

25  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**"EVALUACION DE CARACTERISTICAS EN PLANTA,  
TUBERCULO Y RENDIMIENTO PARA 24 PROGENIES  
DE SEMILLA SEXUAL DE PAPA *Solanum tuberosum*  
L., EN VALLES ALTOS ESTADO DE MEXICO."**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRICOLA**

**P R E S E N T A**

**FRANCISCO JAVIER LOPEZ JACINTO**

ASESORES: DR. JORGE I. SARQUIS RAMIREZ,  
BIOL. ELVA MARTINEZ HOLGUIN.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1998

258751.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
ASUNTO: VOTOS **APROBATORIOS**



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA F.E.S.-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Jaime de Anda Montañez  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S.-C

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Evaluación de características en planta, tubérculo y rendimiento para 24  
progenies de semilla sexual de papa Solanum tuberosum L., en Valles Altos  
del Estado de México".

que presenta el pasante: Francisco Javier López Jacinto  
con número de cuenta: 8426902-7 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E.  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 29 de enero de 1998

|                  |                                 |  |
|------------------|---------------------------------|--|
| PRESIDENTE       | Biol. Elva Martínez Holquin     |  |
| VOCAL            | Ing. Francisco Cruz Pizarro     |  |
| SECRETARIO       | Dr. Jorge Issac Sarquiz Ramirez |  |
| RIMER SUPLENTE   | Ing. Edgar Ornelas Diaz         |  |
| SEGUNDO SUPLENTE | Ing. Guillermo Basante Butron   |  |

*De todos los oficios del hombre, ninguno mejor, ni más productivo, ni más agradable, ni más digno de un hombre libre, que la agricultura.*

*Ciceron.*

*Dedicatoria.*

*A mi madre quien siempre deseó mi superación.*

*A mis hermanos. Serafina, Moises, Maria de los Angeles, Martha, Rocio, Maria del Carmén, Gregorio y Miguel Angel, por el cariño y apoyo desinteresado que siempre me brindaron.*

*A la familia Lazos Gonzales y a los inborrables momentos que en mí siempre estarán presentes.*

*A todos los demás miembros de la familia, que aunque no mencione sus nombres en este trabajo, en mi corazón ya están grabado.*

*Ing. José Luz Hernandez Castillo, por su valiosa ayuda.*

*Dr. Jorge Sarguis Ramirez, por su confianza.*

*A los miembros del jurado.*

*A mis amigos, los mismos de hoy y siempre.*

## ÍNDICE

|  | PAGINA |
|--|--------|
| RESUMEN.....   | 5      |
| I. INTRODUCCION .....  | 6      |
| OBJETIVOS.....   | 8      |
| II REVISIÓN DE LITERATURA.....   | 9      |
| 2.1 Origen e importancia la papa.....  | 9      |
| 2.1.1 Morfología de la planta.....   | 9      |
| 2.2 Antiguos usos de semilla sexual de papa.....   | 10     |
| 2.3 Investigación sobre semilla sexual de papa.....  | 12     |
| 2.4 Producción de Semilla Sexual de Papa.....  | 12     |
| 2.5 Ventajas de la propagación sexual.....   | 15     |
| 2.6 Comparación de costos de producción de semilla sexual de papa y<br>semillatubérculo comercial..... | 16     |
| 2.7 Floración.....   | 17     |
| 2.8 Esquemas de mejoramiento.....  | 18     |
| 2.9 Selección de materiales parentales.....  | 21     |
| 2.10 Avance genético.....  | 23     |
| 2.10.1 Rendimiento de tubérculo.....   | 24     |
| 2.11 Utilización de progenitores tetraploides.....   | 25     |
| 2.12 Programa para la producción de SSP.....   | 26     |
| 2.12.1 Producción de papa con semilla sexual.....  | 27     |
| 2.13 Alternativas agronómicas de la semilla sexual de papa.....  | 28     |
| 2.13.1 Condiciones generales.....  | 28     |
| 2.14 Apariencia del tubérculo.....   | 30     |
| 2.15 Manejo post cosecha de semilla sexual de papa.....  | 31     |
| 2.15.1 Extracción y acondicionamiento de la semilla .....  | 31     |
| 2.15.2 Secado de la semilla.....   | 31     |
| 2.15.3 Empaque.....  | 32     |
| 2.15.4 Temperatura de almacenamiento.....  | 32     |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.5.5 Dormancia.....  | 32 |
| 2.1.6 Manejo postcosecha de tubérculo semilla.....                    | 33 |
| 2.16.1 Perdidas postcosecha.....                                      | 33 |
| 2.16.2 Métodos de almacenamiento de tubérculo semilla.....            | 34 |
| 2.17 Tipos de semilla sexual.....                                     | 34 |
| 2.18 Glicoalcaloides en progenies de semilla sexual.....              | 35 |
| 2.18.1 Importancia de la determinación de glicoalcaloides en SSP..... | 37 |

### **III MATERIALES Y METODOS.....**

|  |    |
|--|----|
| 3. Material biológico.....   | 39 |
| 3.1 Unidad experimental.....   | 39 |
| 3.2 Conducción del experimento.....  | 40 |
| 3.2.1 Siembra.....   | 40 |
| 3.2.2 Labores culturales en charolas.....                                  | 40 |
| 3.2.3 Transplante.....   | 41 |
| 3.2.4 Labores culturales en campo.....                                     | 41 |
| 3.2.5 Cosecha.....   | 42 |
| 3.3 Características evaluadas en los ensayos.....                          | 42 |
| 3.4 Colecta y conservación del material del primer ciclo.....              | 42 |
| IV. Resultados.....  | 44 |
| 4.1. Resultados primer ensayo de evaluación.....                           | 44 |
| 4.2. Resultados segundo ensayo de evaluación.....                          | 51 |
| 4.3 Ensayo de reevaluación.....  | 59 |
| 4.4 Glicoalcaloides totales en 24 progenies de semilla sexual de papa..... | 59 |
| V. Discusión.....  | 61 |
| VI. Conclusiones.....  | 65 |
| VII. Anexo.....  | 66 |
| VIII. Literatura citada.....   | 71 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  | PAGINA |
|--|--------|
| 1.- Producción de híbridos a partir de líneas endocriadas en maíz y en papa autotetraploide  | .18    |
| 2. Efecto de la endocria en caracteres reproductivos y agronómicos, expresado en porcentaje.   | .19    |
| 3. Selección de líneas progenitoras para su utilización en la producción de semilla sexual de papa   | 23     |
| 4. Evaluación de clones seleccionados por características de semilla.  | 23     |
| 5. Interacción heteroalelica para el rendimiento en papas autotetraploides.  | 25     |
| 6. Esquema de autoabastecimiento de semilla de papa para áreas de 0.5-1 ha. con una multiplicación en campo.                                 | 26     |
| 7. Esquema de producción de semilla de papa a partir de semilla sexual para abastecer un área total de 2 000 has en cinco multiplicaciones . | 27     |
| 8. Rendimiento en (ton / ha.) de cultivos de semilla sexual obtenidos en campos de agricultores en diferentes países (1986-1990)             | 28     |
| <b>Indice de tablas para resultados</b>  |        |
| <b>Resultados del primer ensayo con semilla sexual de papa (ciclo 1995)</b>  |        |
| 1.- Comparación de medias para numero de tallos.   | 45     |
| 2.- Comparación de medias para forma de tubérculo.   | 47     |
| 3.- Comparación de medias para porcentaje comercial.   | 49     |
| 4.- Comparación de medias para rendimiento ( ton / ha.)  | 50     |
| <b>Resultados segundo ensayo con tubérculo- semilla -sexual (ciclo 1996)</b>   |        |
| 5.- Comparación de medias para numero de tallos  | 52     |
| 6.- Comparación de medias para uniformidad de tubérculo.   | 53     |
| 7.- Comparación de medias para color de tubérculo.   | 54     |
| 8.- Comparación de medias para forma de tubérculo.   | 55     |
| 9.- Comparación de medias para porcentaje de tubérculo comercial.  | 56     |
| 10.- Comparación de medias para rendimiento ton / ha.  | 58     |
| 11.- Glicoalcaloides totales en 24 progenies de semilla sexual de papa.  | 70     |

## RESUMEN

En las últimas tres décadas la producción de papa en los países en vías de desarrollo ha enfrentado problemas serios, identificándose como los principales: la escasez, el costo elevado y la baja calidad de los tubérculos semilla (Horton, 1987).

Por lo tanto, el desarrollo de tecnologías alternas que ayuden a superar estas limitantes y lograr la autosuficiencia nacional en abasto de semilla así como la expansión del cultivo de papa, resulta de la mayor importancia. Una de tales alternativas tecnológicas es el empleo de semilla sexual de papa (SSP), que se puede usar a un bajo costo y que resulta ser una verdadera posibilidad para superar dificultades de producción, transporte y almacenamiento. Las ventajas que se derivan del empleo de esta forma de propagación son las que han motivado este trabajo, en el cual se emplea semilla sexual de papa para la obtención de material uniforme y con buen rendimiento, que son los aspectos que se evalúan desde el inicio haciéndose de una forma sencilla y promoviendo el uso eficiente de recursos. Con ello se pretende que esta tecnología se concrete en una alternativa verdadera que apoye la producción de alimentos en México.

Los resultados obtenidos en dos ciclos de evaluación proyectan el uso de la SSP como viable al alcanzar características como la uniformidad de tubérculo, tamaño, forma y color cuyo rango de calificación oscila entre el 7 y 8, siendo la máxima calificación para el tubérculo el 9. Con dichas características se lograron obtener 18 ton/ha de la progenie TS9 x TPS113 y de 16 a 17 ton/ha de las progenies MFII x TS10, LT 8 x TS9, MF II x TS9, LT 9 x TS9 y Chiquita x TS 9. Para el segundo ciclo se logró incrementar el rendimiento de LT9 x TS9 a 37.3 ton / ha, a 35.8 ton/ha el de LT8 x TS9, a 33.1 ton/ha el de Serrana x TS5, y a 31.1 ton/ha el de HPS 25/67. En cuanto a la calidad de forma, color, tamaño, porcentaje comercial, número de tallos y altura de planta, el análisis estadístico reveló diferencias significativas para todos estos parámetros, siendo la mejor situación para rendimiento en ton/ha. de las progenies antes mencionadas y resultando como las más promisorias para usarse en producción comercial y en producción de semilla tubérculo. Estos resultados sustentan el esfuerzo por establecer el sistema de propagación del cultivo de papa a base de semilla botánica.

## I INTRODUCCIÓN

La producción de papa en México ha experimentado un incremento sustancial durante los últimos años debido al incremento poblacional así como a la penetración de cadenas de comida rápida como Mc Donald's, que entró al país en los 80's a raíz de los acuerdos comerciales como el TLC. Con todo, el consumo percapita de papa en México, es sólo una fracción del que es típico de muchos países occidentales, sin rebasar aún los 20 kg. anuales.

Los esquemas convencionales de producción comercial de papa requieren de muy elaborados y costosos programas de producción de semilla tubérculo de alta calidad. En México, la industria de la semilla tubérculo depende de la importación periódica de materiales libres de virus provenientes de Holanda, Canadá o los EUA. Esto sitúa a esta semilla más allá del alcance de miles de pequeños agricultores quienes tradicionalmente cultivan papa en lotes pequeños de (0.1 a 10 ha.) bajo condiciones de temporal. En efecto, aún los grandes productores de papa en los estados del Norte como Chihuahua, Sonora, Baja California y Tamaulipas, sufren de un endémico desabasto de semilla.

En total, se cultivan unas 100.000 has. de papa en México anualmente (SAGAR 1995). Sin embargo, típicamente la industria semillera nacional no cubre más del 20 % de la demanda. Bajo estas circunstancias, el desarrollo de tecnologías alternativas para la producción comercial de papa se ha convertido en una prioridad nacional.

La (SSP) ha sido usada para el mejoramiento genético del cultivo en la zona Andina desde tiempos prehispanicos; sin embargo, su uso para la producción comercial de papa ha estado muy limitado por varias razones, siendo una de las más importantes la dificultad para obtener cultivares uniformes y de rendimiento y calidad comparable a las variedades clonales.

Al inicio de la década de los ochentas, el Centro Internacional de la Papa (CIP) inició un esfuerzo a gran escala para promover el uso de SSP, programa que ha tenido gran éxito en países del sureste asiático, donde la ausencia de una larga tradición en la producción y consumo de papas permitió a los investigadores concentrarse básicamente en la cuestión del rendimiento. Más tarde, el programa incorporó la selección de parentales y

esquemas de cruzamiento dirigidos a la obtención de cultivares uniformes y adaptables a un amplio espectro de nichos agroecológicos. Actualmente, existen híbridos de SSP de cruce simple y variedades de polinización abierta que rinden cuando menos 20 ton/ha y poseen características aceptables de uniformidad con respecto a tipo y porte de planta, así como color, tamaño y forma de tubérculo. Decididamente, la dormancia es todavía un problema, pero al menos se cuenta con un paquete tecnológico para monitorearla y asegurar una germinación y un establecimiento uniforme.

En años recientes la investigación para reducir el costo de producción de los alimentos se ha incrementado en muchos cultivos de interés comercial. Para el cultivo de papa se ha identificado una nueva forma de producción a menor costo en base al empleo de la semilla sexual por lo tanto se ha propiciado que se realicen trabajos de investigación para poder promocionar el empleo de esta nueva tecnología, con el fin de enriquecer a las ya existentes.

Esta tesis esta encaminada a la evaluación de 24 progenies de semilla sexual de papa, con un primer ensayo, que es la siembra de la semilla, identificando aquellas con mayor rendimiento así como las características de productividad de cada una de ellas, de tal manera que se puedan evaluar en un segundo ciclo empleando la producción del primer ciclo (semilla-tubérculo-SSP), para lograr una selección de progenies con base a su rendimiento. Para lo cual se plantearon los siguientes objetivos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar las características del rendimiento de 24 progenies de semilla sexual de papa

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

1. Caracterizar una colección de progenies de SSP en base a su rendimiento por el sistema de transplante.
2. Evaluar el tubérculo obtenido del transplante como semilla tubérculo.
3. Comparar el rendimiento del sistema de transplante con el de semilla tubérculo.
4. Determinar el sistema más eficiente para el empleo de semilla sexual de papa.
5. Comparar la calidad fitosanitaria del tubérculo comercial y el de semilla sexual de papa.
6. Comparar los costos de producción empleando SSP y tubérculo semilla .

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen e importancia de la papa.

La papa pertenece a la familia Solanacea, dentro de la cual se incluye al jitomate, chile y tabaco. El género *Solanum* incluye alrededor de dos mil especies, muchas de las cuales no tuberizan, se encuentran en estado silvestre y pueden ser utilizadas en los programas de mejoramiento genético como fuentes de resistencia a enfermedades como tizón tardío (*Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*) y la marchitez bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*). Entre las especies que se han utilizado se encuentran entre otras *Solanum demissum* y *S. Cardiophyllum* (Hawkes, 1990; Orozco, 1993)

El origen geográfico de la papa se ha ubicado en dos posibles centros de América del Sur: Perú y Bolivia para la subespecie andigenum, y la isla Chiloé al Sur de Chile, para la subespecie tuberosum (Christiansen, 1967; Hawkes, 1990). Sin embargo, no es menos importante mencionar que para México se han reportado 40 especies, 33 de la Subsección *Hyperbasarthrum*, entre estas se encontraron a *Solanum cardiophyllum* y *S. demissum*, 7 de la sección *Basarthrum* tales como *S. appendiculatum*, *S. inscendens*, etc. (Christiansen, 1967; Hawkes, 1990; Correl, 1962).

La papa constituye uno de los alimentos más importantes tanto en América como en Europa; los españoles la introdujeron en Europa en el siglo XVI durante la conquista de América y dos siglos después ya era un cultivo básico en el Viejo Continente, actualmente la papa circunda el mundo y se cultiva en varios continentes como parte fundamental en la dieta humana (Hawkes, 1990).

#### 2.1.1 Morfología de la planta.

La papa es clasificada como dicotiledónea anual, la cual puede persistir en el campo vegetativamente (en forma de tubérculo) de una estación a otra (Horton, 1987). La planta de papa se describe como de tipo herbáceo o arbustiva, con una altura de 60 a 90 cm, provista de un sistema caulinar aéreo y otro subterráneo de naturaleza rizomática, en el que se originan los tubérculos (Maroto, 1989; Christiansen, 1967; Horton, 1987 citado por Orozco, 1993). Las hojas son de tipo compuesto, con varios folíolos opuestos y un folíolo grande

terminal y poco vellosas. En las axilas de las hojas se forman las yemas vegetativas. Los tallos aéreos son de tipo normal, herbáceos y erectos, un poco vellosos y con ramificaciones no muy desarrolladas. La raíz de la planta es de tipo adventicio y en la mayoría de los suelos de textura franca y alto contenido de materia orgánica se encuentran en los primeros 40 cm., aunque en los suelos arcillosos profundizan menos que en los arenosos. La inflorescencia típica de la papa es una cima terminal, aunque en algunas variedades excepcionalmente es una umbela; tiene largos pedúnculos y puede ser simple o compuesta. La flor es completa y los cinco pétalos se fusionan formando un tubo floral. Los frutos son redondos y suaves, con un diámetro de aproximadamente 2 cm., las semillas son pequeñas y aplastadas. En los rizomas pueden verse hojas escuamiformes y de ellos surgen raíces adventicias. En estos tallos subterráneos se producen hinchamientos o tubérculos de forma oval, redondeada o claviforme, con una estructura caulinar típica, observándose a simple vista unas escamitas en cuyas axilas se encuentran yemas de crecimiento que se llaman ojos y que se disponen en espiral sobre la superficie del tubérculo.

## **2.2 Antiguos usos de la semilla sexual de papa.**

Si bien no se dispone de registros acerca de la historia del uso de la semilla sexual de papa por los agricultores en ciertas áreas aisladas de los Andes, todavía se aprecia una forma tradicional de utilización de SSP que aparentemente data de varios siglos, quizá de los inicios del cultivo. Los incas, que utilizan prácticas agrícolas avanzadas, aprendieron cómo transplantar y pudieron haber aprendido el manejo de la SSP por curiosidad. Salaman (1970) sostiene que los antiguos agricultores de América del Sur desarrollaron ocasionalmente nuevas variedades de SSP producidas naturalmente. Un buen número de cultivares originales, probablemente originados por selecciones hechas por agricultores de acuerdo a las preferencias locales, las características del tubérculo y la calidad culinaria, aún se producen en forma extensiva en ciertos lugares. El alto número de variedades en las zonas tradicionales de cultivo de papa, así como de la gran variabilidad en las características de las plantas y el tubérculo al interior de una variedad, apoyan esta hipótesis.

Los diversos tipos de Ccompis, Imilla y otras variedades muy populares en los Andes, pueden ser el resultado de selecciones hechas por los agricultores en poblaciones

segregantes obtenidas a partir de SSP. Howard (1968) sostiene la teoría de la selección conciente de cultivares para obtener cualidades específicas en el tubérculo en la antigua América del Sur. Mc key (1961) por su parte da una explicación similar para la multiplicidad de las variedades de papa cultivadas en Europa en el siglo XIX .

Otra razón probable para el uso de SSP en los antiguos cultivares de los Andes puede haber sido la necesidad de recuperar el rendimiento potencial de los cultivares gradualmente perdidos por temporadas sucesivas de siembra. La evidencia sugiere que los agricultores experimentados se dieron cuenta de que había menos plantas débiles con bajo rendimiento en sus campos de cultivo cuando usaban semilla sexual o que las plantas obtenidas naturalmente de semilla sexual se veían más saludables que las producidas con tubérculo-semilla; además, cuando se utilizaban tubérculos-semilla producidos con semilla sexual para sembrar la siguiente temporada, lo más probable era que se observara un incremento considerable en el rendimiento.

Debido a que la tasa de propagación de virus en algunas regiones es alta, la ventaja de la SSP de producir tubérculos libres de virus no era quizás evidente sino hasta después de varios años, o posiblemente varias décadas después de la utilización inicial de SSP; por lo tanto, el papel principal de SSP en el pasado fue el de dar origen esporádicamente a nuevas variedades, o restituir la capacidad de rendimiento de variedades degeneradas. Sin embargo, en los últimos años la creciente necesidad de expandir el cultivo, ha evidenciado un nuevo e importante papel de SSP entre pequeños agricultores como material de siembra estable de bajo costo y, sobre todo, de alta calidad fitosanitaria.

Hawkes, (citado por Salaman, 1970), reportó que la SSP se usaba en el Norte del Ecuador (Pichincha) y al Sur de Colombia para producir tubérculos que eran a su vez sembrados la siguiente temporada para la producción de papa para consumo. (CIP, 1987) observó que los agricultores de la Sierra Central y de la Sierra Sur del Perú (Valle del Mantaro, Abancay y Cuzco) usan SSP para producir tubérculo de la calidad descada y libres de enfermedades. Por último, Franco (1981) presentó el caso de agricultores en Perú (Chincheros y Cuzco) que usan SSP para combatir la degeneración de la variedad.

### **2.3 Investigación sobre semilla sexual de papa.**

La posibilidad de usar SSP para lograr un aumento en la producción comercial fue experimentada por primera vez en la India en los años cuarenta por el doctor Ramanujam, primer director del Instituto Central de Investigación de la Papa (CPRI).

El intento de emplear la SSP para aumentar la producción comercial no fue de mucho éxito ya que la progenies sembradas presentaban alta heterogeneidad, problemas de segregación y madurez en campo, así como de otros rasgos agronómicos que fueron un impedimento para el uso de SSP con el fin de aumentar el cultivo comercial.

El trabajo en SSP se reinició nuevamente en 1976 en el CPRI y posteriormente en el CIP. El trabajo en gran parte consiste en la evaluación de la polinización abierta y en la identificación de las poblaciones híbridas de las progenies de SSP con alta productividad, baja variabilidad a la madurez y características de tubérculo y en la estandarización de las prácticas agrícolas para aumentar el cultivo directamente de SSP (Sharma y Chandra, 1982; Grewaland y Singh, 1985; Updhy, 198; 1986; Updhy y Chandra, 1985). Otro tema de estudio en SSP ha sido el comportamiento de la floración, la inducción floral bajo fotoperíodo corto, técnicas de polinización y características de SSP. Desde 1985, la India coordina todos los proyectos de mejoramiento de papa examinando varios aspectos de esta tecnología para la conducción de ensayos internacionales.

En años recientes se le ha prestado mayor atención a la estandarización de las técnicas para ampliar la escala de producción de SSP, logrando la aceptación de esta tecnología por los productores y el aumento del cultivo comercial de papa con SSP.

### **2.4 Producción de semilla sexual de papa.**

La producción de semilla sexual comprende seis etapas:

A.-Siembra y manejo de los progenitores masculinos y femeninos con características genéticas y fenotípicas apropiadas.

Con tubérculos libres de patógenos se procede a la siembra, primero de los progenitores a utilizar como machos y después de dos semanas los progenitores femeninos (plantas hembras); la proporción de los mismos depende de la intensidad y periodo de la floración de los progenitores. Se recomienda que el número de plantas hembra debe ser el doble que de los machos. El manejo de campo de los progenitores requiere la aplicación de

dosis elevadas de fertilizantes nitrogenados que se distribuyen en varias aplicaciones antes de la siembra y durante la floración. Con esta práctica se logra el crecimiento vigoroso de las plantas que, para el caso de las hembras, es necesario el uso de estacas o espalderas para guiar el crecimiento del follaje y para evitar la caída de plantas por el peso de las bayas. (Malagamba, 1995).

#### B.-Recolección de flores, extracción y almacenamiento de polen.

Una vez que los progenitores han iniciado su floración se procede a recolectar flores para extraerles el polen que será utilizado posteriormente en la polinización de los progenitores femeninos. La recolección debe hacerse a una hora adecuada del día que asegure un óptimo estado de las flores y permita un mayor rendimiento de polen. Este estado se logra cosechando las flores por la mañana, antes de la visita de los insectos. Una vez colectadas las flores se procede a doblar los pétalos y remover el pistilo. Luego se dejan secar por 24 horas y posteriormente se extrae el polen con la ayuda de un vibrador. El polen se recolecta en cápsulas de gelatina y se almacena hasta su uso en pequeños recipientes oscuros con sílica gel bajo condiciones de refrigeración. Si se va a usar durante los 7 días siguientes a la cosecha se almacena a 5 ° C aunque la temperatura de almacenamiento de 12 ° C bajo cero ha dado buenos resultados.(Malagamba, 1995).

#### C.- Emasculación y polinización

La emasculación consiste en retirar las anteras de las flores que van a ser polinizadas. Este proceso se realiza con la finalidad de evitar el riesgo de autopolinización. Esta es una operación delicada que exige el empleo de mucha mano de obra calificada y exige, además, medidas sanitarias especiales del instrumental utilizado y del personal que la realiza para evitar contaminación. Aún contando con el trabajo de personas experimentadas, las emasculación trae consigo el riesgo de inutilización de un 30 a 40 % de las flores manipuladas. Por esta razón y por el alto costo, no es una práctica siempre recomendada, siendo posible evitar la autopolinización con el manejo adecuado de las plantas, de las operaciones a ejecutar y de las condiciones climáticas existentes. Esto incluye principalmente seleccionar parentales adecuados (autocompatibilidad o características florales que minimicen posibilidades de autopolinización).

La polinización consiste en colocar el polen sobre el estigma de las flores del progenitor femenino con el fin de producir la fertilización y la fecundación. Se realiza sobre cada nueva flor de una misma planta temprano todos los días, por un periodo aproximado de 3 a 4 semanas dependiendo del periodo de floración. Se recomienda polinizar sólo hasta el 2º o 3er nivel de inflorescencias; usualmente se polinizan 10 flores por inflorescencia para evitar que las bayas sean pequeñas y no logren la maduración completa en la misma planta. Al tercer día después de la polinización se puede reconocer si hubo la fecundación por el marchitamiento de los pétalos cubriendo las anteras y el estigma. En esta etapa es muy importante un adecuado suministro de agua y la fertilización nitrogenada así como el control de los factores climáticos adversos. (Malagamba, 1995).

#### D.- Cosecha de bayas.

Fecundadas las flores de los progenitores femeninos se inicia la fructificación o formación de los frutos o bayas. Cuando las bayas han alcanzado un desarrollo adecuado y están suficientemente maduras, lo que normalmente ocurre después de 6 a 9 semanas de haberse polinizado se procede a la cosecha cortando todo el racimo de bayas.

La cantidad final de bayas por planta y su peso o tamaño dependen, entre otros factores, del progenitor femenino, calidad del polen, aporte de nutrientes a las plantas y de las condiciones climáticas del lugar donde se producen.

#### E.- Extracción y procesamiento de la semilla.

La etapa final de la producción de semillas incluye las siguientes actividades:

- 1) Maduración de las bayas. Las bayas cosechadas se colocan en un recipiente en un ambiente fresco con ventilación y luz adecuada hasta que tengan una consistencia blanda (de 2 a 7 días).
- 2) Maceración: Las bayas maduras son trituradas usando una moladora de carne. Es recomendable en este proceso retirar antes el cáliz de las bayas. Luego se procede al lavado con agua a presión para separar la semilla del fruto. Se debe lavar hasta eliminar todo el material sobrenadante.
- 3) Desinfección. Se realiza sumergiendo la semilla en una solución de hipoclorito de sodio al 0.05 % durante 5 minutos.

4) Secado. Las semillas se extienden sobre mallas finas y se dejan secar inicialmente por 48 horas a la sombra. Posteriormente las semillas son recogidas en bolsas de papel y colocadas en un desecador hasta reducir su contenido de humedad a un 4.5 %.

5) Almacenamiento. Una vez que se ha logrado un 4.5% de humedad se procede al embolsado de la semilla en bolsas de papel laminado de aluminio que finalmente son selladas. En estas condiciones se pueden conservar a 5 ° C hasta que termine su dormancia. Subramanyam (1971) obtuvo más del 70% de germinación después de 10 años de almacenamiento en un cuarto refrigerado con temperaturas que fluctuaban entre 5 y 6 °C y 42 -45 % de humedad relativa (Malagamba, 1995).

### **2.5 Ventajas de la propagación sexual**

Las ventajas de la propagación por semilla son conocidas y se suman a la reducción en los costos de producción y a la escasa o nula transmisión de plagas y enfermedades; los ensayos agronómicos tales como sistemas de siembra y trasplante, fuentes y niveles de fertilización han permitido conformar métodos de producción necesarios para establecer este sistema de propagación del cultivo de papa (CIP, 1987).

Ventajas del empleo de semilla sexual de papa.

- a) Para sembrar una hectárea se requiere de 80 a 120 gramos de semilla.
- b) La calidad fitosanitaria supera marcadamente al tubérculo tradicional. Puede estar infectada por el viroide del tubérculo ahusado de la papa.
- c) Los costos de almacenamiento y transporte no implican grandes inversiones.
- d) Los costos de producción se reducen por la eliminación de los costos en tubérculo semilla, almacenamiento y transporte.
- e) 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.

Desventajas del uso de semilla sexual de papa.

- a) Requiere de mayor labor en la fase inicial del cultivo, que incluye siembra y trasplante a campo.

- b) En las etapas iniciales de crecimiento de la planta ésta es más vulnerable a la competencia de malezas, plagas, enfermedades y diversas condiciones adversas. En esta etapa se requiere de irrigación artificial.
- c) Debido a los problemas que afectan a la planta en su fase inicial, presenta una maduración de 15 a 20 días más tarde. Llega a tener un rendimiento comparable o mayor. Una de las características de la semilla sexual de papa es el producir un gran número de tubérculos pequeños y menor uniformidad en factores de calidad de tubérculo.
- d) Los tubérculos son de menor calidad para la industria de la fritura (CIP, 1990).

## **2.6 Comparación de los costos de producción del cultivo de papa con SSP y tubérculo semilla comercial.**

- a) Costo de 1 kg. de semilla sexual. 1000 dólares. Aproximadamente. \$8000.00 pesos m.n.  
Un kg. de SSP alcanza para un total de 10 ha, i.e., se usan 100 gramos por hectárea.  
Para el cultivo tradicional el costo por tonelada es de alrededor de \$2,500.00 a \$3,000.00 pesos (el costo depende de la variedad y de la calidad). La cantidad de semilla requerida por hectárea depende en gran parte del tamaño de la semilla. Regularmente se requieren de 2 a 4 toneladas por hectárea, con un costo aproximado de \$5,000.00 a \$12,000.00 pesos.
- b) La mano de obra requerida para la siembra se completa con 5 jornales y el trasplante a campo se estimó en 20 jornales con mano de obra calificada para hortalizas, con un costo por jornal de \$30.00 dando un total de \$750.00
- c) La mano de obra requerida en el cultivo tradicional es baja o casi nula cuando se cuenta con maquinaria especializada para la siembra, pagando solo la renta del equipo con un costo aproximado de \$ 1000,00/ ha.
- d) El control de plagas y enfermedades significativo para este concepto un total de \$5,000.00. El costo fue evaluado de manera simultánea con un cultivo comercial, donde la SSP, presentó de manera muy significativa resistencia al tizón tardío enfermedad que es muy severa en zonas paperas de mundo y en especial la zona alta de Toluca.

e) El costo de plagas y enfermedades para el cultivo tradicional es estimado en \$10,000.00 pudiendo variar dependiendo de las condiciones climáticas y de la presión de las plagas y enfermedades .

f) Los costos de producción que comprenden preparación del terreno, desinfección del suelo, fertilización, labores culturales y cosecha se estiman en \$10,000.00. Este costo es similar para los dos sistemas de cultivo.

Costo de producción para SSP por hectárea \$15,600.00

Costo de producción para tubérculo semilla por hectárea \$31,000.00

(Fuente: Sopropapa, 1997)

## 2.7 Floración.

La floración en papa depende de la especie, el cultivar y las condiciones del medio ambiente. *Solanum tuberosum* ssp. andigena florece con mayor frecuencia bajo fotoperíodo corto que ssp. *tuberosum*. Se sabe que tienen un fotoperíodo de 18-19 horas como óptimo para una floración máxima y abundante formación de bayas. Estas condiciones se pueden encontrar en las zonas altas durante el verano. Sin embargo en estas zonas altas se encuentran factores que impiden el buen desarrollo de la floración al prevalecer el tiempo nublado y con lluvias frecuentes durante el período de hibridación. En estas condiciones se presentan problemas de tizón tardío que afectan a las bayas y a la semilla. En contraste, la estación de cultivo en planicies con días claros y soleados, donde es poco frecuente la incidencia de tizón tardío, es en donde el programa de hibridación a gran escala para la producción de SSP encuentra un ambiente óptimo. Subramayan (1972) reporta que la hibridación entre los genotipos de floración bajo condiciones de día corto es posible en las planicies aunque la mayoría de los genotipos no florecen adecuadamente bajo condiciones de fotoperíodo corto. Esto constituye el factor que más limita la producción sucesiva de SSP en las planicies. Por lo tanto, los esfuerzos se encaminan a superar la situación promoviendo la floración de los genotipos que no florecen normalmente bajo fotoperíodo corto y seleccionando materiales que florecen bajo fotoperíodo corto con mayor eficiencia.

Gopal y Rana (1988) y Singh y Singh (1990) estudiaron el efecto de los reguladores del crecimiento y de la prolongación de la longitud del día por separado y en combinación para

la inducción de la floración en variedades e híbridos que no florecen o que tienen poca floración, usando 4-5 horas de iluminación (200 lux) adicional con focos incandescentes, y/o la aplicación de ácido giberélico ( $GA_3$  50 ppm) en hojas jóvenes justo a la iniciación de la floración, con genotipos que presentaban en general buena aptitud combinatoria. Se observó variabilidad genotípica significativa en la respuesta a los diferentes tratamientos. La combinación de reguladores del crecimiento con la prolongación de la iluminación para la inducción a la floración fue el tratamiento con mayor efectividad; tal tratamiento para la floración puede ser usado con éxito para la hibridación (Singh y Singh, 1990). Sin embargo, si las condiciones ambientales para la floración son altamente adversas las plantas normalmente no responden a aplicaciones de hormonas (Kinet, 1989)

## 2.8 Esquemas de mejoramiento.

Los métodos propuestos para obtener la uniformidad en las progenies derivadas de semilla sexual son:

1) Endocria. Método propuesto por Jackson (1984) que permite alcanzar el más alto nivel de uniformidad gamética. Se sugiere su utilización en la producción de híbridos de F1 entre las líneas endocriadas tal como se realiza en maíz o también el uso de líneas endocriadas autofecundadas, caso en el cual la uniformidad gamética es debida a la homocigosidad.

Mendoza (1979) ha demostrado que si se cruzan dos líneas de maíz endocriadas y no emparentadas, la F1 producida tendrá un coeficiente de endocria (F) igual a cero. Al ser aplicado este principio a papa autotetraploide, los resultados son diferentes al mantenerse cierto grado de endocria de los progenitores en la progenie ( $F=1/3$ ) (tabla 1)

| Tabla 1. Producción de híbridos a partir de líneas endocriadas en maíz y en papa autotetraploide |                                 |
|--|---------------------------------|
| Maíz   |                                 |
| (2n = 2x)  | a1a1 (F=1) x a2a2 (F=1)         |
| a1a2 (F=0)   |                                 |
| Papa   |                                 |
| (2n = 4x)  | a1a1a1a1 (F=1) x a2a2a2a2 (F=1) |
| a1a1a2a2 (F=1/3)   |                                 |
| ya que   |                                 |
| $F(a1a1a2a2) = 1/6 (P(a1=a1) + 4P(a1=a2) + P(a2=a2)) = 2/6$                                      |                                 |
|  | (Fuente: CIP, 1990)             |

Por consiguiente, la endocria, a pesar de producir el más alto nivel de uniformidad gamética y de homogeneidad en la progenie, no es la respuesta para la producción de papa por medio de semilla y se espera un rendimiento reducido y una estabilidad baja de comportamiento de las poblaciones producidas mediante este esquema de mejoramiento. Golmirzaie (1987) estudió el efecto de la endocria en la producción y en las características agronómicas de diferentes generaciones de semillas. La depresión por endocria fue más evidente cuando no hubo selección. Las familias, individualmente, expresaron en diferente grado la depresión por endocria y el efecto de la depresión varió entre las características medidas (tabla 2). La diferente respuesta de las familias a la endocria puede ser atribuida a diferencias genéticas entre las poblaciones originales. De este modo, es posible seleccionar familias de papa autotetraploide que sean más o menos tolerante a la endocria.

Tabla 2 Efecto de la endocria en caracteres reproductivos y agronómicos, expresado en porcentaje. S0 (Huancayo, 1986)

| Generación | Tinción No. de |       | Semilla/Tubérculo/ |        | Superv  | Rdía/  |
|------------|----------------|-------|--------------------|--------|---------|--------|
|            | Folen          | bayas | baya               | Planta | Cosecha | Planta |
| S0         | 100            | 100   | 100                | 100    | 100     | 100    |
| S1         | 66.8           | 49    | 86.5               | 90.5   | 98.6    | 80.2   |
| S2         | 52.4           | 35.5  | 47.6               | 83.6   | 98.3    | 55.3   |
| S3         | 55.7           | 29.9  | 82.0               | 82.2   | 97.6    | 61.4   |
| Sib1       | 87.5           | 75.6  | 113.7              | 85.1   | 97.7    | 74.4   |
| Sib2       | 70.5           | 81.4  | 88.5               | 88.7   | 97.1    | 69.5   |
| Sib3       | 66.2           | 104.6 | 95.9               | 90.5   | 98.0    | 61.8   |

Fuente: Golmirzaie (1987)

## 2) Utilización de gametos 2n:

Peloquin (1984) encontró mutantes en progenitores diploides que presentan fallas durante el proceso meiótico, teniendo como resultado gametos con el número somático de cromosomas (2n). Los gametos obtenidos como resultado de la restitución de la primera división (RPD) transmiten cerca de 80 % de los arreglos génicos de sus progenitores diploides a las progenies tetraploides. Por consiguiente, si el progenitor diploide es altamente heterocigótico, la heterocigosidad será mantenida y los gametos producidos serán uniformes (Peloquin, 1979). Así, la progenie será altamente uniforme y vigorosa cuando se cruce con el progenitor tetraploide adecuado (Mendoza, 1979; Peloquin, 1979). Diversos

resultados (Kidane-Mariam, 1985; Macaso-Khwaja, 1983; Rueda, 1983; Veilleux, 1983) muestran que la utilización de polen  $2n$  (RPD) en cruzamientos  $4x-2x$  es un mecanismo adecuado para obtener uniformidad y vigor, atributos éstos requeridos en la utilización de la semilla sexual. Peloquin (1984) señala que actualmente podrían ser utilizados tres tipos de manipulaciones de ploidía en el mejoramiento para producir progenies tetraploides de semilla:

- a) cruzamientos  $4x \times 2x$  (polen  $2n$  de RPD)
- b) cruzamientos  $2x$  (oosferas de  $2n$  RSD)
- c) cruzamientos  $2x$  (oosferas  $2n$ )  $2x$  (polen  $2n$ ).

Los progenitores pueden ser tetraploides, cultivares o clones avanzados de programas de mejoramiento o clones híbridos diploides y especies diploides que producen polen  $2n$  o huevos  $2n$ . En consecuencia, es esencial el mejoramiento de clones diploides por atributos agronómicos. Esto puede ser alcanzado por una cuidadosa selección de progenitores por cruzamiento  $2x$  (haploides)  $\times 2x$  (especies silvestres) (Hermunstad 1985), por mejoramiento al nivel  $2x$  (Iwanaga, 1983) o por ambos métodos.

Ortiz (1985) encontró diferencias significativas para diversas características evaluadas entre progenitores  $2x$ , indicando de este modo que es necesario probar los progenitores  $2x$  antes de utilizarlos en cruzamientos  $4x-2x$ . Ortiz e Iwanaga (1986) evaluaron 33 familias de cruzamientos  $4x-2x$  en comparación con testigos  $4x-4x$  (Atzimba  $\times$  R-128 y Atzimba  $\times$  LT7) en San Ramón. El comportamiento de las familias  $4x-2x$  fue superior al de los testigos, indicando que el comportamiento de las progenies  $4x-2x$  fueron derivadas de clones  $2x$  tardíos. Siguiere que la utilización de clones femeninos  $4x$ , localmente adaptados puede corregir la madurez tardía de los clones  $2x$  y de este modo las progenies  $4x-2x$  pueden mostrar su alto rendimiento en climas tropicales calurosos, donde la precocidad es altamente apreciada para obtener rendimientos razonables.

Iwanaga y Ortiz (1987) compararon el valor parental de clones progenitores  $4x$  y  $2x$  en un diseño línea  $\times$  probador. Los clones  $2x$  con resistencia a plagas y enfermedades, que nunca habían sido seleccionados por rendimiento, fueron significativamente superiores a los clones progenitores  $4x$  seleccionados por su alta aptitud combinatoria general en cruzamientos  $4x-4x$ , en características tales como vigor, uniformidad de planta, floración,

rendimiento total y comercial, número de tubérculos por planta, peso promedio de tubérculo, apariencia de tubérculos y porcentaje de supervivencia hasta la cosecha; pero los progenitores 4x transmitieron a su progenie una mayor precocidad que los progenitores 2x. Estos resultados demuestran el gran valor de estos clones 2x no solamente para la transmisión de la resistencia sino también por características agronómicas como rendimiento.

## 2.9 Selección de materiales parentales

El desarrollo del programa de progenies de SSP de alta calidad y producción en la India, consiste en la producción de cruza biparentales, preferentemente incluyendo uno de los padres en la cruza que es, en general, una buena combinación para la producción. El programa explota principalmente la diversidad alélica presente en *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*. Algunas limitantes para el uso de estas lo hace la variabilidad presente en la ssp andígena por lo que ha tenido un uso restringido y no se ha usado en los absoluto la variabilidad en otras especies tuberizantes de *solanum* (Gaur y Pandey ,1990).

La esterilidad del polen en ssp.*tuberosum* es bastante conocida en comparación con ssp. andígena, que florece más profusamente y que tiene una producción mayor de polen fértil (Pishkarnath, 1941). Varios investigadores han demostrado que el uso de *tuberosum* como hembra y andígena como macho promueve la manifestación de un alto grado de heterosis para rendimiento. Aunque el uso de un parental hembra con esterilidad masculina sería ventajoso en la producción de híbridos, ya que obviaría la necesidad de emasculación al parental hembra, se ha observado que los genotipos con esterilidad masculina amarran menos bayas con un menor número de semillas por baya que cuando se usan machos fértiles, por lo tanto, sería conveniente seleccionar hembras y machos con alta fertilidad de polen. Además sería más fácil polinizar flores con estigmas expuestos que sean receptivos al menos 12 a 14 horas antes de la dehiscencia de las anteras. Estudios sobre la calidad de SSP han demostrado que la constitución genética de ambas líneas parentales determinan la cantidad y calidad de la semilla contenida.

Los parámetros cuantitativos y los factores que afectan el rendimiento en SSP se encuentran en la constitución genética de las líneas parentales del macho y hembra que son determinantes cualitativos y cuantitativos. Updhy (1984) sugiere que la selección de líneas

parentales debe ser la base pues de ello depende el potencial de producción, mayor resistencia a enfermedades, habilidad para florecer en condiciones tanto de día largo como corto y que las bayas presenten un alto número de semillas. Las progenies deberán tener atributos de alto porcentaje de germinación, vigor en plántulas, resistencia al shock de trasplante, precocidad, alto potencial en campo y características homogéneas en planta y en tubérculo.

La forma de propagación vegetativa le permite a la papa tener una porción de heterocigosidad que se manifiesta en alta producción, mejorando las variedades híbridas que se liberan de vez en cuando con estas características. La mayoría de los caracteres económicos dependen tanto de acciones génicas aditivas como no aditivas. Consecuentemente, la producción estimada del genotipo no puede ser valorada solo por la expresión genotípica, pues el conocimiento de la aptitud combinatoria es importante también. En el programa de mejoramiento de progenies en la India se acostumbraba basar la selección de parentales en la expresión fenotípica y en las experiencias de algunos productores con la evaluación de un genotipo en particular. Fueron usados un considerable número de genotipos como parentales para la producción de familias híbridas de SSP y en años recientes fueron identificadas varias líneas de parentales prometedores. De cualquier modo, varios estudios (Gaur, 1983; 1985; Sharma, 1987; Sharma, 1988) han tenido por objetivo la identificación de parentales con buena aptitud combinatoria general, para caracteres económicos como la producción de tubérculo y resistencia a tizón tardío. Tal es el caso de la variedad identificada como JEX/A680-16 (Gaur, 1983, 1985).

Uno más de los avances en el campo de los híbridos es el programa de mejoramiento de variedades, resultando como uno de los mejores programas en SSP. Este programa ha creado uno de los parentales macho para una producción importante de bayas, con un gran número de semillas por baya y mayor peso promedio las semillas (Sharma, 1990); además se tienen progenies con alto grado de resistencia a tizón tardío, esto demuestra (Gaur, 1983; 1985) que para el mejoramiento de la producción, al menos una buena combinación en general debe incluirse en la cruce de parentales. Muchos estudios se han realizado para aumentar la aptitud combinatoria de materiales disponibles en ssp. tuberosum ssp. y andigena con la finalidad de obtener de la colección de germoplasma

varios caracteres de importancia económica y para que la producción del cultivo cuente con una alternativa para la selección de poblaciones.

Tabla 3 Selección de líneas progenitoras para su utilización en la producción de SSP

- A. Selección de clones de diferentes fuentes
  - B. Evaluación de clones seleccionados por características agronómicas
- 
- 1. Tipo de planta
  - 2. Precocidad
  - 3. Color, forma y tamaño de tubérculo.

Tabla 4 C. Evaluación de clones seleccionados por características de semilla.

- 1. Iniciación de la floración
  - 2. Intensidad de la floración
  - 3. Duración de la floración
  - 4. Número de flores/infloroscencia
  - 5. Longitud del estilo
  - 6. Tipo de antera
  - 7. Atracción de abejas por las flores.
  - 8. Producción de flores
  - 9. Fructificación
  - 10. Número de semillas/fruto
- D. Evaluación y descarte de clones por resistencia a plagas y enfermedades.

(fuente CIP, 1990)

## 2.10 Avance genético

El fenotipo es cualquier característica medible aparente en los individuos de una población. El valor fenotípico (P) es el valor observado del individuo (Falconer, 1989) y se divide en componentes atribuibles a la influencia del genotipo (G) y del ambiente (A). El genotipo es el arreglo particular de genes que posee el individuo. El ambiente son todas las circunstancias no genéticas que influyen en el valor fenotípico. En consecuencia:

$$P = G + A$$

En otras palabras, el fenotipo es el resultado del funcionamiento de un grupo de genes en un ambiente particular.

La papa cultivada autotetraploide ( $2n=4x=48$  cromosomas) es un organismo altamente heterocigótico y cuando está sujeta a reproducción sexual los individuos que conforman la progenie segregan ampliamente para muchas características. Una variedad clonal de papa es un conjunto de individuos genéticamente idénticos que se originan de la propagación asexual de una planta heterocigótica. En contraste, una progenie de semilla sexual es una colección de individuos genotípicamente diferentes, pero con suficiente uniformidad fenotípica en características de tubérculo por propagación sexual (CIP, 1987). El objetivo en el mejoramiento de la papa utilizando progenies de semilla sexual es seleccionar progenies de alto rendimiento y aceptable uniformidad de tubérculo (Accatino, 1982).

### **2.10.1 Rendimiento de tubérculo**

Según Mendoza (1979), el rendimiento de un clon y su estabilidad de comportamiento pueden ser expresados como:  $X = f(A+Y+R)$ . Donde A, Y y R representan el efecto de los grupos de genes para adaptación, rendimiento "per se" y resistencia a enfermedades.

Mendoza y Haynes (1974) propusieron como teoría genética para explicar la heterosis para rendimiento en papas autotetraploides que la capacidad de rendimiento está asociada con la heterocigosidad y un adecuado balance de genes para adaptación. Esta teoría propone un tipo de acción génica sobredominante y postula la existencia de varias formas alélicas, las cuales podrían ocupar cada locus individual. Esta variabilidad de formas alélicas dentro de cada locus podría generar un número de interacciones intra loci, las cuales son maximizadas cuando se alcanza una heterocigosidad máxima (tabla 6).

La hipótesis sobre la heterosis ha sido sustentada por observaciones en progenies derivadas de cruzamientos dentro y entre grupos taxonómicos de papa. Amorós y Mendoza (1979) encontraron que el grupo más heterocigótico fue el de mayor rendimiento y el más estable con respecto al menos heterocigótico en la población.

Tabla. 6 Interacciones heteroalelicas para el rendimiento en papas autotetraploides

| Orden<br>GENOTIPO                      | 1er | 2do | 3er | total |
|--|-----|-----|-----|-------|
| TETRALELICO<br>a1a2a3a4                | 6   | 4   | 1   | 11    |
| TRIALELICO<br>a1a2a3a3                 | 3   | 1   | -   | 4     |
| DIALELICO<br>BALANCEADO<br>a1a1a2a2    | 1   | -   | -   | 1     |
| DIALELICO NO<br>BALANCEADO<br>a1a2a2a2 | 1   | -   | -   | 1     |
| MONOALELICO<br>a1a1a1a1                | -   | -   | -   | -     |

(Fuente, CIP., 1990)

### 2.11 Utilización de progenitores tetraploides :

La utilización de progenies tetraploides es el enfoque más utilizado actualmente en la producción de papa a partir de SSP. A pesar de que el proceso meiótico produce gametos heterogéneos, existen progenies tetraploides de cruzamiento 4x x 4x que producen una uniformidad de progenie aceptable y altos rendimientos, especialmente si los clones son de una base genética amplia.

Los trabajos realizados por Thompson, (1980) en el nivel tetraploide, estuvieron orientados a determinar:

- 1) El cultivar más sobresaliente para semilla a partir del material de mejoramiento existentes.
- 2) El tipo óptimo de cultivar para propagación por semilla: F1, variedad sintética, de polinización libre, multilineas, etc.

3) El método óptimo para producir cultivares mejorados, así como la identificación de progenitores tetraploides para el desarrollo de una población de semilla.

Por ello se han evaluado inicialmente numerosas progenies en diferentes ensayos conducidos en distintas localidades que han involucrado diversos tipos de apareamiento (híbridos, sintéticos y variedades de polinización libre), los cuales han permitido la identificación de progenies y progenitores para ser utilizados en la producción de papa mediante SSP, así como para estimar el tipo de acción génica involucrada y el método de mejoramiento que debe utilizarse para los atributos deseados.

La evaluación de progenies de clones seleccionados incluyen el estudio de las siguientes características:

- a) germinación
- b) vigor, forma y uniformidad de planta
- c) precocidad
- d) color, forma y uniformidad de tubérculo
- e) resistencia a enfermedades e insectos

## 2.12 Programa para la producción de ssp.

Singh (1900b) sugiere una combinación para la producción y utilización de SSP. Se estima que 45 plantas del parental hembra y dos del parental macho producen en promedio 25 bayas o 1800 semillas por planta, producción suficiente de semilla para cultivar una hectárea de cultivo comercial en el segundo año usando semilla tubérculo.

Tabla 6 Esquema de autoabastecimiento de semilla de papa para áreas de 0.5-1 ha. con un ciclo de multiplicación en campo.

|            |                      |                    |                            |
|------------|----------------------|--------------------|----------------------------|
| Estación 1 | 40g. SSP. ----->     | 100 m2 cama -----> | 1000 kg. tubérculo-semilla |
| Estación 2 | 1000kg tub-sem-----> | 0.5-1 ha. ----->   | 10,000 kg. consumo         |

(Fuente Malagamba, 1995)

Tabla 7 esquema de producción de semilla de papa a partir de semilla sexual para abastecer un área total de 2,000 ha. en cinco multiplicaciones.

Estación experimental.

Estación 1 50g. SSP----->150m2 cama----->100,000 tub-sem

Estación 2 100,000 tub-sem----->2 ha. campo-----> 40 ton.

Agricultores semilleros.

Estación 3 40 t-----> 20 ha. ----->400 t.

Estación 4 400 t-----> 200 ha. ----->4000 t.

Estación 5 4000 t-----> 2000 ha. ----->40,000 t.

(Fuente Malagamba, 1995)

La modificación en el área inicial y número de multiplicaciones permite ajustar este esquema básico a diferentes condiciones y necesidades. Además, la inclusión de evaluaciones del grado mínimo de propagación de virus en cada etapa y de selección apropiada de los tubérculos permite llegar un sistema que, por razones de simplicidad y bajo costo del material inicial, posee un gran potencial de aplicación. (Malagamba, Monares, y Horton, 1984).

### 2.12.1 Producción de papa con semilla sexual

Rendimientos del cultivo de SSP en diversos países que han realizado pruebas en campo aparecen en la tabla 8, donde se muestran los resultados favorables al usar ya sea transplante o tubérculos semilla provenientes de semilla sexual.

En estudios realizados entre 1986 y 1990 en los países enlistados en la tabla 8 y de acuerdo al esquema elaborado por el CIP para la realización de ensayos internacionales de SSP, se obtuvieron como mejores rendimientos a partir de semilla sexual y de semilla tubérculo proveniente de esta última los que aparecen en dicha tabla como puede apreciarse los rendimientos obtenidos en México son comparables a la media de los demás países en lo referente a SSP y los rendimientos de semilla tubérculo.

## 2.13 Alternativas agronómicas de la semilla sexual de papa.

Tradicionalmente la papa se ha producido usando tubérculo semilla porque éstos son fáciles de sembrar y la plantas crecen rápida y vigorosamente, los rendimientos son altos y los tubérculos producidos son uniformes. A pesar de estas ventajas, el uso de tubérculo semilla es también una de las mayores limitantes en la expansión del cultivo, especialmente entre los agricultores de escasos recursos económicos.

Tabla 8 Rendimientos (t/ha.) de cultivos de semilla sexual obtenidos en campos de agricultores en diferentes países (1986-90). México 1995-96

| Pais       | Transplante | Tubérculo de semilla sexual. |
|------------|-------------|------------------------------|
| Bangladesh | 30.9        | 32.3-36.6                    |
| India      | 18.2        | 32.1                         |
| Sri Lanka  | 14.8        | 17.1                         |
| Corea      | 5.1-26.6    | n.a                          |
| Filipinas  | n.a         | 30-45                        |
| Vietnam    | 6.0-15.0    | 17-24                        |
| Ruanda     | 20.0        | 21.4                         |
| Venezuela  | 16.7        | 28.3                         |
| Brasil     | n.a         | 27.3                         |
| Perú       | 10.2-29.3   | 18.6-35                      |
| México     | 6.6-18.0    | 21.2-37.3                    |

(Fuente CIP 1994)

Ante estas circunstancias, el uso de semilla sexual en la producción de papa es una alternativa viable porque es una tecnología fácil de adaptar y que no requiere de mayores recursos. Además, con esta tecnología se reducen o eliminan casi todos los patógenos del suelo que se transmiten por el tubérculo semilla, así como también la mayoría de las enfermedades causadas por virus.

### 2.13.1 Condiciones generales.

Producir papa a partir de semilla sexual es factible considerando las siguientes aspectos:

A.-Condiciones ambientales: En general, la semilla sexual puede ser utilizada con éxito en todos los ambientes favorables para el cultivo tradicional de papa la siembra directa o el

transplante para producción de papa consumo es especialmente favorable en zonas donde la temperatura es moderada y hay disponibilidad de riego, o la distribución de lluvias es uniforme. En áreas donde las condiciones climáticas son favorables por períodos largos, la disponibilidad de papas para consumo podría asegurarse mediante trasplantes escalonados en campo.

B.-Disponibilidad de tubérculos de calidad.

Muchos agricultores pequeños, tienen dificultad para conseguir semilla de calidad a bajo precio en su localidad, y no tienen posibilidad para importar por el alto costo y por el riesgo de deterioro por ser producto perecedero.

C.- Disponibilidad de mano de obra.

El requerimiento de mano de obra depende del sistema de siembra que se use con la semilla sexual. En general la producción de papa para consumo por siembra directa o transplante requiere más labores en el campo que en el sistema tradicional, especialmente en lugares con estrés ambiental. En zonas donde la mano de obra calificada en prácticas hortícolas es disponible y barata habría las condiciones ideales para una rápida adopción de la semilla sexual de papa.

D.- Alternativas de uso de semilla sexual de papa

La utilización exitosa de semilla sexual para la producción de papa depende de las siguientes prácticas agronómicas adecuadas para el cultivo comercial.

a) La siembra directa en campo depende de las condiciones edáficas y del medio ambiente durante la germinación y el desarrollo de las plántulas. Las semillas de papa germinan mejor de 15 a 20 °C y su germinación se inhibe a temperaturas cercanas a los 25 °C o menores a los 10 °C. Este método ha tenido éxito en algunos países, sin embargo, la siembra directa de SSP es considerada de alto riesgo ya que al no darle buena cobertura a la semilla ésta se puede perder fácilmente o retardar su emergencia y esto se traduce en pérdidas en algunos casos.

b) Transplante a campo.

En este método la semilla se siembra en camas de vivero, donde el suelo se ha desinfectado, preparado y fertilizado para ofrecer un buen desarrollo a las plántulas. Cuando las plántulas tienen de 28 a 30 días se transplantan al campo. Este método evita un gran

número de problemas relacionados con la siembra directa en campo porque las plántulas están más estables y bajo cuidado intensivo en áreas pequeñas y protegidas (CIP, 1994)

e) Tipo de agricultura.

La semilla sexual ha tenido más éxito en pequeñas parcelas manejadas por pequeños agricultores, pero esto no quiere decir que no se puedan sembrar extensiones grandes con este tipo de semilla. Cada vez hay mayor interés de grandes agricultores o empresas privadas en la adopción de esta tecnología.

f) Preferencias del mercado.

En general, existen preferencias por un determinado tipo de tubérculo para el consumo entre los países y regiones. En zonas productoras se prefieren tubérculos de buen gusto y que se conserven por mayor tiempo; en cambio, en zonas no productoras o con alta población no hay preferencias en determinadas características del tubérculo. Por esta razón se deben buscar progenies con uniformidad en color, forma, tamaño y calidad para facilitar la introducción de la semilla sexual en diferentes ambientes (Cabello, 1995).

#### **2.14 Apariencia del tubérculo.**

a) Color de tubérculo. Howard (1970) indica que la pigmentación rosada, roja, azul o púrpura en brotes, tallos, tubérculos y flores es debida a las antocianinas. Asimismo, señala que hay por lo menos seis genes que controlan la pigmentación por antocianinas en la papa cultivada tetraploide, pero que en los diploides cultivados son dos genes.

h) Forma de tubérculo. La forma del tubérculo, en cuanto a la longitud, está determinada esencialmente por un solo gen: se ha encontrado que el "largo" domina sobre el "redondo". La forma del tubérculo está determinada por lo menos por cuatro genes con igual efecto (Howard, 1970). Por otro lado, hay desacuerdo acerca de la herencia de la profundidad de los "ojos" (Howard, 1970). Por ello, la selección adecuada de progenitores es importante para alcanzar una aceptable uniformidad de la apariencia de los tubérculos en progenies de semilla sexual.

## **2.15 Manejo postcosecha de semilla sexual de papa**

El valor de la SSP al momento de la siembra, independientemente de la practica de post cosecha usada, dependerá finalmente de la calidad inicial de la semilla al momento de la cosecha. La SSP sólo se debe producir en climas secos y templados, que son considerados como los ideales para la producción de tubérculo semilla y bajo los mismos cuidados. La SSP debe ser producida por las bayas cosechadas a partir de 9 semanas después de la polinización en plantas madres. Se deben cosechar las bayas de papa de una sola vez y cuando muestren evidencias de haber madurado completamente (blandas). No se deben almacenar las bayas de papa por mucho tiempo (no más de 2 semanas) después de la cosecha para evitar la sobre maduración, ni a una temperatura extrema, menos de 15 ° C o más de 40 °C (Pallais, 1995).

### **2.15.1 Extracción y acondicionamiento de la semilla.**

La SSP se puede extraer fácilmente de bayas suficientemente maduras con un moledor de carne manual o eléctrico graduado a su mayor apertura. Nunca se debe fermentar las bayas antes de la separación de la semilla porque esto reduce considerablemente la vida de la semilla durante su almacenamiento. Después de triturar las bayas se debe separar la SSP con agua a presión, dejando que las semillas se depositen en el fondo del recipiente lavando varias veces, hasta que estén completamente limpias, libres de tierra y restos de la planta. Inmediatamente después de lavadas, las semillas se deben desinfectar superficialmente, agitándolas continuamente por 10 minutos en una solución de 0.5 % de hipoclorito de sodio. Después de la desinfección, las semillas se deben lavar varias veces con agua limpia hasta que desaparezca el olor a cloro. (Pallais, 1995).

### **2.15.2 Secado de la semilla.**

Inmediatamente después de la desinfección se deben secar las SSP húmedas, esparciéndolas (a menos de 3cm de altura) sobre una maya de alambre (menor de 0.8 mm) en cualquier tipo de ambiente con baja humedad.

Se deben evitar las temperaturas mayores de 30 °C durante el periodo inicial de secado

(0-12 horas). Después, las semillas pueden secarse bajo temperaturas que no excedan los  $40\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El tiempo de secado depende de las condiciones ambientales, la humedad inicial de las semillas y el genotipo en cuestión.

Independientemente del método utilizado para secar la SSP recién cosechada, ésta debe llegar a tener precisamente  $4.0\% \pm 0.5\%$  de humedad, almacenada con menos de  $3.5\%$  de contenido de humedad tarda más tiempo en perder su dormancia y con más de  $4.5\%$  de humedad se deteriora logarítmicamente durante el almacenamiento (Pallais, 1995).

### **2.15.3 Empaque.**

El mantenimiento, del contenido de humedad correcto durante el almacenamiento es el factor más importante a considerar para el empaque de la SSP; se debe evitar la incidencia de luz sobre la semilla empaquetada, y reducir lo más posible la presencia de oxígeno dentro del empaque, aunque no es necesario envasar al vacío, y siempre debe empacarse en envases a prueba de humedad (bolsas de aluminio, frascos de film o latas), con  $4.0\%$  de humedad ya que las bolsas de plástico son porosas (Pallais, 1995).

### **2.15.4 Temperatura de almacenamiento.**

Las SSP almacenada a bajas temperaturas (menor de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) se mantiene viable por muchos años, independientemente del contenido de humedad. Recién cosechada y seca (menos de  $4.5\%$  de humedad) se mantiene en buen estado por muchos años, aún bajo temperaturas extremadamente altas ( $40\text{-}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), mientras que la almacenada con más de  $4.5\%$  de humedad se deteriora rápidamente y pierde su viabilidad si está bajo temperaturas superiores a los  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La SSP no dormante y suficientemente seca mantiene su vigor y viabilidad por muchas décadas si es almacenada en temperaturas inferiores a los  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y por muchos años, a temperaturas bajo cero (Pallais, 1995).

### **2.15.5 Dormancia.**

La SSP recién cosechada se considera dormante cuando no germina en menos de 8 días a  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  y tiene que ser almacenada con menos de  $4.5\%$  de humedad, hasta que pierda su dormancia y adquiera su valor óptimo de siembra.

El fenómeno que se describe como dormancia en la SSP se refiere al hecho de que la semilla recién cosechada germina en menos de 8 días a  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pero no es capaz de germinar o lo hace más lentamente a más de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La inhibición para germinar a altas temperaturas (25 °C) en la SSP recién cosechada se pierde paulatinamente durante su almacenamiento. El tiempo de almacenamiento necesario depende del genotipo, el año, la localización de la producción, la madurez de la semilla a la cosecha y sobre todo de la temperatura durante su almacenamiento. En la mayoría de los genotipos investigados, la SSP recién cosechada y seca (menos de 4.5 % de humedad) pierde su dormancia entre 2 y 9 meses después de almacenada a 40 °C, entre 10 y 18 meses a 30 °C y entre 24 y 36 meses a 20 °C.

Las progenies de SSP se caracterizan por su heterogeneidad y es importante reconocer que cada una de las semillas pierde su dormancia en un tiempo diferente. Algunas progenies de SSP son menos uniformes que otras con respecto a la intensidad de la dormancia de sus semillas individuales, igual que sucede con las características de sus tubérculos. Por lo tanto, la pérdida completa de la dormancia sin causar, además, algún daño a las semillas menos dormantes, es casi imposible almacenando las semillas a más de 30 °C ( Pallais, 1995).

## **2.16 Manejo postcosecha de tubérculos semilla.**

Debido a que el uso de SSP incluye el manejo de tubérculo semilla proveniente de la siembra de SSP, es importante señalar algunos aspectos sobre la conservación de material de siembra para un segundo ciclo de producción.

Uno de los objetivos principales de cualquier sistema de almacenamiento es mantener lo más bajo posible las pérdidas durante el mismo; los tubérculos de papa son órganos vegetales vivos que consumen oxígeno, desprenden bióxido de carbono y generan calor. El comportamiento durante el almacenamiento es afectado por el medio ambiente del almacén, la variedad, las prácticas agronómicas durante el ciclo de cultivo, daños por plagas y enfermedades y por las condiciones físicas del tubérculo.

### **2.16.1 Pérdidas de postcosecha.**

Las pérdidas de postcosecha reducen la cantidad, calidad, o ambas condiciones del tubérculo. Las pérdidas cuantitativas se observan con facilidad; en cambio, las cualitativas que muchas veces son subestimadas, son importantes porque pueden reducir considerablemente el valor de la cosecha. Tanto las pérdidas cuantitativas como las cualitativas, se deben a causas físicas, fisiológicas o patológicas o a una combinación de los

tres factores. La vida normal aceptable de la papa almacenada puede terminar por pudrición, deshidratación, crecimiento de brotes o una combinación de estos factores.

### **2.16.2 Métodos de almacenamiento de tubérculo semilla.**

El almacenamiento de tubérculos semilla demanda especial atención, con el objeto de mantener los tubérculos en buenas condiciones fisiológicas para la siembra. Los métodos de almacenamiento deben permitir el desarrollo adecuado de los brotes tanto en número como en tamaño antes de la siembra. El número de brotes por tubérculo, que determina el número de tallos principales por planta, depende de la variedad, el tamaño del tubérculo y del grado de la dominancia apical.

Si los tubérculos van a ser sembrados entre los 70 y 90 días después de la cosecha, se almacenarán en sitios con luz difusa, especialmente contruidos con este fin con mallas anti áfidos y con buena ventilación, pero si van a ser sembrados después de 90 días, es recomendable almacenar en cámara fría entre 4 y 5 °C.

### **2.17 Tipos de semilla sexual**

Como resultado de las investigaciones y de los trabajos realizados en el campo del mejoramiento genético de la SSP, se ha logrado la producción de esta mediante métodos que dan como resultado cuatro tipos de semilla sexual que difieren en calidad y costos de producción para su obtención:

A-. De polinización libre. Es la semilla producida en forma natural en un cultivo de papa. La mayor proporción de estas semillas son normalmente el resultado de autopolinización y otra pequeña parte es producto de la polinización cruzada mediada por insectos. En este tipo de semilla solamente se conoce el progenitor femenino y su calidad generalmente no es buena.

B-. Híbrida. Es la semilla producida mediante una polinización controlada por el hombre. En este caso ambos progenitores son conocidos y la calidad de las semillas, así como las características de las progenies son superiores a las de semilla y progenies de polinización libre.

C-. Sintética. Es la semilla producida por polinización libre realizada básicamente por insectos, pero de un grupo conocido de parentales. Para esto se siembra en un campo aislado a los progenitores masculinos y femeninos previamente seleccionados por sus

características favorables y se deja que las flores sean polinizadas por los insectos indistintamente. Luego las bayas son cosechadas y procesadas. La semilla así obtenida pueden ser igual o superior a las híbridas en cuanto a la calidad, pero su costo de producción es menor.

D-. Cíbrida. Es la semilla obtenida también como producto de la polinización hecha básicamente por insectos, pero en este caso se aprovechan factores relacionados a esterilidad masculina. Se siembran en forma intercalada, tanto las progenies femeninas como las masculinas y al momento de la cosecha sólo se recogen las bayas de las hembras. La semilla producida es híbrida, pero su costo de producción es mucho menor. (Malagamba, 1994)

### **2.18. Glicoalcaloides en progenies SSP.**

Las plantas han desarrollado diversas formas para resistir el ataque de agentes patógenos; una de ellas es producir ceras y gomas como defensa (Stumpf y Conn, 1981). Otra de las características de defensa de mayor importancia desarrolladas por las plantas es la producción de sustancias químicas que incluyen más de 10,000 compuestos diferentes, clasificados en dos grupos principalmente:

a) Agentes constitutivos. Estos se encuentran presentes en los tejidos vegetales aún en la ausencia de cualquier proceso infectivo; entre estos se encuentran los compuestos fenólicos, los terpenos y los alcaloides.

b) Agentes inducibles. También llamados toxinas post-infección, son sintetizados cuando la planta es atacada por un agente patógeno. Este grupo puede ser dividido en dos subcategorías; la primera incluye fitotoxinas preexistentes en la planta en cantidades limitadas, que se originaron después del contacto con algún agente patógeno, un ejemplo de ello son los cianógenos glucosilados, y los glucosilatos; la segunda categoría incluye sustancias que son sintetizadas sólo bajo condiciones de estrés y son llamadas fitoalexinas (Chrispeels y Sadava, 1994; Stumpf y Conn, 1981).

En tubérculos de papa la solanina y la chaconina son glicoalcaloides sintetizados por la ruta del melavonato via colesterol; están formados por un núcleo esterooidal común que es la solanidina, la cual es glicosilada con solatriosa y chacotriosa, respectivamente (Bruncton, 199; Jadhav y Salunkhe, 1975; Kuc, 1984; Maga, 1980; Stapleton, 1991) para

la formación de uno u otro de los glicocaloides. Estos compuestos han sido interpretados como factores de resistencia a patógenos en clones comercialmente importantes de Solanum tuberosum debido a sus propiedades fungicidas y pesticidas. Se sugirió que su toxicidad en estos organismos se debe a la capacidad de los GA's de formar complejos con la fracción lipídica de las membranas celulares de dichos patógenos, lo que permite alterar las propiedades de permeabilidad de sus membranas (Roddick, 1986). La  $\alpha$ -solanina y la  $\alpha$ -chaconina fueron descubiertas en bioensayos dirigidos a determinar la estructura y la concentración de los principales compuestos involucrados en los mecanismos de resistencia producidos en la cáscara de los tubérculos de papa Solanum tuberosum contra H. Carbonum (Allen y Kúc, 1968). Su actividad fungitóxicas recibió gran atención cuando se confirmó que las concentraciones de estos compuestos se incrementaban en poblaciones que habían sido repetidamente seleccionadas para la resistencia a la cigarrita de la papa Empoasca fabae (Sanford, 1990). Aún cuando los niveles de estos compuestos están determinados genéticamente, algunos factores ambientales influyen sobre su síntesis, aumentando los niveles basales a niveles que podrían significar un peligro para la salud (más de 20 mg/100 g de tejido fresco). Este efecto ambiental es muy complejo, incluso se han observado interacciones sinérgicas entre diversos factores ambientales que redundan en acumulaciones de GA's a niveles muy elevados. El clima, la altitud, el tipo y composición, del suelo, fertilización, contaminación del aire, el tiempo de cosecha, pesticidas y la exposición de los tubérculos al sol se encuentran entre los factores que en condiciones estresantes alteran el contenido total de los glicocaloides. Las temperaturas infra o supraóptimas también inducen la acumulación de GA's (Percival, 1993). La exposición prolongada a la radiación solar induce a la síntesis y rápida acumulación de los GA's y se ha documentado amplia variación entre clones para esta respuesta (Maine, 1988). A mayor intensidad luminosa y en tubérculos inoculados con larvas del escarabajo Leptinotarsa decimlineata, se encontró que los niveles de lecitinas (formas acetiladas de solanina y chaconina) se incrementaron, haciendo más resistentes a la papa contra este depredador (Deahl, 1991). El manejo postcosecha del tubérculo es importante debido a que el daño mecánico de los mismos induce un incremento en su contenido de GA's (Olsson, 1986). Los tiempos prolongados de almacenamiento bajo condiciones no adecuadas como humedad o temperaturas excesivas,

también promueven la acumulación de glicoalcaloides (Fitzpatrick, 1977). La inmadurez de los tubérculos, causada por la prolongación de los días largos asociados con temperaturas frías, puede ser responsable de la presencia de niveles excesivos de glicoalcaloides (Deahl, Cantelo, Sinden y Stanford, 1991; Kuc, 1984; Maga, 1986; Sinden, Sandford y Webb, 1984).

El consumo de tubérculos de papa con altas concentraciones de glicoalcaloides ha llegado a ser letal en humanos puesto que estos compuestos tienen actividad anticolinesterasa, son teratogénicos, y afectan al sistema nervioso central y al aparato digestivo; en fetos se ha detectado anencefalia y espina bífida (Maga, 1984; Morris y Lee, 1984).

### **2.18.3 Importancia de la determinación de glicoalcaloides en progenies SSP.**

Una de las principales características de las progenies de SSP es estar libres de nematodos, insectos, bacterias, hongos y la mayoría de los virus, aunque pueden estar infectadas por el Viroide del Tubérculo Ahusado de la Papa. Esta resistencia contra organismos depredadores y patógenos hizo suponer que los niveles de Ga's en estas progenies eran elevados, por lo tanto fue de importancia determinar la concentración de Ga's en tubérculos cosechados y saber si la concentración no rebasaba los límites permisibles de 20 mg./100g de tejido fresco.

Es importante señalar que muchos de los compuestos químicos que contrarrestan a los patógenos y organismos mencionados resultan igualmente tóxicos para el humano, provocándole desde síntomas de envenenamiento leve, hasta la muerte. Muchos cultivos de importancia alimenticia contienen bajos niveles de estos compuestos y su eliminación parcial fue parte del proceso de la domesticación de la especie (Chrispeels, 1994).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se llevo a cabo en dos ciclos: Primavera/Verano (P/V) de 1995 y P/V de 1996. En el primer ciclo se montó un ensayo de evaluación de 24 progenies de SSP en las instalaciones del Centro de Biotecnología de Sabritas (CBS), en San Antonio de la Isla, Edo. Mex. En el ciclo P/V de 1996 se montaron dos ensayos simultáneamente, un ensayo que consistió en el segundo ciclo de evaluación para las 7 mejores progenies de SSP seleccionadas del ciclo anterior por sus atributos agronómicos y de rendimiento (este ensayo se montó en el campo experimental del Instituto de Capacitación y Adiestramiento del Estado de México, ICAMEX, en San Antonio de la Isla, Edo. de Mex.) y un segundo ensayo que consistió en la siembra de la semilla tubérculo cosechado en el ciclo anterior en el CBS (este ensayo se montó en un predio particular en la localidad de Ocuilan, Edo. Mex.)

Las dos localidades mencionadas muestran condiciones climáticas semejantes.

#### 3.1. Primer ciclo.

Los estudios se realizaron con material sembrado durante el ciclo P/V del 95 en el CBS. La zona de cultivo se localiza en el parque industrial San Antonio, La Isla Estado de México, Km. 14.5 carretera Toluca Tenango del Valle y se encuentra a una altitud de 2,840 msnm, 19 ° 30 ' latitud Norte, con precipitación media anual de 840 mm y una temperatura media anual de 13.6 °C.

#### 3.2. Segundo ciclo.

El ensayo con semilla tubérculo de SSP se realizó con material cosechado en el ciclo P/V 95 que se sembró en la localidad de Ocuilan, Edo. Méx., en el ciclo P/V del 96, a una altitud de 2,960 msnm, 19 ° 30 ' latitud Norte con una precipitación media anual de 1000 mm y una temperatura media anual por abajo de los 13 °C. El clima se define como un C Wc)(W) b(I") (Enriqueta García; 1973).

#### 3.3 Tercer ciclo.

Ensayo con SSP de 7 progenies seleccionadas durante el primer ciclo.

Los estudios de revalidación de resultados para las progenies seleccionadas en el ciclo P/V del 95, se realizaron en el ciclo P/V del 96, en las instalaciones de ICAMEX,

localizadas en el parque industrial de San Antonio la Isla, Edo. Méx., con las mismas características de la zona de cultivo del primer ciclo.

### **3.4 Material biológico**

Se sembraron las siguientes 24 progenies híbridas de SSP, proporcionadas por el Centro Internacional de la Papa, de Lima Perú.

- 1.-HPS V/13
  - 2.-HPS I/67
  - 3.-HPS II/67
  - 4.-HPS 7/13
  - 5.-HPS 7/67
  - 6.-HPS 25/67
  - 7.-Li-9 x 104,12 LB.
  - 8.-Serrana x Kathadin.
  - 9.-Maine x 104,12 LB.
  - 10.-Achirana x TS-4
  - 11.-Li-9 x TS-9
  - 12.-Li-8 x TS-9
  - 13.-MF-I X TS-9
  - 14.-MF-II X TS-9
  - 15.-TS-6 x TPS-67
  - 16.-Chiquita x TS-9
  - 17.-I-1035 x TS-9
  - 18.-MF-II x TS-10
  - 19.-Serrana x TS-5
  - 20.-TS-9 x TS-5
  - 21.-TS-9 x TPS-113
  - 22.-Chiquita x TS-4
  - 23.-Li-8 x Li-7
  - 24.-Li-8 x 104,12 LB.
- Como testigo se utilizaron
- 25.- Atlantic
  - 26.-795 Frito-lay, proporcionadas por el Centro de Biotecnología de Sabritas.

### **3.5. Unidad experimental.**

Los experimentos se distribuyeron en campo de acuerdo al diseño experimental de parcelas completamente al azar. La unidad experimental consistió de tres surcos de 5 metros de largo separados a 92 cm con las plantas a una distancia de 25 cm, siendo la parcela de 15 m<sup>2</sup>. De este modo, cada parcela contaba con 60 plantas.

Primer ciclo.

La parcela experimental consistió de 216 surcos de 5 m, separados a 92 cm con una distancia entre plantas de 25 cm tanto para el transplante como para la semilla tubérculo.

Segundo ciclo (Ensayo con semilla tubérculo de SSP)

La parcela experimental consistió de 216 surcos de 5 m. la distancia entre surcos fue de 92 cm. y la distancia de siembra entre tubérculos de 25 cm utilizando como testigo la variedad Atlantic.

Tercer ciclo de ensayo con SSP.

La parcela experimental consistió de 63 surcos de 5 m con una distancia entre surcos de 92 cm y 25 cm entre plantas.

### **3.2 Conducción del experimento**

Las 24 progenies fueron sembradas el 23 de mayo de 1995 en el ciclo primavera/verano.

#### **3.2.1 Siembra.**

La semilla sexual es pequeña por lo que, en todo el proceso de la siembra se debió tener cuidado en cuanto a la profundidad, la distribución, el tapado de la semilla y el primer riego, para lograr una emergencia uniforme. Se usó el sustrato Peatmoss, mezclado con agrolita. Se emplearon charolas de plástico de 40 x 20 x 10 cm. El riego es muy importante especialmente en los días previos a la emergencia durante los que se mantuvieron las charolas con humedad constante, sin permitir que se resecara la parte superior. Los primeros riegos que se realizaron fueron ligeros y frecuentes aumentando posteriormente el agua y reduciendo su frecuencia. La temperatura se mantuvo entre los 15 y 20 °C. La emergencia de las plántulas comenzó a partir del cuarto día después de la siembra y se prolongó hasta los 8 días.

#### **3.2.2 Labores culturales en las charolas.**

Las labores consistieron en aplicaciones preventivas contra hongos causantes del Tizón tardío que afecta el cultivo en el almácigo y algunos insectos para prevenir virosis. En el riego se aplicó abono foliar a una dosis de 4.5g/lt. De la fórmula comercial Peter's para lograr una emergencia uniforme y crecimiento vigoroso de las plántulas.

### Preparación del terreno definitivo.

El suelo donde se realizó el trabajo es de tipo franco-areno-arcilloso y las actividades que se realizaron en el campo fueron las siguientes: se dio un barbecho, un paso de rastra y se surcó, quedando en condiciones para el transplante.

#### 3.2.3 Transplante.

El transplante se realizó el 26 de junio de 1995. Las plantas se llevaron al campo cuando presentaron de 4 a 5 hojas, aproximadamente a los 30 días después de la siembra. Se hicieron hoyos cada 25 cm en la costilla del surco, colocando una planta por hoyo. Para reducir el estrés del transplante éste se realizó por la tarde después de las 3 pm. La humedad en el campo se encontraba a capacidad de campo después de las primeras lluvias del temporal del ciclo P/V del 95.

La fertilización se realizó en banda al momento del transplante. La dosis que se maneja fue 200-230-230 aplicándose el 100 % del superfosfato de calcio triple junto con la mitad del cloruro de potasio y del sulfato de amonio al momento del transplante. Posteriormente, al momento del aporque se aplicó un 25% del nitrógeno y del potasio para dejar a los 75 días después de la siembra la aplicación final, consistente en el resto del nitrógeno y del potasio. Asimismo se realizó un control preventivo para plagas y enfermedades con la mezcla de agroquímicos siguiente: 100 g de fungicida Tecto 60, 100g Benlate, 50 ml de Thiodan y 50 ml de Folimat en 18 litros de agua (capacidad de la mochila de aspersión). Al momento del transplante también se transplantaron las variedades Fritolay 795 y Atlantic (variedades comerciales que se encontraban en ese momento listas para campo, cuyo origen fue el laboratorio de cultivo de tejidos de CBS.)

#### 3.2.4 Labores culturales en campo.

- a) Control preventivo de plagas y enfermedades al transplante.
- b) Control de maleza de forma manual a lo largo del cultivo.
- c) Semiaporque 15 días después del transplante y aplicación del 25. % del Nitrógeno.
- d) Control de plagas y enfermedades.
- e) Aporqué final a los 40 días y aplicación de la última dosis de fertilizante.

### **3.2.5 Cosecha.**

Se efectuó el corte de follaje del cultivo o desvare cuando presentó un ligero amarillamiento, lo cual ocurrió a los 110 días después de la siembra. Después de 21 días del corte del follaje los tubérculos estuvieron listos para la cosecha a los 131 días a partir de la siembra; la cosecha se hizo colectando el material de cada una de las progenies y de cada una de las repeticiones por separado.

### **3.3 Características evaluadas en los ensayos**

El registro de datos se realizó en dos etapas:

#### **1.- Cultivo en pie.**

Las características evaluadas en esta primera etapa fueron:

- a) Altura de planta
- b) Número de tallos por planta
- c) Uniformidad de planta 90 días después del transplante (ddt)
- d) % de sobrevivencia.(90 ddt).

#### **2.- La segunda etapa de registro de datos se efectuó después de la cosecha, evaluándose;**

- a) % de tubérculo comercial
- b) Uniformidad de tamaño .(escala 1-9 donde 9 es el mejor calificado)
- c) Uniformidad de forma. (escala 1-9)
- d) Uniformidad de color. (Escala 1-9)
- e) Rendimiento t/ha.

(escala de calificación ver anexo)

### **3.4 Colecta y conservación del material del primer ciclo**

El material que se cosechó en este primer ciclo se ha calificado y seleccionado según los parámetros antes señalados. Por lo tanto esta cosecha fue clasificada o seleccionada para obtener semilla tubérculo para un segundo ciclo de evaluación con tubérculo semilla proveniente de SSP, para lo cual se seleccionaron tubérculos que pesan entre 20 y 25 gramos tomando una muestra de 40 a 60 tubérculos por cada una de las progenies que se colocaron en arpillas debidamente identificadas.

Aunque la semilla sexual esta libre de la mayoría de las enfermedades, los tubérculos cosechados provenientes de plántulas no están necesariamente libres, ya que durante su

crecimiento en el campo pudieron ser infectados, por lo tanto fue recomendable que antes de ser almacenados a 4 °C se sometieron a un tratamiento fungicida sumergiéndolos en una solución de Tecto 60.

#### Siembra del material del primer ciclo.

El material permaneció un periodo de 240 días a 4 °C al momento de sacarlos para la siembra estos ya presentaban brotes naturales por lo cual no fue necesario el uso de algún método de ruptura de dormancia.

El material fue sembrado en la localidad de Ocuilan, Edo. Méx., el 22 de mayo en el ciclo Primavera/Verano del 96.

#### Preparación del terreno.

La preparación del terreno para la siembra del tubérculo de primera generación es menos exigente que para la siembra directa o transplante, pues no requiere de tanto cuidado y tampoco es tan crítica la disponibilidad del agua después de la siembra, de tal manera se realizan las actividades comunes para el terreno como lo son el barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

Las labores de campo en el cultivo son semejantes a las del primer ciclo.

## **IV. RESULTADOS**

Los resultados de este trabajo se presentan en tres partes a saber: La primera, que consiste en las observaciones de la evaluación del rendimiento en términos del porcentaje de tubérculo comercial, uniformidad, tamaño, color y forma de tubérculo y rendimiento por unidad de superficie para cada una de las progenies evaluadas. La segunda parte describe los resultados de la siembra del tubérculo obtenido durante el primer ensayo, al emplearse como semilla tubérculo. Por último, la tercera parte consiste en la reevaluación de las progenies seleccionadas en la primera etapa al sembrarse nuevamente semilla sexual de papa para verificar la reproducibilidad de los resultados.

### **4.1 Resultados primer ensayo de evaluación**

#### **Altura de planta**

El análisis de Varianza (ver anexo) mostró que no hubo diferencia significativa entre las progenies y los testigos, observándose para la comparación de medias un solo grupo para altura de planta. Lo que indica que no existen diferencias entre las progenies y los testigos.

#### **Número de tallos.**

De acuerdo al análisis de varianza sí hubo diferencias significativas a este respecto entre progenies. La comparación de medias con la prueba de Duncan aparece en la Tabla 1. Como puede apreciarse ahí, el número de tallos varió entre 5 y 7. La progenie que más tallos desarrolló fue Chiquita x TS9 y la que menos lo hizo fue Chiquita x TS4. Preliminarmente, la diferencia podría probablemente atribuirse a los parentales masculinos, en este caso, TS9 y TS4; sin embargo, podrá observarse que algunas de las progenies con menor número de tallos también incluyen a TS9 como progenitor masculino; tal es el caso de LT8 x TS9 y LT9 x TS9. Esto indica que otros factores además del progenitor masculino son determinantes en la expresión de la característica número de tallos.

**Tabla 1 Comparación de medias para numero de tallos en planta promedio en 24 progenies de SSP evaluadas en campo en un primer ciclo (Centro de biotecnología Sabritas 1995)**

|                    |      |     |
|--------------------|------|-----|
| CHIQUITA X TS -9   | 7.00 | A   |
| TS-9 X TS -5       | 6.67 | AB  |
| TS-9 X TPS -113    | 6.67 | AB  |
| Lt-8 X 104.12 LB   | 6.67 | AB  |
| SERRANA X TS -5    | 6.67 | AB  |
| I-1035 X TS -9     | 6.33 | ABC |
| MF I X TS -9       | 6.33 | ABC |
| TS-6 X TPS -67     | 6.33 | ABC |
| ATLANTIC           | 6.33 | ABC |
| HPS II / 67        | 6.33 | ABC |
| MF II X TS -10     | 6.33 | ABC |
| MAIN X 104.12 LB   | 6.00 | ABC |
| MF II X TS-9       | 6.00 | ABC |
| Lt-9 X 104.12 LB   | 6.00 | ABC |
| SERRANA X KATHADIN | 6.00 | ABC |
| ACHIRANA X TS -4   | 6.00 | ABC |
| HPS 7/13           | 6.00 | ABC |
| HPS 7/67           | 6.00 | ABC |
| 795 FRITO -LAY     | 6.00 | ABC |
| Lt-8 X Lt-7        | 6.00 | ABC |
| HPS 25 /67         | 5.67 | ABC |
| LT-9 X TS-9        | 5.67 | ABC |
| Lt-8 X TS-9        | 5.67 | ABC |
| HPS I /13          | 5.67 | ABC |
| HPS I/67           | 5.33 | BC  |
| CHIQUITA X TS -4   | 5.00 | C   |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente al 0.05 de probabilidad según la prueba de prueba de Duncan

### Uniformidad de planta.

De acuerdo al análisis de varianza, para esta característica no se presentó ninguna diferencia. Cabe notar que estos resultados no contradicen observaciones previas que sugieren algunas diferencias importantes en cuanto a la uniformidad del porte de planta. En el caso del presente ensayo la evaluación para uniformidad se realizó a los 90 días a partir de la siembra, es decir, cuando la planta ya había alcanzado su tamaño de madurez. Sin embargo, se pudo observar, aunque no se tomaron registros sistemáticos, que particularmente en las etapas tempranas del crecimiento, i.e., antes de los cuarenta días, que

sí había progenies de crecimiento más vigoroso que otras. En algunos casos, estas diferencias eran tan fuertes como en general lo es la diferencia entre plantas de semilla tubérculo y plantas de SSP. Aunque importantes desde el punto de vista fisiológico quizá, nuestro propósito era evaluar la planta en su estado de madurez, por lo cual el resultado principal aquí es la ausencia de diferencias entre progenies en cuanto a esta característica.

#### **Forma de tubérculo.**

El análisis de varianza mostró efecto significativo de progenie para forma de tubérculo. La Comparación de medias reveló un agrupamiento en tres categorías estadísticamente diferentes, siendo Chiquita x TS4, grupo con una sola progenie y calificada como la mejor; el segundo grupo con diferencia estadística incluyó 23 progenies, incluyendo a los 2 testigos. De este grupo la primer progenie, HPS 7/13, fue calificada con 7 unidades y la ultima de este grupo, MF-II x TS9 recibió una calificación de 6.3 unidades. En el tercer grupo, Serrana x Kathadin y HPS 1/13 recibió la calificación más baja de todo el grupo de progenies evaluadas, 6.0. Cabe destacar que cuando menos 8 de las progenies evaluadas recibieron una mejor calificación para uniformidad de tubérculo que el mejor de los dos testigos, que a este respecto fue la variedad Frito-Lay 795 (Tabla 2).

tabla 2 Comparación de medias para forma de tubérculo promedio en 24 progenies de SSP evaluadas en campo en un primer ensayo (Centro de Biotecnología Sabritas 1995)

|                    |      |    |
|--------------------|------|----|
| CHIQUITA X TS-4    | 7.67 | A  |
| HPS 7 /13          | 7.33 | AB |
| SERRANA X TS - 5   | 7.33 | AB |
| CHIQUITA X TS- 9   | 7.33 | AB |
| TS-6 X TPS 67      | 7.00 | AB |
| TS-9 X TS -5       | 7.00 | AB |
| MF II X TS -10     | 7.00 | AB |
| MF I X TS -9       | 7.00 | AB |
| 795 FRITO-LAY      | 7.00 | AB |
| MAINE X 104.12 LB  | 6.67 | AB |
| L1 -9 X TS-9       | 6.67 | AB |
| L1 - 8 X TS - 9    | 6.67 | AB |
| HPS 25 / 67        | 6.67 | AB |
| TS - 9 X TPS 113   | 6.67 | AB |
| ATLANTIC           | 6.67 | AB |
| I-1037 X TS - 9    | 6.67 | AB |
| L1 - 9 X 104.12 LB | 6.67 | AB |
| HPS I / 67         | 6.33 | AB |
| HPS 7 / 67         | 6.33 | AB |
| ACHIRANA X TS -4   | 6.33 | AB |
| L1-8 X 104.12 LB   | 6.33 | AB |
| HPS II /67         | 6.33 | AB |
| L1 -8 X L1 7       | 6.33 | AB |
| MF II X TS- 9      | 6.33 | AB |
| SERRANA X KATHADIN | 6.00 | B  |
| HPS I / 13         | 6.00 | B  |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

### Color del tubérculo.

El análisis de varianza para color de tubérculo no demostró efecto significativo para las 24 progenies y los dos testigos, encontrándose que los tubérculos producidos con SSP fueron en general muy uniformes en cuanto a color, siendo típicas calificaciones superiores a 7.5. Es claro que al igual que para uniformidad de planta, no se observa segregación importante para color del tubérculo, una de las características de mercado más importantes.

### **Porcentaje comercial.**

En el análisis de varianza para porcentaje comercial mostró efecto significativo por progenie. En la comparación de medias se observaron 8 grupos significativamente diferentes (Tabla 3). El rango de variación para este parámetro fue de 18.2 hasta 81.67% de tubérculos de tamaño comercial, o sea mayores de 3cm de diámetro. La variedad comercial frito-lay 795 mostró el más alto porcentaje de tubérculos de tamaño comercial, seguida de la variedad Atlantic; en el tercer grupo a la progenie HPS 25/67 y en el siguiente grupo inferior se ubicaron Maine x 104.12 LB, Chiquita x TS9 y HPS 1/13. En el quinto grupo 12 progenies, para el sexto HPS 7/13, LT8 x LT7, HPS II/67, TS9 x TPS 113 y Achirana x TS4 y para el penúltimo grupo las progenies TS6 x TPS 67 y MF II x TS9. La progenie que menor proporción de tubérculos comerciales mostró fue LT9 x TS9.

Esta variación en el porcentaje de tubérculos de tamaño comercial puede servir de punto de partida a la selección adecuada de progenies prometedoras que pueden alcanzar una aceptable uniformidad en la apariencia de los tubérculos, como lo es la forma y tamaño que finalmente es importante para considerarse como comercial.

Es importante reconocer que ninguna de las progenies de SSP superó a cualquiera de los testigos usados en cuanto a este parámetro. La abundancia de tubérculos pequeños en la producción de SSP de primera generación fue una de las principales motivaciones para implementar el segundo ciclo de evaluación y determinar si la situación sería diferente en la cosecha de la semilla tubérculo proveniente de SSP, o si habría alguna mejoría a este respecto. Esto tendría el beneficio de considerar que de la cosecha de primera generación, el agricultor podría esperar la comercialización o el consumo de la menor parte de su cosecha y el almacenamiento del resto para usarla como semilla en el siguiente ciclo.

**Tabla 3 Comparación de medias para porcentaje comercial de tubérculo promedio en 24 progenies de SSP evaluadas en un primer ensayo (Centro de Biotecnología Sabritas 1995)**

|                    |       |      |
|--------------------|-------|------|
| 795 FRITO- LAY     | 81.67 | A    |
| ATLANTIC           | 65.00 | AB   |
| HPS 25 /67         | 56.17 | ABC  |
| MAINE X 104.12 LB  | 52.83 | BCD  |
| CHIQUITA X TS-9    | 52.03 | BCD  |
| HPS / 13           | 51.97 | BCD  |
| Lt-9 X 104.12 LB   | 48.57 | BCDE |
| I-1035 X TS -9     | 48.43 | BCDE |
| SERRANA X TS -5    | 47.37 | BCDE |
| TS - 9 X TS - 5    | 42.40 | BCDE |
| CHIQUITA X TS -4   | 38.87 | BCDE |
| HPS 7 / 67         | 38.63 | BCDE |
| Lt-8 X TS-9        | 36.90 | BCDE |
| MF II X TS-10      | 36.30 | BCDE |
| Lt-8 x 104.12 LB   | 36.17 | BCDE |
| HPS 1 /67          | 35.63 | BCDE |
| SERRANA X KATHADIN | 34.47 | BCDE |
| MF I X TS-9        | 33.87 | BCDE |
| HPS 7 13           | 33.33 | CDE  |
| Lt-8 X Lt-7        | 29.90 | CDE  |
| HPS II /67         | 28.30 | CDE  |
| TS -9 X TPS 113    | 27.80 | CDE  |
| ACHIRANA X TS-4    | 25.00 | CDE  |
| TS-6 X TPS 67      | 23.83 | DE   |
| MF II X TS-9       | 23.33 | DE   |
| Lt.9 X TS-9        | 18.20 | E    |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

### Rendimiento (ton / ha.)

El rendimiento es finalmente el criterio más importante ya que de las 24 progenies de semilla sexual de papa evaluadas se deben de seleccionar aquellas con mayor rendimiento y mayor uniformidad de tubérculo entre las principales que definen la calidad de la cosecha. El análisis de varianza mostró efecto significativo por progenie en cuanto a rendimiento del cultivo. La prueba de comparación de medias de Duncan, permitió reconocer estas diferencias (Tabla 4).

En este aspecto se observó que la mejor progenie fue la TS9 x TPS 113 que alcanzó un rendimiento de 18 toneladas por hectárea, seguida de las progenies MF II x TS10, LT8 x TS9, MF II x TS9, LT9 x TS9 y Chiquita x TS9 siendo estas las más sobresalientes en rendimiento y habiendo una diferencia mínima entre ellas, motivo por el cual fueron seleccionadas para un tercer ciclo. El rendimiento de los testigos no fue comparado con el de las progenies ya que no lograron superar el estrés del trasplante y por ello no fue posible contar con suficientes plantas para obtener un valor representativo del rendimiento.

Tabla 4 Comparación de medias para Rendimiento (tons / ha.) en 24 progenies de SSP evaluadas en campo en un primer ensayo (Centro de biotecnología Sabritas 1995)

|                    |       |          |  |
|--------------------|-------|----------|--|
| TS-9 X TPS -113    | 18.09 | A        |  |
| MF II X TS -10     | 17.27 | AB       |  |
| Li-8 X TS-9        | 16.93 | AB       |  |
| MF-II X TS -9      | 16.86 | AB       |  |
| Li-9 X TS-9        | 16.76 | AB       |  |
| CHIQUITA X TS-9    | 16.26 | ABC      |  |
| ACHIRANA X TS-4    | 15.42 | ABCD     |  |
| HPS II / 67        | 14.96 | ABCDE    |  |
| HPS 7 / 67         | 14.43 | ABCDEF   |  |
| SERRANA X KATHADIN | 14.16 | ABCDEF   |  |
| SERRANA X TS-5     | 13.50 | ABCDEF   |  |
| TS-9 X TS-5        | 12.80 | ABCDEF   |  |
| HPS I / 13         | 11.78 | ABCDEFG  |  |
| I-1035 XTS-9       | 10.73 | ABCDEFG  |  |
| MAINE X 104.12 LB  | 10.07 | ABCDEFGH |  |
| HPS I / 67         | 10.03 | ABCDEFGH |  |
| HPS 25 / 67        | 9.94  | ABCDEFGH |  |
| Li-8 X Li -7       | 9.57  | ABCDEFGH |  |
| CHIQUITA X TS-4    | 8.68  | BCDEFGH  |  |
| Li-8 X 104.12 LB   | 7.52  | CDEFGH   |  |
| MF I X TS-9        | 7.49  | CDEFGH   |  |
| HPS 7 / 13         | 6.82  | DEFGH    |  |
| LT-9 X 104.12 LB   | 6.42  | EFGH     |  |
| TS-6 X TPS 67      | 5.88  | FGH      |  |
| 795-FRITO-LAY      | 3.41  | GH       |  |
| ATLANTIC           | 1.81  | H        |  |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

## **2.4 Segundo ensayo**

A fin de llevar acabo la evaluación del tubérculo generado en el primer ciclo y cumplir con otro de los objetivos, en el ciclo agrícola del 97 se estableció un segundo ensayo sembrando las 24 progenies de tubérculo semilla proveniente de SSP y el testigo comercial Atlantic. De un ciclo a otro los tubérculos se mantuvieron a 4 °C en las instalaciones del CBS en San Aontonio de la Isla, Edo. Méx. Un mes antes de la fecha prevista de siembra los materiales se sacaron de la refrigeradora y se colocaron en una bodega con luz difusa para su brotamiento.

### **Altura de planta**

No se observó efecto significativo por progenie para este parámetro. Como ocurrió durante el primer ciclo, al momento de la evaluación, es decir a la madurez, las progenies se mostraron muy uniformes y homogéneas al interior de las poblaciones y entre ellas y los testigos. Sin embargo, en este caso también se pudo observar diferencias durante las etapas tempranas del desarrollo, que finalmente desaparecieron durante el segundo tercio del ciclo de las plantas.

### **Numero de tallos**

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las progenies, superando algunas de ellas al testigo comercial Atlantic. La prueba de comparación de medias indica 4 grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo TS9 x TS5, HPS II /67 y TS6 x TPS 67 desarrollaron típicamente 7 tallos; en el segundo grupo y el más numeroso MF I I x TS9 a la cabeza con 6.5 y MFII x TS9 ultima progenie del grupo con valor de 5.5, en el tercer grupo 3 progenies con valor de 5, en el cuarto grupo se ubicaron 3 progenies con 4 a 5 tallos (Tabla 5).

Tabla 5 Comparación de medias para numero de tallos en 24 progenies de tubérculo semilla provenientes de SSP evaluadas en campo en un segundo ensayo (Ocuilan , 1996)

|                    |       |    |  |
|--------------------|-------|----|--|
| TS-9 X TS-5        | 7.00  | A  |  |
| HPS II / 67        | 7.00  | A  |  |
| TS-6 X TPS 67      | 7.00  | A  |  |
| MF I X TS-9        | 6.50  | AB |  |
| CHIQUITA X TS-9    | 6.50  | AB |  |
| HPS 7 / 67         | 6.50  | AB |  |
| Lt-9 X 104.12 LB   | 6.50  | AB |  |
| HPS I / 67         | 6.50  | AB |  |
| ACHIRANA X TS -4   | 6.50  | AB |  |
| I-1035 X TS -9     | 6.50  | AB |  |
| ATLANTIC           | 6.50  | AB |  |
| SERRANA X KATHADIN | 6.50  | AB |  |
| TS-9 X TPS -113    | 6.00  | AB |  |
| HPS I / 13         | 6.00  | AB |  |
| Lt-9 X TS-9        | 6.00  | AB |  |
| MF II X TS-10      | 5.50  | AB |  |
| Lt-8 X TS-9        | 5.50  | AB |  |
| HPS 7 / 13         | 5.50  | AB |  |
| MF I X TS-9        | 5.50  | AB |  |
| HPS 25 / 67        | 5.00  | B  |  |
| MAINE X 104.12 LB  | 5.00  | B  |  |
| SERRANA X TS-5     | 5.00  | B  |  |
| Lt-8 X LT-7        | 0.10  | C  |  |
| CHIQUITA X TS-4    | 0.00  | C  |  |
| LT 8- X 104.12 LB  | -0.00 | C  |  |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

### Uniformidad de planta

Para uniformidad de planta las progenies evaluadas exhiben que sí hubo diferencias estadísticamente significativas. Si comparamos la característica de uniformidad de planta de la semilla sexual que no presentó diferencia significativa entre progenies y el testigo, estas mismas en tubérculo semilla aparecen en cuatro grupos, el primero lo ocupa la progenie LT9 x TS9 con un valor de 8 unidades, en segundo con valores que van de 7 a 6 unidades se encuentran 17 progenies incluyendo al testigo Atlantic; en el tercer grupo, con

valor de 5 unidades, las progenies MF II x TS9, TS9 x TS5 y LT8 x TS9 y el último grupo incluyó tres progenies con valor de cero, es importante señalar que en este ensayo tres de las progenies no emergieron; estas progenies fueron Chiquita x TS4, LT8 x 104.12 LB y LT8 x LT7 (Tabla 6).

Es importante señalar que la diferencia para la característica de uniformidad de planta se debió al tamaño del tubérculo semilla empleado ya que se utilizó el de la primera generación, donde un 60 a 70% corresponde a tubérculo pequeño y un 30 a 40% corresponde a tubérculo regular o grande y esto influye en la uniformidad de planta.

Tabla 6 Comparación de medias para uniformidad de planta en 24 progenies de tubérculo semilla provenientes de SSP evaluadas en campo en un segundo ensayo (Ocuilan, 1996)

|                    |       |    |  |
|--------------------|-------|----|--|
| LI-9 X TS-9        | 8.00  | A  |  |
| ATLANTIC           | 7.50  | AB |  |
| MAINE X 104.12 L B | 7.50  | AB |  |
| LI-9 X 104.12 LB   | 7.50  | AB |  |
| HPS 1 / 67         | 7.50  | AB |  |
| HPS 1 / 13         | 7.28  | AB |  |
| HPS 25 / 67        | 7.00  | AB |  |
| I-1035 XTS-9       | 7.00  | AB |  |
| HPS II / 67        | 7.00  | AB |  |
| HPS 7 / 67         | 7.00  | AB |  |
| HPS 7 / 13         | 7.00  | AB |  |
| TS-9 X TPS-113     | 7.00  | AB |  |
| SERRANA X TS-5     | 6.50  | AB |  |
| MF II X TS-10      | 6.50  | AB |  |
| ACHIRANA X TS-4    | 6.00  | AB |  |
| SERRANA X KATHADIN | 6.00  | AB |  |
| HPS 7 / 67         | 6.00  | AB |  |
| TS-6 X TPS 67      | 6.00  | AB |  |
| CHIQUITA X TS-9    | 6.00  | AB |  |
| MF I X TS-9        | 6.00  | AB |  |
| MF II X TS-9       | 5.50  | B  |  |
| TS- X TS-5         | 5.50  | B  |  |
| LI-8 X TS-9        | 5.50  | B  |  |
| CHIQUITA X TS-4    | 0.00  | C  |  |
| LI-8 X 104.12 LB   | -0.00 | C  |  |
| LI-8 X LI-7        | -0.28 | C  |  |

Medias Seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

### Color de tubérculo.

Para esta característica se observó una variación significativa por progenie. La comparación de medias permitió reconocer tres grupos de significancia, siendo las progenies de mejor color HPS 7/13, HPS 25/67, Achirana x TS4 y LT8 x TS9; en segundo lugar se ubicaron 17 progenies con calificación de 7 para color de tubérculo; en este grupo se ubicaron los testigos (Tabla 7).

Tabla 7 Comparación de medias para color de tubérculo en 24 progenies de semilla tubérculo provenientes de SSP evaluadas en campo en un segundo ensayo (Ocuilan, 1996)

|                    |       |    |  |
|--------------------|-------|----|--|
| HPS 7 / 13         | 8.00  | A  |  |
| HPS 25 / 67        | 8.00  | A  |  |
| ACHIRANA X TS-4    | 8.00  | A  |  |
| Li-8 X TS-9        | 8.00  | A  |  |
| HPS 1 / 67         | 7.50  | AB |  |
| HPS 7 / 67         | 7.50  | AB |  |
| HPS 1 / 67         | 7.50  | AB |  |
| SERRANA X KATHADIN | 7.50  | AB |  |
| TS-6 X TPS-67      | 7.50  | AB |  |
| Li-9 X 104.12 LB   | 7.50  | AB |  |
| I-1035 X TS-9      | 7.50  | AB |  |
| MAINE X 104.12 LB  | 7.50  | AB |  |
| ATLANTIC           | 7.50  | AB |  |
| MF-II X TS-9       | 7.50  | AB |  |
| TS-9 X TPS-113     | 7.50  | AB |  |
| CHIQUITA X TS-9    | 7.50  | AB |  |
| TS-9 X TS-5        | 7.50  | AB |  |
| MF-II X TS-10      | 7.50  | AB |  |
| SERRANA X TS-5     | 7.50  | AB |  |
| HPS-II /67         | 7.00  | AB |  |
| MF- I X TS-9       | 7.00  | AB |  |
| Li-9 X TS-9        | 6.50  | B  |  |
| Li-8 X Li-7        | 0.04  | C  |  |
| CHIQUITA X TS-4    | 0.00  | C  |  |
| Li-8 X 104.12 LB   | -0.00 | C  |  |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

### Forma de tubérculo

Se observó efecto significativo según el análisis de varianza. En el primer grupo Chiquita x TS4, en el segundo grupo 21 progenies con valores desde 7.33 hasta 6.33 con una unidad de diferencia entre ellas y el tercer grupo con solo dos progenies Serrana x Kathadin y HPS 1/13 con calificación de 6. La progenie mejor calificada fue LT8 x TS9 (Tabla 8).

Tabla 8 Comparación de medias para forma de tubérculo en 24 progenies de semilla tubérculo provenientes de SSP evaluadas en campo en un segundo ensayo (Ocuilan, 1996)

|                    |       |     |  |
|--------------------|-------|-----|--|
| LI-8 X TS-9        | 8.00  | A   |  |
| HPS I / 13         | 7.50  | AB  |  |
| HPS I / 67         | 7.50  | AB  |  |
| ACHIRANA X TS-4    | 7.50  | AB  |  |
| SERRANA X KATHADIN | 7.50  | AB  |  |
| TS-9 X TPS -113    | 7.50  | AB  |  |
| ATLANTIC           | 7.50  | AB  |  |
| HPS 25 / 67        | 7.50  | AB  |  |
| HPS 7 / 67         | 7.00  | ABC |  |
| HPS 7 / 13         | 7.00  | ABC |  |
| I-1035 X TS-9      | 7.00  | ABC |  |
| TS-6 X TPS-67      | 7.00  | ABC |  |
| SERRANA X TS-5     | 7.00  | ABC |  |
| MF-I X TS-9        | 7.00  | ABC |  |
| LI-9 X TS-9        | 6.50  | BC  |  |
| HPS II / 67        | 6.50  | BC  |  |
| MAINE X 104.12 LB  | 6.50  | BC  |  |
| LI-9 X 104.12 LB   | 6.50  | BC  |  |
| MF-II X TS-9       | 6.00  | C   |  |
| TS-9 X TS-5        | 6.00  | C   |  |
| MF-II X TS-10      | 6.00  | C   |  |
| CHIQUITA X TS-9    | 6.00  | C   |  |
| LI-8 X LI-7        | 0.19  | D   |  |
| CHIQUITA X TS-4    | 0.00  | D   |  |
| LI-8 X 104.12 LB   | -0.00 | D   |  |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan.

### Porcentaje comercial

Se pudo observar que el porcentaje de tubérculo comercial aumentó para todas las progenies del primero al segundo ensayo. Tomando como el mejor a la variedad comercial Atlantic, con cerca del 80 % de tubérculo comercial, la progenie LT9 x TS9, cuyo porcentaje comercial en el primer ciclo fue alrededor del 18 %, mostró un incremento hasta el 75 % de tubérculo comercial. Para la comparación de medias se observaron 4 grupos, donde los tres primeros fueron significativamente diferentes (Tabla 9).

Tabla 9 Comparación de medias para porcentaje de tubérculo comercial en 24 progenies de tubérculo semilla proveniente de SSP evaluadas en campo en un segundo ensayo (Ocuilan, 1996)

|                    |       |    |
|--------------------|-------|----|
| ATLANTIC           | 79.99 | A  |
| Li-9 X TS-9        | 74.99 | AB |
| TS-6 X TPS 67      | 74.99 | AB |
| HPS 7 / 67         | 69.99 | AB |
| HPS 1 / 67         | 69.99 | AB |
| MF-II X TS-10      | 69.99 | AB |
| I-1035 X TS-9      | 69.99 | AB |
| Li-9 X 104.12 LB   | 64.99 | AB |
| MAINE X 104.12 LB  | 64.99 | AB |
| ACHIRANA X TS-4    | 64.99 | AB |
| SERRANA X KATHADIN | 64.99 | AB |
| HPS 25 / 67        | 64.99 | AB |
| HPS 1 / 13         | 64.99 | AB |
| MF-II X TS-9       | 64.99 | AB |
| HPS 2 / 67         | 64.99 | AB |
| SERRANA X TS-5     | 64.99 | AB |
| TS-9 X TS-5        | 64.99 | AB |
| MF-I X TS-9        | 62.49 | B  |
| Li-8 X TS-9        | 59.99 | B  |
| HPS 7 / 67         | 59.99 | B  |
| TS-9 X TPS -113    | 59.99 | B  |
| CHIQUITA X TS-9    | 59.99 | B  |
| CHIQUITA X TS -4   | 0.00  | C  |
| Li-8 X 104.12 LB   | -0.01 | C  |
| Li-8 X Li-7-       | 0.94  | C  |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

### **Rendimiento.**

El análisis de varianza mostró la variabilidad genética que existe en las 24 progenies evaluadas, indicando una diferencia estadísticamente significativa al nivel de 0.05 de probabilidad. Las progenies mejor calificadas fueron LT9 x TS9, con un rendimiento de 37.3 ton/ha. Enseguida se ubicó LT8 x TS9, con 35.8 ton/ha, Serrana x TS5 con 33.1 ton/ha y por último HPS 25/67 con un rendimiento de 31.1 ton/ha.

Las progenies que superaron al testigo Atlantic con 20.3 ton/ha fueron HPS 7/13 con 27.5 ton/ha, MFI I x TS9, con 26.6 ton/ha, Achirana x TS4 26.3 ton/ha, HPS 7/67 con 25.1 ton/ha y por último LT9 x 104.12 LB con 21.24 ton/ha (Tabla 10 ). En la comparación de medias se observaron 10 grupos significativamente diferentes para las 24 progenies evaluadas para rendimiento por unidad de superficie se exhiben los 5 primeros grupos de mayor interés por ser los que superaron al testigo comercial Atlantic.

Los datos de rendimiento de segundo ciclo o de semilla tubérculo proveniente de SSP, permite proponer como altamente recomendable el uso de la SSP para la producción de semilla tubérculo de bajo costo a nivel comercial entre los semilleristas del país, lo cual tendría como beneficio directo la disminución de la dependencia de este sector respecto de la importación de material libre de virus in vitro a muy alto costo. Dada su alta calidad sanitaria por estar a salvo de infecciones en campo, la SSP puede ciertamente ser considerada como equivalente a estos materiales importados, con los cuales los productores nacionales de semilla tubérculo operan laboriosos y costosos esquemas de producción de semilla certificada. La SSP puede usarse en condiciones de explotación extensiva o intensiva para generar semilla tubérculo de alta calidad en menos tiempo y con menores costos de inversión.

Tabla 10 Comparación de medias para Rendimiento ton / ha. 24 progenies de semilla tubérculo provenientes de SSP evaluadas en campo en un segundo ensayo (Ocuilan, 1996)

|                    |       |        |  |
|--------------------|-------|--------|--|
| Lt-9 X TS-9        | 37.37 | A      |  |
| Lt-8 X TS-9        | 35.89 | AB     |  |
| SERRANA X TS-5     | 33.15 | AB     |  |
| HPS 25 / 67        | 31.12 | ABC    |  |
| HPS 7 / 13         | 27.50 | ABC    |  |
| MF-I X TS-9        | 26.60 | ABC    |  |
| ACHIRANA X TS-5    | 26.37 | ABCD   |  |
| HPS 7 / 67         | 25.18 | ABCD   |  |
| Lt-9 X 104.12 LB   | 21.24 | ABCD   |  |
| ATLANTIC           | 20.34 | ABCDE  |  |
| TS-9 X TPS-113     | 19.52 | ABCDEF |  |
| MAINE X 104.12 LB  | 18.30 | ABCDEF |  |
| HPS 1 / 13         | 18.08 | ABCDEF |  |
| HPS II / 67        | 16.10 | ABCDEF |  |
| CHIQUITA X TS-9    | 13.14 | CDEF   |  |
| TS-6 X TPS-67      | 13.04 | CDEF   |  |
| TS-9 X TS-         | 12.13 | CDEF   |  |
| SERRANA X KATHADIN | 11.85 | CDEF   |  |
| HPS 1 / 67         | 8.08  | CDEF   |  |
| I-1035 X TS-5      | 5.49  | DEF    |  |
| MF-II X TS-9       | 0.95  | EF     |  |
| MF-II X TS-10      | 0.90  | EF     |  |
| CHIQUITA X TS-4    | 0.66  | EF     |  |
| Lt-8 X Lt-7        | 0.47  | F      |  |
| Lt-8 X 104.12 LB   | -0.00 | F      |  |

Medias seguidas de la misma letra no son significativamente diferentes al 0.05 de probabilidad según la prueba de Duncan

### **4.3 Ensayo de reevaluación**

Este tercer ciclo de evaluación de SSP pretendió verificar la reproducibilidad del comportamiento de las progenies que para tal fin se seleccionaron al término del primer ciclo para las características registradas del cultivo en pie, como número de tallos, uniformidad de planta, altura de planta, color de tubérculo y forma de tubérculo. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el primer ciclo y el ciclo de reevaluación para ninguno de los criterios considerados.

#### **Porcentaje comercial.**

Para esta característica, en el tercer ciclo de reevaluación se no observó un incremento en el tubérculo pequeño para las progenies seleccionadas como las más sobresalientes. Por lo tanto, no hubo diferencia significativa para esta característica con respecto a el primer ciclo.

#### **Rendimiento.**

El rendimiento en el tercer ciclo de reevaluación no mostró fluctuaciones de pérdida o ganancia con respecto al del primer ciclo, por lo tanto no hubo diferencia significativa entre los dos ciclos donde se uso semilla sexual de papa.

### **Análisis de Glicoalcaloides (GA's)**

A fin de obtener datos del contenido de glicoalcaloides en progenies de SSP se efectuó un análisis cuantitativo a partir del cual se elaboró la Tabla 11 (ver anexo). Como puede verse ahí, 15 de las progenies presentaron niveles elevados de GA's mientras que las otras 9 presentaron niveles permisibles. La variación en la concentración de GA's encontrada en las 24 progenies de SSP puede ser efecto del manejo postcosecha del tubérculo, ya que la exposición de estos a la radiación solar induce la síntesis y rápida acumulación de los GA's. Otra causa de acumulación de los GA's pudo ser las condiciones no adecuadas como humedad o temperatura excesivas, que también promueven la acumulación de GA's existiendo una amplia variación entre las progenies para esta respuesta.

Para el segundo ensayo fue necesario analizar a las progenies nuevamente, se eligieron solo dos de ellas, las que presentaron concentraciones muy elevadas como la Serrana x TS5 con 101.6 mg/100 g de tejido fresco y MF-II x TS9 con 94.4 mg/100 g de tejido fresco. Este análisis permitió observar una reducción de la concentración para Serrana x TS5 que mostró 45.94 mg/100 g de tejido fresco mientras que se observó una concentración de 68.4 mg/100 g de tejido fresco en MF-II x TS9, permaneciendo así ambas progenies por arriba de los límites permisibles de 20 mg/100 gramos de tejido fresco lo que indica que aparte de las condiciones inadecuadas, está en la constitución genética de estas progenies tener concentraciones elevadas de GA's.

Tabla 12 Concentración de glicoalcaloides totales en dos ciclos de ensayo 95-96

| Progenies con alto rendimiento (ton/ha) | Concentración de GA primer ensayo mg/100 g de tejido fresco. | Concentración de GA segundo ensayo mg / 100 g de tejido fresco. |
|---|--|---|
| Li-8 x TS-9 37.37                       | 58.8*  | 12.0  |
| Li-8 x TS-9 35.89                       | 8.0  | 8.0   |
| SERRANA x TS-9 33.15                    | 101.6*   | 11.0  |
| HPS 25/67 31.12                         | 38.14*   | 16.7  |
| HPS 7/13 27.5                           | 12.78  | 15.0  |
| MF-II x TS-9 26.6                       | 94.4*  | 20.4  |
| ACHIRANA x TS-4 26.3                    | 6.7  | 26.0*   |
| HPS 7/67 25.18                          | 28.4*  | 14.0  |
| Li-9 x 104.12 LB 21.24                  | 26.9*  | 16.4  |
| ATLANTIC 20.34                          | 13.4   | 15.2  |

Concentración de glicoalcaloides permisible para cultivos comerciales 20 mg / 100 gramos de tejido fresco.

\*Fuera de rango permisible

## V. DISCUSION

El principal objetivo de este trabajo fue caracterizar el comportamiento y el rendimiento de una colección de progenies de semilla sexual de papa, provenientes del Centro Internacional de la Papa, mediante el trasplante a campo y evaluar así su potencial como alternativa para la producción comercial de papa en México. Durante tres ciclos agrícolas consecutivos, se evaluaron características como: altura de planta, número de tallos por planta, uniformidad de planta y uniformidad de tubérculo en cuanto a color, forma y tamaño, porcentaje de tubérculos de tamaño comercial y rendimiento por unidad de superficie.

Como resultado del primer ciclo de ensayo, se seleccionaron 7 progenies por sus características favorables en comparación con dos testigos ampliamente usados para la industria de la fritura. Estos testigos son variedades clonales de excelente rendimiento y características agronómicas. Contra estos materiales, las progenies de SSP se comportaron de tal modo que fue posible registrar amplia variación entre ellas para varias de las características de interés y así, se seleccionaron las 7 más promisorias para la continuación del trabajo. De estas, no fue posible distinguir de los testigos cuando menos a dos. En uniformidad de tubérculo en cuanto a forma, tamaño y color, estas dos progenies recibieron calificaciones muy buenas. El rendimiento, sin embargo, no fue comparable al de los testigos, que aunque no pudimos medir en el experimento, conocemos por referencia del Centro de Biotecnología de Sabritas y hemos podido constatar en predios particulares en más de una ocasión. Estos clones rinden entre 30 y 40 ton/ha con buen manejo. Frente a este, las mejores progenies de SSP no superaron las 18 ton/ha en este primer ciclo.

Entusiasmados por la observación de la notoria resistencia a tizón de progenies SSP en comparación a los mismos testigos, y en el ánimo de explorar su potencial para producción de semilla tubérculo, un segundo ciclo evaluó las mismas progenies a través de la primera cosecha, es decir a través de la primera generación de tubérculo semilla. Este segundo ciclo permitió reconocer dos cosas. En primer lugar, disminuyó notablemente la variación poblacional para cualquiera de los parámetros evaluados. En este caso, todas las calificaciones otorgadas fueron superiores a las de primer ciclo. Esto indica que el producto

generado con la siembra de semilla tubérculo proveniente de SSP es más uniforme y homogéneo que el producto proveniente directamente de la SSP. En segundo lugar, todos los materiales mostraron rendimientos significativamente superiores a los de primer ciclo y mucho más comparables a los de los testigos comerciales incluidos. Esto permite sugerir, a reserva de que se realicen los ensayos necesarios, que quizá el mejor uso que pueda darse a la SSP es usarla para la producción de semilla tubérculo de alta calidad sanitaria y muy bajo costo. Por ejemplo en primer ciclo la progenie LT9 x TS9 con 17.0 ton/ha, comparable al establecido en la India con 18.0 ton/ha (CIP, 1994). De esto, solo el 18% fue de tamaño comercial. En segundo ciclo, esta misma progenie mostró un rendimiento de casi 38 ton/ha con 75% de tamaño comercial.

Para rendimiento no fue posible comparar el primer ensayo con el de tubérculo semilla como se propuso en uno de los objetivos, dado el origen de cada uno de los ensayos, pero sí podemos hablar de incrementos de un sistema a otro. En el segundo ensayo quedaron identificadas las progenies más sobresalientes por rendimiento. A decir LT9 x TS9 fue calificada en un segundo grupo en el primer ensayo con 16.7 ton/ha. Para el segundo ensayo esta misma alcanzó un rendimiento de 37.3 ton/ha. Superando al testigo y siendo calificada como la mejor en este experimento. Otra de las progenies que se mantuvo estable para rendimiento lo fue LT8 x TS9, que para su primer evaluación registró 16.9 ton/ha y cuantificó 35.8 ton/ha en el segundo. Comparando estos dos rendimientos con ensayos de tubérculo semilla proveniente de SSP en otros países, fue superado el logrado en Bangladesh de 36.6 ton/ha, país donde se lograron los mejores rendimientos promedio entre 1986 y 1990 (CIP, 1990).

No todas las progenies presentaron un buen rendimiento. Esto se debe a que una progenie sujeta a reproducción sexual es un organismo altamente heterocigótico (CIP 1987). Tal propiedad hace de estas progenies entidades poco estables en su expresión para las características aquí evaluadas. Sin embargo, decididamente parece haber amplio margen de acción para el mejoramiento del rendimiento y sus componentes, así como de las características de calidad de la producción a partir de los esquemas de producción y selección de parentales aptos y las cruces para su explotación en la formación de semilla híbrida y de otras categorías. También es de reconocerse el enorme avance en la fijación de

estas características de calidad y uniformidad del tubérculo producido por SSP, como se observa en las calificaciones recibidas por varias de las más notables progenies.

Finalmente los resultados indican que la producción de papa por trasplante, no tendría como meta principal comercializar el total de la producción, sino si hacer una selección para el autoconsumo y la otra parte usarla en el segundo ciclo como tubérculo semilla. También es claro que no se pretenden altos rendimientos mediante este sistema. Pero si proponerlo como el método óptimo para la producción de tuberculo semilla la forma de establecer la producción de papa a partir de semilla que además permita reducir los costos de producción al poder autoabastecerse de material de siembra. Las 24 progenies de SSP usadas aquí constituyen pequeña muestra del germoplasma ya disponible para su evaluación. Para ello se requiere de complementar pruebas de adaptación del material genético y aumentar el numero de progenies con buenos rendimientos, así como se requiere de efectuar ensayos de manejo agronómico tales como sistemas de siembra y trasplante, fuentes y niveles de fertilización, etc. (CIP, 1986).

Nuestro objetivo es desarrollar un sistema de producción de papa a bajo costo para países donde no se produce este cultivo o su importación es muy costosa y que además permita renovar el material de siembra donde se a perdido la calidad y el rendimiento. Las experiencias obtenidas en campo con la semilla sexual la hacen factible de ser producida en México con más ventajas en la producción como lo es la baja inversión por concepto de control de plagas y enfermedades y por la reducción de los costos en semilla tubérculo.

La realización de estos ensayos nos conduce a afirmar que la semilla sexual y el tubérculo semilla obtenido de SSP sí proponen una alternativa viable de ser empleada para la producción de papa, no sin antes reevaluar las progenies para características de germinación, vigor, forma y uniformidad de planta, como también precocidad, color, forma y uniformidad de tubérculo. Esto debido a que la semilla de papa es un organismo heterocigótico cuando se reproduce sexualmente; en cambio en la propagación asexual, aunque el tubérculo proveniente es de una planta heterocigotica, los individuos son genéticamente idénticos, por lo tanto, al emplear el tubérculo de SSP las progenies se

expresan con alto rendimiento y aceptable uniformidad de tubérculo (Accatino; Malagamba 1982)

Otra de las causas de que no todas las progenies incrementaran su rendimiento es debido a que en las progenies derivadas de cruzamientos dentro y entre grupos taxonómicos de papa (Amoros y Mendoza; 1979) se ha encontrado que el grupo más heterocigótico fue el de mayor rendimiento y el más estable. Por lo anterior podemos inferir que cabe la posibilidad de que exista en las 24 progenies de semilla sexual de papa un porcentaje importante de cruces que no sean las más aptas.

Por último, para el tercer ciclo de reevaluación fue considerada la idea de observar qué tan estables eran las progenies de semilla sexual. El resultado obtenido a este respecto puede resumirse diciendo que estas progenies no presentaron variaciones muy marcadas de un ciclo a otro y que estadísticamente no fueron significativas.

## VI. CONCLUSIONES

- 1.- La semilla sexual de papa produjo típicamente un alto porcentaje de tubérculos pequeños, aptos para usarse como semilla tubérculo en un ciclo siguiente.
2. El rendimiento (ton/ha) de semilla tubérculo producido con semilla sexual de papa fue superior al de la planta de semilla sexual.
3. La producción de tubérculo comercial fue más uniforme en cuanto a forma, tamaño y color usando semilla tubérculo obtenida de semilla sexual.
4. El uso de la semilla sexual de papa, ya sea en forma directa o para producir semilla tubérculo, disminuye significativamente los costos de producción por hectárea respecto al uso de semilla tubérculo convencional.
- 5.-El sistema más adecuado para el uso de semilla sexual de papa es la producción de tubérculo semilla.
- 7.-La calidad fitosanitaria del material de semilla sexual de papa fue superior a la de la semilla tubérculo tradicional en ambos ensayos realizados.

## VII. ANEXO

Escala de calificación para las características consideradas para la evaluación en campo de las progenies. (transplante y tubérculo)

Uniformidad de color. Escala 1 a 9 : 1 = Desuniforme 9 = Uniforme

Uniformidad de forma . Escala 1 a 9: 1 = Desuniforme 9 = Uniforme

Uniformidad de planta . Escala 1 a 9: 1 = Desuniforme 9 = Uniforme

Altura de planta.

Numero de tallos . Escala 1 a 9

### 2.18.4 Materiales y métodos.

#### Metodología. Extracción y Cuantificación de glicoalcaloides individuales

Se tomaron tres tubérculos de cada progenie (el número de tubérculos utilizados por ensayo fue determinado mediante un análisis de variación mínima) se cortaron en pequeños trozos y se mezclaron perfectamente para tomar una muestra de 10 g de tejido homogeneizado en 50 ml. de metanol absoluto que luego se centrifugo a 5000 rpm durante 10 min. Los glicoalcaloides disueltos en el sobrenadante se precipitan con hidróxido de amonio con pH 10.5, para incubarse a 70 C 0 /30 min.; dejando reposar durante 24 hr. 4 0 C. Para después ser centrifugadas a 10,000 rpm./ 1 hr. El precipitado es resuspendido en 1 ml. de metanol absoluto (bushway, et. al., 1985). La separación de la  $\alpha$ -solanina ,la  $\alpha$ -chaconina y la  $\alpha$ -solanidina se realizará por cromatografía de filtración sobre Gel en capa fina (Silica Gel 60 /F254 Merc) (Fisher, 1980) utilizando el sistema de solventes: cloroformo-metanol-hidróxido de amonio al (3 %) 50:50:3. Los alcaloides separados se indentifican mediante la comparación con los RF de los estándares comerciales (solanina, chaconina y solanidina de Sigma).las bandas se revelaran con el reactivo de Dragendorff (yoduro de bismuto y potasio) y finalmente se cuantifican por densitometría a partir de una curva patrón (10-50 g

con estándares) para determinar los 2 g/banda en las cromatoplasmas, y finalmente expresarlos en mg/100g de tejido fresco.

Tablas de análisis de varianza para las características evaluadas en el primer ensayo en campo con semilla sexual de papa

| Análisis de Varianza Altura de planta |                    |                   |                  |          |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|                                       | Grados de libertad | Suma de cuadrados | cuadrados medios | Valor -F |
| Total                                 | 77                 | 2624.99           |                  |          |
| Variable 1                            | 2                  | 37.64             | 18.820           | 0.51     |
| Variable 2                            | 25                 | 736.99            | 29479            | 0.80     |
| Error                                 | 50                 | 1850.36           | 37.007           |          |
| Coeficiente de variación = 10.87      |                    |                   |                  |          |

| Análisis de Varianza Número de tallos |                    |                   |                  |          |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|                                       | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
| TOTAL                                 | 77                 | 41.18             |                  |          |
| Variable 1                            | 2                  | 0.41              | 0.205            | 0.40     |
| Variable 2                            | 25                 | 15.18             | 0.607            | 1.190    |
| Error                                 | 50                 | 25.59             | 0.512            |          |
| Coeficiente de variación = 11.72      |                    |                   |                  |          |

| Análisis de Varianza Uniformidad de planta |                    |                   |                  |          |
|--|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
| Total                                      | 77                 | 19.49             |                  |          |
| Variable 1                                 | 2                  | 0.18              | 0.90             | 0.31     |
| Variable 2                                 | 25                 | 4.82              | 0.193            | 0.67     |
| Error                                      | 50                 | 14.49             | 0.290            |          |
| Coeficiente de variación = 7.9             |                    |                   |                  |          |

| Análisis de Varianza Forma de tubérculo |                    |                   |                  |          |
|---|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|   | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
| Total                                   | 77                 | 36.22             |                  |          |
| Variable 1                              | 2                  | 0.10              | 0.051            | 0.11     |
| Variable 2                              | 25                 | 13.55             | 0.542            | 1.20     |
| Error                                   | 50                 | 22.56             | 0.45             |          |
| Coeficiente de Variación = 10.02 %      |                    |                   |                  |          |

| Análisis de Varianza Color de tubérculo |                    |                   |                  |          |
|---|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|   | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
| Total                                   | 77                 | 19.29             |                  |          |
| Variable 1                              | 2                  | 0.18              | 0.090            | 0.31     |
| Variable 2                              | 25                 | 4.63              | 0.185            | 0.64     |
| Error                                   | 50                 | 14.49             | 0.290            |          |
| Coeficiente de Variación = 8.2          |                    |                   |                  |          |

| Análisis de Varianza Porcentaje tubérculo comercial |                    |                   |                  |          |
|---|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|   | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
| Total   | 77                 | 27990.13          | 221.63           |          |
| Variable 1  | 2                  | 15233.56          | 110.816          | 0.44     |
| Variable 2  | 25                 | 12534             | 609.342          | 2.43     |
| Error   | 50                 |                   | 250.699          |          |
| Coeficiente de variación = 39.32                    |                    |                   |                  |          |

| Análisis de Varianza para rendimiento (Tons / ha ) |                    |                   |                  |          |
|--|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|  | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
| Total  | 77                 | 2968.87           |                  |          |
| Variable 1   | 2                  | 418.87            | 209.435          | 10.68    |
| Variable 2   | 25                 | 569.82            | 62.793           | 3.20     |
| Error  | 50                 | 980.18            | 19.604           |          |
| Coeficiente de Variación = 38.68 %                 |                    |                   |                  |          |

Cuadros de Análisis de varianza para tubérculo- semilla evaluados en el segundo ensayo

| Análisis de varianza Número de tallos |                    |                   |                  |          |
|---------------------------------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|
|                                       | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
| Total                                 | 49                 | 330.09            |                  | 6330.69  |
| Variable 1                            | 2                  | 0.54              | 0.271            |          |
| Variable 2                            | 24                 | 319.57            | 13.31            |          |
| Error                                 | 23                 | 9.98              | 50.434           |          |

Coefficiente de variación = 12.24 %

Análisis de Varianza Porcentaje de tubérculo comercio

|            | Grados de libertad | Suma e cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
|------------|--------------------|------------------|------------------|----------|
| Total      | .49                | 38293.84         |                  |          |
| Variable 1 | 2                  | 43.95            | 21.976           | 0.43     |
| Variable 2 | 24                 | 37079.57         | 1544.982         | 30.36    |
| Error      | 23                 | 1170.31          | 50.883           |          |

Coefficiente de Variación = 12.20 %

Análisis de varianza Uniformidad de planta

|            | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
|------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|
| Total      | 20                 |                   |                  |          |
| Variable 1 | 02                 | 50.34             | 2192.39          | 1.3      |
| Variable 2 | 6                  | 4414.35           | 22.463           | 10.97    |
| Error      | 12                 | 29.56             |                  |          |

Coefficiente de Variación = 22.02 %

Análisis de varianza Color de tubérculo

|            | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
|------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|
| Total      | 20                 | 5.81              |                  |          |
| Variable 1 | 2                  | 3.14              | 9060.52          | 5.08     |
| Variable 2 | 6                  | 6.86              | 40.571           | 0.92     |
| Error      | 12                 |                   |                  |          |

Coefficiente de Variación = 10.95 %

Análisis de Varianza forma de tubérculo

|            | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
|------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|
| Total      | 20                 | 17.81             |                  |          |
| Variable 1 | 2                  | 2.67              | 1.33             | 1.20     |
| Variable 2 | 6                  | 1.81              | 30.30            | 0.27     |
| Error      | 12                 | 13.33             | 21.111           |          |

Coefficiente de variación = 15.27 %

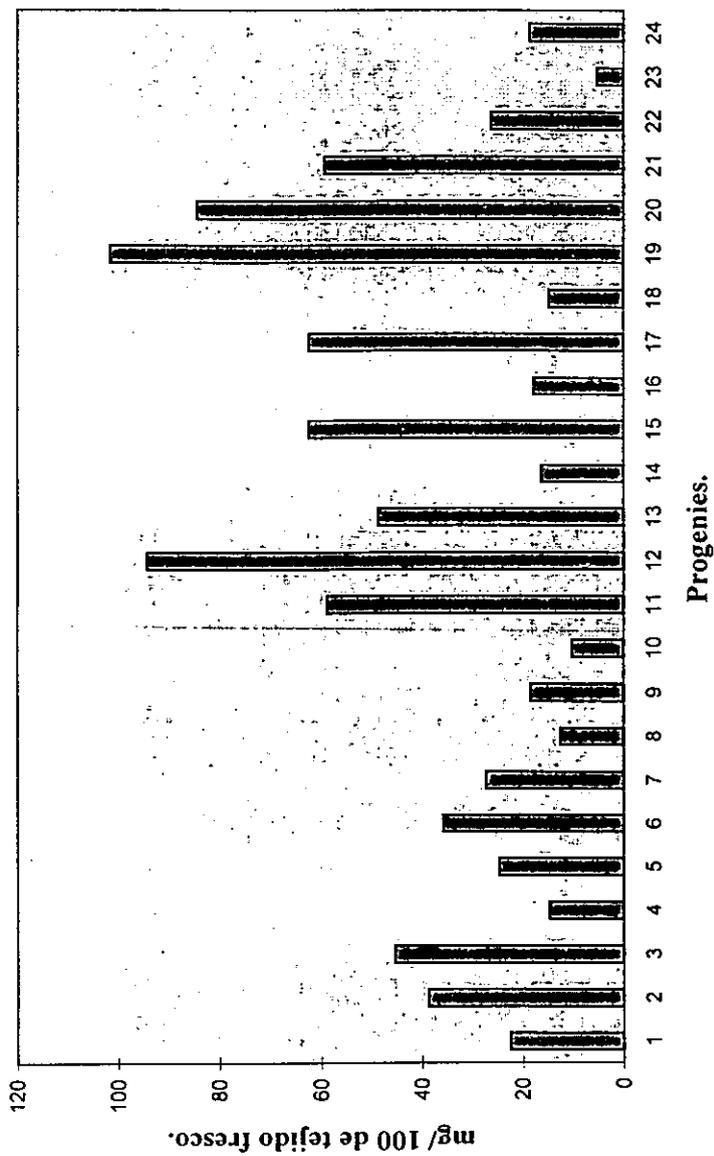
Análisis de Varianza altura de planta

|            | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | Valor -F |
|------------|--------------------|-------------------|------------------|----------|
| Total      | 20                 | 345.24            |                  |          |
| Variable 1 | 2                  | 14.38             | 7.190            | 0.3      |
| Variable 2 | 6                  | 77.90             | 12.98            | 40.62    |
| Error      | 12                 | 252.95            | 421.079          |          |

Coefficiente de variación = 12.92 %

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Tabla 11. Glicocalcoideos Totales en 24 progenies de ssp.



## VIII. LITERATURA CITADA

- 1.-Accatino, P. and Malagamba, P (1982). Potato production from true potato seed. International Potato Center Lima, Perú.
- 2.-Amoros, W. R., Mendoza, H. A. 1979. Relationships between heterozigosity and yield in Autotetraploid Potatoes. Amer. Pot. J. 56:455-459.
- 3.-Alim, Golmirzaie. Rodomiro, Ortiz.Felix, Serquén.CIP(990). Genética y mejoramiento de la papa mediante semilla (sexual).
- 4.-Allen, E. Kúc, A. (1968).  $\alpha$ -Solanine and  $\alpha$ -chaconine as fungitoxic compounds in extracts of Irish potato tubers. Phytopathology. 58: 776-782
- 5.-Advances in Horticulture Vol. 7 -Potato (1993). Eds: K.L.Chandha and J:S Grewal c 1993 Malhotra. Publishing House, New Delhi- 110-064,India.
- 6.-Boehringer, Mannheim. GmbH Biochemica. Sandhofer straBe 116 6800, Mannheim 31 W.-Germany 1989
- 7.-Bruneton, J. (1991). Elementos de fitoquímica y farmaconogsia. Eds.Acribia, España. pp594.
- 8.-Bushway, R. Bureau, J. And Stickney M.(1985). A new efficient method for extracting glycoalcaloids from dehidrated potatoes. J. Agric. Food. Chem.33:45-46.
- 9.-Bryan, J. (1986). TPS production and distribution by CIP-Lima True Potato Seed Letter, CIP, Vol No.2.
- 10.-Correl, S.D.,Frazier. V., Hougas. W.R. and Standley J. Peloquin, Dodds, K.Akeley V.R., Dykstra T.P. (1967). The potato and Its Wild Relatives, Section Tuberosum of Genus Solanum. Texas Research Foundation, Renner, Texas. p.p. 38:242.
- 11.-Christiansen, G.J. (1967). El Cultivo de la papa en el Perú, Lima.Perú. Servicio de investigaciones y promoción Agraria. Ministerio de Agricultura. p.p. 38:242.
- 12.-Chrispeels, J. And Sadava, E. (1994). Plants, Genes, and Agriculture. Jones and Bartlett Publishers. U.S.A. pp. 478.
- 13.-Centro Internacional de la Papa (1987), CIP. Annual Report, 1986/87 . CIP, Lima pp.:23-33.

- 14.-Deahl, K. Cantelo, W. Sinden, S. and Sanford L. (1991) The effect of light intensity on colorado potato beetle resistance and foliar glycoalkaloid concentration of four *Solanum chacoense* clones. *American potato J.* 68:659-666.
- 15.-Franco, E. et al (1981) Production and Utilization of potato in the Cusco area Centro Internacional de la papa. Lima Perú. 103 pp.
- 16.-Fisher, L. (1980) Gel filtration chromatography. In *Laboratory technique biochemistry & molecular biology*. Work T S and Burdon H. Elsevier. North-Holland. Amsterdam :191-204.
- 17.-Fitzpatrick, (1997) Friedman, M. and Henika, P. (1992) Absen of genotoxicity of potato alkaloids -chaconine and - solanine and solanidine in de ames salmonella and adult and foetal arythroyte micronucleous assays. *Fd Chem. Toxic.* 30 (8): 689-694.
- 18.-Garcia, M.E. (1973) Modificaciones al sistema de clasificaciones climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana UNAM México.
- 19.-Grewal, J.S. and Singh, A.N. (1985) Problems and prospects of TPS technology transfer In India In proceelings or regional Workshop on True potato seed for potato Production NPDP Nepal and CIP (Region V) Kathmandu. Nepal. pp: 43-45
- 20.- Gaur, and S.K Pandey., (1990)  
.True Potato seed (TPS) Technology
- 21.-Gaur, P.C. and Pandey, S.K. (1990b) progress of potato breeding in India In Procceding of Seminar on Currents facet in Potato Research Modipuram. Indian Potato Association, Shimla p.p.:192-204.
- 22.-Gaur, P.C., Gopal, Jai and Rana., M.S.(1983) Combining ability performance of some recently developed hybrids. *J. Indian Potato Assoc.*, 12: 195-98
- 23.-Gaur, P.C., Gopal, M.S Jai and Rana, M.S (1985) Combinnig ability performance of some recently developed hybrids *J. Indian Assoc.*,12:195-98
- 24.-Gopal and Rana, M.S. (1988) Induction of flowering in potato in N.W.plains of India. *J.Indian Potato Assoc.* 15:91-93.

- 25.-Golmirzaie,A.M., Bretschneider,K.; Ortiz,R. (1987) Inbreeding effect on the production and agronomical character on different true potato seed generations In: EARP Abstracts of Conference papers and Posters,Aalborg: Denmark 26 July-31 July,1987. p.p.:294-295.
- 26.-Haugeraud, A. ;Nyirazikmiye,E. (1986) Farmers use of True Potato Seed in Rwanda Unpublished.
- 27.-Howar, H.W. (1968) The production of new varieties. In The Potato Crop. The scientific basis for improvement. Edited by P.M. Harris. London. 607 pp. Chapman and Hall Ltd.
- 28.-Hawkes, J.K. (1990). The Potato ; Evolution,biodiversity and genetic resources. London G.B. Belhaven. Press. p.p.257
- 29.-Howard, H.W. (1970). Genetics of the Potato Spinger Verlag N.Y.
- 30.-Hermunstad,S.; Peloquin. S.J. (1985) Germplasm enhancement with potato haploids.J. Heredity 76: 463-467.
- 31.-Iwanaga,M.(1983) Ploidy level Manipulations Approach:Development of diploid population with specific resistances and FDR 2n pollen production In: report of planting Conference on present and Future Strategies for potato breeding and Improvement. CIP. Lima. p.p.57-70.
- 32.-Jackson,M.T; Taylor, L; Thompson, A.J. (1984) Inbreeding an TPS production In: report of planning Conference on Innovative Methods for propagating potatoes. CIP. p.p. 169-179.
- 33.-Jadhav, J. and Salunkhe, K. (1975) Formation and control of chlorophyll and glycoalkaloids in tubers of Solanum tuberosum L. And evaluation of glycoalkaloid toxicity. Adv. Food Res 21: 307-354.
- 34.- Kuc, J. (1984) Steroid glycoalkaloid and related compounds as potato quality factors American potato J. 61 : 123-135
- 35.-Kinade-Mariam, H. M; ARNDT, G.G.;Macaso Khwaja,A.C. Peloquin,S.J (1985) Comparison between 4x-2x hybrids and OP. True Potato Seed families. Pot. Res. 28:35-42.
- 36.-Kinet,J.M. (1989).Environmental and chemical controls of flowers development. The American Society of plant Physiologist Symposium series, Vol. 1.

- 37.-Malagamba, P.; Monares, A. ; Horton, D.(1984).Desing and evaluation of different systems of potato production from true seed. In : Winiger, F.A. and Stoklli (eds) 9th. Triennial conf. Eur. Assoc Potato Research, Interlaken, Switzerland.
- 38.-Malagamba, P.(1995) Producción de papa con semilla sexual. In: Manual de producción de papa, Sistemas de uso de semilla sexual de papa para diferentes ambientes. Unidad Técnica de Capacitación Fasc. 3.1 p 1-5.
- 39.-Malagamba, P. (1995). Producción de Papa con Semilla Sexual. Centro Internacional de la Papa Lima Perú. Fasculos 1-1
- 40.-Malagamba, P. y R, Cabello. (1995) Producción de Semilla Sexual de Papa. Centro Internacional de la Papa Lima. Perú. Fasculos 2-1.
- 41.-Malagamba, P. (1994) Producción de semilla sexual de papa. In : Manual de producción de papa con semilla sexual . Unidad técnica de Capacitación 3 (TTU). CIP. Lima, Fasc. 2,1 P.5-6
- 42.-Macaso-Khwaja, A.C; Peloquin, S.J. (1983) Tuber yield of families from OP: and Hybrids TPS. Amer. Pot. J. 60:645-652.
- 43.-Maga, J. (1980) Potato glycoalkaloids. CRS Critical Reviews in food Science on Nutrition 21: 371-405
- 44.-Maine, M., Bain, H. and Joyce, J. (1988) Changes in the total tuber glycoalkaloid content of potato cultivars on exposure to light J. Agric. Sci. Camb. 111:57-58.
- 45.-Mendoza H.A.;Haynes, F.L. (1974). Genetic Basis of Heterosis for yield in autotetraploid potatoes Theor Appl. Genet. 45:21-25
- 46.-Mendoza,H.A.(1979). Breeding Research at CIP: Phylosophy an Methodology for the Utilization of Availaible Genetic Resources. CIP. Lima. (s).
- 47.-Mendoza, H.A (1979) Preliminary Results on Yield and Uniformity of Potatoes Grown From True Seed In: Report of Planning Conference on Present and Future Strategies For Potato Breeding and Improvement. CIP. Lima. p.p. 87-98.
- 48.-Morris, S. and Lee, T. (1984) The toxicity and teratogenicity of Solanaceas glycoalkaloids,particularly those of potato (*Solanum tuberosum* ) : a review. Food Ttecnology in Australia. 36 (3):118-124.

- 49.-Moreno,U. (1991) Inducción fotoperiódica para la floración de plantas de papa en el CIP. Lima. Informe técnico Centro Internacional de la Papa. Lima Perú.
- 50.-Mc Kay, R.,(1961). Ananthology of the Potato. Dublin. Allen Figgis and Co. Ltd pp.18-19
- 51.-Ortiz , R.; Iwanaga, M. (1986) Manipulación de niveles de ploidia en papa: Evaluación agronómica de progenies, tetraploides derivadas de cruzamientos 4x.2x, en libro de resúmenes del 1er, Congreso Peruano de Genética. Lima Diciembre de 1986.p. 15.
- 52.-Olsson, K. (1986) The influence of genotype on the effects of impact damage on the accumulation of glycoalkaloids in potato tubers, Potato Research. 1-12.
- 53.-Pallais, N. (1995) Producción de papa con semilla sexual.Principios de manejo post cosecha y evaluación de la calidad de la semilla sexual de papa. International Potato Center (CIP) 1995.
- 54.-Pushkarnath,. (1941). Flowering, berry setting and sterility in wild and cultivated potatoes. Ph. D. thesis, Punjab University, Lahore. 152 p.
- 55.-Peloquin, S.J.; ARNDT, G.G.;Kinade-Mariam, H.M. (1984) Utilization of ploidy Manipulations in Breeding for TPS, In: Report of planning Conference on Innovative Methods for Propagating Potatoes. CIP, Lima p.p. 17:23-24.
- 56.-Peloquin, S.J. (1979) Breeding Methods for Archieving Phenotypic Uniformity, In Report of Planning Conference on the production of the potato from true seed. CIP Lima. p.p. 151-155
- 57.-Percival, G., Charrison, J. and Dixon, G. (1993). The influence of temperature on light enhanced glycoalkaloid synthesis in potato. Ann Appl. Biol. 123: 141-153.
- 58.-Roddick ,J.Rijnemberg, A.and Weissenberg, M. (1990) Membrane-disrupting properties of the steroidal glycoalkaloids solanine and solamargine. Phytochemistry. 29: 1513-1518
- 59.-Rueda, J.L., (1983). Breeding for Adoption to TPS Propagation. In Report of Planning Conference Utilization of Genetic Resources III.
- 60.-Rueda, J.L. (1983). Breeding Methods for Production of Potatoes from True Potato seed M.S. Thesis Wisconsin University.

- 61.-Sanford ,L., Deahl, K., Sinden, S. and Landd, T. (1990) Foliar solanidine glycoside levels in *Solanum tuberosum* populations selected for potato leafhopper resistance. *American Potato J.* 67:461-467.
- 62.-Sinden, L Sandford, L. and Weeb, E. (1984). Genetic and environmental control of potato glycoalkaloids. *American Potato. J* 61: 141-156.
- 63.-Singh, J.P. Pandey, P.C. and Singh, S.V. (1990b) Production, Certification and Utilization of TPS parental lines and seedling tubers. In commercial Adoption of True potato seed Technology-prospects and problems (P.C. Gaur, De) Central Potato Research Institute, Shimla. p.p.116-119
- 64.-Sharma, K. P. and Chandra, R. (1982). Prospects of commercial potato with true seed. *India Farmer's Digest* 15(8):13-15
- 65.-Sharma, Y.K. (1987). Genetic Analysis for combining ability in F1 seedling generation in potato (*Solanum tuberosum*. L.) 10th. Trienn. Conf., EARP Aalborg, Denmark p.p. 19-20 (abstract).
- 66.-Sharma, Y.K., Katoch, P.C., Sharma, S.K. and Rana M.S. (1988). Genetic analysis for combining ability in F1C1 clonal generation in potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Indian Potato Assoc.* 15: 186:87 (abstract)
- 67.-Sharma, Y.K (1990) production of true potato seed in field at Kufri. In Souvenir and abstracts National Symposium on Strategies for Potato production, Marketing, Storage and processing. New Delhi Indian Potato Association, Shimla. p.p. 54 (Abstract).
- 68.-Stampleton A, allen P, Friedman M and Belknap W. (1991) Purification and characterization of solanine glucosyltransferase from the (*Solanum tuberosum* ). *J Agric. Food Chem.* 39: 1187-1193.
- 69.-Upadhyya, M.D. Sharma, N.K. and Garg, K.C. (1982) Studies on the use of the true seed for raising a commercial potato crop. In *Potato in developing Countries* (B.B. Nosalch et al., Eds). Indian Potato Association Shimla. pp 56-63
- 70.-Upadhyya, M.D., Thakur, K.C. and Kadian, M.S. (1985) True potato seed production: Flowering and seed quality. In *Proceeding of Regional Workshop on True potato seed for potato production NPDP, Nepal and CIP. (region VI), Kathmandu, Nepal* pp 99-110.

- 71.-Updhyaya ,M.D. and Chandra, R (1985) Technology for production of True potato seed .Indian Farming 34 (12): 18-21.
- 72.-Upadhyaya, M.D. and Thakur, K.C. (1990b) Breeding strategy to develop parental lines for hibrid true potato seed production. In Proceeding of seminar on Current Facets in Potato Research. Modipuram. Indian Potato Association, Shimla. p.p. 205-11
- 73.-Upadhyaya,M.D., Thakur, K.C., Juneja and Kadian, M.S. (1984) True Potato Seed production: Flowering, Quality and economics. In Innovative Methods For Propagating Potatoes. Report of the 28th. Plannig Conference, International Potato Center (CIP), Lima (Perú). p.p. 117-47.
- 74.-Subramayam, K.N.,Kishore, H. and Misra, P. (1972) Hibridization of haploids of potata in the plains of India Curr Sci., 41:580.
- 75.-Singh, A.N. and Singh, L. (1990) Aproaches to true potato seed (TPS) production in plains. ibid. p.p.31-35.
- 76.-Veilleux, R.E., RELF,P.D. (1983). seed Popagated 4x-2x vs. explorer. Amer..Pot. J. 60:790-792.