informes demuestran que la semilla sexual parece haber sido utilizada exclusivamente como método para producir nuevas variedades, un ejemplo del cual fue reportado en Inglaterra hacia fines del siglo XVIII (GEDDES, 1988).

Al finalizar la década de 1880, los comerciantes de semillas anunciaban la semilla sexual de papa en sus catálogos en los Estados Unidos, y en el Reino Unido se mantuvo esta práctica por lo menos hasta 1939 (GEDDES, 1989). En China, un país que ha ganado reconocimiento por su trabajo pionero en semilla sexual de papa, la historia de esta semilla se remonta a 1959 cuando se inició la investigación. En dicho país, la producción en gran escala de este tipo de semilla se inició a comienzos de la década de 1960 (SON BO-FU et al, 1987).

En 1976 el Centro Internacional de la Papa (CIP) empezó investigaciones sobre el uso de propagación sexual del cultivo de la papa como una alternativa a la propagación asexual para incrementar su producción en países del tercer mundo. Desde entonces se ha llevado a cabo un gran número de investigaciones en las áreas de mejoramiento, agronomía y fisiología, a fin de optimizar la producción y simplificar la tecnología de la semilla sexual para su mejor aportación por parte de los agricultores.

La propagación de la papa vía semilla sexual genera preguntas importantes que sólo ha recibido una atención mínima en el mejoramiento y producción tradicionales del cultivo. Esto se debe a las diferencias entre un clon y una progenie de semilla sexual de papa. Un clon es una colección grande de individuos genotípicamente idénticos que mantienen su identidad

genotípica a menos que ocurra una mutación somática. Cada uno de estos individuos se deriva de una sola planta heterocigota. Una progenie de semilla sexual es una colección grande de individuos, fenotípicamente diferentes unos de otros, pero con suficiente uniformidad genotípica en las características de los tubérculos, originados por propagación sexual (CIP, Informe Anual 1987). Esta diferencia básica entre un clon y una progenie con buen rendimiento y uniformidad para un cierto número de características que se sometieron a consideración al inicio de la investigación del CIP sobre producción por semilla asexual fueron germinación, uniformidad, forma y vigor de la planta durante el período de crecimiento así como también forma, color, tamaño y número de tubérculos al momento de la cosecha.

La producción de la semilla es una barrera para la expansión de la tecnología de la semilla sexual en los países del tercer mundo. Los caracteres reproductivos tales como la intensidad de floración y la producción de bayas en la papa son favorecidos por días largos (15 a 17 horas) y temperatura medias (15 a 18°C). Por consiguiente, bajo las condiciones cálidas encontradas en latitudes tropicales (12-13 horas de longitud del día y 20-28°C), la producción de semilla sexual es más difícil. La floración escasa y la reducida fertilidad del polen, causantes de la baja producción de bayas y semillas, son las principales limitaciones para producir la semilla sexual en los ambientes cálidos (MALAGAMBA, 1988). No obstante las zonas tropicales calurosas, donde el tubérculo-semilla es costoso y su calidad se deteriora rápidamente debido a la alta temperatura e incidencia de enfermedades transmitidas por tubérculos, parece tener el mayor potencial para el uso de la tecnología de semilla sexual.

En consecuencia, la selección de líneas parentales de semilla sexual con respecto a caracteres productivos, en combinación con caracteres agronómicos, ha sido llevada a cabo bajo las condiciones tropicales de la estación experimental del CIP en San Ramón, que presenta 12.5 horas de longitud de día a una temperatura promedio de 24°C.

En países en desarrollo, la producción de papa a base de semilla botánica se está convirtiendo en una alternativa promisorio frente al método tradicional de usar tubérculos-semillas. Por varias razones, la papa ha sido tradicionalmente propagada sembrando tubérculos-semillas: estos son fáciles de sembrar y las plantas crecen rápida y vigorosamente. Los tubérculos cosechados son uniformes y los

rendimientos son generalmente altos. A pesar de estas claras ventajas, la propagación por tubérculos-semilla ha limitado, en cierta manera, la adopción y expansión del cultivo de la papa, especialmente en países en desarrollo. Los tubérculos-semillas, que son caros y con frecuencia deben ser importados de países productores de semilla, pueden representar más de la mitad del costo total de producción. Esto es especialmente cierto en los países de África del Norte y de Asia, donde se importa la mayor parte de los tubérculos-semillas.

Los tubérculos semilla son con frecuencia los principales portadores de plagas y enfermedades, las cuales pueden reducir los resultados considerablemente. Los tubérculos-semilla son perecibles, voluminosos y difíciles de transportar a áreas distantes de producción. Los tubérculos-semillas con frecuencia requieren ser almacenados en estructuras de almacenamiento refrigeradas que son costosas, pero a menudo necesarias para prevenir su pudrición en el almacén y para mantenerlos en condiciones fisiológicas adecuadas hasta la próxima temporada de siembra. Pero lo más importante es que los tubérculos que se usan para siembra, representan un volumen importante de alimento que está siendo enterrado en el campo, cuando podría, de otra manera, ser destinado al consumo. Las dos toneladas de tubérculo-semilla que se necesitan para sembrar una hectárea son suficientes para alimentar a una familia de cinco personas durante 8 años en el Sudeste de Asia, o a una familia similar de la serranía peruana durante 4 años. Debido a estos problemas, el Centro Internacional de la Papa junto con otras organizaciones e instituciones académicas y de investigación como la Universidad Nacional de Tacna, está trabajando para desarrollar métodos alternativos en la producción de papa basados en la semilla botánica, que sean aplicables a las condiciones existentes en los países del Tercer Mundo.

5. MÉTODOS AVANZADOS DE MEJORAMIENTO EN SEMILLA BOTÁNICA

El principal objetivo en un programa de mejoramiento de papa para su reproducción mediante semilla sexual es obtener progenies uniformes para caracteres agronómicos y reproductivos con resistencia a las principales enfermedades. Existen varias metodologías que pueden ser usadas para alcanzar esta meta: endocria, línea de parentales diploides que produzcan gametos $2n$, y líneas parentales tetraploides (MENDOZA, 1980).

5.1 ENDOCRIA

Con la endocria puede alcanzarse el mayor nivel de uniformidad gamética. El resultado final sin embargo, sería completamente diferente al alcanzado en el maíz con este método de mejoramiento. Mendoza (1980) postuló que al cruzar dos genotipo, endocrinados y no emparentados, de papa autotetraploides, el híbrido tiene un coeficiente de endocria de $F = 0.33$. Esto se debe a que el efecto de la endocria de los progenitores como en el caso del maíz, en el cual el coeficiente F , será cero. Por consiguiente, aunque la endocria da mayor nivel de uniformidad y homogeneidad gamética, y produce progenies completamente uniformes, también causa reducción fuerte en el rendimiento y disminuye la estabilidad del comportamiento.

Golmirzaie et al (1987) estudiaron el efecto de la endocria sobre el rendimiento y los caracteres agronómicos en diferentes generaciones de semilla sexual de papa. Las familias individuales expresaron depresión endogámica en diferentes grados, y la calidad de depresión varió entre los caracteres medidos. Los resultados mostraron que es posible seleccionar familias tetraploides para diferentes caracteres agronómicos y reproductivos que son menos deprimidos por efecto de la endocria.

5.2 USO DE LÍNEAS PARENTALES DIPLOIDES ($2n=2x=24=AA$).

Peloquin et al (1983), han encontrado, en papas diploides, mutantes que presentan fallas durante el proceso meiótico produciendo gametos con el número cromosómico somático $2n$. Esto es el resultado de la restitución de la primera división (FDR), que transmitirá 80% del arreglo genético de los progenitores diploides en forma intacta a sus progenies tetraploides ($4x \times 2x=4x$). La importancia de los gametos $2n$ para el mejoramiento reside no sólo en el logro de una heterocigosidad máxima en las progenies de apareamiento $4x-2x$, sino también en la producción de una adecuada homogeneidad en las progenies tetraploides. Macaso-Khwaja y Peloquin (1983), Mendoza (1980) y Ortiz e Iwanaga (1986) reportan que el uso de polen de FDR ($2n$) en cruzamientos $4x-2x$ es un mecanismo apropiado para tener uniformidad y vigor, dos características necesarias para la producción de semilla sexual de papa. En el uso de diploides existen, sin embargo, algunas

limitaciones que necesitan ser consideradas: un período demasiado largo para alcanzar la maduración, caracteres agronómicos que necesitan ser mejorados y caracteres reproductivos que necesitan atención en el mejoramiento de clones diploides, antes de que estos puedan ser semilla sexual. El mejor uso de estos clones es transferir resistencia y a otros atributos específicos, encontrados a menudo sólo en especies diploides, a las especies tetraploides.

5.3 USO DE LÍNEAS PARENTALES TETRAPOIDES ($2n = 4x = 48 = AAAA$)

El uso de material parental tetraploide es el método más común para producir semilla sexual. Aunque el proceso meiótico produce gametos heterogéneos que resultaran en progenies heterogéneas, existen progenies tetraploides provenientes de cruzamientos $4x-4x$ con aceptable uniformidad y alto rendimiento, especialmente si las líneas parentales tienen una amplia base genética (GOLMIRZAI y MENDOZA, 1985), la investigación para la utilización de progenitores tetraploides llevada a cabo en el CIP incluye:

- 1) Los mejores cultivares del material disponible para el mejoramiento;
- 2) La evaluación de diferentes clones para la selección de líneas parentales;
- 3) El desarrollo de diferentes tipos de cultivares, para el uso, por parte de los agricultores, como híbridos, líneas sintéticas, material para polinización libre. Además se está explorando la producción de híbridos (híbridos citoplasmáticos y heteroplastos) para la utilización de la esterilidad masculina.

5.4 SELECCIÓN DE LÍNEAS PARENTALES DE SEMILLA SEXUAL

Para eliminar los obstáculos en la expansión de los programas de producción de semilla sexual, los fitomejoradores deben seleccionar clones con buenos caracteres agronómicos y reproductivos. Una estrategia de mejoramiento basada en estas prioridades se concentraría, por consiguiente, en la selección de líneas parentales que produzcan flores y bayas bajo condiciones de clima cálido tropical.

En años recientes, el CIP empezó un proyecto en el Perú para evaluar y seleccionar líneas parentales con caracteres agronómicos y reproductivos adecuados a las condiciones de días

cortos y altas temperaturas de San Ramón (800 metros de altitud). Usando esta estrategia podemos seleccionar líneas parentales que florezcan bien y produzcan bayas bajo condiciones tropicales cálidas. Estas líneas parentales de semilla sexual pueden ser usadas fácilmente por el agricultor para obtener semilla de polinización libre, o por cualquier programa para producir híbridos o progenies sintéticas (estas progenies son obtenidas a partir de un número limitado de líneas parentales sembradas juntas en aislamiento en el campo para permitir su libre apareamiento).

6. PRODUCCIÓN DE PAPA A BASE DE SEMILLA BOTÁNICA

Con la semilla botánica, se pueden lograr cosechas de papa por: siembra en el campo, trasplante de plántulas al campo, y siembra de tubérculos-semillas producidos a partir de semilla botánica (seedling-tubers).

6.1 SIEMBRA EN EL CAMPO

La siembra de semilla botánica en el campo tiene posibilidades en aquellas áreas con temperaturas suaves, donde la lluvia es ligera y distribuida uniformemente durante las primeras cinco o seis semanas después de la siembra. Estas condiciones permiten buena germinación y el enraizamiento de las plántulas. Sin embargo, la siembra directa en el surco produce con frecuencia resultados inconsistentes.

Existen métodos que podrían facilitar la siembra en el campo, tales como el uso de semilla «peletizada», el uso de una suspensión de semilla en gel que se puede aplicar manual o mecánicamente, y el uso de una mezcla con musgo (mezcla iniciadora). Con este último método la semilla se pregermina en una mezcla de suelo y se siembra luego. En condiciones favorables, se puede lograr buena emergencia de plantas en la siembra directa de semilla botánica.

6.2 TRASPLANTE AL CAMPO

El trasplante de plántulas de semilla botánica al campo tiene varias ventajas sobre la siembra directa. Primero, las plantas permanecen menos tiempo en el campo, dejando ese campo libre para otros usos. La competencia con las malezas también se reduce, y las labores agrícolas se simplifican. Aun más, este método se adapta mejor a las prácticas acostumbradas en los sistemas agrícolas de países en desarrollo.

La semilla botánica se puede sembrar en bandeja o almácigos. En climas cálidos el uso de sombra en los almácigos durante 15 a 20 días después de la siembra, ayuda a lograr una emergencia más uniforme y un crecimiento vigoroso de las plántulas. La emergencia de las plántulas ocurre entre ocho y diez días después de la siembra. Se ralea entre una semana y diez días después de la emergencia. Aproximadamente 35 días después de la siembra las plántulas están listas para ser trasplantadas.

Para reducir el estrés debido a condiciones adversas en el trasplante, las plántulas pueden ser trasplantadas con las raíces cubiertas de tierra, usando para ello recipientes tales como cubos de compost, pequeñas bolsas hechas de hojas de plátano, o bandejas de diferentes materiales. Este sistema tendría mayor aplicación en zonas donde la práctica de trasplante es común en la producción de hortalizas cuando se siguen las prácticas adecuadas de manejo, las progenies adaptadas pueden producir más de 30 toneladas por hectárea.

6.3 SIEMBRA DE TUBÉRCULOS - SEMILLAS PRODUCIDAS A BASE DE SEMILLA BOTÁNICA

Los tubérculos obtenidos de plántulas producidas por semilla botánica pueden ser usados también muy ventajosamente para propagar el cultivo. Este método de producción combina las ventajas de la semilla botánica con las ventajas de sembrar tubérculos-semillas. Dependiendo de las condiciones ambientales, los tubérculos pueden ser producidos en almácigos con alta densidad de siembra o en surcos en el campo. Cuando se moja apropiadamente un almácigo puede producir, por metro cuadrado, hasta 800 tubérculos provenientes de plántulas. Los tubérculos provenientes de plántulas pueden ser usados para incrementar el suministro de tubérculo-semilla. Además, esos tubérculos pueden ser multiplicados para producir más papa para consumo. Buena performance agronómica bajo condiciones de verano en Tacna ha sido observada en la familia tubérculo proveniente de semilla botánica (primera generación clonal), del híbrido MFI x KATAHDYN.

7. PRODUCCIÓN DE SEMILLA BOTÁNICA

Cualquier programa sobre el uso de semilla botánica requiere que haya suministro en volúmenes y calidad adecuados. La semilla botánica puede ser producida siguiendo pasos similares a aquellos que se usan para la producción de semilla de otras

hortalizas. Bajo condiciones apropiadas, las plantas de papa producen flores y luego producen frutos similares a tomates pequeños o sin madurar.

7.1 POLINIZACIÓN

La polinización puede ocurrir naturalmente o bajo condiciones controladas. Si las plantas se dejan en el campo para que den fruto naturalmente, la mayor producción de semilla resultante será de autopolinización debido a la naturaleza tetraploide de la papa (La autoincompatibilidad gametofítica sólo funciona en diploides). La producción de semilla de polinización cruzada que ocurra es causada principalmente por insectos. La semilla botánica así obtenida es llamada "semilla de polinización libre" ya que solamente se conoce al material parental femenino. La semilla también puede ser producida por polinización manual controlada. En este caso, la semilla botánica es llamada "Progenie híbrida". Con la polinización controlada, el polen progenitor masculino es colocado en el estigma de la flor. Esto se puede hacer en campo o en el invernadero bajo condiciones controladas.

7.2 COSECHA

Unos cinco a diez días después de la polinización, las bayas empiezan a desarrollarse. En cerca de 40 días, estas bayas estarán listas para su cosecha. En condiciones de campo, una planta en floración producirá un promedio de 20 bayas. Cuando las bayas están maduras se cosechan y se guardan a temperatura ambiental hasta que estén lo suficientemente blandas para extraer suavemente la semilla. El número de semillas por baya puede variar desde 50 hasta 500, aunque el promedio generalmente es de 200. Unas 1500 semillas pesan un gramo.

7.3 ALMACENAMIENTO

La semilla extraída de las bayas es secada a temperatura ambiental con humedad relativamente baja. La viabilidad de la semilla depende de la temperatura y del contenido de humedad de la semilla en su período de almacenamiento. Cuando se guarda a temperatura ambiental, la semilla botánica puede permanecer viable por varios meses hasta aproximadamente dos años. La semilla botánica puede ser almacenada por varios años a 4° celsius sin perder su capacidad de germinación. Sin embargo, en ambos casos es esencial que la humedad relativa sea baja. La

semilla botánica tiene un período de latencia más largo que el período de reposo de los tubérculos. Pero, a pesar de que dura de 4 a 9 meses, puede ser rota por un tratamiento simple con ácido giberélico

8. PERSPECTIVAS DE LA SEMILLA BOTÁNICA

La investigación sobre semilla botánica se está llevando a cabo en diversas zonas del mundo. Por ejemplo, la República Popular China es pionera en el uso a gran escala de la semilla botánica en un programa de multiplicación de papa, en el cual se reemplaza a la generación de tubérculos-semillas por semilla botánica. Un horticultor de Sri Lanka ha estado experimentando con semilla botánica desde 1962. En 1982 sembró casi cinco hectáreas de papas usando tubérculos producidos el año anterior a base de semilla botánica. Y en algunos países, ya venden comercialmente semilla botánica de papa, lo cual es otro indicio de su gran potencial (tab.5).

El Centro Internacional de la Papa (CIP), en el Perú complementa estos esfuerzos de investigación sobre semilla botánica, con estudios sobre los aspectos básicos de fisiología, agronomía y genética de esa semilla. A través de cursos especiales de capacitación, el CIP facilita el intercambio de resultados entre científicos que están trabajando en semilla botánica en todo el mundo.

Aún se necesita más investigación para comprender el potencial total de la semilla botánica. Sin embargo, la tecnología de semilla botánica que se genera en el Centro Internacional de la Papa y en otros sitios puede ayudar a reducir los problemas de escasez y alto costo de tubérculos-semillas y a la vez ayudar a extender el cultivo de la papa a nuevas áreas de la zona tórrida donde es crítica la producción de alimentos.

9. ADAPTACIÓN DE LA SEMILLA BOTÁNICA A ZONAS ÁRIDO-SALINAS

A principios de 1986 se inicia, dentro del proyecto, investigaciones conducentes a la adaptación de líneas o familias de semilla botánica de papa a las zonas áridas y salinas del sur del Perú. Se evaluaron 63 familias híbridas con un total de 17000 genotipos (seedlings). Los estreses de calor y salinidad dañaron a las plantas trasplantadas en éstos suelos regados por gravedad o inundación parcial. No se seleccionó ninguna familia promisoría, sólo unos cuantos genotipos promisorios que sobrevivieron a las condiciones de estrés del desierto. Estos clones fueron

multiplicados y sometidos a las pruebas serológicas de resistencia a virus. Los clones resistentes fueron adaptados a los estreses abióticos en Tacna. Algunos de ellos llegaron a la categoría de clon élite.

9.1 EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS PROMISORIOS

En 1991 se inicia otra estrategia y logística de evaluación de familias de TPS con progenies cuyos parentales habían sido previamente seleccionados por su tolerancia a estreses abióticos. El experimento fue conducido en suelos áridos moderadamente salinos y utilizando riego por exudación. De 10 familias evaluadas se logró seleccionar la familia promisoría C89.437 x ST.BULK que mostró mayor frecuencia de genotipos adaptados con caracteres agronómicos deseables, seguido de la familia TPS 387776.3 x ST.BULK.

A principios de 1994 se evaluó un set de nuevos híbridos TPS superiores en zonas áridas con suelos ligeramente salinos en diseños de blocks completamente randomizados con cuatro repeticiones. Las plántulas fueron cultivadas asociadamente con tubérculos-familias. Las familias TPS que más sobrevivieron a los estreses abióticos fueron SERRANA x LT.7 y LT.9 x TS.9. La variabilidad intra familias permitió seleccionar 24 clones promisorios con potencial genético para producción. Sin embargo las familias tubérculos, primera generación clonal de tuberculillos mostraron mayor adaptación a los estreses siendo los híbridos CHIQUITA x TS.4 y SERRANA x LT.7 los mejores rendidores en tubérculos lográndose seleccionar 30 genotipos promisorios. En términos de rendimiento ninguna de las familias de tubérculos o TPS superó al control COSTANERA. Las mismas 10 familias TPS evaluadas para rendimiento de tuberculillos en substratos artificiales (invernadero), mostraron variabilidad enorme en el rendimiento, siendo los híbridos SERRANA x LT.7 y LT.9 x 104.12.LB los de mayor rendimiento de tuberculillos por m² (350 - 450 tuberculillos/m²). La familia TPS. SERRANA x LT.7 parece ser la más adaptada a condiciones áridas y semisalinas; sin embargo, es necesario descartar experimentalmente alguna correlación positiva entre el efecto de estrés abiótico y la mayor producción de glycoalcaloides (solanina) en los tubérculos.

Durante el verano de 1995 se evaluaron diez familias de tuberculillos provenientes de semilla

botánica cultivadas en sustratos de 1 m². Los tuberculillos fueron sembrados en suelos áridos y ligeramente salinos. Las plantas mostraron un alto vigor (7 a 9) en el follaje, similar a los controles usados de semilla tubérculo de clones-élites incluidas las variedades Tacna y Costanera (tab.4). Así mismo todos las familias mostraron follaje normal, ausente de síntomas de enfermedades viróticas. La sobrevivencia de las plantas fue del 90% en contraposición de las plántulas de semilla botánica anteriormente evaluadas (cerca del 40% de sobrevivencia). La mayor performance agronómica en la producción de tubérculos fue observada en la familia SERRANA x LT.7 con una alta uniformidad de forma, tamaño y rendimiento (564 gr/planta). En segundo lugar se registra el híbrido LT.9 x 104.12 LB con un rendimiento de 528 gr/planta pero la calidad de los tubérculos fue inferior. Ambos híbridos, provienen de parentales tolerantes al calor y resistentes a virus (tab.4).

Los resultados de este experimento muestra el potencial del uso de la semilla botánica y tuberculillos de primera generación clonal en el producción comercial de papa en zonas áridas y semisalinas.

9.2 TAMIZADO DE TPS EN SUELOS ÁRIDOS Y SALINOS

Durante el otoño de 1995 se evaluaron 15 familias TPS cuyos progenitores fueron seleccionados en Tacna por su tolerancia a salinidad, sequía, calor, precosidad y resistencia a RKN. Se utilizó como control semilla de polinización libre de la variedad TIKAWASI. El experimento se llevó a cabo en Magollo 400 m.s.n.m. bajo condiciones de aridez y suelos agrícolas fuertemente salinos a fin de conocer la habilidad combinatoria para salinidad y sequía a los clones elites parentales. Se utilizan 80 genotipos por familia distribuidos en BCR con cuatro repeticiones (20 plantas por repetición).

Las familias que mostraron mayor porcentaje de sobrevivencia a los 15 días de trasplante fueron SDC89.315 X ST.BULK, (72), SDC89.302 X SDC89.315 (71) y SDC90.259 x ST.BULK (65) el control TIKAWASI (14). La segunda evaluación de sobrevivencia realizada a 60 días después del trasplante muestra mayor frecuencia de plantas susceptibles. Los sobrevivientes mostraron un vigor de 1 a 3, (no se registró mayor vigor) en las familias SDC91.934 x SDC89.315 (36); SDC90.259

x ST.BULK (30) y SDC89.308 X ST.BULK (27) (tab.3).

Sin embargo no hubo una fuerte correlación en algunas familias en la frecuencia de supervivencia y la producción de tubérculos de calidad habiendo tenido mayor producción las siguientes familias : SDC90.259 x ST.BULK, SDC91.934 x SDC89.315 x ST.BULK y SDC91.902 x SDC89.315 (tab.3).

El tamizado de estas 15 familias sugiere que los clones elites utilizados como parentales SDC89.315, SDC90.259 y SDC90.260 tienen una gran habilidad combinatoria para resistencia a suelos y salinos, debido a que proporcionan en la primera generación mayor frecuencia de híbridos o genotipos resistentes a salinidad consiguiendo las mejores combinaciones para suelos muy salinos serían : SDC90.259 x ST.BULK, SDC91.934 x SDC89.315 y SDC89.315 x ST.BULK.

9.3 EVALUACIÓN DE HÍBRIDOS SUPERIORES

En otoño de 1995 se utilizó una nueva e innovadora estrategia de producción de papa a partir de TPS en zonas árido salinas. Se seleccionaron previamente un grupo de diez híbridos superiores cuyos progenitores se asumía que tenían una gran habilidad combinatoria y cuyas semillas híbridas fueron seleccionadas por su alta calidad de embriones. El potencial genético de estos híbridos fueron puestos a prueba en suelos áridos y ligeramente salinos bajo condiciones de fotoperiodo corto, en Pachía, Tacna. El material fue trasplantado de almácigo al campo y el follaje fue cortado a los 80 días a fin de determinar también su precosidad. Se evaluó la supervivencia y el vigor del follaje a los 60 días del trasplante. Los resultados obtenidos fueron sorprendentes:

- a) Se observó una alta frecuencia de sobrevivencia de las plantas trasplantadas no antes registrada.
- b) Se detectó un incremento conspicuo en el vigor general de las plántulas en las familias. En algunas familias y repeticiones se observó un grado de vigor 9.
- c) Se observó una mayor frecuencia de genotipos ideales para ser usados ya sea como clones promisorios o como futuros parentales para generar nuevas familias híbridas en zonas áridas, con un rendimiento de 900-1000 gr/planta y excelente calidad de tubérculos y su extraordinaria precosidad.

Las familias superiores que más destacan por su performance general agronómica fueron: MF-I X TS.5 con 67.3% de supervivencia y vigor general promedio de 7.6, MF-II x XY.13 con 83.5% de supervivencia y vigor general promedio de 7.5, MF-II x TS.13 con 46.4% de supervivencia y vigor general promedio de 7.4. En total de estos tres híbridos superiores se seleccionaron 57 genotipos por la arquitectura ideal de la planta (tab. 1,2).

Estos mismos híbridos superiores han sido evaluados normalmente en las mismas condiciones edáficas pero bajo condiciones de días largos, es decir en invierno-primavera (julio, agosto y setiembre) (tab.1). Los mejores híbridos de buena performance agronómica fueron los cruces MF.I x KATAHDYN y TPS.67 SELF. Las mejores familias seleccionadas bajo días cortos mostraron baja performance agronómica bajo condiciones de fotoperíodo largo (tabla 1, 2).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCATINO, P. MALAGAMBA, P. 1982. **Potato Production from True Seed**. International Potato Center. Lima-Peru.
- AMAERUS, M. 1987. **True Potato Seed**. p. 11-14. In Abstracts of EAPR. (Véase Golmirzaie et al).
- ATLIN, G. 1984. **Farmer Maintenance of TPS varieties**. In: Report of Planning Conference of Innovative Methods for Propagating Potatoes. CIP. Lima-Peru.
- CHAVEZ, R. 1990. **Cultivo de Raíces y Tubérculos**, FCAG-UNJBG. Tacna-Peru.
- CHAVEZ, R. 1991. **Cultivo in Vitro en el Mejoramiento Genético de Plantas**. Nueva Imagen. UNJBG, Tacna-Peru.
- CHAVEZ, R. MENDOZA, H. ESPINOZA, J. AREVALO, N. DÍAZ, L. 1992. **Estrategias y Ganancia Genética en el Mejoramiento de Papa y Camote para Zonas Árido-Salinas**. Nueva Imagen, Tacna-Peru.
- CHAVEZ, R. MENDOZA, H. ESPINOZA, J. SILES, P. HUACOLLO, M. FLORES, J. 1993. **Ampliando la base genética en el germoplasma mejorado de papa y camote**. Revista de investigación Nueva Imagen 1993.
- CHAVEZ, R. 1995. **Clones superiores de papa y camote adaptados a zonas arido-salinas**. Rev. Inv. Ciencia & Desarrollo 1995.
- GERRES, A.M.W. 1988. **Introduction of potato to remove mountain areas of China through TPS in 1906**. p. 167-169. In Asian Potato Association Proceedings. Second Triennial Conference, Kunming, China, June 12-26. Manila: Asian Potato Association, 250 p.
- GOLMIRZAIE, A. MENDOZA, H. 1986. **Effect of Early Selection for Seedling Vigor on Open-pollinated True Potato Seed**. Amer. Potato 5.63:426 (abst.)
- GOLMIRZAIE, A. ORTIZ, R. SERQUEN, F. 1990. **Genética y Mejoramiento de la Papa mediante semilla (sexual)**. CIP, Lima-Peru.
- GOLMIRZAIE, A.M. 1985a. **Earliness in TPS progenies**. True Potato Seed (TPS) Letter 6(2):1.
- GOLMIRZAIE, A.M. 1985b. **CIP Progress Report**, Vol.1, Lima-Peru.
- GOLMIRZAIE, A.M. 1987. **Performance of TPS synthetic population**. Am. Potato J. 64:440 (Compendio).
- GOLMIRZAIE, A.M. 1988. **Comparison of different open-pollinated generation for agronomical characters**. p. 77-79. In Asian Potato Assn. Proc.
- GOLMIRZAIE, A.M.; BRETSCHEIDER, K.; ORTIZ, R. 1987. **In breeding effect on the production and agronomical characters of different true potato seed generations**. p. 294-295. In Abstracts of Tenth Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Aalborg, Denmark, July 26-31.
- GOLMIRZAIE, A.M.; MENDOZA, H.A. 1985. **Identification of parental lines for development of true potato seed (TPS) population**. Am. Potato. J. 62:427-428. (Compendio).
- GOLMIRZAIE, A.M.; MENDOZA, H.A. 1986. **Effect of early selection for seedling vigor on open-pollinated true potato seed**. Am. Potato J. 63:426. (Compendio).
- HORTON, D. 1992. **La Papa: Producción, Comercialización y Programas**. Copublicación del CIP, Lima-Peru. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo.
- INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1987. **Annual Report CIP 1986-1987**. Lima-Peru. p.27.
- MACASO-KHWAJA, A.C.; PELOQUIN, S.J. 1983. **Tuber yield of families from op and hybrids tps**. Am. potato J. 60: 645-652.

- MALAGAMBA, P. 1984. **Agronomic Management for Transplanting TPS Seedling.** In: Report of Planning Conference of Innovative Methods for Propagating Potatoes. CIP, Lima-Peru.
- MALAGAMBA, P. 1988. **Potato production from true seed in tropical climates.** HortScience 23:495-500.
- MALAGAMBA, P.; MONARES, A. 1988. **True Potato seed: past and present uses.** Lima : International Potato Center. 7p.
- MALISA, P. 1980. **The need and The search for genetic markers in plant cell cultures,** p. 107-114. In F. Salov et al. (eds), Plant cell cultures: results and perspectives, Amsterdam: Elsevier/North Holland Biomedical Press.
- MENDOZA, H. 1979. **Preliminary Results of Yield and Uniformity of Potatoes Grown from True Seed.** In: Report of Planning Conference on the Production of Potato from True Seed. CIP, Lima-Peru.
- MENDOZA, H. 1983. **Selection of Uniform Progenies to use TPS in Commercial Potato Production.** In: Report of Planning Conference on Present and Future Strategies for Potato Breeding and Improvement. CIP, Lima-Peru.
- MENDOZA, H.A. 1980. **Preliminary results on yield and uniformity of potatoes grown from true seed,** p. 156-172. In Report of planning conference on the production of potatoes from true seed, september 13-15, 1979. Manila, Philippines. Lima: International Potato Center. 172p.
- MENDOZA, H.A. 1983. **Breeding of potato population at the Internacional Potato Center CIP Circular 11:1-5.**
- ORTIZ, R.; IWANAGA, M. 1986. **Manipulación de niveles de ploidia en papa. Evaluación agronomica de progenies tetrapolides derivadas de cruzamientos 4x-2x.** Primer congreso Peruano de Genética, Lima-Peru. 8-13 diciembre, p.15.
- PELOQUIN, S.J. 1983. **New approaches to breeding for the potato of the year 2000.** p. 32-34. In W.J. Hooker (ed.) 2000. Proceedings International Congress, Lima-Peru. February 22-27. 1982. Lima: International Potato Center. 199p.
- SONG BO-FU; QU DONG YU; VANDER ZAAG, P. 1987 **True Potato seed in China: past, present, and future.** Amer. Potato J. 64:321-328.
- THOMPSON, P.G.; MENDOZA, H.A.; PLAISTED, R.L. 1983. **Estimation of genetic parameters for characters related to potato propagation of true seed (TPS) in an andigene population.** Am. Potato. J. 60:393-401.
- WIERSEMA, S. 1988. **Evaluación de Tecnología para la producción de Tubérculos Semilla de Semilla Botánica de Papa.** Serie de Evaluación de Tecnología No. 8. CIP, Lima-Peru.
- WIERSEMA, S. 1988. **Producción de Tubérculos Semilla Derivados de la Semilla Botánica.** Circular Volumen 13. CIP, Lima-Peru.



El clon élite SDC89.315 resistente a estreses abióticos posee una buena habilidad combinatoria para caracteres agronómicos y resistencia a estreses abióticos en zonas árido-salinas. Además tiene una alta fertilidad y producción de bayas y semillas viables que la capacitan para ser progénitos superiores de TPS.

TABLA N° 01: Evaluación de familias superiores TPS bajo condiciones de invierno en tierras áridas con bajos niveles de salinidad. Localidad: Pachia Alta, Tacna, 100 m.s.n.m. Invierno 1995. Período de crecimiento: 80 días, en condiciones de días cortos a días largos.

FAMILIA N°	HIBRIDOS CRUZADOS	N° DE PLANTAS TRASPL.	N° DE PLANTAS SOBREV. 45 D.	N° DE PLANTAS SOBREV. 60 D.	VIGOR GENERAL 1-9 X	N° DE GENOT. SELECT ARCHIF.	N° CLONES PROMET. SELECC.
1	MF-I x KATAHDIN	231	198	164	4.6	0	1
2	TPS.67_SELF	109	95	86	4.3	13	0
3	MF-I x TS.3	68	49	40	4	0	1
4	MF-II x TS.13	5	5	4	3	0	0
5	MF-I x XY.13	160	78	60	4	3	3
6	MF-II x TS.9	39	9	7	3	0	0
7	MF-I x TS.9	73	24	18	3	0	0
8	CHIQUITA x CEW69.1	44	33	28	3	3	0
9	CEW69.1 x 104.12.LB	35	23	20	3	1	0
10	MF-II x TS.13	134	84	72	4	2	0
11	MF-I x TS.5	237	75	60	5.8	4	3

TABLA N° 02: Evaluación de familias híbridas superiores TPS bajo condiciones de invierno en tierras áridas con bajos niveles de salinidad. Localidad: Pachia, Tacna, 1000 m.s.n.m. Otoño-invierno 1995. Follaje cortado a los 80 días. Período de crecimiento: 80 días, en condiciones de crecimiento de días largos a días cortos.

N°	FAMILIA TPS	TIPO DE EMBRION	N° DE P/Semb.	N° DE PLANTAS SOBREV.	% SOBREV.	VIGOR GENERAL 80 D.	N° DE GENOT. SELECC.	N° OF PAR. CLONES
1	MF-I x TS.5	AA	222	187	67.3	7.6	25	5
2	MF-I x XY.13	AA	249	232	83.5	7.5	15	6
3	MF-II x TS.13	AA	173	129	46.4	7.4	17	4
4	TPS-67_SELF	AA	132	114	41.0	7.0	3	6
5	CEW69.1x104.12.LB	AAxBB	37	32	11.5	7.0	3	3
6	MF-II x TS.9	A	89	50	18.0	5.6	3	0
7	MF-II x TS.9	A	37	30	10.8	5.0	1	0
8	MF-I x TS.3	AB	34	28	10.1	5.0	2	0
9	CHIQUITAxCEW69.1	A	71	49	17.6	4.5	3	4
10	MF-I x KATAHDIN	AA	278	171	61.5	4.2	8	8

* N° de genotipos seleccionados por la arquitectura ideal de la planta.
 ** Clones individuales seleccionados por su rendimiento y calidad de tubérculo.

TABLA N° 03: Evaluación de familias híbridas TPS, bajo condiciones de suelo árido y salino. Las familias TPS fueron generadas de clones resistentes a salinidad y sequía en Tacna. Localidad: Magollo, Tacna, 400 m.s.n.m. Invierno 1995, CE: 08.2 - 13.52 mh. Diseño: BCR, cuatro repeticiones 20 plantas/repeticion.

N° ORDEN	FAMILIA TPS	TOTAL		FRECUENCIA	
		N° PS	N° PC	% PS	% PC
1	SDC91.934 x SDC89.315	36	26	45.0	32.5
2	SDC90.259 x ST.BULK	30	27	37.5	33.8
3	SDC89.308 x ST.BULK	27	14	33.8	17.5
4	SDC89.315 x ST.BULK	26	22	32.5	27.5
5	SDC91.628 x SDC90.266	25	13	31.3	16.3
6	SDC89.302 x SDC89.315	24	17	30.0	21.3
7	SDC91.019 x SDC91.640	24	10	30.0	12.5
8	SDC90.266 x ST.BULK	24	4	30.0	5.0
9	SDC91.027 x SDC89.315	24	9	30.0	11.3
10	387776.3 x ST.BULK	23	12	28.8	15.0
11	SDC91.902 x SDC89.315	23	21	28.8	26.3
12	SDC90.260 x ST.BULK	22	18	27.5	22.5
13	SDC91.750 x SDC90.266	20	11	25.0	13.8
14	COSTANERA x 104.12.LB	19	7	23.8	8.8
15	SDC92.014 x SDC91.640	13	5	16.3	6.3
16	TIKAWASI-OP (CONTROL)	2	0	2.5	0.0
p191...	TOTAL	362	216	452.5	270
	PROMEDIO			28.3	16.9

* N° Plantas sobrevivientes a los 60 días de trasplante.
 ** Plantas tubérculo cosechadas, algunos genotipos han mostrado resistencia de campo a la mosca minadora y están siendo evaluadas en Lima.

TABLA N° 04: Performance agronómica de familias de tubérculos de híbridos TPS comparados con clones elites resistentes a estreses bajo condiciones de suelos áridos y baja salinidad. Localidad: pachia, 1000 m.s.n.m. 1995. Primavera-verano. Período de crecimiento: 90 días; evaluación a los 90 días.

CLON ELITE* Y FAMILIA TPS	VIGOR FOLLAJE 1-9	COBERTURA %	DEGRADACION DE SENESC.	PERFORMANCE AGRONOMICA** (TUBERCULOS)
1. SDC9-132	7	70	7	5
1. LT-9 - 104.12 LB	9	90	5	5
2. DESIREE (Check)	7	70	7	3
2. SERRANA x LT-7	9	90	5	7
3. SDC92.172	7	70	7	5
3. CHIQUITA x TS-4	9	100	5	5
4. SDC91.640	9	90	7	9
4. LT-9 x TS.10	9	90	5	3
5. SDC91.750	7	80	5	5
5. LT-9 x TS.3	9	100	5	5
6. MARIVA (Check)	5	40	3	1
6. MF-II x TS-9	9	100	5	3
7. SDC89.315	9	100	7	7
7. LT-8 x LT-7	9	85	7	3
8. SDC89.308	7	60	5	3
8. TS-9 x TS-5	9	95	5	5
9. SDC89.262	7	80	5	5
9. SERRANA x TPS-113	7	90	3	5
10. REVOLUTION (Check)	5	50	7	3
10. CHIQUITA x TS.9	5	50	7	3
11. SDC91.612	9	90	7	7

** Performance agronómica basada en la calidad de producción comercial del tubérculo.
 * Es stock de plantas de clones elites y variedades usadas son de tercera generación clonal de Tacna.

TABLA N° 05: Descripción de dos híbridos superiores de semilla botánica liberados por el CIP para su distribución internacional.

HPS-7/67	MAINE-28x104.12LB
PLANTA: Tallos fuertes de color verde claro, de 90 a 100 cm. Hojas grandes, con foliolos medianos de color verde claro. Flores blancas.	PLANTA: Tallos fuertes de color verde oscuro con pigmentación en su base de 90 a 100 cm. Hojas medianas, con foliolos color verde oscuro. Flores amarillas y lilas.
TUBERCULOS: Redondos-oblongos y achatados con ojos semiprofundos. Cáscara crema y pulpa blanca. Brotes verde oscuro sin pigmentación.	TUBERCULOS: Redondo achatado con ojos semiprofundos y pigmentados. Cáscara crema y pulpa blanca.
PERIODO VEGETATIVO: Semiárido (110 a 120 días)	PERIODO VEGETATIVO: Semiprecoz (90 a 100 días).
RENDIMIENTO: Alto (35 a 40 T/Ha), 85% de tubérculos de tamaño comercial.	RENDIMIENTO: Alto (35 a 40 T/Ha), 90% de tubérculos de tamaño comercial.
ADAPTACION: Rústica, se adapta a climas templados y cálidos.	ADAPTACION: Rústica, se adapta a climas templados y frescos.
CALIDAD DE TUBERCULOS: Buena, contenido de materia seca 21.7%	CALIDAD DE TUBERCULOS: Buena, contenido de materia seca 18.6%
RESISTENCIA A ENFERMEDADES: Tolerante a virus y a tizón tardío.	RESISTENCIA A ENFERMEDADES: Tolerante a virus y a tizón tardío.