

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Métodos de Mejoramiento Genético más Usados en Papa  
(Solanum tuberosum L.) en México.

Por:

GASPAR SANTANA CHARLES

MONOGRAFIA

Presentada como Requisito Parcial para obtener el Título  
de:

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 1999.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**Métodos de Mejoramiento Genético más Usados en Papa  
(Solanum tuberosum L.) en México.**

Por:

**GASPAR SANTANA CHARLES**

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial  
para obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista.

Aprobada por:

---

M. C. José Angel De La Cruz Bretón.  
Presidente del H. Jurado Examinador.

---

M. C. Leopoldo Arce González.  
Sinodal.

---

M. C. Carlos I. Suárez Flores.  
Sinodal.

---

Ing. René A. De La Cruz Rodríguez.  
Sinodal Suplente.

---

M. C. Reynaldo Alonso Velasco.  
Coordinador de la División de Agronomía.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo de 1999.

## **DEDICATORIA.**

### **A mi madre Verónica Charles De La Cruz.**

Por su apoyo en todos los aspectos, por su amor y su cariño; primeramente a ella, porque todo lo que siento lo digo en unas cuantas palabras: " porque por ella, soy lo que soy, tengo lo que tengo lo que tengo y he llegado hasta donde he llegado.

### **A mi novia y futura esposa Diana Elizabeth Esquivel Reyna.**

Por su amor, comprensión, paciencia y cariño que me ha dado en el tiempo que llevamos juntos, que ha sido como la fuerza que me impulso para lograr esta meta fijada desde más de 7 años.

### **A mi hermana Martha Alicia y a toda mi Familia.**

Por todo el apoyo moral y económico directo e indirecto que me brindaron durante el tiempo que duró mi carrera.

### **A San Francisco de Asís.**

Por haberme ayudado espiritualmente a realizar esta meta trazada y que hoy veo realizada y concluida.

" A veces se habla del todo del hombre aquí y allá, y yo no sé cuál sea el todo de cada hombre; pero mi madre, mi Dios, mi novia y futura esposa y mi familia son mi todo y lo serán por siempre".

" Una de las satisfacciones más grandes que un Ingeniero Agrónomo puede sentir al ejercer su oficio es, saber que su gente y su pueblo se alimentará tal vez, de algún producto agrícola en el cual él contribuyó con esfuerzo y trabajo; que no espera ser reconocido, ni recompensado, solo ser recordado".

G. S. CH.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios, porque todo se lo debemos a él.

A la virgen de Guadalupe, por darme salud y vida para lograr concluir mi carrera y titularme.

A mi novia Diana Elizabeth Esquivel Reyna, por brindarme su amor, cariño, apoyo, comprensión, entendimiento, tiempo y confianza.

A mi madre Verónica Charles De La Cruz y a toda mi Familia, por haberme dado la oportunidad de estudiar y concluir mi carrera, mediante su apoyo moral, sentimental y económico.

A mi Alma Terra Mater, por haberme acogido en sus aulas durante más de 5 años y principalmente por prepararme para enfrentarme a los retos del agro mexicano que se me presenten.

Al M. C. José Angel De La Cruz Bretón, por haberme asesorado con su valiosa ayuda en la realización del presente trabajo.

A los M. C. Leopoldo Arce González y Carlos I. Suárez Flores y al Ing. René A. De La Cruz Rodríguez, por su gran ayuda en la realización de este trabajo.

Al M. C. Alejandro Moreno Nuñez, por sus consejos profesionales y morales que me ayudaron a ver hacia delante y no hacia atrás.

Al Dr. Gelasio Pérez Ugalde, por su valiosa información prestada para la realización del presente trabajo.

A todas las personas que indirectamente me ayudaron a realizar este trabajo monográfico.

# INDICE DE CONTENIDO.

	<b>PAG.</b>
<b>I-INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACION.....</b>	<b>4</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>4</b>
<b>II-REVISION DE LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
<b>1. IMPORTANCIA.....</b>	<b>5</b>
1. 1. Alimenticia.....	5
1. 2. Económica nacional.....	6
1. 3. Económica mundial.....	9
1. 4. Utilización.....	11
<b>2. ORIGEN E HISTORIA.....</b>	<b>15</b>
ORIGEN.....	15
HISTORIA.....	17
<b>3. GENERALIDADES.....</b>	<b>22</b>
3. 1. Clasificación taxonómica.....	22
3. 1. 1. Nombre científico.....	22
3. 1. 2. Nombres comunes.....	23
3. 2. Tipos de especies.....	23
3. 3. Contenido nutrimental.....	28
3. 4. Estadísticas de producción.....	29
3. 4. 1. Nacionales.....	29
3. 4. 2. Mundiales.....	31

## **4. DESCRIPCION BOTANICA.....33**

4. 1. Raíz.....	34
4. 2. Estolón.....	35
4. 3. Tubérculo.....	35
4. 4. Tallo.....	40
4. 5. Hojas.....	41
4. 6. Flor.....	42
4. 7. Fruto.....	43
4. 8. Semilla.....	43

## **5. MARCO TEORICO CONCEPTUAL Y DE REFERENCIA.....47**

5. 1. Importancia del mejoramiento de la papa.....	47
5. 2. Objetivos del mejoramiento de la papa.....	49
5. 3. Herencia cuantitativa.....	50
5. 4. Heredabilidad.....	54
5. 5. Poliploidía.....	57
5. 5. 1. Origen de los poliploides.....	57
5. 5. 2. Efectos de los poliploides en el fenotipo.....	58
5. 5. 3. Segregación en los poliploides.....	59
5. 5. 4. Papas poliploides cultivadas.....	61
5. 5. 5. Nivel de poliploidía en la papa.....	62
5. 6. Reproducción asexual.....	65
5. 6. 1. Vegetativa.....	67
5. 6. 2. Apomíctica.....	68
5. 6. 3. Importancia de la reproducción asexual en el mejoramiento de plantas.....	70
5. 7. Clon.....	71
5. 8. Semilla vegetativa de la papa.....	72
5. 9. Semilla botánica de la papa.....	73
5. 10. Tuberización.....	74
5. 11. Técnicas de emasculación y polinización artificial.....	78
5. 11. 1. Emasculación.....	79
5. 11. 2. Polinización artificial.....	80

6.METODOS DE MEJORAMIENTO GENETICO MAS USADOS EN PAPA ( <u>Solanum tuberosum</u> L.) EN MEXICO.....	83
6. 1. Hibridación.....	83
6. 1. 1. Definición.....	83
6. 1. 2. Características.....	83
6. 1. 3. Procedimiento.....	88
6. 1. 4. Resultados esperados.....	93
6. 2. Selección individual.....	94
6. 2. 1. Definición.....	94
6. 2. 2. Características.....	94
6. 2. 3. Procedimiento.....	95
6. 2. 4. Resultados esperados.....	98
6. 3. Retrocruza.....	99
6. 3. 1. Definición.....	99
6. 3. 2. Características.....	99
6. 3. 3. Procedimiento.....	100
6. 3. 4. Resultados esperados.....	101

**III-CONCLUSIONES.....102**

**IV-GLOSARIO.....104**

**V-BIBLIOGRAFIA.....113**

## **INDICE DE CUADROS.**

PAG.

Cuadro No. 1. Clasificación y número cromosómico de las más importantes especies silvestres y cultivadas de papa. Según Harris, 1978.....25,26,27

Cuadro No. 2. Superficie sembrada de papa a nivel nacional de 1990 a 1996. (Hectáreas).....29

Cuadro No. 3. Superficie cosechada de papa a nivel nacional de 1990 a 1996. (Hectáreas).....29

Cuadro No. 4. Producción de papa a nivel nacional de 1990 a 1996. (Miles de toneladas).....30

Cuadro No. 5. Rendimiento de papa a nivel nacional de 1990 a 1996. (Toneladas/Hectárea).....30

Cuadro No. 6. Principales países productores de papa. (Millones de toneladas).....31

Cuadro No. 7. Superficie mundial cosechada de papa. (Millones de hectáreas).....31



Cuadro No. 8. Rendimientos mundiales de papa. (Toneladas/Hectárea).....	32
Cuadro No. 9. Participación en las exportaciones de papa. 1993- 1997. (%).....	32
Cuadro No. 10. Participación en las importaciones de papa. 1993- 1997. (%).....	32
Cuadro No. 11. Descripción y nomenclatura de los aneuploides. (Según Brauer, 1969).....	63
Cuadro No. 12. Descripción y nomenclatura de los euploides. (Según Brauer, 1969).....	64
Cuadro No. 13. Complemento somático cromosómico de algunos euploides, en que A, B y C son cromosomas no homólogos. (Según Brauer, 1969).....	64

## INDICE DE FIGURAS.

PAG.

Figura No. 1. Partes del tubérculo de la papa. (Internet, 1999).....	38
Figura No. 1. Partes del tubérculo de la papa. (Hooker, 1980).....	39
Figura No. 2. Tipos de hojas. (Internet, 1999).....	41
Figura No. 3. Tipos de flores. (Internet, 1999).....	42
Figura No. 4. Partes de la planta de papa. (SNICS, México).....	44
Figura No. 4. 1. Partes de la planta de papa. (Internet, 1999).....	45
Figura No. 4. 2. Planta de papa, su respectiva flor y sus respectivos tubérculos. (Internet, 1999).....	46
Figura No. 5. Segregación de los factores hereditarios. (Chávez Araujo, 1993).....	52
Figura No. 6. Asociación o recombinación independiente de los factores hereditarios. (Chávez Araujo, 1993).....	53
Figura No. 7. Emasculación de la flor de la planta de papa. (Alonso, 1996).....	88
Figura No. 8. Polinización de la flor de la planta de papa. (Alonso, 1996).....	90
Figura No. 9. Fruto obtenido de la hibridación de la papa mostrando las semillas. (Alonso, 1996).....	92
Figura No. 10. Prueba de campo de los clones obtenidos. (Alonso, 1996).....	96

## **INTRODUCCION.**

El mejoramiento de las especies es el arte y la ciencia que permiten cambiar y mejorar la herencia de las plantas. A medida que los conocimientos respecto a las plantas iba aumentando, se estaba en posibilidades de hacer sus selecciones más inteligentemente (Rangel, 1987).

En México, la papa era un cultivo casi olvidado, hasta que en 1946 empezó a tomar mayor importancia con la llegada de John S. Niederhauser de la Fundación Rockefeller, quien viendo las buenas condiciones de nuestro país dio impulso a su cultivo, primero probando nuevas prácticas culturales.

En 1948, Niederhauser y colaboradores probaron por primera vez material resistente a tizón tardío proporcionado por el doctor Redick, de la Universidad de Cornell en Nueva York, esperando que este material siguiese mostrando alta resistencia, y que en una selección mostrará adaptación y buenas características agronómicas, para poder ser multiplicada y obtener así una variedad resistente.

En siembras bajo condiciones de temporal en el valle de Toluca, con materiales foráneos, se obtuvieron al principio muy bajo porcentaje de plantas resistentes. Lo anterior creó la necesidad de un programa de fitomejoramiento de papa en México.

En 1952, se hicieron las primeras cruzas en la extinta Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, en colaboración con la Fundación Rockefeller; tratando con variedades y clones a nivel tetraploide, logrando 14 variedades resistentes. Las 14 variedades resistentes al tizón se desarrollaron durante el período de 1956-1972, las cuales no se aceptaron por los agricultores por simple prejuicio.

En 1963, se concluyó un nuevo proyecto de papa dentro del programa general del INIA, que consistía en la extracción de plantas haploides de las variedades tetraploides. Se encontró que es posible obtener haploides de las variedades tetraploides y clones resistentes al tizón tardío.

Poehlman (1981), dice que el mejoramiento genético moderno de las plantas se basa en una completa comprensión y aplicación de los principios de la genética. Exige también el conocimiento de las enfermedades de las plantas y su epidemiología, así como de los factores que afectan a la adaptación de las plantas.

Maldonado (1982), menciona que los investigadores mexicanos han creado material genético de papa, que se ha aprovechado en la creación de variedades mejoradas y que son la base en la alimentación de varios países europeos.

Villareal (1987), menciona que mediante el mejoramiento genético y el uso adecuado de las técnicas agronómicas se han incrementado los rendimientos.

Godina (1986), indica que en ensayos de rendimiento de clones avanzados de papa, se seleccionan aquellos que presentan mejor adaptación y rendimiento bajo las condiciones de la región, que incluyan resistencia al tizón tardío; con alternativas de uso para el consumo humano, como forraje o doble propósito: con aceptación del productor y consumidor. Asegurando con lo anterior, el mercado del producto entre otros productos deseables. En lo que respecta a plagas, se está buscando reducir al mínimo el número de aplicaciones de productos químicos, abatiendo los elevados costos del cultivo.

Flores (1987), en estudios sobre recursos genéticos de papa en México, reporta que existen 33 especies silvestres; una de las cuales Solanum demisum es la que más se ha usado en el mejoramiento genético de papa, para resistencia a tizón tardío, en algunos clones.

Flores et al (1987), hace referencia sobre la implementación del uso del cultivo de tejidos para obtener plantas libres de virus, mediante el cultivo de yemas por multiplicación acelerada. Como apoyo a la producción de semilla y al mejoramiento genético nacional.

## **JUSTIFICACION.**

Debido a la importancia, en todos los aspectos de ésta hortaliza, a nivel nacional y debido también a que en los trabajos hechos recientemente, no existe algún trabajo que hable específica y claramente de los métodos de mejoramiento genético más usados en papa en nuestra universidad; se realizará el presente trabajo monográfico.

## **OBJETIVO.**

Obtener la mayor cantidad de información bibliográfica referente a los métodos de mejoramiento genético más usados en papa en México. Además de que este trabajo monográfico sea de gran utilidad para los estudiantes, profesionistas y personas interesadas. Lo anterior, al ampliar sus conocimientos sobre dicho tema.

# REVISION DE LITERATURA.

## 1. IMPORTANCIA.

### 1.1. ALIMENTICIA.

La papa (Solanum tuberosum L.) es una fuente alimenticia importante para el hombre, como componente de su dieta diaria.

Por su valor como fuente de energía supera a los cereales, tiene casi el doble de valor alimenticio que el maíz y es semejante a la energía que proporciona la carne de res. (Cullen y Wilson, 1971).

La papa tiene mayor valor nutricional por unidad de superficie cosechada que muchos otros cultivos, además, posee proteína balanceada de alta calidad con un alto contenido de lisina (aminoácido básico); contiene también cantidades substanciales de Vitamina C y 3 vitaminas del complejo B: niacina, tiamina y riboflavina. La papa es de fácil digestibilidad, ya que la pueden consumir desde niños lactantes hasta ancianos. (Maldonado, 1982).

Los tubérculos contienen riquezas alimenticias de reserva en forma de almidón y proteínas, las cuales proporcionan nutrientes que dan lugar a una nueva planta al año siguiente. El tubérculo contiene aproximadamente un 80 % de agua. La materia seca consta de: carbohidratos, proteínas, celulosa y minerales. También contiene vitaminas como: la vitamina A, C, G y algún complejo de vitamina B. (SEP, México, 1987).

Por su riqueza en fécula o almidón (de 12 a 25 %), sirve de alimento al hombre y a los animales domésticos y de labor. La industria fermenta esta fécula y obtiene el alcohol con el que se elabora el vodka. (Cerecedo, 1960).

## 1.2. ECONOMICA NACIONAL.

En la república mexicana la papa ocupa el quinto lugar de las 43 hortalizas de mayor importancia económica. Actualmente la producción de papa se divide en dos áreas principales: en valles altos con alturas inferiores a los 2000 msnm., y en las sierras con alturas de 2000-4000 msnm., las cuales poseen una tecnología tradicional. (Mier, 1986).



México es uno de los países en el mundo que durante todo el año dispone de tubérculos frescos, para el consumo humano y para la siembra; gracias a la diversidad de épocas de siembra y de cosecha, esto debido a la variedad de condiciones climatológicas de su territorio. (Romero, 1992).

Su importancia es dada, debido a que el cultivo se ha extendido a regiones temporaleras, donde no hay un control total de plagas y enfermedades, teniendo aun así buenos rendimientos, superando con ello los beneficios que se podrían obtener al sembrar cualquier otro cultivo regional. (Romero, 1992).

La importancia económica que tiene dicha hortaliza en nuestro país, se debe al ingreso que proporciona a sus productores, así como a la cantidad de jornales que ocupa en las diferentes regiones productoras, sobre todo durante el período de cosecha.

En la actualidad se siembran en México alrededor de 63,500 hectáreas, con una producción total alrededor de 1,282,000 toneladas. Lo anterior es sembrado principalmente en los estados de: Sinaloa, Estado de México, Puebla, Guanajuato y N. L. Además de otros estados que contribuyen en menor escala a esta producción. (ASERCA, 1998).

Los principales estados productores de papa en nuestro país, en orden de importancia son: Sinaloa, Estado de México, Puebla, Guanajuato y N. L. (ASERCA, 1998).

Aunque la tecnificación de este cultivo en México es relativamente reciente, ya se encuentra en un muy buen nivel, con productores que alcanzan las 25-30 toneladas por hectárea en forma comercial. En el área de influencia de la U. A. A. N., misma que comprende municipios de los estados de Coahuila y N. L., se siembran aproximadamente 3000 hectáreas bajo riego, obteniendo rendimientos de aproximadamente 30 toneladas por hectárea. (INIA, 1988).

En nuestro país, a pesar de su alto valor alimenticio y de que se produce prácticamente todo el año y en más de 20 estados de la república, el consumo por persona apenas alcanza los 14 kilogramos anuales. (ASERCA, 1988).

En México, la papa se utiliza casi exclusivamente para el consumo humano, ya sea en forma directa o industrializada. (Frías, 1986).

### 1.3. ECONOMICA MUNDIAL.

La papa es uno de los 4 cultivos alimenticios más importantes en el mundo, por su gran consumo, superado únicamente por los cereales trigo, arroz y maíz. (Christiansen, 1980).

Entre los cultivos de reproducción vegetativa, la papa ocupa la mayor extensión, aproximadamente unos 22 millones de hectáreas en el mundo. (SEP, México, 1983).

Bajo condiciones apropiadas, la papa tiene un contenido mayor de nutrientes que los cereales. La papa sigue en importancia a la soya, la cual ocupa el primer lugar en cuanto al rendimiento de proteínas por hectárea. En cuanto a kilos de producción por hectárea, la papa proporciona mayor rendimiento que la soya. (SEP, México, 1983).

La papa se halla extendida por todo el mundo, con excepción de los países tropicales. (Guerrero, 1977).

Entre los países que utilizan la papa como alimento básico, que están más desarrollados y que no tienen problemas nutricionales, figuran: Inglaterra, Alemania, Suecia y Holanda. (Maldonado, 1982).

Los principales países productores de papa en orden de importancia son: Rusia, Polonia, E. U. A., India y Ucrania. (ASERCA, México, 1998).

El área que se cultiva de papa en el mundo, es alrededor de 18 millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 16 toneladas por hectárea. Lo anterior, con datos de los últimos 5 años. (ASERCA, México, 1998).

Los principales países cultivadores de papa en América Latina son:

1. Perú: con 280,000 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 6.7 ton. / ha.
2. Brasil: con 185,000 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 9.0 ton. / ha.
3. Argentina: con 111,000 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 12.1 ton. / ha.
4. Colombia: con 90,000 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 10.6 ton. / ha.
5. Bolivia: con 136,000 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 5.7 ton. / ha.
6. Chile: con 72,000 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 10.3 ton. / ha.
7. México: con 63,500 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 20.0 ton. / ha.

8. Ecuador: con 40,000 hectáreas cultivadas y un rendimiento promedio de 11.2 ton. / ha.

Además de otros países como: Venezuela, Uruguay, Cuba, Guatemala, República Dominicana, Costa Rica, Jamaica y Panamá. (García, 1997).

#### 1.4. UTILIZACION.

La mayoría de la papa en el mundo se consume en fresco, pero en los países más desarrollados cada vez es más alto el porcentaje de papas que se transforman de una u otra manera, para su aprovechamiento posterior en los diferentes usos que se le da.

Actualmente, en la industria de la papa, las técnicas de conservación son: papas troceadas congeladas y purés deshidratados.

La papa también sirve de materia prima en otras transformaciones industriales, en especial del almidón, también llamado fécula. El almidón, de fácil extracción y purificación se emplea tal cual o bien despolimerizado en forma de dextrina en diferentes industrias alimentarias: como espesante y estabilizante de helados, sopas, salsas, etc.; como sustituto de la harina para aligerar las pastas en la fabricación de galletas, repostería, pastelería, etc.

Otro uso que se le da a éste tubérculo es para fabricar aguardientes como el vodka, que es alcohol de fécula de papa.

En la industria farmacéutica la fécula sirve a menudo como excipiente para los comprimidos.

El almidón obtenido de la papa también puede sufrir tratamientos físicos o químicos que permiten su empleo en numerosas ramas de la industria. Mediante un tratamiento con agua caliente se obtienen el gel o engrudo que se utiliza en las tintorerías, para almidonar la ropa y la lencería. También se utiliza en la industria textil para dar buena vista a los tejidos.

El engrudo de almidón en forma de escamas de almidón hinchables y pregelatinizadas, es empleado en la fabricación de pastas de papel couche, papel kraft, cartones y en la industria del contraplacado y de paneles aglomerados.

Este mismo engrudo se utiliza también como floculante en las minas de potasa y en las perforaciones petrolíferas. Además, se le utiliza en cantidades pequeñas, pero necesarias, en la fabricación de cerillos, ceras, caucho, cuerdas, fieltro de los sombreros e incluso en la fotografía.

Las modificaciones químicas del almidón obtenido de la papa, proporcionan además otras posibilidades, entre estas aplicaciones podemos citar:

- La eterificación, en la producción de poliésteres, que se utilizan en la fabricación de espumas de poliuretano.
- La acción de la sosa, que produce el xantato de almidón es empleado en el tratamiento de las aguas usadas para atrapar los metales pesados, como el níquel, cobre, etc. El xantato de almidón también se usa como floculante selectivo para recuperar vanadio en la metalurgia del plomo y del cobre.

Como se ve, las aplicaciones de la papa y sus derivados son múltiples y muy variados, y aunque como ya hemos dicho la principal utilización es para consumo humano en fresco. En algunos países, como E. U. A., más del 50 % de la papa producida se transforma industrialmente.



## 2. ORIGEN E HISTORIA.

### ORIGEN.

Según Hawkes (1944), de acuerdo con Salaman (1949) y los estudios hechos por Bukasov, señalan a la isla de Chiloé en Chile, como el centro de origen de la papa.

Vavilov (1951), considera que la papa tuvo dos centros de origen: el centro de origen de Chiloé, donde se encuentra la papa cultivada (Solanum tuberosum L.); y el centro de origen del Ecuador, Perú y Bolivia, donde está representada la papa cultivada andina (Solanum andigenum).

Según Ross (1963), el género Solanum de la sección Tuberarium, tiene dos centros de diversidad: los Andes de Bolivia y Perú y la región montañosa de México.

Hawkes (1967), en sus trabajos manifiesta que la región del Lago Titicaca, sería el centro de origen de la papa cultivada, porque ahí existe un gran número de especies, lo mismo que variedades cultivadas.

Bukasov (1967), manifiesta que el primer genocentro principal de las subsecciones sudamericanas de *Tuberarium*, están localizadas en los altiplanos adyacentes a Perú y Bolivia, donde el carácter dominante de las subsecciones Andinum y Orientale está concentrado. Un centro secundario sudamericano está en la costa del pacífico de Chile y en las islas adyacentes donde se desarrollo la subsección Pacificum; incluyendo a Solanum tuberosum L. El segundo genocentro principal de especies silvestres de papa, lo constituyen las dos subsecciones: Articum y Stellatum, de las montañas de México.

Ugent (1968), menciona que México es un centro secundario de origen y dice que esta planta es de reciente introducción, pero no se conoce en que forma se realizó tal introducción.

Yamaguchi (1983), considera la papa cultivada originada en la parte alta de los Andes de América del Sur, Perú, Colombia, Ecuador y Bolivia.

La papa cultivada tuvo su origen en los Andes sudamericanos, probablemente en el altiplano, cerca del Lago Titicaca. (Mier, 1986).

La papa nativa de la Cordillera Andina de Sudamérica, ha servido como alimento principal en la dieta del habitante nativo por siglos o milenios; habiéndose seleccionado muy diversos tipos de papas. (Rangel, 1987).

El centro de origen geográfico de la papa está ubicado en América y más específicamente en las regiones de los Andes del Perú, de donde ha sido llevada a casi todos los países del mundo, para su explotación a diferentes escalas tecnológicas. (Romero, 1992).

Según estudios acerca de la distribución de las primeras papas cultivadas y de las especies silvestres más parecidas a ellas, parece lo más probable que donde primero se cultivó la papa fue en la región del Lago Titicaca, al Norte de Bolivia y en las mesetas altas de la Cordillera de los Andes. (Alonso, 1996).

La papa cultivada o silvestre es una planta originaria de la región fría y montañosa de los Andes de América del Sur, comprendida por: Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia. (Enriquez, 1998).

## HISTORIA.

Engel (1970), menciona que la papa ya era conocida en América Latina desde hace 10,500 años. Su domesticación y cultivo han ocurrido en fecha posterior.

La papa fue introducida a Europa en dos ocasiones, primero a España en 1570 y más tarde a Inglaterra en 1590. Desde estas fechas probablemente la papa se ha extendido por todas las partes del mundo. (Harris, 1978).

Desde 500 años A. C., la papa se consume como alimento básico en los Andes, por los incas y por los nativos del altiplano de México. (Maldonado, 1982).

En el siglo XVI, fue llevada la papa por los españoles a Europa, durante la época de las conquistas americanas. (SEP, México, 1983).

Montaldo (1984), menciona que cuando los conquistadores españoles llegaron a la región andina, cerca del siglo XVI; la mayoría de los pueblos indígenas ya cultivaban la papa, principalmente los incas.

Según los documentos arqueológicos y etnológicos disponibles, las poblaciones andinas al Sur de Perú y al Norte de Bolivia, empezaron a comer papas silvestres de 3,000 a 4,000 años antes de nuestra era. (Alonso, 1996).

En Perú se han desenterrado en cuatro excavaciones arqueológicas diferentes, papas momificadas y se encontró que uno de los tubérculos fechado entre 1,800 y 1,500 A. C., presentaba una lesión similar a la producida por la sarna común. (Alonso, 1996).

Los nombres nativos de la papa también indican un cultivo antiguo y ampliamente extendido, ya que varían completamente en los principales idiomas indígenas, que se hablaban en las zonas donde se cultivaba la papa. (Alonso, 1996).

Así, en el lenguaje Chibcha se usaron los nombres de "iouza" y "iomuy " en la sabana de Bogotá, Colombia. En Quechua, el nombre que se le dio fue "papa" en Perú. En Chile, los araucanos le dieron el nombre de "poñi". (Alonso, 1996).

La existencia de la papa data de los años 2,500 a 5,000 A. C., en los Andes del Perú y de Chile. Más tarde se extendió a Centroamérica, México, Estados Unidos y Europa. (Enriquez, 1998).

La planta de papa es domesticada e introducida a la alimentación en Perú, entre los siglos IV y IX de nuestra era, por las culturas: preinca, mochica, chavin, tiahucana, imara y quechua. La cultura tiahucana se encontraba a orillas del Lago Titicaca, en lo que hoy es la frontera entre Perú y Bolivia. (Enriquez, 1998).

En México este cultivo, era un cultivo casi olvidado, hasta que en 1946 empezó a tomar mayor importancia con la llegada de John S. Niederhauser, de la Fundación Rockefeller. Fue el quien viendo las buenas condiciones climáticas para este cultivo en los valles altos de la meseta central, así como en los pequeños valles en la sierra; se interesó en impulsar este cultivo. (Enriquez, 1998).

John S. Niederhauser formó un pequeño grupo de jóvenes mexicanos investigadores, para trabajar con este cultivo en su mejoramiento genético. En un principio se dedicaron a experimentar con nuevas prácticas culturales. (Enriquez, 1998).

Los primeros lugares donde se cultivó en forma extensiva en México fueron: los valles altos de la meseta central; León, Gto.; el distrito de Guerrero en el estado de Chihuahua y en Navidad, N. L. (Enriquez, 1998).

La superficie dedicada al cultivo de la papa en el mundo, ha bajado de los casi 20 millones de hectáreas en la década de los 70' s, hasta poco más de 17 millones de hectáreas en la actualidad. La producción mundial actual es de aproximadamente 287 millones de toneladas. A pesar de esta disminución en el número de hectáreas cultivadas y debido a la aumento de la productividad, la producción mundial de papa ha ido aumentando poco a poco. (ASERCA, 1998).

### 3. GENERALIDADES.

#### 3.1. CLASIFICACION TAXONOMICA.

REINO.....VEGETAL.  
DIVISION.....EMBRYOPHYTA.  
CLASE.....DICOTILEDONEAE.  
ORDEN.....TUBIFLORALES.  
FAMILIA.....SOLANACEAE.  
TRIBU.....SOLANEAE.  
GENERO.....Solanum.  
ESPECIE.....tuberosum.

##### 3.1.1. NOMBRE CIENTIFICO.

El nombre científico de la papa es Solanum tuberosum L. Esta especie figura entre los cultivares más comunes de todo el mundo.



### 3.1.2. NOMBRES COMUNES.

- En España: patata.
- En México y Perú: papa.
- En E. U. A.: potato.
- En Colombia: iouza o iomuy.
- En Chile: poñi.
- En Bolivia: amka o choque.

### 3.2. TIPOS DE ESPECIES.

La papa cultivada pertenece al género Solanum, que contiene cerca de 2,000 especies distribuidas por todo el mundo.

La serie Tuberosa tiene 9 especies cultivadas y 154 especies silvestres oficialmente reconocidas.

La mayor concentración de especies de papa se encuentra en el continente americano, como ocurre en general con la familia de las solanáceas.

A continuación se presenta el Cuadro No. 1, con la clasificación y número cromosómico de las más importantes especies silvestres y cultivadas, según Harris, 1978.

Cuadro No. 1. Clasificación y número cromosómico de las más importantes especies silvestres y cultivadas de papa. (Harris, 1978).

SERIES	2x	3x
I Juglandifolia	<u>S. juglandifolium</u> <u>S. lycopersicoides</u>	
II Tuberosa	<u>S. brevidens</u> <u>S. etuberosa</u>	
III Morelliformia	<u>S. morelliforme</u>	
IV Bulbocastana	<u>S. bulbocastanum</u> <u>S. clarum</u>	<u>S. bulbocastanum</u>
V Pinnatisecta	<u>S. cardiophyllum</u> <u>S. jamesii</u> <u>S. pinnatisectum</u> <u>S. trifidum</u>	<u>S. cardiophyllum</u> <u>S. jamesii</u>
VI Commersoniana	<u>S. chacoense</u> <u>S. commersonii</u> <u>S. tarijense</u>	<u>S. calvescens</u> <u>S. commersonii</u>
VII Circaeifolia	<u>S. capsicibaccatum</u>	

Continuación del Cuadro No. 1.

SERIES	2x	3x	4x	5x	6x
VIII Conicita-ccata	<u>S. chomato-</u> <u>phyllum</u>  <u>S. violacei-</u> <u>marmora-</u> <u>tum</u>		<u>S. colom-</u> <u>bianum</u>  <u>S. oxicar-</u> <u>pum</u>		<u>S. mosco-</u> <u>panum</u>
IX Piurana	<u>S. piurae</u>		<u>S. tuque-</u> <u>rrense</u>		
X Acaulia			<u>S. acaule</u>	<u>S. acaule</u>	<u>S. acaule</u>
XI Demissa				<u>S. x edinen-</u> <u>se</u> <u>S. x semi-</u> <u>demissum</u>	<u>S. brachy-</u> <u>carpum</u> <u>S. demi-</u> <u>ssum</u>
XII Longipe-dicellata		<u>S. x vallis-</u> <u>mexici</u>	<u>S. fendleri</u>  <u>S. polytri-</u> <u>chon</u> <u>S. stolon-</u> <u>iferum</u>		



## Continuación del Cuadro No. 1.

SERIES	2x	3x	4x	5x
XVIII B Tuberosa (cultivada)	<u>S. x ajanjuri</u>  <u>S. goniocalyx</u>  <u>S. phureja</u> <u>S. stenotomum</u>	<u>S. x chaucha</u>  <u>S. x juzepczukii</u>	<u>S. tuberosum</u> subespecie <u>tuberosum</u> <u>S. tuberosum</u> subespecie <u>andigena</u>	<u>S. x curtilobum</u>

### 3.3. CONTENIDO NUTRIMENTAL.

CONSTITUYENTE.....	CANTIDAD.
Agua (%).....	80.0
Energía (Cal.).....	76.0
Proteína (Gr.).....	2.1
Grasa (Gr.).....	0.1
Carbohidratos (Gr.).....	17.1
Vitamina A (IU).....	Indicios.
Vitamina C (Mg.).....	20.0
Tiamina (Mg.).....	0.1
Rivoflavina (Mg.).....	0.04
Niacina (Mg.).....	1.50
Calcio (Mg.).....	7.0
Fósforo (Mg.).....	53.0
Fierro (Mg.).....	0.6
Sodio (Mg.).....	3.0
Potasio (Mg.).....	407.0
Fibra (Gr.).....	0.4

Según Peirce, 1987.

### 3.4. ESTADISTICAS DE PRODUCCION.

#### 3.4.1. NACIONALES.

Cuadro No. 2. Superficie sembrada de papa a nivel nacional de 1990 a 1996. (Hectáreas).

Estado	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	T. C. (%)
Sinaloa	11,353	9,915	11,808	10,523	9,041	8,848	9,091	-3.32
Edo. De M.	12,769	11,377	8,584	7,357	5,348	6,485	7,422	-6.98
Puebla	18,695	14,206	11,401	9,804	9,939	9,192	6,949	-10.47
Gto.	3,636	3,616	4,486	3,131	3,512	3,399	5,599	9.00
N. L.	2,634	2,606	3,258	3,258	4,340	4,445	3,867	7.80
Otros.	33,558	33,656	35,232	33,746	29,371	32,885	30,630	-1.45
Total	82,645	75,376	74,769	67,819	61,551	65,254	63,558	-3.85

Fuente: ASERCA con datos de SAGAR.

" T. C.: Tasa de Crecimiento.

Cuadro No. 3. Superficie cosechada de papa a nivel nacional de 1990 a 1996. (Hectáreas).

Estado	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	T. C. (%)
Sinaloa	11,328	9,915	11,274	10,523	9,036	8,848	9,091	-3.29
Edo. De M.	12,757	11,365	8,522	7,357	5,254	6,435	7,422	-6.97
Puebla	18,695	14,206	11,391	9,804	9,913	9,137	6,879	-10.53
Gto.	3,564	3,566	4,479	3,131	3,512	3,399	5,445	8.80
N. L.	2,621	2,591	3,258	3,258	4,340	4,445	3,867	7.92
Otros	32,280	32,955	33,197	32,559	29,104	32,252	29,982	-1.19
Total	81,245	74,598	72,121	66,632	61,159	64,516	62,686	-3.81

Fuente: ASERCA con datos de SAGAR.

" T. C.: Tasa de Crecimiento.

Cuadro No. 4. Producción de papa a nivel nacional de 1990 a 1996.  
(Miles de toneladas).

Estado	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	T. C. (%)."
Sinaloa	260.15	191.91	160.07	169.13	204.73	197.83	213.22	-3.01
Edo.	188.83	163.50	130.37	128.09	85.03	125.38	146.01	-3.78
De M.								
Puebla	176.38	150.66	137.73	111.44	99.67	110.89	76.72	-9.42
Gto.	83.37	78.89	114.33	68.70	104.00	80.02	145.09	12.34
N. L.	80.30	91.03	120.47	102.81	149.93	142.23	126.64	9.62
Otros	496.69	535.09	549.91	533.46	523.79	612.69	574.65	2.62
Total	1,285.7	1,211.1	1,212.9	1,133.7	1,167.2	1,269.1	1,282.4	-0.04

Fuente: ASERCA con datos de SAGAR.

" T. C.: Tasa de crecimiento.

Cuadro No. 5. Rendimiento de papa a nivel nacional de 1990 a 1996.  
(Toneladas / hectárea).

Estado	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	T. C. (%)."
Sinaloa	22.965	19.356	14.199	16.072	22.657	22.359	23.454	0.35
Edo.	14.803	14.387	15.229	17.411	16.185	19.485	19.674	5.48
De M.								
Puebla	9.435	10.606	12.091	11.367	10.055	12.136	11.154	3.04
Gto.	23.393	22.123	25.528	22.197	29.614	23.544	26.648	2.32
N. L.	30.537	35.135	36.978	31.559	34.547	32.000	32.234	0.93
Media""	15.826	16.235	16.818	16.893	19.084	19.980	20.457	4.88

Fuente: ASERCA con datos de SAGAR.

" T. C.: Tasa de crecimiento.

"": Media o promedio.



## 3.4.2. MUNDIALES.

Cuadro No. 6. Principales países productores de papa. (Millones de toneladas).

País	1994	1995	1996	1997"	1998""
Rusia	33.83	39.90	38.53	40.00	37.42
Polonia	23.06	24.89	27.22	27.22	25.25
E. U. A.	21.19	20.12	22.62	21.50	21.31
India	17.39	17.94	18.50	18.50	17.94
Ucrania	16.10	14.73	18.41	19.00	16.40
Otros	159.15	167.70	180.73	176.28	169.22
Mundial	270.72	285.28	306.01	302.50	287.34

Fuente: ASERCA con datos de la FAO.

" Datos preliminares.

"" Datos proyectados.

Cuadro No. 7. Superficie mundial cosechada de papa. (Millones de hectáreas).

País	1994	1995	1996	1997"	1998""
Rusia	3.34	3.41	3.27	3.30	3.10
Polonia	1.70	1.52	1.34	1.34	1.25
E. U. A.	0.56	0.56	0.58	0.55	0.55
India	1.05	1.09	1.12	1.12	1.09
Ucrania	1.53	1.53	1.55	1.60	1.39
Otros	9.87	10.32	10.60	10.31	9.93
Mundial	18.05	18.43	18.00	18.22	17.31

Fuente: ASERCA con datos de la FAO.

" Datos preliminares.

"" Datos proyectados.

Cuadro No. 8. Rendimientos mundiales de papa. (Toneladas / hectárea).

País	1994	1995	1996	1996"	1997""
Rusia	10.13	11.70	11.78	12.12	12.06
Polonia	13.56	16.38	20.31	20.31	20.10
E. U. A.	37.84	35.93	39.00	39.09	38.75
India	16.56	16.46	16.52	16.52	16.51
Ucrania	10.52	9.63	11.88	11.88	11.78
Otros	16.12	16.25	17.05	17.10	17.04
Media """"	15.00	15.48	16.58	16.60	16.60

Fuente: ASERCA con datos de la FAO.

" Datos preliminares.

"" Datos proyectados.

"""" Media o promedio.

Cuadro No. 9. Participación en las exportaciones de papa. 1993-1997.

País	%
Holanda	25.21
Alemania	10.41
Bélgica y Luxemburgo	11.51
Francia	9.04
Otros	43.84

Fuente: ASERCA con datos de la FAO.

Cuadro No. 10. Participación en las importaciones de papa. 1993-1997.

País	%
Holanda	17.01
Alemania	11.80
España	6.04
Francia	5.08
Otros	60.08

Fuente: ASERCA con datos de la FAO.

## **4. DESCRIPCION BOTANICA.**

La papa Solanum tuberosum L., es una planta dicotiledónea, anual, herbácea, arbustiva; su tamaño depende de las condiciones de clima, suelo y variedad, alcanzando una altura de 40-80 cm. Su propagación en forma comercial es por medio de los tubérculos o sea de reproducción asexual; sin embargo para fines de mejoramiento, se hace a través de semilla botánica.

El crecimiento y desarrollo de la papa depende, principalmente de factores genéticos y de condiciones ambientales. El ciclo vegetativo varía de 3 a 5 meses, lo anterior depende de la variedad de que se trate. La planta de papa es de polinización autógama.

Las partes de la planta de papa son las siguientes:

#### 4.1. RAIZ.

Las plantas provenientes de semilla botánica poseen una raíz principal delgada, la cual se transforma en fibrosa; mientras que las plantas provenientes de tubérculos usados como semilla vegetativa, tienen un sistema fibroso, de raíces laterales que emergen generalmente en grupos de 3, a partir de los nudos de los tallos subterráneos.

Las raíces de la planta de la papa son de tipo adventicio. La papa se propaga por lo general por tubérculos. En suelos arcillosos las raíces profundizan menos que en los suelos arenosos..

La mayoría de las raíces se encuentran en un rango de 0-40 centímetros de profundidad. Las raíces son muy ramificadas, finas y largas, dependiendo su desarrollo de que el suelo este bien preparado o no.

## 4.2. ESTOLON.

Los estolones son más gruesos que las raíces, los cuales se ensanchan y forman los tubérculos que constituyen la parte comestible de la planta.

Baez (1983), afirma que los estolones son tallos modificados, subterráneos y laterales que se originan en los nudos basales primarios, bajo el nivel del suelo. Son brotes con entrenudos elongados y con presencia de hojas rudimentarias, a manera de pequeñas escamas.

## 4.3. TUBERCULO.

El tubérculo es un tallo subterráneo que desarrolla nudos, entrenudos, yemas laterales y yemas terminales. Los "ojos" del tubérculo son yemas y cada yema da origen a una rama lateral con entrenudos sin desarrollar y en el extremo distal del tubérculo la yema terminal. (Edmond, 1967; Holman, 1965 y Thornton, 1980).

Gómez (1982), describe el tubérculo de papa como un órgano ovoide o cilíndrico; con epidermis blanca, amarillenta, rosa o violeta; que se desarrolla en las extremidades de los estolones.

Los tubérculos se forman en el extremo del estolón como consecuencia de la división y multiplicación del tejido de reserva, que ocasiona un ensanchamiento terminal. (Hooker, 1980).

El tubérculo se forma en el extremo del estolón como consecuencia de la acumulación de reservas, que se produce por el rápido desarrollo y división celular.

La unión del estolón con el tubérculo generalmente muere cuando la planta alcanza la madurez, o bien se rompe durante la recolección.

La formación de estolones normalmente comienza en los nudos que están más abajo en el tallo, bajo tierra. Los primeros tubérculos a su vez se forman en los estolones de más abajo y tienden a dominar sobre los que se han formado más tarde. El hecho de que el 75-80 % de la materia seca producida por la planta se acumule en los tubérculos, nos da idea de la importancia de los mismos. Los tubérculos que al final del cultivo han alcanzado su mayor peso, suelen ser los producidos por los estolones de más abajo y por supuesto la mayoría de los tubérculos que alcanzan un tamaño comercial, se han formado al principio del período de tuberización.

El tubérculo de la papa es un tallo modificado, en el sentido de que se ha acortado y ensanchado, con hojas débilmente desarrolladas. Aunque los tubérculos se forman en los extremos de los estolones, no todos los estolones forman tubérculos; y la formación de tubérculos no tiene lugar simultáneamente en todos los estolones de una planta y consecuentemente, la formación de estolones y tubérculos se solapa.

A continuación se muestran las partes del tubérculo en la Figura No. 1.

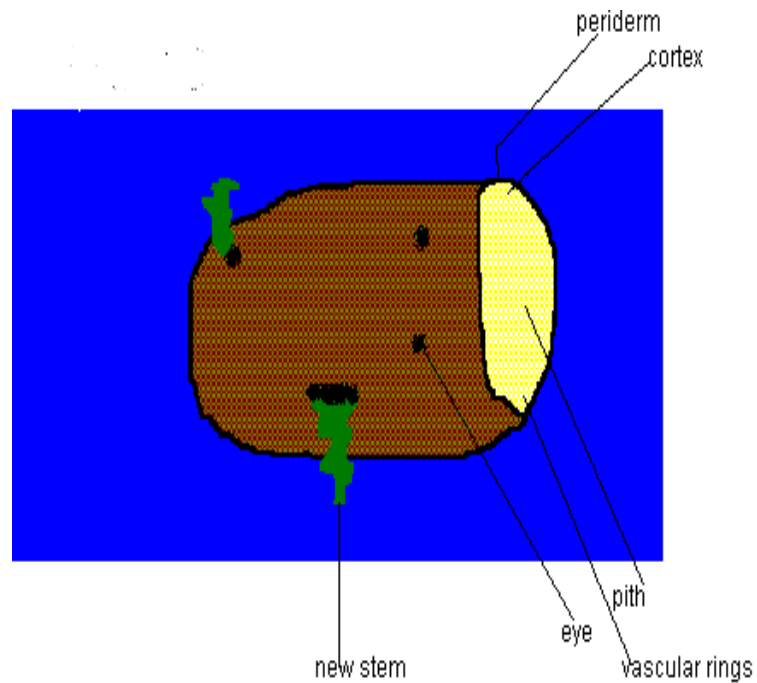


FIGURA No. 1. Partes del tubérculo de la papa. (Internet, 1999).

Periderm = peridermo. Cortex = corteza. Eye = ojo o yema apical.

Vascular rings = anillos vasculares. Pith = endodermo.

New stem = tallo nuevo proveniente de la yema lateral.



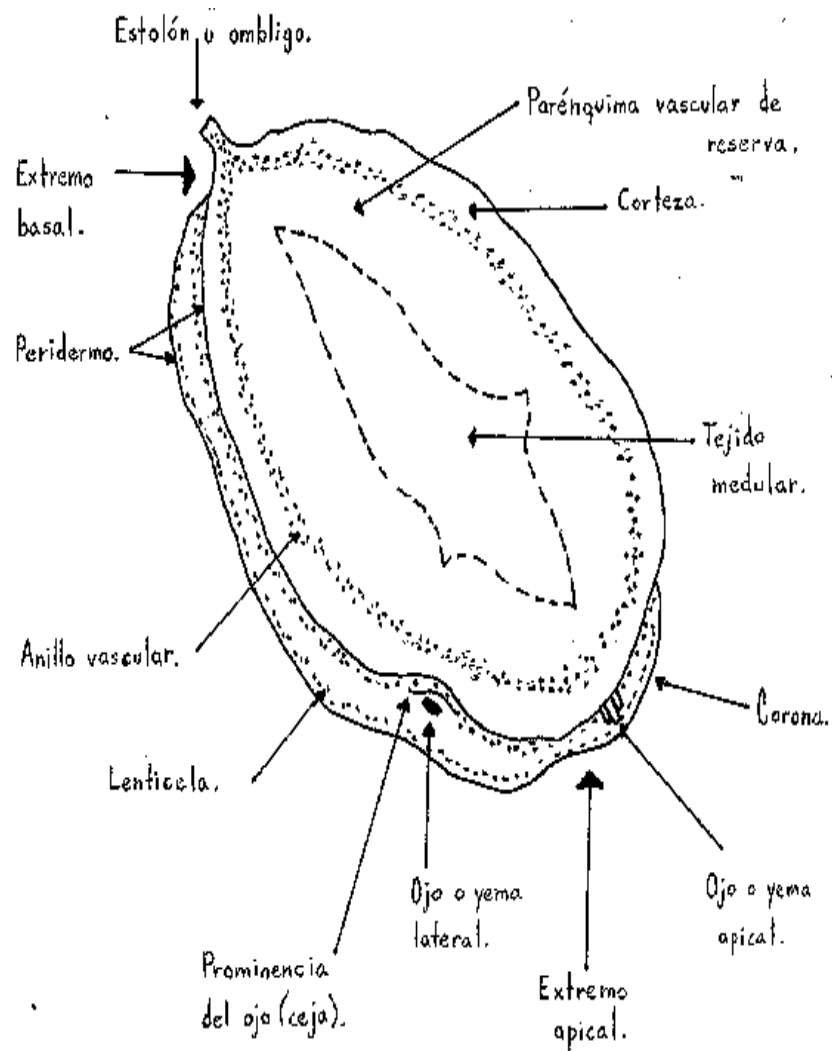


FIGURA No. 1 . Partes del tubérculo de la papa.  
(Según Hooker, 1980).

#### 4.4. TALLO.

Los tallos aéreos, normalmente son de color verde ramificados y el corte de la sección transversal es hueco y triangular. La parte más baja del tallo es redonda y sólida.

Los tallos son herbáceos, aunque en etapas avanzadas del desarrollo, la parte inferior puede ser relativamente leñosa.

Las ramas laterales que salen del tallo principal, se llaman tallos secundarios. Los tallos secundarios pueden salir muy cerca del tubérculo semilla, en cuyo caso su formación o la producción de estolones y tubérculos será parecida a la del tallo principal; o bien pueden desarrollarse ramas apicales sucesivamente, varias veces durante el crecimiento de la planta. Los estolones de la papa son tallos laterales, normalmente subterráneos.

El tallo aéreo es algo pubescente, con una altura de 0-50 cm.

## 4.5. HOJAS.

La papa tiene hojas compuestas, en condiciones húmedas las hojas son anchas y aplanadas; en condiciones áridas son angostas y en forma de copa o taza. Las hojas que son compuestas, tienen varios foliíolos opuestos y uno grande como terminal.

En las axilas que forman las hojas con el tallo, salen las yemas vegetativas. Las hojas son alternas, pecioladas y un poco pubescentes. Las hojas adultas son compuestas, pero las hojas primarias de plántulas, así como también las primeras hojas provenientes del tubérculo, pueden ser simples.

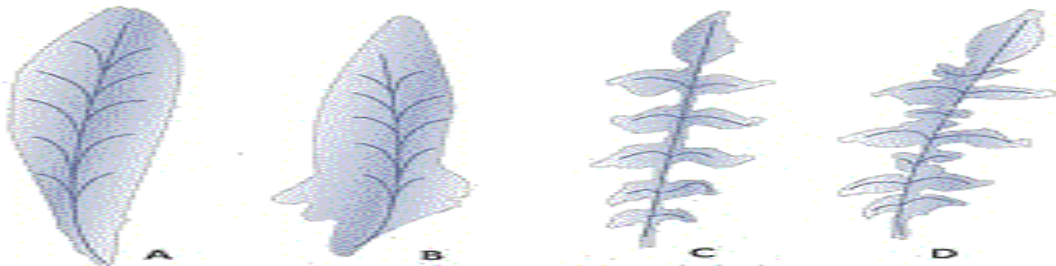


FIGURA No. 2. Tipos de hojas. (Internet, 1999).

A = entera, B = lobulada compuesta, C = escasamente imparipinada y D = medianamente imparipinada.

#### 4.6. FLOR.

La inflorescencia de la papa es de tipo cima, compuesta de pedúnculos largos. La flor es compuesta y de 5 pétalos fusionados, formando un tubo floral. Las flores son de tamaño regular, actinomorfas, hermafroditas y pentámeras. Nacen en racimos en la extremidad de los tallos, éstas son individuales y perfectas. El periantio consta de cáliz con 5 lóculos, los estambres son 5, con largas anteras amarillentas unidas en forma de cono.

Las flores son de diversos colores, tienen estilo y estigma simples y ovario bilocular súpero. El color varía según la variedad, el cual puede ser: blanco, rosa, lila, morado fuerte o combinaciones de estos.

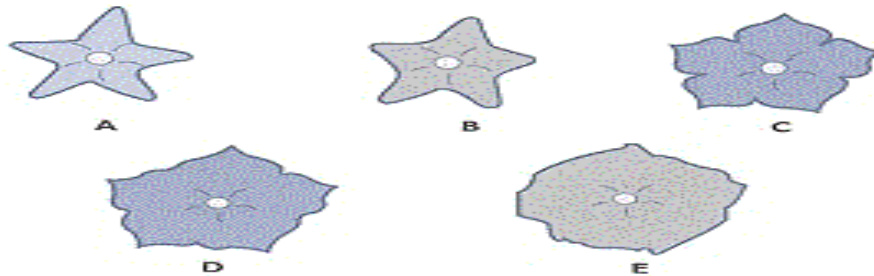


FIGURA No. 3. Tipos de flores. (Internet, 1999).

A = estrellada, B = semiestrellada, C = pentagonal, D = rotada y E = muy rotada.

#### 4.7. FRUTO.

Es una baya carnosa, redonda, ovoide y suave. De color verde cuando está inmadura a un amarillento cuando está madura. Posee un eje de placentación bicarpelar y bilocular. El tamaño va desde 1.25 a 2.50 centímetros de diámetro.

#### 4.8. SEMILLA.

Las semillas son pequeñas, lenticulares y blancas. Son de forma aplanada y su número dentro del fruto varía de 100 hasta más de 300. La semilla alcanza una longevidad entre 9 y 28 años.

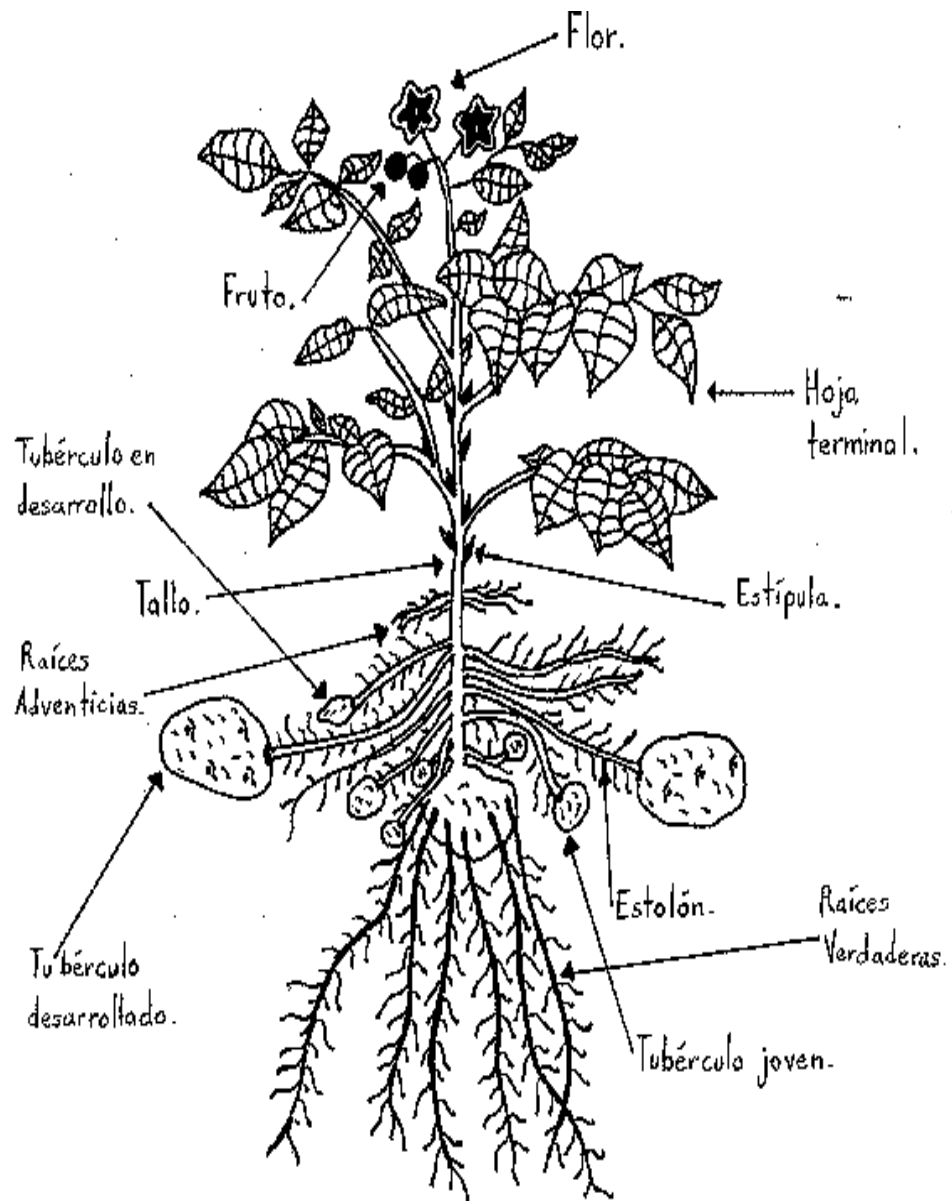


FIGURA No. 4. Partes de la planta de papa.  
(Según SNICS, México).

A continuación se muestra las partes de la planta de papa en la Figura No. 4. 1.

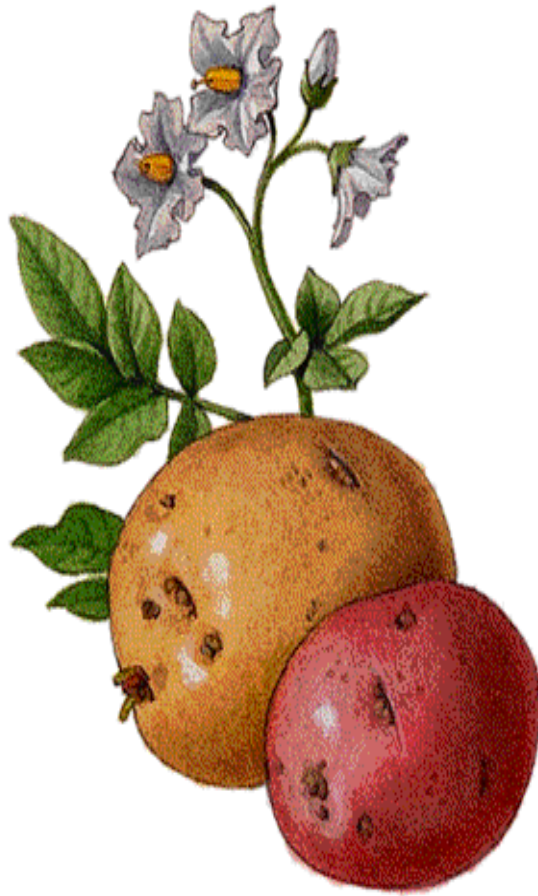


FIGURA No. 4. 1. Partes de la planta de papa. (Internet, 1999).

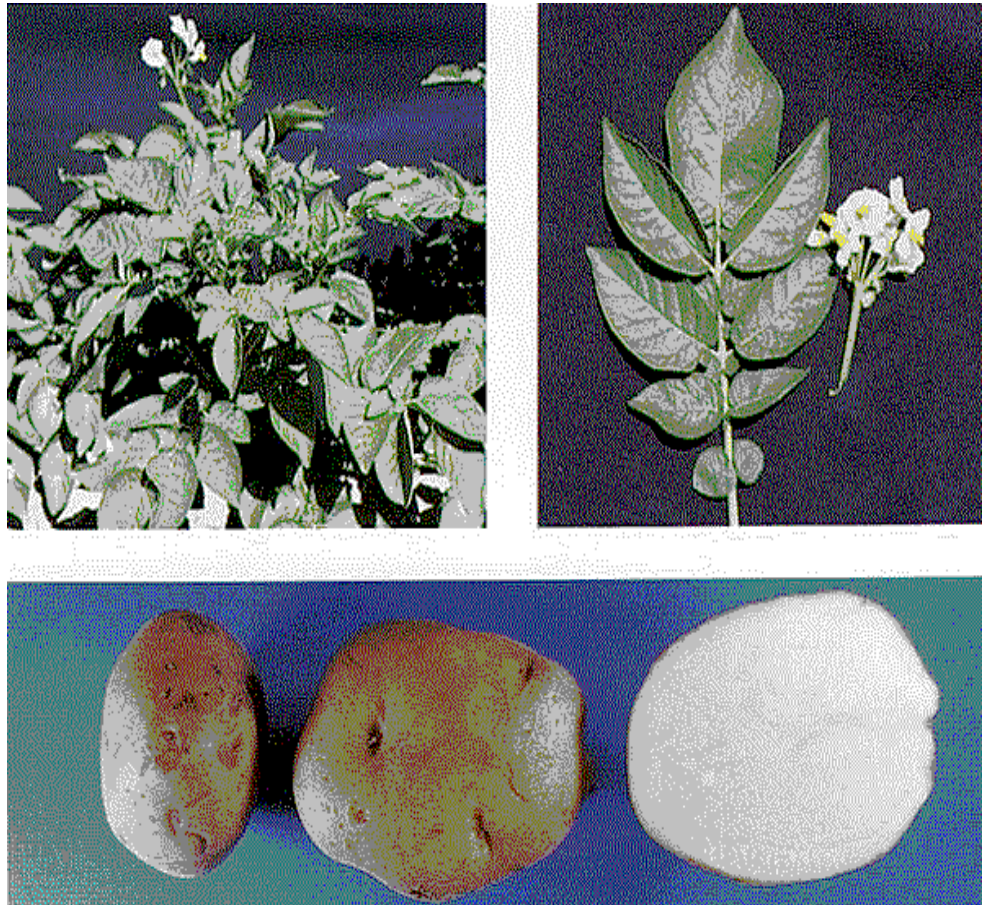


FIGURA No. 4. 2. Planta de papa, su respectiva flor y sus respectivos tubérculos.

(Internet, 1999).



## **5. MARCO TEORICO CONCEPTUAL Y DE REFERENCIA.**

### **5.1. IMPORTANCIA DEL MEJORAMIENTO DE LA PAPA.**

El mejoramiento de la papa es importante en nuestro país, debido a que en las últimas décadas se ha convertido en un alimento básico de nuestra población. Por lo cual se pretende aumentar los rendimientos de este cultivo, mediante la siembra y cultivo de variedades que sean resistentes a las enfermedades.

Mediante el mejoramiento de plantas de papa, se obtienen variedades rendidoras y sobre todo resistentes a las enfermedades, las cuales son las principales causantes de las pérdidas en la producción.

En México, existe una gran diversidad de especies de papa nativas que no son afectadas por el tizón tardío, que es la principal enfermedad que causa las mayores pérdidas en la producción.

Dichas especies crecen en forma silvestre, aparte de que tienen un alto nivel de resistencia a dicha enfermedad; lo cual les ha permitido sobrevivir por miles de años, a pesar de estar expuestas constantemente a numerosas plagas, enfermedades y factores climatológicos adversos. Consecuentemente, estos materiales constituyen valiosos recursos en el mejoramiento genético de la papa, que pueden permitir la solución a problemas presentes y futuros que afecten la productividad y sanidad de este cultivo.

La gran cantidad de energía que proporciona el tubérculo de la papa, debido a su alto contenido en carbohidratos; así como también las proteínas y vitaminas que contiene, son razones importantes para que se lleve a cabo su mejoramiento, y mediante este mejoramiento obtener plantas de papa que den buenos rendimientos y de mayor calidad nutrimental.

Otra de las razones para que se lleve a cabo el mejoramiento de la papa, es que, dicha hortaliza proporciona gran cantidad de alimento por unidad de superficie; de ahí la importancia de que se obtenga más alimento todavía y de mejor calidad por unidad de superficie, al incrementarse los rendimientos.

## 5.2. OBJETIVOS DEL MEJORAMIENTO DE LA PAPA.

El mejoramiento genético de la papa está dirigido principalmente a la obtención de materiales resistentes a diversas enfermedades del cultivo, ya que éstas son las que ocasionan las mayores pérdidas en la producción.

Algunas de estas enfermedades son: el tizón tardío, ocasionado por el hongo Phytophthora infestans; y la marchitez bacterial, causada por la bacteria Pseudomonas solanacearum y el nematodo (dorado) Globodera rostochiensis.

Otros de los objetivos del mejoramiento de la papa son el rendimiento y la adaptación a factores adversos.

### 5.3. HERENCIA CUANTITATIVA.

La herencia es la presencia en los organismos, de cualidades expresas o latentes de sus antecesores.

La herencia cuantitativa es la que está determinada por una serie de factores que tienen efectos individuales pequeños. El efecto final está afectado en forma notable por el medio ecológico, dando por resultado que los caracteres no se manifiesten claramente separados, sino dentro de una amplia gama de variación que puede apreciarse cuantitativamente.

Se consideran típicamente como cuantitativos aquellos caracteres susceptibles de medirse, tales como la altura de la planta, la longitud de la espiga, la longitud de la vaina, el tamaño de un fruto medido por su peso o por su diámetro, la longitud de una flor, el número de días para alcanzar la madurez, la producción de una planta en peso de grano, de frutos, etc.; o el contenido de ciertas sustancias en una planta o en partes de ésta tales como: cantidad de proteínas, etc. Como puede verse, algunos de estos caracteres son los de mayor importancia económica en las plantas y por lo tanto, los que con mayor frecuencia tiene interés el hombre en cambiar, aprovechando sus conocimientos sobre la herencia.

La herencia biológica se refiere a la transmisión de los caracteres biológicos (morfológicos o fisiológicos) de los padres a sus descendientes.

La herencia biológica se realiza mediante un proceso de desarrollo orgánico, en el cual la unión de las células sexuales durante la fecundación transforma al óvulo (huevo) fecundado en un cigote unicelular; éste, a su vez, mediante divisiones celulares repetidas origina un organismo multicelular completo.

Las leyes mendelianas establecieron los fundamentos o principios básicos de la herencia, que permiten ver claramente como se transmiten los factores hereditarios de los padres a los hijos. Estas leyes son importantes en el fitomejoramiento, debido a que proporcionan las bases para manejar a las plantas más o menos a voluntad y, a través de cruzamientos, se obtiene una fuente de variación de la que por medio de selección, se pueden formar nuevas variedades o especies.

Ley de la segregación de los factores.- De cada padre (progenitor) sólo una forma alélica del gen se transmite a la descendencia (progenie) a través de un gameto. Los genes que participan en la formación del híbrido (F1) se vuelven a separar en idénticas proporciones, al formar las células germinales (gametos), o sea en los cruzamientos los caracteres opuestos de un mismo órgano se separan durante la gametogénesis del híbrido, distribuyéndose en las células sexuales en igual proporción. (Figura No. 5).

	P1		P2
	A A	x	a a
GAMETOS	A		a
HIBRIDO (F1)	Aa		
GAMETOS	A		a
	50%		50%

FIGURA No. 5. Segregación de los factores hereditarios. (Chávez Araujo, 1993).

P1 : Progenitor femenino.

P2 : Progenitor masculino.

Ley de la asociación o recombinación independiente de los factores.-

Durante la gametogénesis del híbrido, un miembro de cualquier par puede asociarse independientemente con un miembro de otro por cualquiera, formando diferentes combinaciones; es decir, los factores separados durante la gametogénesis se unen al azar durante la fecundación, formando diferentes combinaciones, cuyo número dependerá del número de genes que entren en el cruzamiento. (Figura No. 6).

F1	Aa	
F2	(A)	(a)
	(A)	Aa
	(a)	aa

Relación genotípica  $\frac{1}{4}$  AA:  $\frac{1}{2}$  Aa:  $\frac{1}{4}$  aa.

FIGURA No. 6. Asociación o recombinación independiente de los factores hereditarios. (Chávez Araujo, 1993).

## 5.4. HEREDABILIDAD.

La heredabilidad se refiere a la capacidad que tienen los caracteres para transmitirse de generación en generación; también se le puede considerar como el grado de parecido entre los individuos de una generación y la siguiente.

La heredabilidad puede estimarse en dos sentidos: en sentido amplio y en sentido estrecho o estricto.

La heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) estima el grado en que el fenotipo refleja al genotipo; es la proporción heredable del total de la varianza fenotípica (VP). La estimación se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$H^2 = VG / VP = VA + VD / VP ;$$

$$\text{Donde } VP = VE / r + VG ;$$

Donde:  $H^2$  significa la heredabilidad en sentido amplio.

VG " la varianza genética total.

VP " la varianza fenotípica.

VA " la varianza aditiva.

VD " la varianza de dominancia.

VE " la varianza ambiental.

r " repeticiones.



La heredabilidad en sentido estricto ( $h^2$ ) se estima a través de la suma de los efectos de genes aditivos que el progenitor hereda a su descendencia; es el cociente de VA / VP. En este caso se consideran únicamente los efectos de acción génica aditiva, y la estimación se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$h^2 = VA / VP ; \text{ donde: } h^2 = \text{Heredabilidad en sentido estricto.}$$

VA = Varianza aditiva.

VP = Varianza fenotípica.

La heredabilidad se usa en la mayoría de los métodos de mejoramiento y muchas de las decisiones prácticas dependen de ella.

La heredabilidad depende de muchos factores (VP, VG, VE); un cambio en cualquiera de éstos la afectaría, ya que las frecuencias génicas difieren de una población a otra. La varianza ambiental (VE) depende de las condiciones del cultivo y su manejo. Las condiciones variables reducen la  $h^2$ , mientras que las condiciones más uniformes la aumentan.

A continuación se presentan los valores de la heredabilidad que son:

- A) alta heredabilidad (mayor de 0.5).
- B) heredabilidad (de 0.2 a 0.5).
- C) baja heredabilidad (menor de 0.2).

La heredabilidad es más efectiva cuando se estiman los efectos de acción génica aditiva. Por lo tanto, cuanto mayor sea la  $h^2$ , mayor será el parecido entre los padres y los hijos; y cuanto mayor sea el componente ambiental de la varianza fenotípica (VP), mayor será la correlación entre los caracteres de los padres y de los hijos.

El conocimiento de la  $h^2$  es de gran importancia dentro del mejoramiento de plantas, debido a que si no existe la  $h^2$  no tiene caso hacer mejoramiento. Además, es necesario conocer que cantidad de  $h^2$  existe en los materiales (de acuerdo con el carácter por mejorar), para determinar que método de mejoramiento debe utilizarse.

La baja  $h^2$  de algunos caracteres puede aumentarse seleccionando terrenos uniformes en todos los sentidos, y/o inyectando variabilidad genética a la población por medio de materiales identificados por su potencial genético y de amplia base genética.

## 5.5. POLIPLOIDIA.

La poliploidía es el número de juegos (x) de cromosomas presentes en una célula vegetativa (somática). Las células vegetativas normalmente contienen como mínimo dos juegos de cromosomas. (Huaman, 1986).

### 5.5.1. ORIGEN DE LOS POLIPLOIDES.

Aparentemente, todos los tipos de poliploidía tienen su origen en accidentes citológicos de una u otra clase. Los individuos monosómicos y trisómicos se producen como resultado de la no disyunción de algún par de cromosomas. Los aneuploides parecen surgir más comúnmente como consecuencia de dificultades en la meiosis, causadas por genes asinápticos. La euploidía parece surgir corrientemente por accidentes en la meiosis, que conducen a la formación de gametos sin reducir ( $2n$ ). También se producen poliploides con repeticiones completas de juegos cromosómicos básicos en células somáticas, en las que un fallo de la mitosis ha producido la duplicación del complemento cromosómico. La formación de gametos sin reducir parece ser más frecuente en los cruzamientos amplios, aparentemente como consecuencia de trastornos en la meiosis asociados con la falta de apareamiento de los cromosomas.

### 5.5.2. EFECTOS DE LA POLIPLOIDIA EN EL FENOTIPO.

Los efectos morfológicos y fisiológicos de la poliploidía varían mucho en los distintos materiales. Sin embargo, en general la deficiencia o repetición de ciertos cromosomas produce desequilibrios en el genotipo, que hacen que aneuploides diferentes se distingan entre sí morfológicamente y de la forma diploide.

Un efecto común de la poliploidía es aumentar el tamaño de las porciones vegetativas de la planta, que hace que los autopoliploides sean más frondosos y algo más vigorosos que sus correspondientes diploides. Sin embargo, este efecto no es general y muchos autopoliploides resultan ser débiles y poco vigorosos.

Los aneuploides son generalmente menos vigorosos que sus genitores diploides. En algunas especies poliploides, trigo, por ejemplo, el grado de tolerancia a la repetición de ciertos cromosomas es grande y hasta los tetrasómicos ( $2x + 2$ ; (ABC)(ABC)(A)(A)) pueden ser casi indistinguibles de las plantas diploides normales.

Los efectos fisiológicos y fenotípicos de la alopoliploidía son, por lo menos, tan difíciles de predecir como los de la autoploidía. Sin embargo, en general los alopoliploides combinan más o menos entremezcladas las características de las especies de que se derivan.

### 5.5.3. SEGREGACION EN LOS POLIPLOIDES.

La utilización de los poliploides desde el punto de vista genotécnico, lo mismo si se trata de poliploides naturales que artificiales, conduce a la necesidad de hacer cruzamientos y obtener poblaciones segregantes en las que más tarde o más temprano habrá de llevarse a cabo un sistema de selección. Aquí se presenta el problema de que la segregación de los caracteres hereditarios no se sujeta a las leyes de Mendel, pues tales factores ya no se hallan por pares sino que están repetidos tantas veces como existan cromosomas homólogos. A su vez al efectuarse la división celular meiótica, los cromosomas homólogos no se distribuirán pasando un miembro de cada par a cada una de las células hijas puesto que aquí no hay pares, sino un número mayor de ellos, los cromosomas podrán moverse hacia los extremos del huso acromático en números que puedan variar desde cero hasta el número total de cromosomas homólogos.

El problema es más serio en los autoploidios, donde definitivamente se halla cada uno de los cromosomas repetido el número de veces que corresponde al grado de ploidía entre las especies.

Haldane (1930) y Mather (1935 y 1936) indican que, podrían encontrarse dos extremos teóricos de segregación. Uno en el que los cromosomas enteros se separarán al azar para formar los gametos, cuya distribución al azar dependerá solamente del número total de cromosomas que determina la ploidía del individuo, por ejemplo, en un tetraploide de cuatro cromosomas. En el otro extremo se considera la segregación al azar de las cromátidas como portadoras de cada uno de los factores hereditarios, lo cual duplicaría el número de factores que habrían de distribuirse al azar.

Mather (1936) reconoce que, en realidad, las esperanzas teóricas de éstos dos tipos de segregación tienen la naturaleza de limitantes y que la segregación que debe esperarse de los organismos autotetraploides, caerá en grado de intercambio de material genético entre las cromátidas y se presentan además, fenómenos que no permiten que la segregación sea totalmente al azar.

#### 5.5.4. PAPAS POLIPLOIDES CULTIVADAS.

Las papas cultivadas, constituidas por un gran número de especies o híbridos naturales pertenecientes a la familia Solanaceae, sección tuberarium, la cual comprende aproximadamente 150 especies tuberíferas.

La más común de las papas cultivadas es la Solanum tuberosum L., es un tetraploide ( $2n = 48$ ), a la que se considera compuesta por las subespecies tuberosum y andigena, las cuales son completamente fértiles entre sí.

Las papas diploides ( $2n = 24$ ) cultivadas corresponden a dos especies principalmente; Solanum stenotomum, con tubérculos que requieren períodos de latencia, y S. Phureja, que no tiene período de latencia definido. S. Stenotomun es considerada como tipo ancestral, que dió origen a la especie andigena por duplicación cromosómica.

Los triploides ( $2n = 36$ ) cultivados de las especies S. X chaucha son posiblemente híbridos generados en forma natural; por cruzamiento entre la especie andigena, la stenotomun o phureja. Otra especie triploide, S. X juzepczukij, es altamente tolerante a las heladas y puede haberse originado por hibridación natural entre la especie silvestre no tuberífera S. Acaule ( $2n = 48$ ) y la diploide S. Stenotomun.

El pentaploide ( $2n = 60$ ) Solanum x curtilobum, que se cree haberse originado por hibridación natural de Solanum acaule y Solanum andigena; es cultivado en las partes altas de los Andes, debido a su tolerancia a las heladas.

El hexaploide ( $2n = 72$ ) Solanum demisum, ha sido usado como progenitor para obtener variedades resistentes al tizón tardío.

#### 5.5.5. NIVEL DE POLIPLOIDIA EN LA PAPA

El juego básico de cromosomas de la papa, consta de 12 cromosomas, es decir,  $X = 12$ .

La papa es básicamente una planta autotetraploide, o sea que cada cromosoma está representado por cuatro cromosomas homólogos, capaces de aparearse y segregar. Esto significa que en una planta como ésta, el fenotipo totalmente recesivo se presentará cuando por azar se junten en una planta cuatro cromosomas, llevando todos el factor recesivo. (Hougas, 1958 y Niederhauser, 1958).

A continuación se presentan los cuadros No. 11, 12 y 13.



Cuadro No. 11. Descripción y nomenclatura de los aneuploides. Según Brauer, 1969.

CONDICION	FORMULA	NOMBRE O ADJETIVO
- Falta un par de cromosomas. * (AB) (AB)	$2X - 2$	Nulisómico
- Falta un cromosoma de un par. * (ABC) (AB)	$2X - 1$	Monosómico
- Falta un cromosoma en cada uno de dos pares diferentes. * (AB) (AC)	$2X - 1 - 1$	Doble monosómico
- Hay tres cromosomas homólogos (de una sola clase). * (ABC) (ABC)	$2X + 1$	Trisómico
- Hay tres cromosomas homólogos en dos clases diferentes. * (ABC) (ABC) (A) (B)	$2X + 1 + 1$	Doble trisómico
- Hay cuatro cromosomas homólogos de una sola clase. * (ABC) (ABC) (A) (A)	$2X + 2$	Tetrasómico
- Hay un solo cromosoma de una clase y tres de otra. * (ABC) (ABC) (AB) (A)	$2X - 1 + 1$	Monosómico trisómico

\* Complemento somático cromosómico, en que A, B y C son cromosomas no homólogos.

Cuadro No. 12. Descripción y nomenclatura de los euploides. Según Brauer, 1969.

FORMULA SOMATICA (2n)	FORMULA GAMETICA (HAPLOIDE) n TEORICA	NOMBRE
X	$\frac{1}{2} X$	Monoploide
2X	X	Diploide
3X	$1 \frac{1}{2} X$	Triploide
4X	2X	Autotetraploide
$2X + 2X'$	$X + X'$	Alotetraploide
5X	$2 \frac{1}{2} X$	Pentaploide
6X	3X	Hexaploide
$4X + 2X'$	$2X + X'$	Autoalohexaploide
$2X + 2X' + 2X''$	$X + X' + X''$	Alohexaploide

Cuadro No. 13. Complemento somático cromosómico de algunos euploides, en que A, B y C son cromosomas no homólogos. Según Brauer, 1969.

NOMBRE	COMPLEMENTO SOMATICO CROMOSOMICO
Triploide	(ABC) (ABC) (ABC)
Autotetraploide	(ABC) (ABC) (ABC) (ABC)
Alotetraploide	(ABC) (ABC) (A'B'C') (A'B'C') ó (ABC)
	(ABC) (DEF) (DEF)

## 5.6. REPRODUCCION ASEXUAL.

El método normal para la propagación de plantas cultivadas es por semillas (reproducción sexual). Sin embargo, algunas especies producen semillas en forma tan deficiente que se recurre a su propagación vegetativa como un medio para su multiplicación. (Poehlman, 1983).

En las plantas superiores es común la propagación por medios asexuales, la cual consiste en " la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativas de las plantas, tales como: cormos, bulbos, rizomas, estolones, estacas, tubérculos y otros órganos ", y es posible porque en muchas de éstas los mencionados órganos vegetativos tienen capacidad de regeneración de la planta completa. (Allard, 1967 y Hartmann, 1982).

El proceso de reproducción asexual tiene importancia especial en la horticultura, pues las plantas cultivadas más importantes pertenecientes al grupo de las que utilizan este tipo de propagación son las papas, la caña de azúcar, casi todos los frutales y algunas ornamentales. (Hayes, 1955; Allard, 1957 y Hartmann,1982).

La experiencia de los fitomejoradores indica que la mayoría de los cultivares o variedades agrícolas de estas especies, tienen una constitución genética sumamente heterocigota, y las características que distinguen a esos tipos se pierden de inmediato al propagarlos por semilla, ya que presentan una marcada segregación; esto se debe principalmente a que los tipos seleccionados como variedades comerciales suelen ser los vigorosos, los de alta productividad, etc., características de herencia poligénica en la mayoría de las especies. (Hayes, 1955; Allard, 1957 y Hartmann, 1982).

En algunas especies la propagación es más fácil, más rápida y más económica por medios vegetativos que por medios sexuales, por lo que la mejora de estas plantas es en algunos aspectos menos complicada que la de otras especies. (Allard, 1967; Harris, 1978 y Hartmann, 1982).

La reproducción asexual se caracteriza porque en ella no intervienen las células reproductivas (sexuales); por lo tanto, no hay reproducción cromosómica. Las células se reproducen por mitosis, y originan células con el mismo genomio; es decir, su constitución genética y sus cualidades hereditarias son idénticas.

La reproducción asexual, vegetativa o apomíctica no es, en realidad, una reproducción sino una multiplicación; puesto que cada organismo producido no es otra cosa que un fragmento del organismo del que procede.

#### 5.6.1. VEGETATIVA.

Este tipo de reproducción se lleva a cabo en plantas cuya reproducción es exclusivamente a través de partes vegetativas. Ejemplos: fresa, vid, cebolla, plátano, papa, camote, caña de azúcar, maguey, piña, nopal, frutales y ornamentales.

Las principales ventajas de la reproducción vegetativa son:

1. Las plantas reproducidas vegetativamente conservan todas las características de la planta progenitora.
2. Debido a cruzamientos o manipulaciones de otro tipo, se obtienen plantas estériles, las cuales se pueden mantener a través de reproducción vegetativa, por ejemplo: plátano, varios tipos de flores, caña de azúcar, naranja y manzana.
3. La reproducción asexual permite obtener cosechas en un tiempo mucho más corto que el que se requeriría para obtenerlas mediante semilla, por ejemplo: plátano, piña, caña de azúcar, papa, etc.

4. La falta de producción de semilla proporciona mayor valor a la parte útil de la planta; por ejemplo, en la caña de azúcar hay una mayor concentración de azúcares en el tallo antes de la floración.

Como desventaja de este tipo de reproducción, podemos mencionar la presencia de caracteres indeseables, originados por enfermedades virosas que fácilmente se transmiten a la descendencia a través de partes vegetativas que se usan como propágulos; mientras que tales enfermedades raramente se transmiten a las progenies obtenidas por semilla.

#### 5.6.2. APOMICTICA.

La apomixis es un tipo de reproducción asexual en el que intervienen los órganos sexuales, pero la semilla se forma sin la unión de los gametos (singamia). La apomixis puede ser asexual obligada o asexual facultativa.

Apomixis asexual obligada, cuando las plantas sólo se pueden reproducir por apomixis; produce descendencia muy uniforme.

Apomixis asexual facultativa, cuando las plantas se pueden reproducir tanto por apomixis como por reproducción sexual; produce descendencia variable.

Las formas más comunes de apomixis son:

1. Partenogénesis. Desarrollo de un individuo a partir de un huevo no fecundado, que puede ser haploide normal o diploide anormal.
2. Apogamia. Propagación asexual en la que el embrión se desarrolla de células haploides o de la fusión de dos células del saco embrionario; es muy frecuente en cítricos y en mango.
3. Aposporia. El embrión se forma directamente de una célula somática diploide (apomíctica) no reducida (sin meiosis).
4. Diplosporia. El embrión proviene directamente de la célula madre o megaspora.

Aun cuando no se efectúa la unión sexual (gametos) en el desarrollo de las semillas producidas apomícticamente, en algunos casos es necesaria la polinización como estimulante para la formación del endospermo.

Ejemplos de reproducción asexual apomíctica: ajo, plátano, cacao, camote, caña de azúcar, maguey, nopal, papa, piña, algunas especies de frutales y ornamentales.

### 5.6.3. IMPORTANCIA DE LA REPRODUCCION ASEXUAL EN EL MEJORAMIENTO DE PLANTAS.

La importancia de la reproducción asexual en el fitomejoramiento radica en que la descendencia no presenta variación genética, debido a que todos los individuos provienen de divisiones mitóticas. Por lo tanto, los individuos son genéticamente iguales, y originan un clon cuyas características son fenotípica y genotípicamente idénticas.

Un clon puede ser homocigote o heterocigote, y no presenta variación genotípica mientras se reproduzca asexualmente. En caso de que haya variación, ésta podría deberse al ambiente, a una mutación o a una mezcla de clones.



## 5.7. CLON.

Las plantas propagadas asexualmente constituyen un clon. Todas las plantas que forman un clon son genéticamente idénticas en herencia y tienen las mismas características de la planta progenitora original; esto significa que una variedad puede conservar perfectamente todas sus características, aun cuando tal variedad sea totalmente heterocigota. De modo que si se presenta una mutación o un cruzamiento favorable, se puede seleccionar de inmediato y sostenerla como variedad.

## 5.8. SEMILLA VEGETATIVA DE LA PAPA.

La semilla vegetativa se define como "la parte vegetativa de una planta utilizada como semilla para la multiplicación en forma comercial; en la cual no intervienen los órganos sexuales de la planta".

Dicha parte vegetativa es el tubérculo de la papa, el cual es un tallo subterráneo, capaz de producir una planta o individuo completo a partir de él.

Este tubérculo es la parte comestible y aprovechable de la planta de papa, y a su vez, es utilizado para la multiplicación en forma comercial, como semilla para la siembra.

Esta semilla vegetativa usada en la multiplicación en forma comercial de la papa, es producida en invernadero o en campo.

## 5.9. SEMILLA BOTANICA DE LA PAPA.

La semilla botánica se define como "la semilla proveniente del fruto formado de la unión de los gametos sexuales (masculino y femenino)". Estas semillas no son usadas para la siembra en forma comercial, debido a que no es recomendable por muchas razones. La semilla botánica es principalmente utilizada en los programas de mejoramiento genético de la planta de papa. Esta semilla botánica es manejada a nivel de invernadero. Las semillas son pequeñas, lenticulares y blancas. La semilla botánica de la papa alcanza una longevidad entre 9 y 28 años.

## 5.10. TUBERIZACION.

La tuberización es el fenómeno que se presenta bajo condiciones determinadas y por medio del cual los tallos subterráneos (estolones) en sus extremos, sean inducidos a formar órganos de almacenamiento y de propagación, llamados comúnmente tubérculos. (Díaz, 1989).

Estudiando el desenvolvimiento progresivo de la planta, se pueden separar cuatro fases bien definidas para llegar a la tuberización, (Díaz, 1989), que son:

1ª. Fase. En este período de desarrollo se forman rápidamente las raíces, los tallos, las ramas y las hojas. En este período no hay formación de tubérculos.

2ª. Fase. Aquí continua la actividad que lleva el desarrollo de las raíces, de los tallos, de las hojas, aparecen las flores y los tubérculos; pero debe tomarse en cuenta que en época de invierno la aparición de las flores es más retardada con respecto a la formación de tubérculos.

3ª. Fase. En este período las hojas comienzan a secarse y caen, pero los tubérculos siguen aumentando su volumen con menos velocidad que en el período anterior.

4ª. Fase. En este período los tallos y hojas están secas y los tubérculos ya maduros no reciben, pero tampoco pierden sustancias.

### Factores que influyen la tuberización.

Algunos de estos factores son: el fotoperíodo captado por las hojas y la temperatura percibida por los meristemas u órganos en activo crecimiento. Días cortos y temperaturas relativamente bajas, favorecen la buena tuberización y el rápido crecimiento de los tubérculos; mientras que contrariamente días largos y altas temperaturas, restringen la tuberización, pero en cambio, aceleran el crecimiento de los tallos, ramas, raíces y estolones largos (sin tuberizar), así como la floración.

Existe reducción en el peso del tubérculo individual al aumentar el número de tallos y que esto se debe posiblemente a que se establece una competencia entre los tubérculos para almacenar el suministro de carbohidratos que le llegue del follaje.

Batutis y Ewing (1981), probaron que la tuberización de Solanum tuberosum subespecie andigena está bajo el control del fitocromo.

Okazawa (1960), encontró que la detención de la elongación del estolón y la inducción de la formación del tubérculo parecen estar asociadas con una disminución en la concentración de giberelinas en la planta.

Krauss (1978), aduce que el efecto inhibitorio del nitrógeno en la tuberización puede estar relacionado con el control del nitrógeno por medio de los reguladores endógenos en el proceso de tuberización.

Algunos datos recientes muestran claramente que la iniciación del tubérculo ocurre en las primeras etapas del desarrollo de la planta, aproximadamente 3-4 semanas antes de que haya una cubierta foliar completa. (Allen y Scott, 1980).

Werner (1934), también asocia la inducción del tubérculo con los niveles de carbohidratos de la planta. Bajo un estudio superficial, parece que un adecuado suministro de carbohidratos puede disparar la formación del tubérculo. (Gregory, 1856).

Catchpole y Hillman (1969), encontraron alguna evidencia de que el etileno puede jugar un papel muy importante en la formación del tubérculo.

Según Slater (1963), la tuberización resulta de una acumulación de substratos en los ápices estoloníferos; sin embargo, Madec (1963) considera la intervención de una sustancia específica formadora del tubérculo.

Harris (1978), considera que las giberelinas son formadas en las hojas y luego se desplazan hacia los estolones. Cuando la concentración de las giberelinas en los ápices estoloníferos es reducida hasta un valor crítico, comienza el desarrollo de los tubérculos. También sugiere que esta reducción puede ser apresurada por los días cortos o por la aplicación de algún regulador de crecimiento. También indica que, probablemente, el desarrollo del tubérculo es iniciado por un complejo de factores, cualesquiera de los cuales puede convertirse en limitante en una serie de circunstancias en particular. En general, hay un balance entre el crecimiento de los tubérculos y el resto de la planta, y cualquier cosa que favorezca el desarrollo de uno, retardará el desarrollo del otro.

## 5. 11. TECNICAS DE EMASCULACION Y POLINIZACION ARTIFICIAL.

El problema fundamental en el control de la polinización ya sea para la formación de híbridos o de líneas puras, consiste en colocar el polen funcional sobre los estigmas receptivos en el momento oportuno.

Generalmente, y según el caso, dentro de un programa de mejoramiento se debe evitar las posibles autofecundaciones y los cruzamientos indeseables. Las autofecundaciones se evitan por medio de la emasculación y los cruzamientos indeseables se evitan utilizando bolsas u otros materiales apropiados para aislarlos de polen extraño.

Por lo general, el equipo utilizado en las técnicas de emasculación-polinización no es complicado; por ejemplo, en plantas autógamias se utilizan pinzas, tijeras, pincel, bolsas de papel encerado (glassines), etiquetas, lápiz, clips, lentes de aumento o lupa, etc. En alógamas se emplean glassines, bolsas, lápiz, mandil, engrapadoras, etc.

El éxito de la polinización depende del grado de dificultad que se presente para realizar la emasculación, en los diversos tipos de flores, y del momento oportuno para llevar el polen viable a los estigmas receptivos.



### 5. 11. 1. EMASCULACION.

La emasculación consiste en la remoción de los órganos masculinos (anteras) de la flor de la planta que se utilizará como hembra.

En las especies que poseen flores hermafroditas es muy importante la emasculación para hacer hibridación, debido a que cuando las anteras maduran, el polen cae sobre los estigmas y ocurre la autofecundación.

Los procedimientos de emasculación comúnmente usados en el mejoramiento, son los siguientes:

1. Remoción de anteras. El más común; se efectúa mediante pinzas, succión, u otros medios, antes de que se derrame el polen; se aplica principalmente en plantas autógamias.
2. Destrucción del polen por medio de calor, frío o alcohol:
  - A) Agua caliente a temperaturas de 45 a 48 ° C durante 10 minutos; se aplica en sorgo, arroz y algunas gramíneas forrajeras.
  - B) Temperaturas bajas (cerca del punto de congelación); se recomienda para trigo y arroz.
  - C) Alcohol etílico al 57 %, durante 10 minutos, se aplica en alfalfa.

3. Polinización sin emasculación. Procedimiento efectivo en plantas incompatibles (muchas forrajeras) y en autoestériles, las cuales no necesitan emascularse para producir plantas híbridas. Se usa en investigación y en producción de híbridos comerciales (por ejemplo, cebada).
4. Esterilidad masculina genética y citoplásmica. Se usa en investigación y en producción de híbridos comerciales (maíz, sorgo, etc.).

A fin de realizar con éxito la emasculación es importante conocer el momento adecuado, ya que si se retrasa, se derrama el polen y puede causar autofecundación. Si se adelanta, se tienen problemas para eliminar las anteras y se puede mutilar el pistilo.

Después de la emasculación, las flores se cubren con bolsas de papel encerado (glassines) para protegerlas de polen extraño.

#### 5. 11. 2. POLINIZACION ARTIFICIAL.

La polinización debe efectuarse cuando el estigma sea receptivo; esto puede reconocerse por la apertura de las flores y el completo desarrollo del estigma.

En algunas especies las polinizaciones pueden hacerse el mismo día de la emasculación de la flor (por ejemplo, soya, algodón, tabaco, etc.); en otras especies se retrasa de 1 a 3 días, esto depende de los fenómenos de protandria (maduración de las anteras antes que los pistilos) y protoginia (maduración de los estigmas antes que las anteras).

La polinización se efectúa colectando anteras maduras y esparciendo el polen sobre el estigma receptivo. El tiempo que el polen permanece viable es muy variable; depende de la especie de que se trate, del ambiente y de otros factores. Por ejemplo:

- a) En altas temperaturas, el polen permanece viable sólo unos minutos (trigo y avena) o unas cuantas horas (de 3 a 4 para el maíz).
- b) En óptimas condiciones el polen puede durar de 6 a 10 días (maíz y caña de azúcar).
- c) El polen de la palma datilera ha permanecido viable hasta por 10 años.

En general, la viabilidad del polen puede conservarse a bajas temperaturas y humedad relativa alta.

Por otra parte, como la floración de la mayoría de las plantas ocurre en la mañana, se procede a recolectar el polen y a efectuar las polinizaciones inmediatamente (maíz), a fin de lograr mayores éxitos; sin embargo, en otras plantas (avena) es mejor por las tardes; en días calurosos y brillantes se tiene también mayor éxito.

En forma experimental, las polinizaciones de la mayoría de las especies se realizan a mano, pero hay algunas en las que se utilizan insectos como polinizadores; por ejemplo, alfalfa y trébol rojo.

Para la formación de híbridos comerciales en grandes volúmenes, se usan lotes aislados donde no haya contaminación de otro polen; tal es el caso del maíz y el sorgo, donde se usa el desespigamiento o las líneas androestériles.

## **6. METODOS DE MEJORAMIENTO GENETICO MAS USADOS EN PAPA (Solanum tuberosum L.) EN MEXICO.**

### **6. 1. HIBRIDACION.**

#### **6. 1. 1. DEFINICION.**

La hibridación es el acto de fecundar gametos femeninos (óvulos) de un individuo con gametos masculinos (espermatozoides) procedentes de otro individuo. También se le denomina cruce. (Chávez A., 1993).

#### **6. 2. 2. CARACTERISTICAS.**

Poehlman (1961), reporta que la hibridación es el método de mejoramiento genético que más se ha empleado, tanto en alógamas como en autógamias, para incrementar la capacidad de rendimiento; y sobre el que más se ha trabajado desde que Shull (1908) lo recomendó como un sistema para explotar la heterosis en la F1 que resulte de la cruce de dos genotipos genéticamente diferentes.

Los cruzamientos en papa pueden hacerse en campo o en invernadero, las condiciones favorables en el campo requieren una temperatura media de unos 18° C y humedad ambiental relativamente alta. Puesto que, de todas maneras los cruzamientos hechos en el campo se pueden perder con relativa facilidad, y generalmente las condiciones de campo no son favorables para que estos cruzamientos tengan éxito, se prefiere hacerlos en el invernadero. (Brauer, 1969).

Los cruzamientos en invernadero pueden hacerse en cualquier época del año. Para realizar los cruzamientos es necesario que las fechas de floración de los progenitores usados en los cruzamientos coincidan lo más posible. (Brauer, 1969).

El objetivo de la hibridación es combinar en una sola variedad los caracteres deseables o ventajosos de dos o más líneas, variedades o especies. En ciertas ocasiones, la recombinación de los factores genéticos conduce a la producción de nuevos caracteres ventajosos, que no se encuentran en ninguno de los padres. (Hayes, 1955).

En la hibridación en papa se pretende obtener una generación F1, que sirva para la obtención de clones a partir de la semilla de esa F1, y para que de esos clones se haga una selección individual de los más sobresalientes, según sea el objetivo del mejoramiento. Los clones sobresalientes resultantes posteriormente se multiplican, y se prueban a nivel comercial, comparándolos con las variedades cultivadas más rendidoras. (Brauer, 1969).

La hibridación en el mejoramiento de plantas de reproducción asexual vegetativa, no sólo trata de aprovechar el vigor híbrido o heterosis presente en algún individuo proveniente del cruzamiento entre dos progenitores, es decir, perteneciente a la F1, sino también la presencia de uno que exhiba algunas características favorables de estos progenitores, es decir una combinación de los dos casos. Como al hacer la selección a través de las sucesivas generaciones clonales el fenotipo sobresaliente no es, sino una conjunción de la heterosis que pudo haberse presentado más la combinación de las características favorables del caso; en realidad la selección es sobre un genotipo como tal, independientemente de que su superioridad se deba a tal proporción de la heterosis o de una combinación favorable de características. Pero, desde luego que, por tratarse de individuos F1, debe existir una proporción apreciable de heterosis. (Márquez S., 1988).

## CRUZAMIENTOS INTERESPECIFICOS.

El cruzamiento entre especies silvestres y variedades cultivadas presenta muchos problemas a los fitomejoradores. (Alonso, 1996).

Las especies silvestres, en la mayoría de los casos son diploides, es decir, que sus células poseen 24 cromosomas repartidos en dos juegos, es decir  $2X = 24$  cromosomas; mientras que las variedades cultivadas son tetraploides, o sea,  $4X = 48$  cromosomas repartidos en 4 juegos. (Alonso, 1996).

Para poder emplear las especies silvestres diploides en los programas de mejoramiento, lo que hacen los fitomejoradores es igualar genéticamente a las variedades cultivadas con las silvestres, es decir, reducirlas a nivel diploide. Lo anterior se obtiene mediante el cruzamiento de una variedad tetraploide tomada como hembra con una especie diploide, tomada como macho. Normalmente, la especie diploide utilizada es Solanum phureja. (Alonso, 1996).

Este cruzamiento provoca el desarrollo partenogenético del óvulo de la variedad tetraploide: el óvulo no es fecundado y por tanto posee cromosomas únicamente de origen materno, lo que da lugar a un individuo que solamente posee la mitad de la dotación de los cromosomas de la variedad tetraploide, o sea,  $2X = 24$  cromosomas. (Alonso, 1996).



Las papas obtenidas de la semilla de este cruzamiento son calificadas de "dihaploides", ya que son haploides de tetraploides, y desde este momento tienen el mismo número de cromosomas que las especies diploides silvestres, siendo ésta la manera posible de cruzar la variedad devuelta a su estado diploide con una especie silvestre diploide seleccionada por sus caracteres interesantes. (Alonso, 1996).

El empleo de este método está abriendo nuevas vías en el mejoramiento de la papa, ya que la estructura diploide permite explorar más rápidamente la variabilidad, y por ello la selección es mucho más fácil. (Alonso, 1996).

Cuando por medio de cruzamientos se llega a obtener un individuo interesante, hace falta devolverlo a su estado tetraploide que, al parecer es el estado al que la papa se encuentra mejor adaptada, ya que entre otras cosas le proporciona mayor vigor y productividad. (Alonso, 1996).

El empleo de especies silvestres para aumentar la base genética, ha llevado a la creación de colecciones de especies y variedades llamadas "bancos de genes o bancos de germoplasma". (Alonso, 1996).

### 6. 1. 3. PROCEDIMIENTO.

Se siembran en el invernadero o en el campo las variedades o selecciones avanzadas que van a usarse como progenitores.

A los progenitores hembra sembrados en el invernadero, se les debe emascular de 4 a 6 yemas florales en cada inflorescencia y se eliminan las yemas florales muy jóvenes, así como las flores que están por abrir. A continuación se muestra la figura No. 7 con la emasculación de la flor de la planta de papa.



FIGURA No. 7. Emasculación de la flor de la planta de papa. (Alonso, 1996).

(CIASSEM, 1970).

Si el método empleado es usar inflorescencias de plantas sembradas en el campo, deben cortarse con una parte de tallo de más o menos 30 centímetros, a los cuales se le deja de 1 a 3 hojas; se hacen manojos de cada progenitor y se colocan en una cubeta que contiene agua con Arazán y antibiótico como aureomicina en polvo. En esta forma son trasladados del campo al invernadero, donde se colocan de 2 a 3 tallos en botellas lecheras o algún recipiente parecido, que previamente han sido llenadas con una suspensión de Arazán 0.5 gramos por litro de agua, más 5 gotas de aureomicina. Una vez colocados los tallos en estas botellas, se procede a emascular de 4 a 6 yemas florales de madurez intermedia, por cada inflorescencia o tallo colocado en la botella.

En esta forma puede realizarse gran cantidad de cruza en un espacio reducido.

Debe hacerse notar que es muy difícil querer llevar a cabo cruzamientos bajo condiciones de campo, pues el viento, la lluvia, el granizo, las aspersiones y otros factores, tumban las flores y frutos tiernos, de tal manera que la cosecha obtenida no compensa el esfuerzo realizado.

(CIASEM, 1970).

Al día siguiente de la emasculación se hacen las polinizaciones, la extracción de las anteras se lleva a cabo con la punta de unas pinzas especiales, pasándola a lo largo del saco polínico, esta operación es más fácil, usando un vibrador eléctrico, construido con un timbre de puerta, al cual se le acondiciona un pedazo de alambre acerado, que es el que por medio de las vibraciones extrae el polen, el cual puede ser colectado en un portaobjeto para su uso inmediato, o en una cápsula de gelatina para almacenarlo en un refrigerador y esperar la floración de las plantas que van a ser usadas como progenitores femeninos. A continuación se muestra la figura No. 8 con la polinización de la flor de la planta de papa.

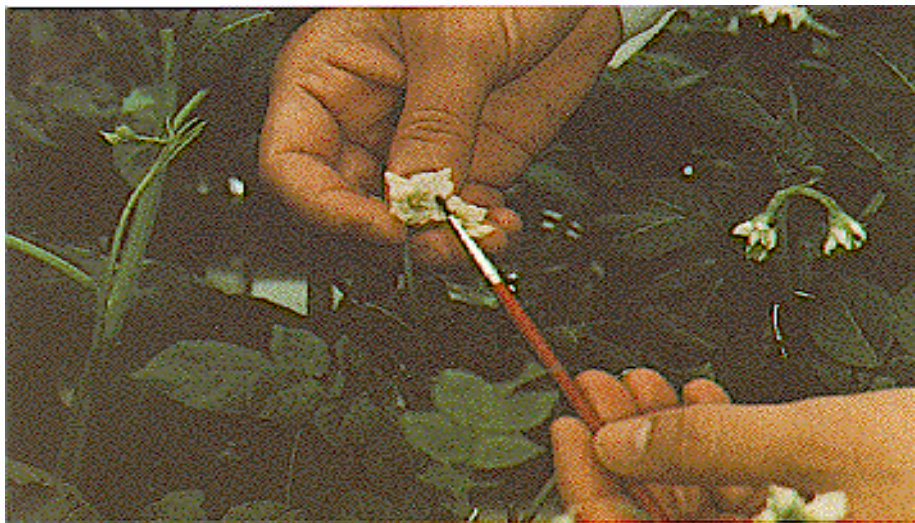


FIGURA No. 8. Polinización de la flor de la planta de papa. (Alonso, 1996).

(CIASEM, 1970).

Una vez colocado el polen del portaobjeto sobre el estigma de la flor femenina, se pone una etiqueta donde se anota la clave o el nombre de la crusa y la fecha. En el nombre de la crusa se incluyen los nombres de los progenitores.

La rama usada como progenitor femenino es capaz de sobrevivir hasta producir frutos en la botella dentro del invernadero, con las mencionadas sustancias en dicha botella.

Después de unos 10 a 15 días, es conveniente proteger los frutos con una bolsa de papel para esperar así a que maduren, y en caso de que caigan algunos, no se pierdan al mezclarse con frutos caídos de otras cruas.

A la bolsa de papel que se coloca sobre los frutos, se le anotan los mismos datos que se anotaron en la etiqueta de cada flor.

La cosecha de frutos puede llevarse a cabo después de mes y medio, se quitan las bolsas y se colocan los frutos cosechados en sus respectivas bolsas. Se ponen las bolsas con los frutos en el sol para que se maduren o ablanden más rápido y se pueden cosechar las semillas.

(CIASSEM, 1970).

La cosecha de semillas de los frutos debe hacerse, cortando éstos en forma transversal y exprimiendo las mitades en agua con jabón. Las semillas se lavan y decantan 2 o 3 veces, y enseguida se enjuagan con agua limpia, hasta que las semillas pierdan la sustancia mucilaginosa que las cubre. A continuación se muestra la figura No. 9 con el fruto obtenido de la hibridación de la papa mostrando las semillas.

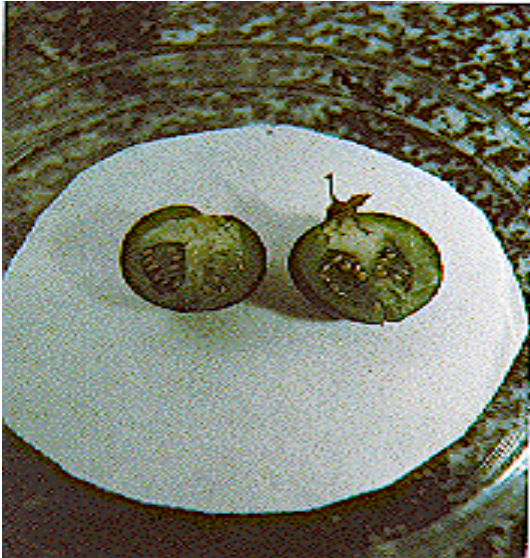


FIGURA No. 9. Fruto obtenido de la hibridación de la papa mostrando las semillas. (Alonso, 1996).

(CIASEM, 1970).

Una vez limpias las semillas, se extienden en un papel secante donde se anota el número de flores, el número de frutos cosechados y por supuesto los progenitores que intervinieron en la cruce; se ponen a secar al sol o en una estufa para mayor rapidez.

Cuando las semillas están secas, aproximadamente de 2 a 3 días en el sol, se colocan en sobres en los cuales se ponen las mismas anotaciones del papel secante.

Posteriormente, se juntan todos los sobres que pertenecen a la misma cruce en un solo sobre y se cuenta el número de semillas de cada cruce y se le anotan los progenitores que intervinieron en la cruce, y el número de semillas de esa cruce. (CIASEM, 1970).

#### 6. 1. 4. RESULTADOS ESPERADOS.

Lo que se espera obtener de la hibridación en la papa es plantas F1 con características favorables provenientes de los dos progenitores utilizados en el cruzamiento. También se espera una recombinación de factores genéticos que nos produzcan nuevos caracteres favorables en los individuos F1, que no se encuentren en ninguno de los progenitores. (Márquez S., 1988).

## 6. 2. SELECCION INDIVIDUAL.

### 6. 2. 1. DEFINICION.

Este método consiste en identificar y separar, entre otros muchos, un individuo sobresaliente con base en los valores fenotípicos que se deseen seleccionar. (Chávez A., 1993).

### 6. 2. 2. CARACTERISTICAS.

La selección es uno de los procedimientos de mejoramiento más antiguo y constituye la base de todo mejoramiento de plantas. La selección sólo actúa sobre diferencias heredables. La selección no crea variabilidad, sino que actúa sobre la ya existente. (Márquez S., 1988).

La selección individual es un sistema de selección eficaz en plantas autógamas, cuando se parte de una población variable. (Márquez S., 1988).

La selección individual tiene su principal aplicación en la mejora inmediata de la especie, mientras se emprenden y se llevan a cabo programas de mejoramiento genético a largo plazo. (Márquez S., 1988).



En papa, la selección individual, primero es una selección hecha en plantas provenientes de semilla verdadera; obtenida de los cruzamientos. Después dicha selección se realiza en clones provenientes de los tubérculos obtenidos de esa primera selección. Es decir, que la primera selección individual que se hace, es una selección individual de plantas provenientes de semilla verdadera, las siguientes selecciones individuales son clonales. (Márquez S., 1988).

### 6. 2. 3. PROCEDIMIENTO.

Después de que se obtiene la semilla F1 de los cruzamientos y esta lista para sembrarse, se siembra en almácigos en el invernadero.

Generalmente germinan entre los 8 a 15 días de haberse sembrado, esto después de haber pasado su período de latencia, que es de 1 a 2 meses.

En el transcurso de 2 a 3 meses, se podrá empezar la cosecha de los tubérculos producidos por las semillas verdaderas.

Dichos tubérculos cosechados pertenecen sólo a las plantas que han sido seleccionadas como sobresalientes. (CIASEM, 1970).

Los pequeños tubérculos que se cosechan son guardados en bolsas que se numeran con la clave de la cruce, y en número progresivo hasta terminar con la progenie de la cruce correspondiente.

Las bolsas que contienen los estos tubérculos, se acomodarán en cajas de cartón o de madera, quedando guardados y acomodados por unos meses hasta que empiecen a brotar las pequeñas yemas vegetativas.

Después de la brotación se procederá a sembrarlos en el campo, seleccionando cada tubérculo como clon, en compañía de plantas testigo, dependiendo del objetivo de selección; si es para resistencia a tizón tardío, etc. La cantidad de plantas por surco dependerá de la cantidad de tubérculos que se tengan.



FIGURA No. 10. Prueba en campo de los clones obtenidos. (Alonso, 1996).

Se hacen posteriormente las selecciones de los clones que sean sobresalientes de acuerdo con el objetivo de selección, dicha selección es la primera selección clonal o selección clonal de primer año.

Se cosechan los tubérculos de las plantas seleccionadas y se guardan en cajas germinadoras con una etiqueta que contenga por supuesto su genealogía. Dichas cajas serán colocadas en una bodega a temperatura ambiente, hasta que empiecen a brotar.

Después de haber colocado las cajas con los tubérculos en la bodega, pasadas una o dos semanas, se hace una limpia de las papas que estén podridas.

Antes de realizar la siembra, se hace una minuciosa revisión del material a sembrar, en esta revisión se descartan o se desechan todas aquellos tubérculos que no hayan brotado, o que presenten un brote muy delgado.

Se hace la segunda selección clonal o selección clonal de segundo año. Se cosechan los tubérculos de las plantas seleccionadas, y se les da el manejo que antes se mencionó, hasta llegar a la siembra del tercer año de prueba.

(CIASEM, 1970).

En este tercer año de prueba en el campo del material seleccionado hasta el momento, se presupone que ya se tiene suficiente tubérculo para sembrar parcelas de 3 surcos de 25 plantas cada uno; y en este tercer año de prueba es cuando se compara el material obtenido hasta ese momento con el material más avanzado que se tenga cultivado comercialmente.

Posteriormente de esa comparación del material obtenido hasta la segunda selección clonal y el material más avanzado cultivado comercialmente, si algún clon resulta mejor o igual que el material más avanzado, se incrementa para probarse en forma comercial en ensayos preliminares antes de salir al mercado como una nueva variedad. (CIASEM, 1970).

#### 6. 2. 4. RESULTADOS ESPERADOS.

Se espera obtener individuos sobresalientes identificados como tales, a través de varias selecciones, para que posteriormente se lleguen a considerar como una nueva variedad y se prueben a nivel comercial comparándolos con las variedades cultivadas más rendidoras. (Chávez A., 1993).

## 6. 3. RETROCRUZA.

### 6. 3. 1. DEFINICION.

Es aquella cruce en la cual la F1 se cruce con cualquiera de sus progenitores. (Chávez A., 1993).

### 6. 3. 2. CARACTERISTICAS.

Este método de mejoramiento se utiliza como tal cuando se pretende incorporar a una variedad ya establecida una característica deseable que, obviamente, carece de ella. (Márquez S., 1988).

Lo más común es incorporar características de resistencia a factores adversos de la producción como son las enfermedades y plagas, la sequía, las heladas, el viento, la salinidad; o bien algunos caracteres de importancia cuantitativa. (Márquez S., 1988).

El progenitor recurrente es la variedad a la que se le quiere incorporar el carácter favorable y el progenitor donante es la variedad de donde se tomará ese carácter deseado. (Márquez S., 1988).

En las autógamias, con la retrocruza no se trata de ir mejorando gradualmente la población, como en la selección de pedigrí, la individual o la selección de familias masivas, a través de la selección de líneas segregantes de mayor rendimiento (o que hayan conjuntado más efectos génicos aditivos y no aditivos favorables), puesto que la población ya es una variedad mejorada, la selección se realiza para recuperar su genotipo y para incorporar el carácter deseado. (Márquez S., 1988).

De hecho el mejoramiento por retrocruza, es la recuperación del genotipo de la variedad o progenitor recurrente, y se va logrando a través de los sucesivos retrocruzamientos, pues éstos tienen por objeto recuperar o recobrar genes de dicha variedad. (Márquez S., 1988).

### 6. 3. 3. PROCEDIMIENTO.

El procedimiento es el mismo que el de la hibridación, con la diferencia de que los progenitores en la retrocruza están emparentados. (Chávez A., 1993).

Se harán retrocruzas, hasta que el carácter que queremos incorporar a dicha variedad, sea incorporado, sin que cambien los demás caracteres favorables de esa variedad. (Márquez S., 1988).

En la primera cruce del programa de retrocruzas, los progenitores todavía no están emparentados, sino a partir de la retrocruza número 1. En la primera cruce los dos progenitores proceden de semilla vegetativa; y en las retrocruzas siguientes el progenitor donante procederá de semilla vegetativa, mientras que el progenitor recurrente procederá de semilla verdadera o botánica. (Márquez S., 1988).

#### 6. 3. 4. RESULTADOS ESPERADOS.

Lo que se espera obtener de un programa de mejoramiento por retrocruzas es una variedad sobresaliente, con un carácter incorporado, que le proporcione características favorables. Es decir, que el carácter que se quiera incorporar a una variedad, sea incorporado a dicha variedad, permanezca estable y no afecte a los demás caracteres favorables de esa variedad. (Márquez S., 1988).

## **CONCLUSIONES.**

La papa es una de las hortalizas con mayor impacto en México, de ahí la importancia de su mejoramiento genético.

En nuestro país, los métodos de mejoramiento genético más usados son: la hibridación, la selección individual y la retrocruza.

La hibridación de la papa es importante, debido a que se obtiene mucha variabilidad en la F1, debido a la gran segregación de dicha hortaliza, por lo cual se puede decir, que hay mucho de donde seleccionar material. La hibridación es el método inicial de un mejoramiento a largo plazo.

La selección individual en papa es indispensable para llegar a tener material sobresaliente, y se dice que es la base de todo método de mejoramiento genético.

La retrocruza en papa es utilizada principalmente para el mejoramiento para resistencia a factores adversos o desfavorables.



Por lo que concluimos que el mejoramiento genético para este cultivo debe ser mayor en nuestro país, con la finalidad de tratar de obtener materiales que puedan sobresalir más que los materiales con los que se cuenta actualmente.

## **GLOSARIO.**

**Actinomorfa.** Es el tipo de flor que presenta simetría radial.

**Alelo.** Es cada una de las formas alternativas de un gene que se halla en el mismo locus en cromosomas homólogos.

**Alopoliploide.** Línea o grupo de individuos en los cuales se han cambiado uno o más pares cromosómicos por un número equivalente de pares de otra especie.

**Androesterilidad.** O esterilidad masculina, se da cuando los órganos reproductores masculinos de las plantas se encuentran mal desarrollados o abortados de tal manera que no se forma polen viable.

**Aneuploide.** Organismo cuyo número de cromosomas somático no es múltiplo del número haploide.

**Apomixis.** Reproducción en la cual toman parte órganos sexuales o estructuras afines pero no se da la fecundación, de tal forma que la semilla resultante se produce vegetativamente.

**Asinapsis.** Falta de apareamiento de los cromosomas homólogos durante la meiosis.

**Autoesterilidad.** Las plantas autoestériles son aquellas en las que, a pesar de ser hermafroditas, la autofecundación no se lleva a cabo; debido a causas morfológicas como: estilos más largos que los estambres o estambres más largos que los estilos, a causas fisiológicas como diferentes fechas de maduración de los gametos o genéticas como la dioecia o fecundación cruzada.

**Autogamia o Autofecundación.** Es la fecundación de los óvulos de una planta con polen de la misma planta.

**Autopoliploide.** Es un poliploide en el que los juegos múltiples de cromosomas se han derivado de un mismo origen filogenético.

**Base Genética.** Son las diferentes características que posee una especie, variedad o población.

**Carácter.** Es un término que se usa para designar cualquier forma, función o rasgo de un organismo.

**Carácter Adquirido.** Es una modificación de la estructura o reacción de un organismo causada por la influencia del medio ecológico o del entrenamiento durante su desarrollo. No es heredable.

**Carácter Cualitativo.** O carácter oligogénico. Es el que presenta una herencia discontinua, cuyos diferentes fenotipos pueden reconocerse sin necesidad de medirlos. Generalmente son poco modificables por factores ambientales.

**Carácter Cuantitativo.** Es aquel en que la clasificación de los fenotipos requiere determinarse mediante alguna forma de medida. La herencia es continua en combinación con la influencia ambiental y sigue la curva de distribución normal. Dicha herencia es causada por varios pares de genes.

**Célula somática.** Se refiere a los tejidos del cuerpo; tienen dos series de cromosomas, una proviene del progenitor masculino y otra del femenino.

**Célula vegetativa.** O germinal. Es una célula capaz de reproducirse, o de participar en la reproducción. Es la célula que al madurar es capaz de ser fecundada y reproducir así a un organismo completo.

**Cigote.** Es la célula que se origina de la fusión de dos células sexuales.

**Citología.** Es la ciencia que estudia la estructura y las funciones de la célula.

**Clon.** Es un grupo de individuos que pueden reconocerse como descendientes de un solo cigote a través de reproducciones asexuales. En general se supone que tales individuos llevan genotipos idénticos. Sin embargo, puede presentarse variación por mutaciones o distribución desigual de los cromosomas en la reproducción vegetativa.

**Cromosoma Homólogo.** Son los que ocurren en pares y son generalmente similares en tamaño y forma; uno proviene del progenitor masculino y el otro del femenino.

**Cromosoma no Homólogo.** Son los que no ocurren en pares y son diferentes en tamaño y forma.

**Cruzamiento.** Sinónimo de hibridación. La hibridación es el proceso de cruzar plantas de constitución hereditaria desigual, que produce por consiguiente una progenie F1 heterocigótica para los genes en que difieren los progenitores.

**Dihaploide.** O diploide funcional. Especie o grupo de individuos aloploidos cuyos cromosomas se distribuyen en la meiosis normalmente y en el que la segregación se ajusta a las relaciones que se esperan de un diploide. Individuo obtenido del cruzamiento de una variedad tetraploide y una variedad diploide. Y es un haploide de un tetraploide.

**Diploide.** Es el organismo cuyas células somáticas llevan dos veces el número básico de cromosomas.

**Endogamia.** Es el sistema de aparear plantas emparentadas entre sí. Su efecto genético es el aumento de la homocigosis, que da por resultado final la producción de una línea pura.

**Endógeno.** Se dice que es lo que está o se sitúa dentro de. Ejemplo: el endospermo de un fruto es un tejido que se encuentra dentro del fruto.

**Especie Tuberífera.** Es la especie que desarrolla órganos de reserva en la parte radical de la planta, y que dichos órganos son llamados tubérculos.

**Estabilidad.** Es la propiedad de un individuo de mantener sus características de todo tipo, por varias o muchas generaciones.

**Euploide.** Organismo o célula que cuenta con un número de cromosomas múltiplo del número haploide o monoploide.

**Fenotipo.** Carácter visible de un individuo, sin considerar su naturaleza genética. Los individuos de igual fenotipo son aparentemente iguales, pero pueden comportarse en forma distinta, bajo el punto de vista hereditario.

**Fitocromo.** Es un pigmento fotosintético receptor de la luz involucrado en la respuesta al desarrollo de la planta.

**Fitogenética.** Estudio de la genética de los vegetales, especialmente de la aplicada al mejoramiento de plantas cultivadas.

**Fotoperíodo.** Es la influencia de la duración y la frecuencia de la luz solar sobre el crecimiento de la planta.

**Gameto.** Es una célula reproductiva de cualquier sexo.

**Genética.** Es la ciencia que estudia la herencia de los organismos y su variación entre ellos.

**Genomio.** Es un juego completo de cromosomas que se hereda en forma de unidad proveniente de un solo progenitor diploide.

**Genotipo.** Es la constitución hereditaria completa de un organismo expresada como latente. Comprende, por lo tanto, todos los genes localizados en los cromosomas y los factores de herencia citoplásmica.

**Giberelina.** Es una hormona vegetal de crecimiento.

**Herencia.** Semejanza entre individuos con los mismos ascendientes; transmisión de características de los progenitores a su descendencia.

**Herencia Poligénica.** Es la que está determinada por muchos pares de genes que tienen efectos individuales pequeños.

**Hermafrodita.** Es la flor que tiene los sexos masculino y femenino en la misma flor; también se le llama flor perfecta, bisexual o monoclina.

**Heterocigote.** Un organismo híbrido con respecto a cualquier par o pares de alelos, es decir, que lleva dos formas diferentes del mismo gene.

**Heterosis.** Es el vigor híbrido tal que un híbrido F1 cae fuera del intervalo de sus progenitores con respecto a uno o varios caracteres.

**Hibridación Artificial.** Es el cruzamiento de dos individuos en forma inducida o manipulada por el hombre.

**Hibridación Natural.** Es el cruzamiento de dos individuos en forma natural, ya sea por insectos, por el viento, etc. Aquí no interviene el hombre.

**Híbrido.** Es la progenie F1 de progenitores homocigóticos que difieren en uno o más genes.

**Homocigote.** Organismo cuyos padres han aportado genes similares para algún carácter heredado y cuyos gametos son por consiguiente todos iguales con respecto a los genes que determinan ese carácter.

**Incompatibilidad.** Es la incapacidad de las plantas con polen y óvulos normales para producir semillas, debido a algún impedimento fisiológico, morfológico o genético que evita la fecundación.

**Individuo Monosómico.** Es el individuo al que le falta un cromosoma de un par. Fórmula:  $2X - 1$ .

**Individuo Tetrasómico.** Es el individuo que tiene dos juegos completos de cromosomas más dos cromosomas extra de una sola clase. Fórmula:  $2X + 2$ .

**Individuo Trisómico.** Es el individuo que tiene dos juegos completos de cromosomas más un cromosoma extra de una sola clase. Fórmula:  $2X + 1$ .

**Latencia.** Es el período temporal de la semilla en el cual no hay crecimiento, por estar en condiciones desfavorables.

**Línea Pura.** Individuos que descienden de un solo individuo autógeno. Raza homocigótica en todos los loci, obtenido generalmente por medio de sucesivas autofecundaciones.

**Longevidad.** Es el tiempo que dura una semilla viable después de ser cosechada.



**Microsporogénesis.** Es el proceso mediante el cual se forman las esporas reproductivas masculinas, llamadas granos de polen.

**Megasporogénesis.** Es el proceso de formación de las células reproductivas femeninas, llamadas sacos embrionarios.

**Meristemo.** Es la parte de la planta que se encuentra en crecimiento, o sea, con divisiones celulares.

**Pentámera.** Es el término que se usa para designar a una flor con 5 pétalos.

**Periantio.** Es el término que se usa para designar a la corola y el cáliz de una flor juntos.

**Ploidía.** Es el número de cromosomas que tiene una determinada especie.

**Poliploide.** Organismo con un número de juegos de cromosomas distinto de los dos juegos básicos.

**Potencial Genético.** Es la capacidad de una especie de presentar características favorables en ambientes desfavorables.

**Propagación.** Es el acto de multiplicar el número de individuos de una especie.

**Segregación.** Es la separación de los cromosomas paternos y maternos en la meiosis y la consecuente separación de los alelos y sus diferencias fenotípicas, como se observa en la progenie.

**Selección.** Es el acto de escoger individuos que posean ciertos caracteres o cierto grado de un mismo carácter en común dentro de una población mezclada, para perpetuarlos por su reproducción.

**Singamia.** Es la unión de los gametos masculino y femenino en la fecundación.

**Solapar.** Es cuando un individuo se desarrolla, dependiendo en cierta parte del desarrollo de otro, y viceversa.

**Tetraploide.** Organismo cuyas células contienen 4 series o juegos haploides ( $4n$ ) de cromosomas o genomas.

**Variabilidad.** La capacidad genotípica de una especie, de una población o de una progenie, para desarrollar diferentes genotipos.

**Variación.** En biología, es la aparición de diferencias entre los individuos de la misma especie.

**Variación Continua.** Es aquella que presenta continuidad de los efectos que determinan el fenotipo de cualquier individuo. Esta variación puede ser medida porque se presenta en los caracteres cuantitativos o métricos. Estos caracteres son controlados por muchos pares de genes menores.

**Variación discontinua.** Es aquella que presenta discontinuidad de los efectos que determinan el fenotipo de los individuos. No necesitan ser medidos para determinarlos. Esta variación se presenta generalmente en los caracteres cualitativos, los cuales son controlados por genes mayores (uno o cuando mucho dos pares de genes dominantes).

## **BIBLIOGRAFIA.**

### **LIBROS.**

Allard, R. W. 1967. Principios de la Mejora Genética de las Plantas. 1ª. Edición. Ed. Omega. España.

Alonso, F. 1996. El Cultivo de la Patata. 1ª. Edición. Ed. Ediciones Mundiprensa. España.

ASERCA. 1998. Claridades Agropecuarias. Ed. No. 57. Ed. ASERCA. México.

Bailey, L. H. 1917. Plant Breeding. 1ª. Edición. Ed. The McMillian Company. USA.

Baker, R. J. 1986. Selection Indices in Plant . 1ª. Edición. Ed. CRC Press. USA.

Braver H., Oscar. 1969. Fitogenética Aplicada. 1ª. Edición. Ed. Limusa. México.

Briggs, F. N. & Knowles, P. F. 1977. Introduction to Plant Breeding. 1ª. Edición. Ed. Reinhold Publishing Corporation. USA.

Chávez A., J. L. 1993. Mejoramiento de Plantas 1. 2ª. Edición. Ed. Trillas. México.

- Christiansen, M. N. & Lewis, C. F. 1987. Mejoramiento de Plantas en Ambientes Poco Favorables. 1ª. Edición. Ed. Limusa. México.
- CIASEM. 1970. (Centro de Investigaciones Agropecuarias Santa Elena México). México.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1982. Memorias sobre el Primer Taller Latinoamericano sobre el Intercambio de Germoplasma de Papa y Yuca. Ed. CIAT. Colombia.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 1979. Production of Potato from True Seed. Ed. CIP. Filipinas.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 1992. Annual Report. Ed. CIP. Perú.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). 1993. Annual Report. Ed. CIP. Perú.
- Cullen, J. C. & Wilson, A. R. 1971. Producción Comercial de Patatas y su Almacenamiento. 1ª. Edición. Ed. Acribia. España.
- De La Loma, J. L. 1963. Genética General y Aplicada. 1ª. Edición. Ed. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana. México.
- Elliot, F. C. 1958. Plant Breeding and Citogenetics. 1ª. Edición. Ed. McGraw-Hill Book Company. USA.
- Fabiani, L. 1967. La Patata. 1ª. Edición. Ed. Aedos. España.

- Frederick, R. J.; Virgin, I. & Linarte, E. 1995. Riesgos Ambientales de las Plantas Transgénicas en Centros de Diversidad. La Papa como Modelo. (Memorias del Taller Regional). Ed. Stockholm Environment Institute.
- Gardner, E. J. 1980. Principios de Genética. 5ª. Edición. Ed. Limusa. México.
- Hagedoorn, A. L. 1950. Plant Breeding. 1ª. Edición. Ed. Crosby Lockwood & Son Ltd. Inglaterra.
- Harris, P. M. 1978. The Potato Crop. 1ª. Edición. Ed. Chapman & Hall. Inglaterra.
- Hayes, H. K. & Immer, F. R. 1955. Métodos Fitotécnicos. 1ª. Edición. Ed. Continental. México.
- Herskowits, I. H. 1970. Genética. 1ª. Edición. Ed. Compañía Editorial Continental. México.
- Janick, J. 1992. Horticultural Reviews. Vol. 14. Ed. John Wiley & Sons. USA.
- Jellis, G. J. & Richardson, D. E. 1987. The Production of New Potato Varieties. 1ª. Edición. Ed. Cambridge University Press. Inglaterra.
- Lawrence, W. J. C. 1971. Plant Breeding. 1ª. Edición. Ed. Edward Arnold. Inglaterra.
- Levine, R.P. 1972. Genética. 1ª. Edición. Ed. Compañía Editorial Continental. México.

- Lewin, B. 1990. Genes IV. 1ª. Edición. Ed. Oxford University Press. USA.
- Li, P. H. 1985. Potato Physiology. 1ª. Edición. Ed. Academic Press. USA.
- Libner, N. I. 1989. Vegetable Production. 1ª. Edición. Ed. Van Nostrand Reinhold. USA.
- Lorenz, O. A. & Maynard, D. N. 1988. Handbook for Vegetable Growers. 3ª. Edición. Ed. John Wiley & Sons. USA.
- Márquez, S. F. Genotecnia Vegetal. 1985. 1ª. Edición. Tomo 1.; 1988. 1ª. Edición. Tomo 2.; 1991. 1ª. Edición. Tomo 3. Ed. AGT Editor. México.
- Mayo, O. 1980. The Teory of Plant Breeding. 1ª. Edición. Ed. The Pitman Press. Inglaterra.
- Messiaen, C. M. 1979. Las Hortalizas. 1ª. Edición. Ed. Yolva. México.
- Montaldo, A. 1984. Cultivo y Mejoramiento de la Papa. 1ª. Edición. Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica.
- Peirce, L. C. 1987. Vegetables (Characteristics, Production and Marketing). 1ª. Edición. Ed. John Wiley & Sons. USA.
- Preece, J. E. & Read, P. E. 1993. The biology of Horticulture. 1ª. Edición. Ed. John Wiley & Sons. USA.

- Robles S., R. 1986. Genética elemental y fitomejoramiento práctico. 1ª. Edición. Ed. Limusa. México.
- Salunkhe, D. K. & Desai, B. B. 1984. Postharvest Biotechnology of Vegetables. 1ª. Edición. Ed. CRC Press. USA.
- SEP (Secretaría de Educación Pública). Papas (Manuales para la Educación Agropecuaria. 1ª. Edición. Ed. Trillas. México.
- Sinnott, E. W.; Dunn, L. C. & Dobzhansky, T. 1975. Principios de Genética. 6ª. Edición. Ed. Omega. España.
- Sneep, J.; Hendriksen, J. T. & Holbek, O. 1979. Plant Breeding Perspectives. 1ª. Edición. Ed. Center for Agricultural Publishing and Documentation. Holanda.
- UAAAN. 1997. Memorias del Foro de Investigación en el Cultivo de la Papa. Ed. UAAAN. México.
- UAAAN, CONACYT y APPS (Asociación de Pequeños Productores de Saltillo). 1986. Reunión sobre Investigación y Análisis de la Problemática de la Papa. Ed. UAAAN. México.
- Ware, G. W. & McCollum, J. P. 1968. Producing Vegetable Crops. 1ª. Edición. Ed. The Interstate Printers & Publishers. USA.
- Winchester, A. M. 1976. Genética. 1ª. Edición. Ed. Compañía Editorial Continental. México.

## TESIS.

- Aguirre G., C. A. 1960. Obtención de variedades de papa (Solanum tuberosum L.) resistentes al tizón temprano (Alternaria solani) en la región de Navidad, N. L. UAAAN. México.
- Almonte A., J. 1991. Respuesta de genotipos de papa (S. t. L.) a fertilización bajo condiciones de riego y temporal. UAAAN. México.
- Álvarez M., D. 1997. Evaluación del clon UAAAN 1 de papa (S. t. L.) para rendimiento en Galeana, N. L. y Huachichil, Arteaga, Coahuila. UAAAN. México.
- Anaya V., V. 1995. Efecto de la intensidad lumínica y medios de cultivo *in vitro* de plantas libres de virus de 3 genotipos de papa (S. t. L.). UAAAN. México.
- Arce G., L. 1997. Producción de minitubérculos de papa (S. t. L.) en campo utilizando 4 variedades y 4 tamaños. UAAAN. México.
- Báez P., M. 1983. La papa (S. t. L.). UAAAN. México.
- Blanco S., S. A. 1987. Ensayo de rendimiento y adaptación de 5 clones avanzados y 2 variedades de papa (S. t. L.) en la región de Navidad, N. L.
- Cárdenas De L., M. E. 1989. Embriogénesis somática en papa (S. t. L.). UAAAN. México.



- Chávez C., C. A. Ensayo de adaptación y rendimiento de 2 clones avanzados de papa (S. t. L.) en la región de Navidad, N. L. UAAAN. México.
- Chávez T., V. H. 1995. Erradicación de agentes vírales de genotipos de papa (S. t. L.) por medio de cultivo *in vitro* de meristemas. UAAAN. México.
- Delgado S., S. 1958. Estudio sobre selecciones de papa (S. t. L.) resistentes al tizón tardío (Phytophthora infestans) en el Valle de Toluca, Estado de México. UAAAN. México.
- Díaz V., O. R. 1989. Efectos del Biozyme TS y Biozyme TF sobre la absorción de N, P, K, rendimiento y calidad de tubérculo en el cultivo de la papa (S. t. L.) variedad Alpha. UAAAN. México.
- Elachkar H., J. S. 1990. Evaluación de 3 genotipos de papa (S. t. L.) por el método de correlaciones y análisis de componentes principales en diferentes localidades en el Sur de Coahuila y N. L. UAAAN. México.
- Enríquez A., E. 1998. El cultivo de la papa (S. t. L.) y sus principales plagas y enfermedades. UAAAN. México.
- Flores G., F. X. 1995. Estabilidad del rendimiento de clones experimentales de papa (S. t. L.) en diferentes áreas productoras de México. UAAAN. México.
- Frías S., J. E. 1986. Morfología, anatomía y bioquímica de la tuberización en papa (S. t. L.) variedad Alpha. UAAAN. México.

- García de la F., J. L. 1986. Efecto de la poda floral sobre la producción y calidad del tubérculo de papa (S. t. L.) variedad Alpha. UAAAN. México.
- García G., E. 1997. Evaluación de 19 clones de papa (S. t. L.) en el Ejido El Poleo, Huachichil, Arteaga, Coahuila. UAAAN. México.
- Garza P., F. 1992. Clasificación de los componentes del rendimiento en 23 clones de papa (S. t. L.) del banco de germoplasma de la UAAAN. UAAAN. México.
- Godines P., M. 1987. Ensayo de adaptación y rendimiento de 10 clones y 2 variedades de papa (S. t. L.) en la región de Derramadero, Coah. UAAAN. México.
- Gómez F., J. A. 1982. Pruebas de adaptación y rendimiento de 5 selecciones de papa (S. t. L.) en la región del Rancho Loa Angeles, Saltillo, Coah. UAAAN. México.
- González F., J. A. 1997. Evaluación de clones de papa (S. t. L.) para rendimiento en la región del Huachichil, Arteaga, Coah. UAAAN. México.
- González G., P. 1996. Evaluación de 3 variedades holandesas de papa (S. t. L.) de ciclo corto en la región de Derramadero, Saltillo, Coah. UAAAN. México.
- González S., S. H. 1990. Análisis de crecimiento de 2 genotipos de papa (S. t. L.) cultivados bajo diferentes dosis de fertilización. UAAAN. México.

- Gutiérrez J., J. 1953. Adaptabilidad y rendimiento de 5 variedades de papa (S. t. L.). UAAAN. México.
- Gutiérrez V., M. A. 1974. Descripción del método de obtención de variedades de papa (S. t. L.) resistentes al tizón tardío (Phytophthora infestans). UAAAN. México.
- Hernández M., E. 1991. Parámetros de estabilidad e interacción genotipo-ambiente en 2 clones avanzados de papa (S. t. L.) y una variedad. UAAAN. México.
- Hernández S., A. E. 1987. Ensayo de adaptación y rendimiento de 2 clones avanzados de papa (S. t. L.) en la región de Emiliano Zapata, Arteaga, Coah. UAAAN. México.
- Huerta B., C. 1997. Evaluación de 17 clones de papa (S. t. L.) en la región de Huachichil, Arteaga, Coah. UAAAN. México.
- Ibarra M., G. De J. 1991. Ensayo de rendimiento y sus componentes y correlaciones en ciertas líneas del banco de germoplasma en papa (S. t. L.). UAAAN. México.
- López A., R. M. 1985. Ensayo de rendimiento de 22 clones de papa (S. t. L.) en la región de Arteaga, Coah. UAAAN. México.
- Lozano C., C. J. 1996. Efecto de la preaclimatación de microplantas de papa (S. t. L.) sobre la producción de minitubérculos en invernadero. UAAAN. México.

- Lozoya P., J. A. 1971. Obtención de selecciones de papa para fines industriales mediante pruebas de selección, adaptación y rendimiento en varias áreas de México. UAAAN. México.
- Macias V., L. M. 1992. Potencial de adaptación en dos especies de papita huera (Solanum cardiophyllum L. X S. ehrenbergii L.) en las zonas semiáridas de la República Mexicana. UAAAN. México.
- Mata H., O. 1998. Evaluación del clon UAAAN 1 y 3 variedades de papa (S. t. L.) para rendimiento en la región de Villa de Juárez, N. L. UAAAN. México.
- Mier H., A. 1986. Prueba de comportamiento de 10 clones avanzados de papa (S. t. L.) en las regiones de Derramadero, Coahuila y Navidad, N. L. UAAAN. México.
- Molinari E., U. O. 1991. Variabilidad para rendimiento y sus componentes en papa (S. t. L.) bajo condiciones de riego. UAAAN. México.
- Pérez F., G. 1958. Adaptación de variedades de papa (S. t. L.) en la región de Navidad, N. L. UAAAN. México.
- Pérez L., M. L. 1985. Prueba de comportamiento de 61 clones experimentales de papa (S. t. L.) en la región de Arteaga, Coah. UAAAN. México.
- Pérez P., S. 1995. Micropropagación de la papa. Efecto de citocininas, tipos de explantes y densidad de siembra. UAAAN. México.

- Rangel A., M. R. 1987. El cultivo de la papa y su mejoramiento genético. UAAAN. México.
- Rodríguez G., J. R. 1997. Evaluación para rendimiento de 19 clones de papa (S. t. L.) en la localidad de Huachichil, Arteaga, Coah. UAAAN. México.
- Rodríguez H., R. 1986. Selección de genotipos de papa (S. t. L.) tolerantes al nematodo dorado (Globodera rostochiensis) . UAAAN. México.
- Romero M., 1992. J. Análisis de rendimiento y sus componentes y caracterización del sistema radical en introducciones de papa (S. t. L.) bajo temporal. UAAAN. México.
- Salinas A., I. 1997. Propagación de esquejes y multiplicación de minitubérculos de papa (S. t. L.) para la producción de tubérculo-semilla bajo condiciones de invernadero y campo. UAAAN. México.
- Salinas T., R. 1997. Evaluación de genotipos de papa (S. t. L.) para resistencia a tizón tardío (Phytophthora infestans) y sus características agronómicas en Emiliano Zapata, Arteaga, Coah. UAAAN. México.
- Suárez F., C. I. Obtención de los valores de ACG y ACE en materiales genéticos de papa (S. t. L.). UAAAN. México.
- Valenciano H., C. 1997. Evaluación de 20 clones de papa (S. t. L.) para rendimiento en la región de Huachichil, Arteaga, Coah. UAAAN. México.

Vázquez S., J. A. 1996. Selección de genotipos de papa (S. t. L.) resistentes al tizón temprano (Alternaria solani). UAAAN. México.