

PRODUCCION DE SEMILLA TUBERCULO DE PAPA  
(*Solanum tuberosum* L.) MEDIANTE TECNICAS  
DE LA MULTIPLICACION ACELERADA Y  
MINITUBERCULOS BAJO CONDICIONES DE CAMPO



BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONATO  
BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

MIGUEL ANGEL FLORES VALDES

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



**Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro**

**PROGRAMA DE GRADUADOS**

Buenavista, Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1999

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**SUBDIRECCION DE POSTGRADO**

**PRODUCCION DE SEMILLA - TUBERCULO DE PAPA (*Solanum tuberosum*  
L.) MEDIANTE TECNICAS DE LA MULTIPLICACION ACELERADA Y  
MINITUBERCULOS BAJO CONDICIONES DE CAMPO**

**TESIS**

**POR**

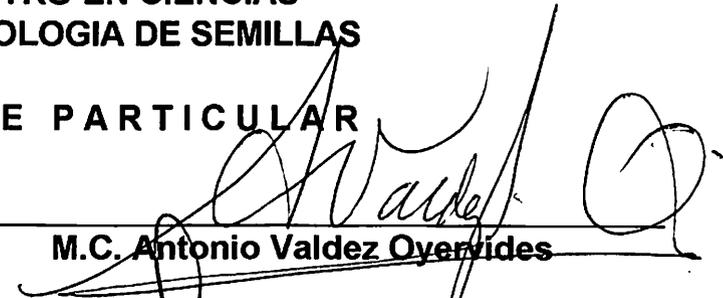
**MIGUEL ANGEL FLORES VALDES**

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y  
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:**

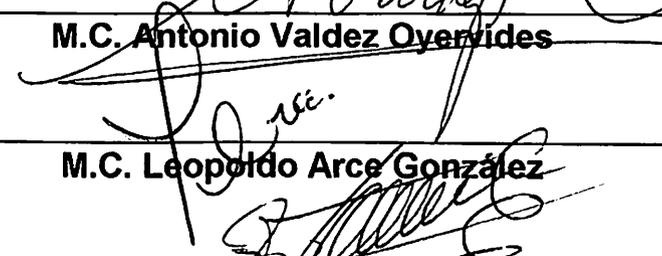
**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS**

**COMITE PARTICULAR**

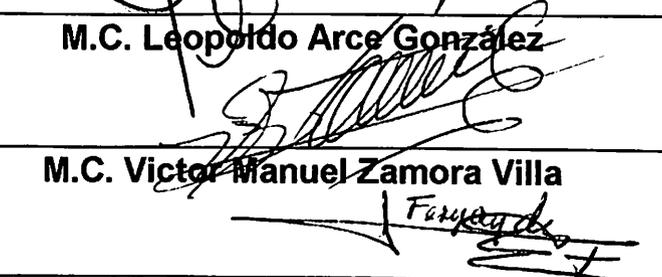
**Asesor Principal:**

  
M.C. Antonio Valdez Oyervides

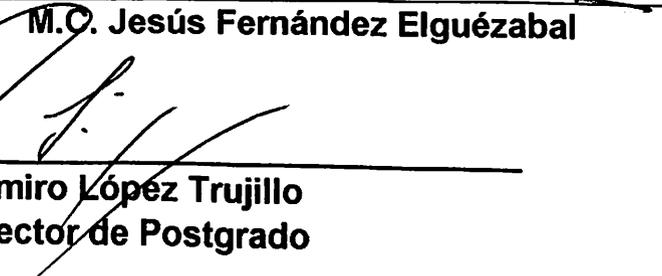
**Asesor:**

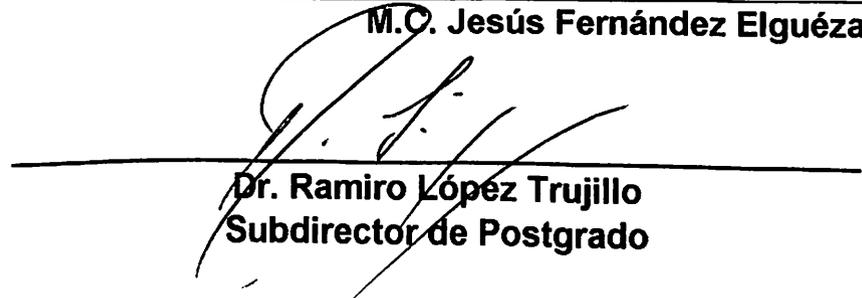
  
M.C. Leopoldo Arce González

**Asesor:**

  
M.C. Victor Manuel Zamora Villa

**Asesor:**

  
M.C. Jesús Fernández Elguézabal

  
Dr. Ramiro López Trujillo  
Subdirector de Postgrado

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 1999**

12014

## DEDICATORIA

Con respeto a Mis Padres:

**PROFR. JOSE LUIS FLORES FLORES  
SRA. JOSEFINA VALDES DE FLORES**

*Con profundo respeto y agradecimiento por el apoyo que siempre recibí*

A mis hermanos:

**ING. JOSE LUIS FLORES VALDES  
LIC. PATRICIA E. FLORES VALDES**

*Con el respeto y cariño que siempre nos ha unido*

A mis cuñados y sobrinos:

**ELIZABETH, CARLOS,  
ENRIQUE, DIEGO, KARINA**

*Con el afecto de siempre*

A mi novia:

**LIC. CLARA ISELA SANCHEZ GONZALES**

*Con gran cariño*

A mis tios y primos:

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, donde con su apoyo y facilidades hicieron posible la realización del trabajo.

Al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas por brindarme la oportunidad para realizar mis estudios de postgrado.

Al M.C. ANTONIO VALDEZ OYERVIDES, Asesor principal por su asesoría y participación en la investigación, así como por concederme gran parte de su tiempo y constante apoyo durante el desarrollo del proyecto.

Al M.C. LEOPOLDO ARCE GONZALEZ, Asesor, por la confianza, amistad, orientación y buena disposición para asesorar este trabajo de investigación.

Al M.C. VICTOR M. ZAMORA VILLA, por su asesoría y apoyo en los análisis estadísticos, así como en la interpretación de los resultados y correcciones del escrito.

Al M.C. JESUS FERNANDEZ ELGUEZABAL, Asesor Externo, por su disposición y contribución para realizar el trabajo de investigación además de sus sugerencias.

**A todos los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) que contribuyeron incondicionalmente en mi formación personal, además del apoyo en el transcurso de mis estudios.**

**A mis compañeros de maestría con los que conviví durante mi estancia en la universidad.**

**A todos mis compañeros y amigos de otras especialidades que contribuyeron de una forma u otra en la realización de mis estudios.**

# **COMPENDIO**

**Producción de Semilla - Tubérculo de Papa (*Solanum tuberosum* L.)  
Mediante Técnicas de la Multiplicación acelerada y Minitubérculos bajo  
Condiciones de Campo**

**POR:**

**MIGUEL ANGEL FLORES VALDES**

**MAESTRIA**

**TECNOLOGIA DE SEMILLAS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE, 1999.**

**M.C. Antonio Valdez Oyervides - Asesor**

**Palabras clave: Papa, Producción de Semilla, Técnicas, Variedades.**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la localidad de Arteaga, Coah., en el ciclo de producción primavera-verano de 1998 y cuyo objetivo fue conocer la producción de cuatro variedades de papa (Alpha, Atlantic, CEW y Nortaña) establecidas mediante tres diferentes sistemas de producción de semilla-tubérculo (Minitubérculos, Esquejes de Tallo Lateral y Esquejes de Tallo Juvenil) a nivel de campo utilizando un diseño experimental de parcelas divididas con arreglo en bloques al azar con cuatro repeticiones.

Los resultados obtenidos indican, que en el rendimiento en g/m<sup>2</sup> y ton/ha, la variedad Atlantic (4543 g/m<sup>2</sup> y 45.43 ton/ha) fue superior a las tres variedades restantes; para las técnicas de producción, tenemos que la de minitubérculos presento los mayores rendimientos. Para el Número de minitubérculos por m<sup>2</sup>, se encontró que las variedades Norteña y Atlantic son la mas productoras dentro de esta variable con una media de 77.31 y 76.27 respectivamente; asimismo , y dentro de las técnicas de producción el sistema de minitubérculos (97.40) es el que expreso una producción superior en comparación con las técnicas de la multiplicación acelerada. Del total de minitubérculos producidos por las cuatro variedades de papa establecidas mediante las diferentes modalidades, el mayor número de minitubérculos cosechados fue de entre 25 y 34 mm de diámetro. En cuanto al factor de multiplicación se refiere, las variedades con mayores índices fueron las establecidas mediante esquejes de tallo lateral (1:95.3) y con esquejes de tallo juvenil (1:57.15), esto en un periodo de entre 140 a 195 días. Podemos concluir que el sistema con mayor eficiencia en la producción de semilla tubérculo de papa tiempo es el de minitubérculos; sin embargo, si el productor cuenta con poco material de partida pero suficiente tiempo dentro de su programa de producción, la mejor opción son las técnicas de la multiplicación acelerada ya que estas al presentar índices de multiplicación superiores y pueden generar suficiente semilla tubérculo de alta calidad y a costos mas bajos que los obtenidos por la técnica de minitubérculos.

## **ABSTRACT**

**Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tuber-Seed Production with Rapid Multiplication Techniques and Minitubers under Field Conditions**

**BY**

**MIGUEL ANGEL FLORES VALDES**

**MASTER OF SCIENCE**

**SEED TECHNOLOGY**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER, 1999.**

**M.C. Antonio Valdez Oyervides - Advisor**

**Key Words:** Potato, Seed Production, Techniques, Varieties.

The investigation was carried out in Arteaga, Coahuila in the spring-summer season of 1998 with the objective of obtaining information about four potato varieties (Alpha, Atlantic, CEW and Norteña) established in the field with three different tuber seed production systems (minituber, lateral shoot cut and juvenile shoot cut) using a split-plot arranged in a randomized complete block design with four replications. Results indicate that, with regard to production in g/m<sup>2</sup> and t/ha, the Atlantic variety was superior (4543 g/m<sup>2</sup> and 45.43 t/ha) to

the other three varieties; for the production techniques, minitubers had the highest yield. For number of minitubers/m<sup>2</sup>, we found that the Norteña and Atlantic varieties were the most productive with an average yield of 77.31 and 76.27, respectively. We also found that the minituber system expressed the highest production (97.40) compared with the accelerated multiplication technique. Of the total minitubers produced by the four potato varieties with the different systems, indicate that the largest number of minitubers harvested were between 25 and 34 mm in diameter. Respect to the multiplication factor, the highest index varieties were the ones established by lateral shoot cut (1:95.3) and with juvenile shoot cut (1:57.15) between 140 and 195 days. We can conclude that the highest efficiency system for potato tuber-seed production in the least time was the minituber system. However, if the producer does not have enough starting material or time, the best option would be the accelerated multiplication techniques that present superior multiplication indexes and can generate enough high quality tuber-seeds at lower costs than those obtained by the minituber system.

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Origen y Distribución.....	5
Descripción Botánica.....	5
Hábito de Crecimiento.....	7
Raíces.....	7
Características de los Tallos.....	9
Tubérculos.....	10
Estolones.....	11
Brotos.....	11
Hojas.....	12
Flores y Frutos.....	13
Semilla Sexual.....	13
Técnicas de Producción de Semilla de Papa.....	14
Producción de Semilla Tubérculo en Campo.....	15
Selección Positiva.....	15
Selección Negativa.....	16
Selección Clonal.....	17
Unidad Tubérculo.....	20
Producción de Semilla Tubérculo en Laboratorio.....	22
Cultivo de Tejidos.....	23
Técnica de Termoterapia.....	24
Cultivo de Meristemos.....	24
Quimioterapia.....	26
Producción de Semilla Tubérculo en Invernadero.....	26
Multiplicación Acelerada.....	26
Corte de Brotos.....	28
Esquejes de Tallo Apical.....	30
Esquejes de Tallo Juvenil.....	32
Esquejes de Tallo Lateral.....	34
Esquejes de Tallo Adulto.....	35
Tasa de Multiplicación.....	35

Certificación de Semilla de Papa.....	38
Densidad de Tallos.....	41
<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>43</b>
Localización.....	43
Preparación del Terreno.....	43
Material Vegetativo.....	44
Técnicas de Producción de Semilla Tubérculo de Papa.....	44
Técnica de Producción Mediante Esquejes de Tallo Lateral .	44
Transplante y Tamaño de Parcela.....	46
Técnica de Producción Mediante Esquejes de Tallo Juvenil.	46
Transplante y Tamaño de Parcela.....	47
Técnica de Producción de Semilla a Partir de Minitubérculos	47
Manejo del Lote de Producción.....	48
Control Fitosanitario.....	48
Fertilización.....	49
Labores Culturales.....	49
Cosecha.....	49
Parámetros a Evaluar Para los Tres Sistemas de Producción.....	50
Días a Floración.....	50
Número de Tallos.....	50
Número de Minitubérculos / Metro Cuadrado.....	51
Rendimiento por Metro Cuadrado y por Hectárea.....	51
Diámetro de Minitubérculos.....	51
Índice de Multiplicación.....	52
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	52
Modelo Estadístico.....	52
Transformaciones.....	53
Comparación de Medias.....	53
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>55</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>96</b>
<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>98</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
3.1	Descriptores varietales de cuatro materiales utilizados.....	45
3.2	Fuentes de variación, grados de libertad y suma de cuadrados del diseño parcelas divididas.....	53
4.1	Cuadrados medios y significancias de los diferentes parámetros evaluados en cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	56
4.2	Medias de días a floración y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	57
4.3	Medias de número de tallos por m <sup>2</sup> y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción. ....	59
4.4	Medias de rendimientos en gramos por m <sup>2</sup> y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	62
4.5	Medias de rendimiento en toneladas/ha. y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	66
4.6	Medias de número de minitubérculos por m <sup>2</sup> y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción. ...	68
4.7	Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño primera producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	71
4.8	Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño segunda producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	75
4.9	Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño tercera producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	79

4.10	Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño cuarta producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	83
4.11	Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño quinto producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	87
4.12	Medias del factor de multiplicación obtenido por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.....	90

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág
4.1	Medias de días a floración en cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.....	58
4.2	Medias del número de tallos por m <sup>2</sup> producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla–tubérculo.....	61
4.3	Medias de rendimiento en gramos por m <sup>2</sup> producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo. ....	64
4.4	Medias de rendimiento en toneladas/ha producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.....	67
4.5	Medias para número de minitubérculos por m <sup>2</sup> producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.....	70
4.6	Medias para número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño primera producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo. ....	74
4.7	Medias para número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño segunda producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.....	77
4.8	Medias para número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño tercero producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.....	81
4.9	Medias para número de minitubérculos por m <sup>2</sup> tamaño cuarto producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.....	85

4.10 Medias para número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño quinto producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo..... 88

## INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum* L) es miembro de la familia de las solanáceas, es una planta nativa de la región de los Andes integrada por Chile, Ecuador, Bolivia y Perú, en donde también existe la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres. Hoy en día constituye el cuarto alimento en orden de importancia a nivel mundial, después del trigo, el arroz y el maíz; sin embargo, su aportación por unidad de superficie y su calidad de proteína sobrepasa a la de estos cultivos siendo además, rica en minerales y vitamina C y B, características que la hacen figurar en primer lugar en lo que respecta a los géneros de esta familia.

En general, el cultivo de la papa además de ser una especie que ofrece mayor producción de alimento en comparación con cereales y leguminosas importantes, es el que genera un alto índice de mano de obra (60 jornales por ha.), tanto directo como indirecto por la gran demanda de insumos de que es objeto.

Por lo que se refiere a producción, las estadísticas en México muestran que la superficie sembrada se ha reducido un 30 por ciento durante la década

de los 90, al pasar de 73,000 hectáreas que se sembraron en la temporada de 1989, a una superficie de 52,000 ha de la temporada de 1997; esto a causa, de diversos factores como la limitada disposición de semilla de alta calidad, el incremento de costos de producción, cuarentenas y también por la competencia generada por el TLC.; sin embargo, el aspecto positivo es que la crítica situación del cultivo de papa, ha llevado a los productores a generar una mayor productividad, la cual ha pasado de un promedio de 14 a 21 ton/ha entre 1989 y 1997 respectivamente y gracias a lo cual los productores han logrado mantener el volumen de producción anual por arriba del millón de toneladas, distribuidas principalmente en 22 estados entre los que destacan Sinaloa, Guanajuato, Edo de México, Sonora, Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila y Nuevo León; mismos que en su conjunto aportan mas del 75 por ciento de la producción nacional, siendo Coahuila y Nuevo León no solamente líderes en cuanto a rendimientos por ha se refiere (40-45 ton/ha) sino también por que son las entidades productoras que han destacado en implementar las mejores tecnologías y lograr establecer distintas pruebas de investigación en colaboración con diferentes instituciones.

La producción de semilla de papa en nuestro País ha ido evolucionando año con año; como resultado de ello, en la actualidad existen 10 laboratorios que se encargan de la propagación de 2 millones 578 mil plantas *In vitro* provenientes de cultivo de tejidos y 17 módulos de invernadero donde se obtienen poco más de 20 millones de minitubérculos al año.

Es importante mencionar, que la demanda anual nacional de semilla-tubérculo de papa de alta calidad es de 150 mil ton de las cuales, sólo se producen alrededor de 30 mil y gracias a los organismos como el SNICS, SAGAR Y CONPAPA, se ha logrado mediante programas de trabajo con el Gobierno de Canadá, la importación de un poco más de 13,000 ton por año, lo cual es insuficiente para apoyar el abastecimiento de la demanda antes mencionada.

Por otra parte, cabe agregar que en la mayoría de los invernaderos año con año se siembran plántulas o micro-tubérculos los cuales al provenir de laboratorio, presentan un alto costo en el mercado por lo que los productores tienen que realizar fuertes inversiones para el establecimiento de un lote de semilla-tubérculo siendo esto un problema mas en la producción de esta especie hortícola.

Por lo anterior, algunos productores insisten en la implementación de nuevos y mejores sistemas de producción con el fin de eliminar en forma total los problemas antes mencionados además de bajar sus costos de producción. Por otra parte una de las maneras de impedir que estos problemas sigan ocurriendo, es justamente mediante el uso de la multiplicación acelerada, técnicas que bajo las condiciones adecuadas y bajo los cuidados necesarios ayuda a incrementar los rendimientos y la producción intensiva de minitubérculos a un bajo costo; además, de la propagación de plantas libres de

virus, objetivo primordial en un programa de producción de semilla-tubérculo de papa.

Considerando la constante necesidad del país de contar con un mayor volumen de semilla de papa a bajo costo y de alta calidad, además de la falta de información por parte de los productores sobre las técnicas de la multiplicación acelerada, se llevó a cabo el presente trabajo de investigación el cual tiene como objetivos e hipótesis los siguientes:

### **Objetivos**

Proponer una alternativa mas para la producción de semilla-tubérculo de papa de alta calidad, a través de las técnicas de la multiplicación acelerada bajo condiciones de campo

Conocer la producción y calidad de semilla-tubérculo de papa mediante minitubérculos y dos técnicas de la multiplicación acelerada a nivel de campo, utilizando cuatro variedades.

### **Hipótesis**

El rendimiento en la producción de semilla-tubérculo de papa, dependerá de la técnica y de la variedad utilizada.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Origen y Distribución**

Huaman *et al.* (1988) afirman que el centro de origen de la papa es de las tierras altas del sur de Perú más precisamente en el área comprendida entre el Cuzco y los alrededores del Lago Titicaca; extendiéndose hacia Bolivia, Chile y Argentina, Norte de Ecuador, hacia Colombia, Venezuela, Centro América y México considerando además a estos dos últimos (Hawkes, 1982) como centro de origen secundario, por la cantidad de especies silvestres encontradas.

Por su parte, Mendoza y Estrada (1979) indican que el centro de origen de la papa cultivada es de los altiplanos de América del Sur; Hawkes (1978) señala que la papa fue introducida a Europa desde Sudamérica a fines del siglo XVI.

### **Descripción Botánica**

La papa pertenece a la familia de las Solanáceas que incluye a especies tan distintas como la berenjena, pimiento, tomate, tabaco, etc. Probablemente

todos los miembros de esta familia poseen algún tipo de alcaloide (Solanina) aunque en pequeñas cantidades en muchos casos. La mayoría de las papas cultivadas comercialmente pertenecen a la especie *Solanum tuberosum* . Son plantas herbáceas que producen tubérculos que son su parte comestible que tienen en su mayoría cuatro juegos de cromosomas (tetraploides), constando cada juego de doce cromosomas existiendo además, especies del género *Solanum* que son diploides, triploides, pentaploides y hexaploides. (Alonso 1996).

Hawkes (1978), menciona que *Solanum tuberosum* es una planta tetraploide y se distingue de las otras especies cultivadas de papa como la subespecie andígena por tener menos disectadas las hojas con hojuelas (foliolos, pinnas) anchas, la articulación del pedicelo localizado en el tercio medio, los lóbulos del cáliz cortos arreglados regularmente, las hojas son por lo regular, arqueadas, hojuelas siempre ovadas u ovado-lanceoladas, cerca de dos veces más largo que ancho, nunca delgadas, los lóbulos de la corola alrededor de la mitad más largo que ancho. Los tubérculos con marcada latencia, se pueden formar tanto en días cortos como en largos y a altitudes de 0 a 2600 msnm.

## Hábito de Crecimiento

La papa es una planta herbácea, su hábito de crecimiento cambia entre las especies y dentro de cada especie. Cuando todas o casi todas las hojas se encuentran cerca de la base o en la base de tallos cortos y están aproximadas al suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrochetado o semiarrochetado.

En otras especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero, semierecto y erecto. (Huamán, 1986).

## Raíces

Según Alonso (1996), las plantas que se desarrollan a partir de tubérculos producen raíces adventicias en los nudos de los tallos subterráneos y en los estolones.

Normalmente, la planta de papa enraiza bastante cerca de la superficie, no profundizando más de 40 a 50 cm, aunque a veces se han encontrado raíces en suelos muy homogéneos y relativamente sueltos, a una profundidad de hasta un metro.

Las raíces y estolones se desarrollan a partir del tallo subterráneo, entre el tubérculo semilla y la superficie del suelo; por lo tanto el tubérculo, debe ser plantado a una profundidad tal que le permita una adecuada formación de raíces y estolones.

El sistema radicular está formado por raíces adventicias. En las primeras etapas del cultivo el sistema radicular se limita a la zona superficial del suelo, extendiéndose las raíces hacia abajo después de haberse extendido horizontalmente hasta una cierta distancia; esto deja el subsuelo que está justamente debajo de la planta, casi libre de sus propias raíces.

Por otro lado, Huamán (1986), afirma que la papa tiene un sistema radical débil en comparación con otros cultivos, por eso se necesita un suelo de muy buenas condiciones para este cultivo.

Las hojas aisladas, tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces; especialmente, cuando han sido sometidas a tratamientos con hormonas. Esta habilidad de las diferentes partes de la planta de papa para formar raíces es aprovechada en las técnicas de multiplicación rápida (DGETA, 1983).

## Características de los Tallos

Huamán (1986), describe a los tallos de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado. Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares debido a la desintegración de las células de la médula.

El sistema de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal, mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos, los tallos laterales son ramas de los tallos principales.

Por otra parte Alonso (1996), describe a los tallos como herbáceos, aunque en las 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 de 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.

## Tubérculos

Se puede considerar al tubérculo como una parte del tallo que se ha adaptado para almacenar reservas y para la reproducción. 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. El tipo y la cantidad de las sustancias que constituyen el tubérculo son variables y están muy relacionadas con la variedad y con las condiciones de crecimiento.

Cuando el tubérculo ha madurado, un 65 a un 85 por ciento está compuesto por agua, de un 15 a un 28 por ciento de hidratos de carbono, de un 1 a un 4 por ciento de proteínas, 0.9 por ciento de grasas y un 1.5 por ciento de cenizas. (Alonso, 1996).

Beukema y Van der Zaag (1990), mencionan que el tubérculo presenta ojos que se distribuyen sobre la superficie del tubérculo en forma de espiral y presenta yemas que pueden desarrollarse en nuevos tallos ya sea principales, laterales o estolones; el número de ojos depende de la variedad, del tamaño del tubérculo y las condiciones de crecimiento.

## **Estolones**

Morfológicamente descritos, los estolones son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones es uno de los caracteres varietales importantes. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener estolones cortos. (Huamán, 1986 y Erwin y Wareing, 1978).

Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con el suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal (Huamán, 1986).

## **Brotos**

Los brotes crecen de la yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo. El color del brote es una característica varietal importante, los brotes pueden ser blancos, morados y en ocasiones, parcialmente coloreados en la base o en el ápice, o casi totalmente coloreados, los brotes blancos cuando se exponen indirectamente a la luz se tornan verdes y algunas veces morados (Huamán, 1986).

El extremo basal del brote forma normalmente la parte subterránea de tallo, y se caracteriza por la presencia de lenticelas. Después de la siembra, esta parte rápidamente produce raíces y luego estolones o tallos laterales. El extremo apical del brote da origen a las hojas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo ( Lizárraga *et al.*, 1987).

## Hojas

Según Alonso (1996), las hojas maduras son compuestas y consisten en un peciolo con un foliolo terminal, foliolos laterales secundarios y, a veces, foliolos terciarios. Después de desarrollar de seis a nueve hojas, pueden aparecer botones florales en todas o alguna de las ramas apicales.

Las hojas están provistas de pelos de diversos tipos, los cuales también se encuentran presentes en las demás partes aéreas de la planta. Hay más estomas en la superficie inferior de las hojas que en la parte superior.

Hay diferencias varietales en la forma, número, tamaño y color de los foliolos. La forma de la hoja puede verse modificada de manera muy sustancial por la temperatura y el número de horas de luz.

## **Flores y Frutos**

Las flores son pentámeras y los colores son diversos variando desde el blanco al morado; las flores tienen estilo y estigma simples y el ovario bilocular. La dispersión del polen es llevada a cabo por el viento. La polinización cruzada en los "tetraploides" es rara, realizándose de forma natural una autopolinización.

El número de flores es variable y depende mucho de la variedad de la que se trate, lo mismo se puede decir de los frutos originados a partir de esas flores.

El fruto maduro es de forma redonda u oval, variando el color desde verde a amarillo, o incluso a violeta; su tamaño suele variar entre uno y tres centímetros de diámetro y consta de dos cavidades o lóculos en los que se alojan las semillas; el número de semillas de cada fruto es muy variable y puede ir desde ninguna hasta más de trescientas (Alonso, 1996).

## **Semilla Sexual**

Al ser fertilizado el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya que puede llegar a contener más de doscientas semillas según la fertilidad de cada cultivar, las semillas son planas, ovaladas y pequeñas (1000

– 1500 semillas por gramo), cada semilla está envuelta en una capa llamada testa, que protege al embrión y un tejido nutritivo llamado endosperma (Huamán, 1986).

La germinación de la semilla verdadera de papa es epigea porque los cotiledones emergen del suelo por alargamiento del hipocotilo. La radícula aparece en la zona micropilar de la semilla y enseguida se forman raíces laterales. Las primeras hojas son ovaladas y con pelos. Cuando la plantita tiene únicamente unos pocos centímetros de altura, aparecen los estolones en las axilas de los cotiledones y después de introducirse en el suelo forman pequeños tubérculos. El sistema radicular es fibroso y está muy ramificado (Alonso, 1996).

### **Técnicas de producción de semilla-tubérculo de papa**

En México, la SARH (1991), limitó la importación de semilla tubérculo de papa, por lo que resulta urgente actualizar los programas de producción, los cuales deben considerar la semilla certificada y la de autoabastecimiento del agricultor, así como desde los métodos más simples de selección en el campo hasta los métodos más sofisticados de la biotecnología.

Asimismo SARH (1992), menciona que para la producción de semilla de papa con alto índice de sanidad, es importante considerar que existen métodos

sofisticados de producción de semilla de papa, en los que se requiere hacer uso de procedimientos biotecnológicos y técnicas específicas para garantizar buena sanidad en la semilla.

Para garantizar absoluta sanidad de los materiales, se requiere de una estrategia que permita la producción de materiales en el laboratorio, en invernadero y en campo.

### **Producción de Semilla-Tubérculo en Campo**

Dentro de las técnicas de la producción de semilla-tubérculo en campo tenemos las siguientes:

- Selección Positiva
- Selección Negativa
- Selección Clonal
- Unidad de Tubérculo

#### **Selección Positiva**

Según la SARH (1991 y 1992) este método se utiliza cuando existe en un lote de producción gran cantidad de plantas enfermas y un porcentaje reducido de plantas visualmente sanas. Se seleccionan poniendo una marca a las

plantas con mayor sanidad; se eliminan las plantas vecinas, se deben controlar insectos vectores cada dos semanas.

La defoliación se realiza cuando los tubérculos tengan el tamaño adecuado y se cosechan primero las plantas seleccionadas y posteriormente el resto del lote.

La producción total de las plantas seleccionadas será la semilla que el productor utilizará en el siguiente ciclo, donde se deberá aplicar la técnica de selección negativa. Esta técnica puede ser usada por agricultores de baja, mediana y alta tecnología.

### **Selección Negativa**

Se sugiere el uso de esta tecnología, cuando existen en el lote de producción algunas plantas visualmente enfermas. Se recomienda además practicarse cuando se tiene una buena fuente de semilla o después de practicarse la selección positiva (SARH, 1992).

Se efectúan recorridos en el campo, eliminando plantas con síntomas de virus, el recorrido de saneamiento se efectuará cada 7 días y el primero se realiza cuando la planta tiene aproximadamente de 10 a 20 cm. Se aconseja aplicar insecticidas para el control de insectos vectores de virus. Cuando se

tengan los tubérculos del tamaño adecuado (25-35 mm), se procederá a la defoliación química para posteriormente cosechar y utilizar los tubérculos de este lote en el siguiente ciclo (SARH, 1991 y Fernández, 1976).

## **Selección Clonal**

Este sistema de producción, se recomienda para producción de semilla a mediano plazo mediante cuatro ciclos de producción y puede ser usado por productores de mediano y alto nivel tecnológico y que cuenten además con gran superficie de producción (INIFAP, 1992).

**Ciclo 1.** En el primer ciclo de producción, el proceso se inicia escogiendo tubérculos de papa grandes con las características de la variedad, con una brotación buena, uniforme y con yemas robustas y coloreadas; estos tubérculos se sembrarán en el campo, en un lote seleccionado para la producción de semilla. La siembra se efectuará a "tres bolillo" en surcos alternos y a una distancia entre plantas de 1 a 1.5 m. La inspección y revisión de cada una de las plantas se realiza desde que estas emergen, eliminando aquellas que muestren características indeseables procurando al inspeccionar el lote, no tocar las plantas y caminar por los surcos donde no hay siembra.

La cosecha de estas plantas se realiza en forma individual, identificándola perfectamente en forma continua (clon1, clon2, etc.) y al igual que en la

cosecha, el almacenamiento se realiza también en forma separada; ya que a partir de la identificación, se llevará un registro individual por cada clon.

**Ciclo 2.** En este ciclo, de cada planta se selecciona el tubérculo de mayor tamaño con mejores características típicas de la variedad. Este será denominado "líder", y se siembra en el surco a 1.5 m. de separación del resto de los tubérculos que pertenecen al mismo clon, y que se siembran a 30 cm entre tubérculo y tubérculo.

Si durante el desarrollo del cultivo el "líder" o cualquiera de las plantas del clon presentan algún síntoma de enfermedad virosa, se elimina completamente ese clon ya que proviene de un mismo tubérculo.

El resto de las plantas "hermanas" del líder se identifican como "Familia de primer año". Los tubérculos producidos por el líder se cosechan y almacenan por separado con su identificación respectiva.

La producción de tubérculos de la "familia de primer año" se cosecha y almacena en forma conjunta.

**Ciclo 3.** El procedimiento y manejo en el tercer ciclo es el siguiente: se escoge el mejor tubérculo de la producción del "líder" y se siembra separado

del resto de los tubérculos que produjo el propio "líder". Este tubérculo y a la planta que produce se el denomina nuevamente "líder".

El resto de los tubérculos hermanos de ese "líder" se siembran a 30 cm entre planta y planta y se considera nuevamente como familia de "primer año". La producción de la "familia de primer año" del ciclo anterior, se siembra a continuación, con una separación de 30 cm entre plantas y se define como "familia de segundo año".

En este ciclo se obtendrá por lo tanto:

- A) El "líder"
- B) La "familia de primer año"
- C) La "familia de segundo año".

Si el "líder" o alguna planta de la "familia de primer año" presentan síntomas de enfermedades virosas, se eliminan completamente ambos (líder y familia). Por otra parte si alguna de las plantas de la familia de segundo año presenta síntomas anormales, se elimina ésta y sus plantas vecinas con sus respectivos tubérculos.

La producción de la "familia de segundo año" se puede considerar semilla de categoría básica. Y este esquema se puede mantener durante los ciclos que se considere necesarios.

**Ciclo 4.** En este último ciclo de selección de líderes y conservación de tubérculos producidos por “familia de primer año y familia de segundo año”, se recomienda repetir la misma operación que en los ciclos anteriores. Los lotes de semilla producidos por la “familia de segundo año” serán inspeccionados cuidadosamente practicando la selección negativa antes descrita ya que estos lotes podrán dar origen a semilla certificada o registrada.

Es recomendable que la semilla de alta calidad obtenida, sea incrementada en semilleros aislados que por su ecología impidan la proliferación de insectos, (que puedan ser vectores de virus o fitoplasmas) y de otras enfermedades fácilmente transmisibles por medio de tubérculos.

### **Unidad de Tubérculo**

Este método es recomendado para obtener semilla básica, puede ser adaptado por los agricultores para conservar y abastecerse de tubérculo para sus siembras comerciales.

De preferencia debe partirse de una buena parcela que haya sido sembrada con semilla certificada.

- Se seleccionan los tubérculos grandes de 300 a 400 g de peso, que tengan la forma representativa de la variedad.

- Estos tubérculos seleccionados se seccionan en tres partes (teniendo cuidado de desinfectar las navajas), haciendo dos cortes perpendiculares, dejando que permanezcan unidas más o menos por  $\frac{1}{4}$  de pulgada.
- Estos tubérculos semiseccionados, se guardan en cajas germinadoras en un local a temperatura ambiente o controlada. Cada parte del tubérculo debe llevar por lo menos uno o más brotes.
- Se deposita cada tubérculo en el surco y en seguida el trabajador, lo secciona completamente, colocando cada parte a una distancia de 20 a 30 cm entre sí. De este modo cada grupo de tres secciones forman una unidad. Pueden separarse 50 cm cada grupo de tres plantas, pero no es necesario y pueden colocarse las partes de cada tubérculo en forma continua, teniendo la precaución de que si alguna planta del surco muestra síntomas anormales o virulentas, se descarta la planta enferma, así como las dos que le anteceden y las dos que siguen; de esta forma nos aseguramos que quedarán descartadas las dos plantas que pertenecen al mismo tubérculo, que no han mostrado todavía síntomas al momento del descarte.
- Lo importante de este método, consiste en que, al observarse una enfermedad o plantas sospechosas, se arrancan éstas de raíz, poniendo los tubérculos y follaje en una arpillera o costal, así como las plantas vecinas, y se eliminan o se queman.
- Los tubérculos sembrados que tengan plantas vigorosas y uniformes, se seleccionan y son las que forman los lotes de semilla básica, para el siguiente ciclo de siembra.

- Las unidades seleccionadas, se cosechan en forma individual y la operación se repite cada año.
- Las unidades de tubérculo que mostraron sanidad y buen vigor; pueden también cosecharse en conjunto y sembrarse en una parcela para su multiplicación.

Cabe aclarar que estas parcelas de producción de semilla deben asperjarse con insecticidas y fungicidas con más frecuencia (cada semana preferentemente) de lo contrario, las enfermedades de origen viroso se multiplicarán rápidamente. En este caso el método puede combinarse con el de selección negativa descartando las plantas enfermas, de crecimiento lento y raquíticos.

Es importante que en el método de Unidad de tubérculo, al cortar los tubérculos el cuchillo debe ser esterilizado; sumergiéndolo en agua jabonosa, o en alcohol y quemándolo en un mechero, o también sumergiéndolo en una lechada de cal viva y limpiándolo antes de cortar cada tubérculo.

### **Producción de Semilla-tubérculo en Laboratorio**

Dentro de las técnicas de Semilla-tubérculo en laboratorio se tienen:

- Cultivo de tejidos

- Técnica de termoterapia
- Cultivo de meristemas
- Quimioterapia

## **Cultivo de Tejidos**

Esta técnica se emplea en papa con diferentes propósitos; dentro de los que destacan: la obtención de plantas libres de virus, propagación vegetativa y mantenimiento de bancos de germoplasma *In vitro* (SARH, 1992 y Slack, 1988).

Dodds (1988); Roca *et al.* (1978) y la SARH (1992) indican que el cultivo de tejidos permite en un período breve la propagación de plántulas y la conservación de germoplasma de papa bajo condiciones controladas, en espacios pequeños y con poca mano de obra.

Recientemente se utiliza el cultivo de meristemas apicales con el objeto de obtener material libre de virus. Este procedimiento se basa en el hecho de que las células con los puntos de crecimientos de las yemas axilares; lo mismo que los ápices de los brotes, pueden mantenerse libres de virus, si se expone la planta o los tubérculos a alta temperatura, no obstante que la planta madre o los tubérculos estén infectados (Wright, 1988).

## **Técnica de Termoterapia**

Wright (1988), indica que de los varios métodos que han sido utilizados para la obtención de plantas libres de virus; la termoterapia es la que mejor resultado ha dado. Esta forma de liberar materiales infectados de virus, consiste en la aplicación de altas temperaturas a las plantas completas o partes aisladas.

Por otra parte López y Zavala (1988), afirman que el tratamiento con calor inhibe la multiplicación del virus, manteniéndose el metabolismo de la planta a niveles que aún le permiten sobrevivir. El procedimiento común de aplicar la termoterapia en el cultivo de la papa consiste en someter a la planta a calor (30°C) por tres a cuatro semanas, dependiendo del clon de que se trate.

## **Cultivo de Meristemos**

Wareh *et al.* (1989), menciona que el cultivo de meristemos ha sido utilizado simultáneamente con la termoterapia, lo que brinda un gran margen de seguridad en la obtención de plantas sanas.

Según López y Zavala (1988) algunos virus resisten la termoterapia, por lo que se hace indispensable un método alternativo para la limpieza de materiales de propagación de papa.

El cultivo de meristemas es la alternativa que mejores resultados ha brindado y consiste en cultivar esta parte de la planta con medios y condiciones controladas (*In vitro*). El principio fundamental de esta técnica se basa en la capacidad del virus de replicarse a la misma velocidad de multiplicación celular de la planta.

Alonso (1996) menciona que la multiplicación *In vitro* de la papa por cultivo de meristemas permite obtener fácilmente en menos de un año, aproximadamente, dos millones de plantas a partir de una yema o meristemo.

La idea que se aprovecha, es que el meristemo el cual es una pequeña masa de células que pueden originar todos los tipos de órganos de la planta (tallos, hojas, raíces, etc.), generalmente permanece libre a toda contaminación de virus. De hecho, cuando se obtiene una planta *In vitro*, partiendo de una planta enferma, la planta resultante es un individuo totalmente sano.

## Quimioterapia

Como una alternativa a la termoterapia, se ha probado en papa la quimioterapia. Un análogo de nucleosido, el Virazole, conocido por su amplio espectro contra el ADN y el ARN de los virus que afectan a los animales, ha mostrado resultados variables cuando se ha aplicado en aspersión, a las plantas de papa, o en cultivo hidropónico, seguido por cultivo de meristemas. Resultados preliminares muestran cierta promesa cuando los ápices meristemáticos disectados son cultivados en un medio con 100 ppm de Virazole.

Sin embargo, algunos informes indican que los productos químicos antivirales pueden causar mutaciones en las plantas. Por lo tanto, actualmente, la termoterapia definitivamente es el método preferido de pretratamiento antes de efectuar el cultivo de meristemas (Lizárraga, *et al.*, 1987).

## Producción de Semilla-tubérculo de Papa en Invernadero

### **Multiplicación Acelerada**

Según Meléndez y Quevedo (1980), las técnicas de multiplicación rápida deben ser prácticas, sencillas y baratas; que se puedan adaptar en cualquier

ambiente donde se cultiva papa, tratando de usar en lo posible materiales que existan en la zona.

El principio de estas técnicas de multiplicación se basa en que los tubérculos de papa son genéticamente idénticos a cualquier otra parte de la planta; por lo tanto, puede ser utilizada para reproducir una planta de papa manteniendo su identidad genética (Huamann, 1978).

En multiplicación rápida se usan partes vegetativas tales como porciones de tubérculo cercanas a la zona del brote, esquejes de tallo, esquejes de hoja y yema, corte de brotes, estolones y tejido meristemático (Bryan, 1988).

Las técnicas de multiplicación rápida son importantes en los programas de mejoramiento y en los de producción de semilla. En un programa de mejoramiento su aplicación acorta el proceso de selección por varios años, debido al elevado número de tubérculos que se obtienen, además de una gran cantidad de tubérculos libres de virus. Es conveniente indicar que cada técnica tiene sus ventajas y desventajas, las cuales deben ser conocidas antes de aplicar una a condiciones específicas (Meléndez y Quevedo, 1980 y Jones, 1986).

Dentro de las técnicas de multiplicación acelerada, se encuentra el corte de brote, esqueje de tallo apical, esqueje de tallo juvenil, esqueje de tallo

lateral y esqueje de tallo adulto (Meléndez y Quevedo 1980 , SARH 1992 y Bryan *et al.* ,1981).

**Corte de Brotes.** El índice de multiplicación por esta técnica es de 1:20 a 1:100 dependiendo del tamaño del tubérculo, del número de brotes y del manejo adecuado en el control del crecimiento de los mismos.

Para obtener cortes de brote, primeramente se seleccionan tubérculos de 60 a 80 gramos libres de virus, se tratan con Rindite o 2-Cloroetanol. Estos deben de estar en buen estado (suberizados y con varios ojos). Después de brotados se mantienen en oscuridad por una semana.

Luego los tubérculos son cambiados a otro ambiente de luz indirecta también por una semana con el objeto de conseguir el vigor y ramificación de los brotes. Estos cambios se realizarán hasta obtener brotes de 3 a 4 cm de largo. La temperatura en este ambiente de luz varía de 22 a 25°C.

Cuando los brotes tengan el largo adecuado, con un bisturí esterilizado se eliminan todos los ápices de los brotes y de inmediato es sumergido en una solución con ácido giberélico a 2 ppm durante cinco minutos. El tubérculo tratado puede permanecer a luz indirecta durante 15 o 20 días hasta que se observe la formación de brotes secundarios bien ramificados y con la presencia de primordios (futuras raíces).

Con los mayores cuidados, se hace el desbrote del tubérculo y nuevamente se hace el corte de cada brote, teniendo en cuenta que en cada corte deberá existir una yema foliar y dos primordios radiculares.

Los cortes son colocados sobre un papel filtro húmedo dentro de una cubeta, luego se cubre con un plástico transparente con pequeños agujeros para disminuir la evapotranspiración. Se debe mantener una temperatura de 27°C y una humedad relativa de 100 por ciento para inducir el enraizamiento.

Después de algunos días que se observe el crecimiento de raíces y del nuevo tallo en cada corte, éstos son transplantados a substrato desinfectado con el fin de aumentar el crecimiento de las raíces donde permanecerán por 10 días hasta ser plantados en invernadero o campo.

Las ventajas de esta técnica de producción son las siguientes:

- Incremento rápido de material libre de virus y otras enfermedades
- Detección de virus antes de la siembra
- Incremento para semilla en multiplicación II en invernadero
- Formación de plantas madres (4X1) en invernadero
- Pueden ser transplantados a campo
- Se puede tener de 1 a 3 cosechas de un solo tubérculo
- Se requiere poco espacio

Dentro de las desventajas del método, se encuentra la susceptibilidad a enfermedades debido al corte, además de la deshidratación del tubérculo y de los brotes (Meléndez y Quevedo, 1980 y Bryan *et al.*, 1981).

**Esquejes de Tallo Apical.** El procedimiento de esquejes es una técnica que permite obtener un mayor índice de multiplicación como esquejes, de 1:80 a 1:150 y esto, a su vez, daría un índice de multiplicación de 1:400 a 1:700 como tubérculos.

Para obtener los esquejes es necesario sembrar tubérculos de 80 a 100 g en macetas de 26 cm de altura por 28 cm de diámetro superior; estas plantas, serán destinadas como plantas madre de las cuales se obtendrán los esquejes.

Según la variedad y el manejo de la plantas, se recomienda eliminar el brote apical de todos los tallos cuando estos alcancen una altura de 40 a 60 cm con el fin de estimular el desarrollo de brotes axilares. Después de 15 días del despunte aparecen pocos brotes los cuales son descartados; pero 15 días después y cuando los nuevos brotes tengan de 10 a 12 cm de largo, se realiza propiamente y en forma aséptica la cosecha de esquejes. El corte se realiza en ángulo recto y a un cm del nudo para no dañar las nuevas yemas axilares.

Los esquejes cosechados se colocan en un recipiente con una toalla de papel húmedo para evitar que los folíolos se marchiten. Con la ayuda de una

pequeña estaca, se hacen los agujeros en el substrato húmedo a una profundidad de 5 cm. Posteriormente, se siembran los esquejes utilizando la disposición de tres bolillo, recomendándose que a cada esqueje se le aplique hormona si presenta problemas de enraizamiento.

Después de la siembra hay que aplicar un riego ligero y según las condiciones ambientales se pueden realizar de 2 a 4 riegos por día.

El enraizamiento toma mas o menos 15 días, dentro de los mismos, las plantas madres están listas para una nueva cosecha de esquejes.

En cada cosecha de esquejes se recomienda la aplicación de fertilizantes con el fin de promover el crecimiento y producción de esquejes por lo que mezclar 5 g de la formula 12-14-12 en un litro de agua y aplicar a cada maceta 150 ml será suficiente para obtener suficientes esquejes.

Después de que el esqueje ha enraizado, estos son removidos a vasos de plástico con orificios para el drenaje colocándolos en grupos de 15 a 20 y bajo sombra para obtener con esto en un lapso de 15 días, plantas listas para el trasplante en campo o invernadero (Meléndez y Quevedo, 1980).

Las ventajas al poner en práctica este método de propagación son:

- Un rápido incremento de material libre de virus
- Mayor índice de multiplicación de 1:400 a 1:700
- Obtención de un gran número de minitubérculos en menor tiempo
- Incremento de clones seleccionados por el mejorador
- Mantenimiento indefinido de clones seleccionados
- Facilita la obtención de material inicial para desarrollar un programa de semilla básica
- Esta es una técnica simple y de bajo costo
- El período vegetativo entre trasplante y cosecha es más corto que en plantas obtenidas por tubérculos.

Dentro de las desventajas del método tenemos que algunas variedades no enraizan fácilmente y otras desarrollan un sistema radicular muy pobre, desuniformidad en campo, en cuanto a tamaño, debido a las diferentes fechas de siembra de los esquejes y falta de información por parte de los agricultores a nivel de campo (INIFAP-SARH-PRECODEPA, 1985).

**Esquejes de Tallo Juvenil.** Para la producción de esquejes de tallo juvenil se usan plantas juveniles que estén creciendo vigorosamente. Las plantas madre pueden provenir de esquejes de brote, de meristemas, de esquejes de tallo apical, de microtubérculos o de semilla botánica.

Una vez que se cuenta con la planta madre productora de esquejes, se le aplica un fertilizante foliar tres días antes de realizar la primera cosecha de esquejes. Cuando la planta tiene 5 o 6 hojas, con un bisturí o navaja asépticos, se corta el tallo por encima del nudo basal, cuidando de no dañar la yema axilar y dejando una hoja vigorosa, cada planta madre puede ser cosechada de dos a diez veces y cada una de estas cosechas es mayor que la primera, porque se desarrollan más tallos después de la segunda cosecha.

Después de que se obtuvo el tallo, cuidadosamente se corta en secciones cada una con una hoja y una yema axilar, posteriormente a cada sección obtenida se sumerge en una solución hormonal por 10 segundos, cuidando de que la yema axilar no se impregne de la hormona de enraizamiento.

Posterior al corte y a la aplicación de hormonas, los esquejes son colocados en pequeñas perforaciones realizadas en un substrato húmedo cuidando de no plantarlos muy juntos, para evitar que las hojas se traslapen o entrelacen las raíces y se dañen al momento del trasplante. Asimismo, la velocidad de enraizamiento dependerá de la variedad, temperatura y manejo.

El tiempo normal para que un esqueje enraice es de 10 a 15 días y según el uso que se le vaya a dar a la planta, éstas son trasplantadas al campo o al invernadero.

Las ventajas y desventajas presentadas por la técnica son las mismas que las descritas en la de esquejes de tallo apical ( INIFAP-SARH-PRECODEPA, 1985).

**Esquejes de Tallo Lateral.** Según SARH (1992), esta técnica se utiliza en plantas madre provenientes de cualquier otra técnica de la multiplicación rápida, la metodología es la siguiente:

Cuando la planta madre alcance una altura de 20 a 30 cm de altura, se corta la yema apical de cada tallo, para estimular así el crecimiento de las yemas axilares y obtener un mayor número de tallos en la primer cosecha.

Al tener los brotes laterales una longitud de entre 10 y 12 cm, se cortan con un bisturí o navaja (desinfectándolo con agua jabonosa después de hacer el corte), colocándolos en una superficie húmeda en donde se seccionaran para obtener los esquejes de tallo lateral, cada uno con una hoja vigorosa y una yema axilar. Una vez cortados los esquejes, se les aplica la hormona de enraizamiento y se colocan en el substrato húmedo en donde permanecerán al rededor de 15 a 20 días hasta que desarrollen su sistema radicular.

Después de la siembra, las plántulas obtenidas por medio de esquejes de tallo lateral, son trasplantadas a campo o invernadero para obtener así la primera cosecha de minitubérculos.

**Esquejes de Tallo Adulto.** Para la producción de esquejes de tallo adulto, se utilizan plantas de papa sanas en estado senescente, a esta planta se le divide en porciones de tallo (esquejes), cada uno con una hoja y una yema axilar. A cada esqueje obtenido se le aplica una hormona de enraizamiento y se siembra en un medio húmedo procurando que la yema quede por abajo de la superficie, la cual en dos semanas iniciará la formación de tuberculillos (Bryan *et al.*, 1981 y Naranjo y Estrella, 1987).

### **Tasa de Multiplicación**

Según Alonso (1996), la tasa de multiplicación es el número de kilogramo de semilla obtenida por cada kg de semilla plantado, lo cual dependerá de la variedad y del tiempo; asimismo, afirma que normalmente la tasa de multiplicación está comprendida entre 7 y 11 tubérculos, por lo que hay que buscar que esta tasa de multiplicación sea lo mas alta posible; de igual manera, el CIP (1975), expresa que uno de los mayores problemas en la multiplicación de semilla de papa, es el bajo índice de multiplicación con una relación de 1 a 10.

Por otra parte; Arce (1997), al evaluar cuatro tamaños de minitubérculos de papa de cuatro cultivares obtuvo un índice de multiplicación de 1:4 a 1:10 esto dependiendo de la variedad y del tamaño del minitubérculo sembrado.

Alonso (1996), menciona que las medidas que se toman para mejorar el rendimiento son: regar, mejorar la fertilización del suelo, operaciones de cultivo, tratamientos fitosanitarios, etc., medidas que normalmente contribuyen a incrementar la tasa de multiplicación, aunque no siempre es así, ya que se pueden obtener producciones muy altas con un rendimiento bajo de semilla útil al obtener tubérculos demasiado grandes.

Medidas que se pueden tomar para mejorar la tasa de multiplicación son:

- Producción de un gran número de brotes por tubérculo plantado y por lo tanto un gran número de tallos por planta.
- Sembrar con densidades de plantación bajas
- Troceado de la semilla
- Utilización de métodos de multiplicación rápida

Como la siembra con densidades de plantación baja produce un rendimiento menor del cultivo, esta medida se aplica solamente cuando hay que multiplicar en el menor tiempo posible semilla de alta calidad, como puede ser la semilla pre-base y en menor medida la semilla de base.

En lo que respecta a la multiplicación rápida, presenta una tasa de multiplicación muy alta pero hay que tener en cuenta que se necesitan muchos recursos y mano de obra especializada; además, si la plantación se hace al aire libre, se requiere que el terreno esté en condiciones óptimas; también hay

que tener en cuenta la importancia de la planificación ya que es preciso saber la cantidad de semilla que se requiere, mucho tiempo antes de efectuar la plantación con el fin de realizar los cortes de meristemas necesarios.

La tasa de multiplicación dentro de las técnicas de la multiplicación acelerada es alta y difiere entre las diferentes técnicas a emplear; así entonces, Meléndez y Quevedo, (1980) y Bryan *et al.*, (1981), reportan que mediante la técnica de corte de brotes, se obtiene un índice de multiplicación de 1:20 a 1:100 dependiendo esto, del tamaño del tubérculo, número de brotes y del manejo adecuado de su crecimiento; por otra parte, estos mismos autores afirman que mediante esquejes de tallo apical se pueden obtener índices de 1:80 hasta 1:150 y esto, a la vez, daría un índice de multiplicación de 1:400 a 1:700 como tubérculos.

Campos, (1979), al evaluar el rendimiento de esquejes en cuatro cultivares de papa, obtuvo una tasa de multiplicación promedio de 1:79; cifra, que contradice a CIP (1975) y a Bryan (1976) los cuales sostienen que al utilizar la técnica de multiplicación por esquejes se puede obtener un índice de multiplicación de 1:180 en la primera generación.

## Certificación de Semilla de Papa

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (1997), para Certificación de Semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.), se considera que la papa puede multiplicarse por diferentes métodos: sexual (semilla verdadera) o asexual (plántulas *In vitro*, plantas en invernadero, minitubérculos y semilla-tubérculo) y que la reproducción asexual asegura la identidad o pureza genética de una variedad, mientras que la sexual produce mayor variabilidad genética.

El desarrollo de nuevas técnicas a través de micropropagación *in vitro* para la obtención de plantas libres de patógenos, hace necesaria la actualización de procedimientos normativos para la certificación de semilla-tubérculo, con el fin de suministrar un insumo de calidad genética y fitosanitaria requerida; ya que, el objetivo principal de esta Norma Mexicana es: establecer los factores y niveles mínimos de calidad que garantizan que las semillas para siembra certificada, en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) aseguran la calidad genética, física, fisiológica y fitosanitaria para la propagación y reproducción de la especie y define a la semilla (en papa): el tubérculo o plántula producido vegetativamente y que será destinado a ser usado como semilla, no deberá confundirse con la semilla verdadera.

A la semilla – tubérculo: como la semilla o parte de ella sembrada como semilla para propagación de la planta en forma asexual. Y las clasifica de acuerdo a categorías a certificar como son:

**Original:** la resultante de los trabajos de investigación, desarrollo y mejoramiento de variedades que permanezcan bajo el control de su formador o mejorador.

**Pre-Básica I:** Los meristemas o partes vegetativas (incluye microtubérculos) libres de patógenos que se utilicen en la micropropagación mediante el cultivo de tejidos, realizada en un laboratorio con reconocimiento oficial, cuya validación se otorgará a aquellas personas físicas o morales que lo soliciten y cumplan con las disposiciones establecidas por la Secretaría.

**Pre-Básica II:** Aquellos minitubérculos y/o microtubérculos libres de patógenos, obtenidos a partir de semilla Pre-Básica I y que corresponde al primer ciclo de producción; en condiciones de invernadero, incluye también semilla verdadera.

**Pre-Básica III:** Minitubérculos libres de patógenos, obtenidos a partir de semilla Pre-Básica II, y/o esquejes, bajo condiciones de invernadero y provenientes de semilla Prebásica I o Pre-básica II y conserven las

características de pureza varietal. También se consideran los tubérculos proveniente de semilla verdadera, producidos en invernadero.

**Básica (G-1):** Tubérculos producidos en su primera generación de campo a partir de semilla "Pre-Básica I, Pre-Básica II, Pre-Básica III.

**Registrada (G-2):** Tubérculos producidos a partir de semilla "Básica" y corresponde a la segunda generación de campo.

**Registrada I (G-3):** Tubérculos producidos a partir de semilla "Básica" o "Registrada" y que corresponden a su tercera generación de campo. En esta categoría se consideran los tubérculos obtenidos por selección clonal por familias del primer año, procedentes de semilla "Básica" o "Registrada".

**Registrada II (G-4):** Tubérculos producidos a partir de semilla "Básica", "Registrada" o "Registrada 1" y que corresponde a su cuarta generación de campo.

**Certificada (G-5):** Tubérculos producidos a partir de semilla "Básica", "Registrada", "Registrada I", "Registrada II" y que corresponde a su quinta generación de campo. Esta es la última categoría bajo certificación.

Para el caso de semillas importadas, se consideran dentro de estas categorías las correspondientes de acuerdo al país y región de producción así como la generación de multiplicación en laboratorio, invernadero y/o campo.

### Densidad de Tallos

La densidad de tallos es el número de tallos principales (tallos sobre el suelo) por unidad de área y se expresa como : tallos principales por metro cuadrado, o bien tallos sobre el suelo por metro cuadrado. Como resultado, la densidad de un cultivo de papa, tiene dos componentes: el primero es el número de plantas, esto es la densidad de plantas; el segundo componente es el número de tallos por planta, así la verdadera densidad del cultivo de papa es el resultado de la densidad de planta multiplicado por el número de tallos por planta.

$$\text{Densidad de tallos} = \frac{\text{número total de tallos}}{(\text{metros de surco}) (\text{distancia/surco})}$$

La distancia de tallos esta determinada por el número de brotes que emergen, sobreviven y se desarrollan para formar el tallo.

Van der Zaag (1973), menciona que el rendimiento y el tamaño de los tubérculos está determinado en gran medida por el número de tallos principales por metro cuadrado.

Wattimera *et al.* (1983), mencionan que las plantas producidas por multiplicación acelerada produjeron matas con tallos únicos, en las variedades Norland y Red Pontiac.

Van der Zaag, (1981), Wiersema (1981), Beukema y Van der Zaag. (1990), coinciden en señalar que el número de tallos por tubérculos depende del estado fisiológico de la semilla, del calibre y de la variedad.

García (1997), al evaluar cuatro variedades (Alpha, Mondial, Atlantic y Premier) mediante tres tamaños diferentes bajo condiciones de invernadero, afirma que el número de tallos por metro cuadrado dependerá de la variedad y del calibre de la semilla; asimismo, Arce (1997), también al evaluar cuatro variedades de papa (Mondial, Chipeta, Morene y Hertha) y cuatro tamaños bajo condiciones de campo, menciona que el número de tallos por planta dependerá más del tamaño de la semilla que de la variedad.

Pogi y Brinholi (1995) observando el efecto de la madurez de la semilla, el peso y tratamiento para romper la latencia, encontraron que el peso de la semilla de papa tiene influencia en el brotamiento, el número de tallos, el número de ramas y el rendimiento.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización**

El presente trabajo de investigación, se realizó bajo condiciones de campo durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1998, en la región de Arteaga, Coahuila, México; localizada a los 23° 25' latitud norte y 101° 80' longitud oeste y a una altitud sobre el nivel del mar de 1700 m, la temperatura media anual es de 35° máxima y -5 °C mínima, la precipitación es de 350 a 400 mm y cuenta con un periodo libre de heladas de 180 días.

### **Preparación del Terreno**

Para llevar a cabo el estudio, fue necesaria la construcción de tres camas de siembra de 15 m de largo por 0.80 de ancho y 0.30 m de profundidad, a las cuales se les llenó con tierra de bosque fumigada con bromuro de metilo y se les dividió en 48 unidades experimentales de 0.80 por 0.90 m con el propósito de establecer en ellas un lote de producción de semilla-tubérculo de papa mediante tres técnicas las cuales fueron: a partir de minitubérculos, esquejes de tallo lateral y esquejes de tallo juvenil.

## **Material Vegetativo**

Los materiales que se utilizaron fueron minitubérculos de tres genotipos comerciales de papa (Alpha, Atlantic y Norteña) además de un clon avanzado (CEW-69-1) producidos bajo condiciones de invernadero y proporcionados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias a través del Campo Experimental Saltillo (CESAL). Los descriptores varietales de dichos materiales se presentan en el Cuadro 3.1

### **Técnicas de Producción de Semilla-Tubérculo de Papa**

#### **Técnica de Producción Mediante Esquejes de Tallo Lateral**

Con el propósito de obtener esquejes de tallo lateral, fue necesario sembrar bajo condiciones de invernadero minitubérculos de las cuatro variedades de papa antes mencionadas, a las cuales a los 70 días después de emergidas se le cortaron los esquejes.

El corte de esquejes se realizó el 27 de junio de 1998 con una navaja a la cual se desinfectó con una solución a base de jabón y alcohol al 10 por ciento en cada uno de los cortes y variedades con el fin de evitar una posible transmisión de patógenos.

Cuadro 3.1 Descriptores varietales de cuatro materiales utilizados.

Características	Alpha	Atlantic	CEW-69-1	Norteña
Cultivador y origen	Paul Kruger x Preferent. Dr. J.C. DorstHolanda	USDA. Florida. Virginia. N. Jersey. Maine Agricultural Experiment	Atzimba x 57-AH-9 México	Atzimba x 55-22-3 México
Maduración	Intermedia	Precoz	Intermedia	tardía
Desarrollo follaje	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
Planta	Pocos tallos, robustos de color verde pálido, pocas flores de color blanco con lila	Grande, erecta, hojas grandes, flores blancas.	Planta grande, color verde oscuro, tallo grueso y abundantes flores blancas	Planta grande, color verde oscuro, tallo grueso y abundantes flores blancas
Color de piel	Amarillo claro	Blanca	Blanca	Amarilla
Color de pulpa	Amarillo claro	Blanca	Crema	Crema
Forma de tubérculo	Oblonga	Redonda	Semi-oblonga redonda	Semi-oblonga redonda
Ojos	Semiprofundo	Superficial	Semiprofundos	Semiprofundos
Rendimiento	Alto	Alto	Alto	Alto

A cada esqueje que se obtuvo se le aplicó en la parte inferior el producto comercial Raizone (hormonas) para la estimulación de raíces, posteriormente se colocó en vasos de unicel de 150 ml con sustrato orgánico (Peat-moss), en donde el esqueje permaneció hasta el momento de su transplante.

### **Transplante y Tamaño de Parcela**

Una vez que el esqueje tenía 30 días después de sembrado, se procedió a transplantarlos en campo directo, seleccionando previamente y en forma aleatoria, 16 unidades experimentales en las cuales las plántulas fueron colocadas a distancias de 15 cm entre plantas y 20 cm entre hileras, quedando así 20 plantas por repetición y un total de 80 en las 4 repeticiones.

A los 70 días después del transplante y en forma manual, se empezó con el corte de follaje para inducir la suberización de los tubérculos.

### **Técnica de Producción Mediante Esquejes de Tallo Juvenil.**

Con el fin de producir plantas madres para la obtención de esquejes de tallo juvenil, se sembraron las mismas cuatro variedades de papa bajo condiciones de campo solo que en este caso fueron cubiertas con malla antiáfidos; dicha siembra se llevó a cabo el 30 de mayo de 1998 con

minitubérculos de 55 mm de diámetro ecuatorial en bolsas de plástico con capacidad de 9 kg y con tierra fumigada.

Cuando las plantas generadas por estos genotipos tenían 30 días después de emergidas, se procedió a la cosecha de esquejes y a su siembra en vasos de manera similar a la utilizada en la técnica de esquejes de tallo lateral. Asimismo y dado que el proceso se realizó bajo condiciones de campo, fue necesaria efectuar nebulizaciones durante las primeras semanas en que el esqueje permaneció en los vasos con el propósito de evitar la deshidratación de las hojas y asegurar con esto un buen número de plántulas vigorosas.

### **Transplante y Tamaño de Parcela**

Una vez que los esquejes tenían su sistema radicular desarrollado (35 días después de la siembra), nuevamente se seleccionó al azar 16 unidades experimentales para realizar el trasplante y posteriormente su cosecha.

### **Técnica de Producción de Semilla a Partir de Minitubérculos**

Utilizando minitubérculos de 35 mm de diámetro de los genotipos de papa antes mencionados (Alpha, Atlantic, CEW y Norteña), el 15 de junio de 1998 se realizó la siembra en 16 unidades experimentales en campo, colocando en cada una de ellas 20 minitubérculos brotados a distancias de 15 cm entre

plantas y 20 cm entre hileras con la finalidad de dar origen a plantas productoras de semilla-tubérculo de papa.

Una vez que las plantas emergieron y completaron su ciclo de producción, se procedió a cuantificar de igual forma, los parámetros obtenidos en las dos técnicas antes descritas.

### **Manejo del Lote de Producción**

#### **Control Fitosanitario**

Para evitar la presencia de plagas y enfermedades no deseables para el cultivo, durante todo el ciclo de producción tanto de minitubérculos como de esquejes y de plantas madres, se realizaron aplicaciones de insecticidas como Tamarón, Diazinón, Pounce, Malathión y Sevín 80 para el control de mosquita blanca, palomilla de la papa y áfidos principalmente; asimismo y mediante aspersiones con fungicidas tales como Metalaxil, Clorotalonil, Manzate y Benomil, se logró el control de Tizón temprano (*Alternaria solani*) y Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), además de prevenir otras enfermedades propias del cultivo.

## **Fertilización**

La fertilización para las técnicas de producción fue en forma manual, utilizando para ello la dosis 50-100-50 g por unidad experimental y dividido en tres etapas, durante la siembra o trasplante y a los 30 y 60 días después de esta. Asimismo para la producción de esquejes, fue necesaria la fertilización a base de nitrógeno para las plantas madres, diluyendo éste en agua de riego tres veces por mes a dosis de 10-5-5 g por planta.

## **Labores Culturales**

Al lote experimental se le realizó un cultivo (aporque) a los 20 días después de emergidos los minitubérculos y otro a los 15 días después de trasplantados los esquejes; para esto, se agregó en forma manual una capa de tierra estéril de 12 cm con el fin de evitar que los minitubérculos quedaran al descubierto durante su desarrollo, además de darle soporte a la planta.

## **Cosecha**

El 25 de septiembre de 1998 (100 días después de la siembra), se inició con el corte del follaje de los materiales producidos mediante la técnica de minitubérculos para posteriormente escoger al azar tres plantas por unidad experimental y registrar número de tallos por planta. Después del corte de

follaje se dejó 17 días para que los minitubérculos suberizaran, e iniciar con esto la cosecha de minitubérculos planta por planta.

Bajo la misma metodología que la técnica anterior, el 7 de octubre (100 días después de la siembra) y el 4 de noviembre de 1998 (100 días después de la siembra), se procedió a cortar el follaje de las plantas producidas tanto por esquejes de tallo laterales como para las de esquejes de tallo juvenil respectivamente; asimismo, 20 días después se inició la cosecha de minitubérculos para obtener los parámetros correspondientes.

### **Parámetros a Evaluar Para los Tres Sistemas de Producción**

#### **Días a Floración**

Esta variable se tomó cuando el 50 por ciento de las plantas de cada unidad experimental estaban en su fase de floración.

#### **Número de Tallos por Metro Cuadrado**

Se registraron los datos correspondientes cuando se efectuó el desvare seleccionándose para ello tres plantas al azar.

### **Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado**

La variable se determinó a los 20 días después del desvare al extraer los minitubérculos planta por planta.

### **Rendimiento por Metro Cuadrado y por Hectárea**

Se realizó al pesar los minitubérculos obtenidos de cada unidad experimental y posteriormente se realizó la transformación a m<sup>2</sup> y a ha.

### **Diámetro de Minitubérculos**

Con la ayuda de un Vernier se logró obtener en forma exacta de cada minitubérculo, su diámetro ecuatorial y así clasificarlos en cinco categorías diferentes como a continuación se describen:

Tamaño Primeras. (Tubérculos de 5 a 14 mm de diámetro)

Tamaño Segunda. (Tubérculos de 15 a 24 mm de diámetro)

Tamaño Tercero. (Tubérculos de 25 a 34 mm de diámetro)

Tamaño Cuarto. (Tubérculos de 35 a 44 mm de diámetro)

Tamaño Quinto. (Tubérculos de 45 a 54 mm de diámetro)

## Índice de Multiplicación

Se determino al cosechar los minitubérculos planta por planta

### **Diseño Experimental y Análisis Estadístico**

El diseño experimental utilizado ( Steel y Torrie, 1989), fue el de Parcelas Divididas con arreglo en Bloques al Azar con tres técnicas de producción, como parcela grande, cuatro variedades como parcela chica y cuatro repeticiones, bajo este diseño se realizó un análisis de varianza (Cuadro 3.2) para cada una de las variables mediante el siguiente modelo estadístico.

### Modelo Estadístico

$$Y_{ijk} = M + R_i + T_j + EE(a)_{ij} + V_k + VT_{jk} + E_{ijk}$$

donde:  $i = 1, 2, 3, \dots, r$  (repeticiones)  
 $j = 1, 2, 3, \dots, t$  (técnica)  
 $k = 1, 2, 3, \dots, v$  (variedades)

$Y_{ijk}$  =  $i$  – ésima repetición de la  $j$  – ésima variedad en la  $k$  – ésima técnica

$M$  = Efecto de la media general del experimento.

$R_i$  = Efecto de la  $i$  – ésima repetición

$T_j$  = Efecto de la  $j$  – ésima técnica

$EE(a)$  = Error de parcela grande

$V_k$  = Efecto de la  $k$  – ésima variedad

$TV$  = Interacción de las variedades con las técnicas

$E_{ijk}$  = Error experimental

Cuadro 3.2 Fuentes de variación, grados de libertad y suma de cuadrados del diseño parcelas divididas.

FV	Gl	Sc
Repeticiones	r-1	$\sum Y_{i..}^2 / tv - Y_{...}^2 / rtv$
Técnicas	t-1	$\sum Y_{.j.}^2 / rv - Y_{...}^2 / rtv$
EE(a)	(r-1) (v-1)	$\sum \sum Y_{ij}^2 / v - \sum Y_{i..}^2 / tv - \sum Y_{.j.}^2 / rv + Y_{...}^2 / rtv$
Variedades	(v-1)	$\sum Y_{..k}^2 / rt - Y_{...}^2 / rtv$
Vars. X Técnicas	(v-1) (t-1)	$\sum \sum Y_{.jk}^2 / r - Y_{..k}^2 / rt - Y_{.j.}^2 / rv + Y_{...}^2 / rtv$
EE	V (r-1) (t-1)	Por diferencia
Total	rvt - 1	$\sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - Y_{...}^2 / rtv$

### Transformaciones

En el caso de algunas variables que presentaron alto coeficiente de variación se realizó la transformación de los datos mediante la siguiente fórmula:

$$y_{ijk} = \sqrt{x+1}$$

Donde: X = Valor observado

### Comparación de Medias

La comparación de medias se realizó mediante la prueba de rango múltiple de Duncan al nivel de significancia adecuado, la cual según Steel y Torrie (1989), utiliza los siguientes comparadores:

$$d_i = t_{\alpha/2, n, gl} \frac{EE(\sqrt{CMEE})}{r}$$

Donde:  $d_i$  = Valores de los comparadores

$t_{\alpha/2, n, gl}$  = Valor de tablas al nivel de significancia deseado ( $\alpha$ )  
con los grados de libertad del error (glEE)

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

$r$  = Número de repeticiones

## RESULTADOS Y DISCUSION

Se encontraron diferencias altamente significativas entre técnicas en las variables: número de tallos, días de floración, peso de minitubérculos, número de minitubérculos y número de minitubérculos de las categorías 1, 3, y 5, mientras que la categoría 4 sólo se encontraron diferencias significativas; para el factor B (variedades) se encontró diferencia altamente significativa para las variables días a floración peso de minitubérculos, número de minitubérculos y número de minitubérculos de las categorías 4 y 5, mostrándose la categoría 3 solamente significativa, mientras que el resto de las variables resultaron no significativas.

En la interacción variedades por técnicas, se encontró una alta significancia para los parámetros días a flor, peso de minitubérculos y número de minitubérculos de la categoría 5, no encontrándose significancia en los parámetros restantes tal y como se aprecia en el Cuadro 4.1.

Cabe mencionar que todas las variables no presentan significancia alguna para repeticiones ( indicativo de un lote homogéneo ). Asimismo, el coeficiente

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y significancias de los diferentes parámetros evaluados en cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

FV	GL	No. Tallos	Días a floración	Rendimiento g / m <sup>2</sup>	No. Mini/m <sup>2</sup>	Número de Minitubérculos/m <sup>2</sup>				
						T1	T2	T3	T4	T5
Repetición	3	13.18 <sup>N.S.</sup>	10.77 <sup>N.S.</sup>	68432.88 <sup>NS</sup>	12.50 <sup>NS</sup>	6.97 <sup>NS</sup>	10.83 <sup>NS</sup>	8.68 <sup>NS</sup>	13.16 <sup>NS</sup>	5.85 <sup>NS</sup>
Técnicas	2	960.30 <sup>**</sup>	4603.56 <sup>**</sup>	11125720.3 <sup>**</sup>	4398.5 <sup>**</sup>	52.27 <sup>**</sup>	40.68 <sup>NS</sup>	547.00 <sup>**</sup>	289.52 <sup>*</sup>	142.18 <sup>**</sup>
Error A.	6	11.083 <sup>N.S</sup>	10.25 <sup>N.S.</sup>	176554.11 <sup>NS</sup>	30.75 <sup>NS</sup>	3.66 <sup>NS</sup>	8.60 <sup>NS</sup>	12.43 <sup>NS</sup>	23.68 <sup>NS</sup>	3.77 <sup>NS</sup>
Variedades	3	9.57 <sup>N.S</sup>	129.72 <sup>**</sup>	3419952.05 <sup>**</sup>	355.72 <sup>**</sup>	2.14 <sup>NS</sup>	30.38 <sup>NS</sup>	86.18 <sup>*</sup>	121.72 <sup>**</sup>	87.68 <sup>**</sup>
Tec/Var	6	9.22 <sup>N.S</sup>	32.78 <sup>**</sup>	649121.61 <sup>**</sup>	82.30 <sup>NS</sup>	4.32 <sup>NS</sup>	32.91 <sup>NS</sup>	21.60 <sup>NS</sup>	3.99 <sup>NS</sup>	19.85 <sup>**</sup>
E.E.	27	14.84 <sup>N.S</sup>	6.56 <sup>**</sup>	101492.31 <sup>**</sup>	34.759 <sup>NS</sup>	2.22 <sup>NS</sup>	16.32 <sup>NS</sup>	28.29 <sup>NS</sup>	13.14 <sup>NS</sup>	3.42 <sup>NS</sup>
C.V. %		13.63	4.34	11.96	11.52	2.42	14.69	11.33	15.44	23.93

N.S. = No significativo \* = Significativo al 0.05 \*\* = Significativo al 0.01

de variación (CV por ciento) para todas las características evaluadas. fluctuó entre 2.42 hasta 23.93 por ciento indicando con esto que el experimento se realizó en óptimas condiciones y que los resultados obtenidos son confiables.

### Días a Floración

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 4.1), donde para la variable días a floración existe una alta significancia estadística; tanto para el factor técnicas, como para el factor variedades, así como en su interacción, al realizar la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 por ciento de significancia, de manera independiente para dichas fuentes de variación, se observó que la variedad con floración temprana fue Atlantic con 54.25 días, seguido por Norteña, CEW y Alpha las cuales forman otro grupo estadístico diferente a Atlantic pero similar entre sí tal como se aprecia en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4.2 Medias de días a floración y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	Variedades				Media
	Alpha	Atlantic	CEW	Norteña	
<b>Minitubérculo</b>	45.50 D	33.00 F	43.00 D	37.50 E	39.81 C
<b>E.T. Lateral</b>	67.75 B	62.50 C	64.75 BC	65.75 BC	65.19 B
<b>E.T. Juvenil</b>	71.75 A	67.25 B	73.75 A	73.25 A	72.00 A
<b>Media</b>	61.66 A	54.25 B	60.58 A	59.50 A	<b>59.00</b>

\* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

Asimismo en dicho cuadro se muestran las medias de las técnicas, que fueron estadísticamente diferentes, siendo las técnicas de la multiplicación acelerada (esquejes de tallo lateral y juvenil) las que presentan una floración tardía muy superior a la media general que es de 59, días quedando así la técnica de minitubérculos como la más precoz con una media de 39.81 días.

En cuanto a la interacción se refiere, en el mismo cuadro y en la Figura 4.1 se observa que la variedad Atlantic mediante el sistema de minitubérculos es la más precoz en floración con una media de 33 días seguido por las variedades Norteña, CEW y Alpha quedando así todas las variedades establecidas mediante la multiplicación acelerada como las más tardías.

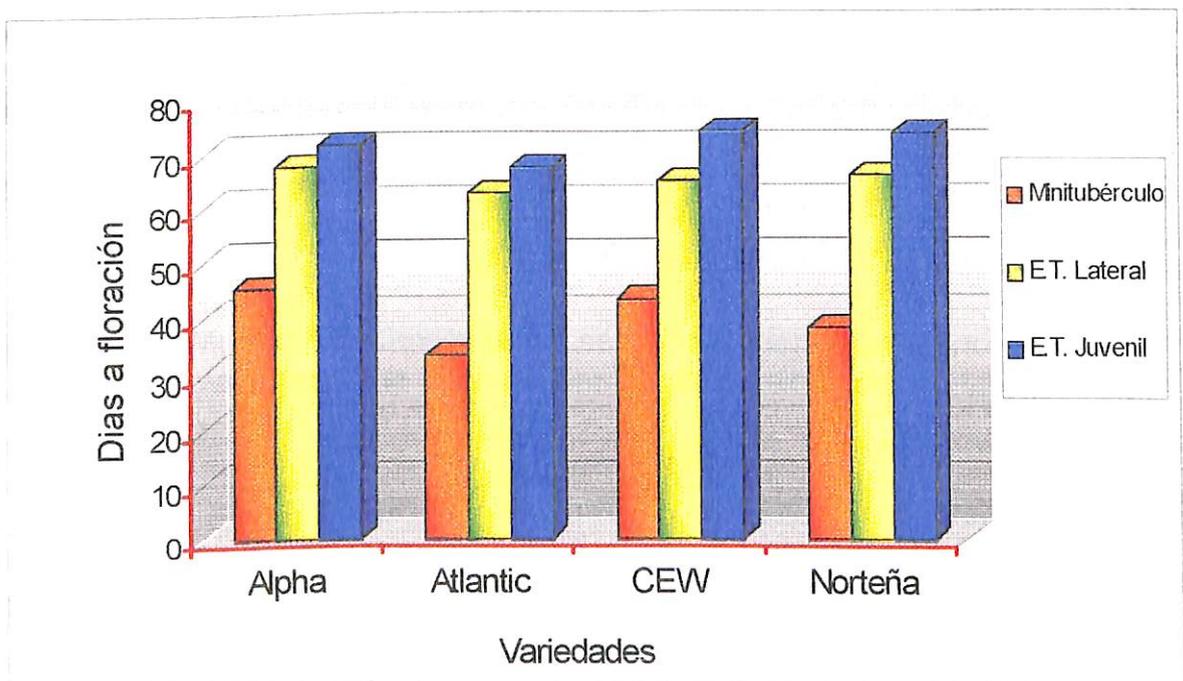


Figura 4.1 Medias de días a floración en cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo.

## Número de Tallos por Metro Cuadrado

En base a las diferencias encontradas para esta variable, se procedió a realizar la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 por ciento de significancia, reconfirmándose que entre variedades no existen diferencias; presentando el mayor promedio la variedad CEW, con una media de 41.08 seguido por Norteña, Alpha y Atlantic con 39, 38.54 y 38.43 tallos/m<sup>2</sup> respectivamente (Cuadro 4.3 ).

En lo que corresponde al comportamiento de las técnicas, se distingue claramente que la técnica de producción mediante minitubérculos es la que mayor número de tallos/m<sup>2</sup> produce con una media 51.65, siendo además estadísticamente superior en comparación con la técnica de la multiplicación acelerada, quienes forman un grupo estadístico similar con un promedio inferior a la media general de 39.26 tallos/m<sup>2</sup>.

Cuadro 4.3. Medias de número de tallos por m<sup>2</sup> y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	Variedades				Media
	Alpha	Atlantic	CEW	Norteña	
<b>Minitubérculo</b>	50.00 A	53.47 A	52.43 A	50.69 A	51.65 A
<b>E.T. Lateral</b>	33.68 B	33.00 B	30.20 B	30.20 B	33.94 B
<b>E.T. Juvenil</b>	31.94 B	28.47 B	36.45 B	31.94 B	32.20 B
<b>Media</b>	38.54 A	38.43 A	41.08 A	39.00 A	<b>39.26</b>

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales

Respecto a la interacción técnicas por variedades en dicho cuadro se aprecia una alta producción de tallos/m<sup>2</sup> en las variedades establecidas mediante la técnica de minitubérculos, formando éstas un mismo grupo estadístico, en el cuál la variedad Atlantic supera a las otras variedades aunque no significativamente con 53.47 tallo/m<sup>2</sup> contradiciendo esto a García (1997), quien afirma que dicha variedad es la que produce menor número de tallos por m<sup>2</sup> comparada con Mondial, Alpha y Premier.

Asimismo el segundo grupo estadístico está formado por las variedades establecidas mediante la técnica de esquejes de tallo lateral y esquejes de tallo juvenil, quienes desarrollaron un similar número de tallos/m<sup>2</sup> inferior a la media general que es de 39.26. Lo anterior coincide con Wattimera *et al.* (1983); mismo que menciona, que las plantas producidas mediante las técnicas de la multiplicación acelerada producen matas con tallos únicos, razón por la cual este sistema origina menos números de tallos por unidad de superficie en comparación con la técnica de producción de minitubérculos; la cual produce mayor número de tallos dependiendo esto del calibre, estado fisiológico y la variedad de la semilla (Van der Zaag, 1981; Wiersema, 1981 y Garcia 1997).

En la Figura 4.2 se puede distinguir el comportamiento para esta variable de las diferentes variedades establecidas mediante los tres diferentes sistemas de producción de semilla tubérculo de papa; observándose, que las

variedades estudiadas al sembrarse mediante la técnica de semilla-tubérculo, son las que generan un mayor número de tallos por unidad de superficie.

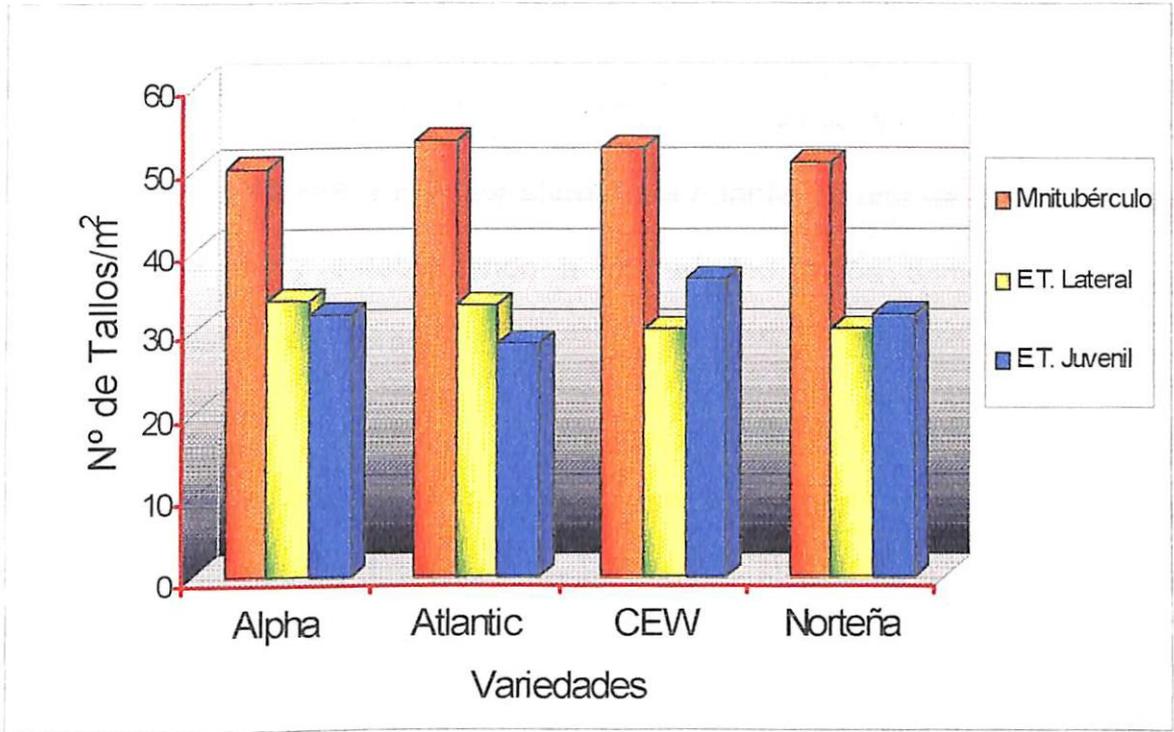


Figura 4.2 Medias del número de tallos/m<sup>2</sup> producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo.

### Rendimiento en Gramos Por Metro Cuadrado

Al realizar la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 por ciento de significancia (Cuadro 4.4), se observa que para el factor variedades, Atlantic es la que más produce, con una media de 4543.05 g/m<sup>2</sup> siendo además estadísticamente superior a las variedades Norteña y Alpha con 3922.2 y

3566.66 g/m<sup>2</sup> ; quedando así en el último grupo estadístico la variedad CEW con 2766.66 g/m<sup>2</sup> lo que representa un 25 por ciento debajo de la media total que fue de 3699.53 g/m<sup>2</sup>.

Lo anterior contradice a García (1995), quien al comparar las variedades Alpha, Atlantic, Mondial y Premier afirma que Atlantic es una de las que menos producen por m<sup>2</sup> y estableciendo a la variedad Alpha como una de las variedades más productoras/m<sup>2</sup>.

En cuanto a técnicas de producción se refiere, se observan claramente dos grupos estadísticos diferentes, donde destaca el sistema de producción de minitubérculos con una media de 5036.11 g/m<sup>2</sup>, mientras que el segundo grupo lo forman las técnicas de la multiplicación acelerada (esquejes de tallo lateral y juvenil); con una media de 3048.61 y 3013.88 g/m<sup>2</sup> respectivamente, cifras que están por debajo de la media total que es de 3699.53 (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4. Medias de rendimientos en g/m<sup>2</sup> y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnica	Variedades				Media
	Alpha	Atlantic	CEW	Norteña	
<b>Minitubérculo</b>	4379.16 C	6687.50 A	3606.94 D	5473.61 B	5036.1 A
<b>E.T. Lateral</b>	3261.11 D	3559.72 D	2272.22 F	3102.77 D	3048.6 B
<b>E.T. Juvenil</b>	3059.72 DE	3381.94 D	2420.83 EF	3191.66 D	3013.9 B
<b>Media</b>	3566.66 B	4543.05 A	2766.66 C	3922.20 B	<b>3699.53</b>

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales

En el mismo cuadro se muestra la interacción entre variedades por técnicas de producción de semilla, registrando a la variedad Atlantic mediante la modalidad de minitubérculos como la más rendidora en el trabajo de investigación con una media de  $6687.5 \text{ g/m}^2$ , siendo ésta, la más sobresaliente de los 12 datos de campo y de los 6 grupos estadísticos que se formaron. Asimismo, en la técnica de esqueje de tallo lateral, las variedades que figuran como la más rendidoras son Atlantic, Alpha y Norteña formando un grupo estadístico similar entre sí.

En el sistema de producción mediante esqueje de tallo juvenil y al igual que en la técnica antes mencionada, las variedades Atlantic, Alpha y Norteña son las que presentaron resultados superiores con 3381.94, 3191.66 y 3059.72  $\text{g/m}^2$  respectivamente; concluyendo con esto, que la variedad CEW tanto para la técnica de minitubérculos como para las técnicas de la multiplicación acelerada es la que menos rinde en  $\text{g/m}^2$ .

Cabe mencionar que las variedades Atlantic, Alpha y Norteña establecidas mediante la técnica de minitubérculos, presentaron una media de rendimiento superior a la media general (3699.53).

El comportamiento de las variedades de papa establecidas mediante los tres diferentes sistemas de producción de semilla tubérculo fue muy diferente, sobre todo en la técnica de minitubérculos, ya que las técnicas de

multiplicación acelerada son algo similar entre sí quedando éstas dentro de los tres grupos estadísticos (Figura 4.3).

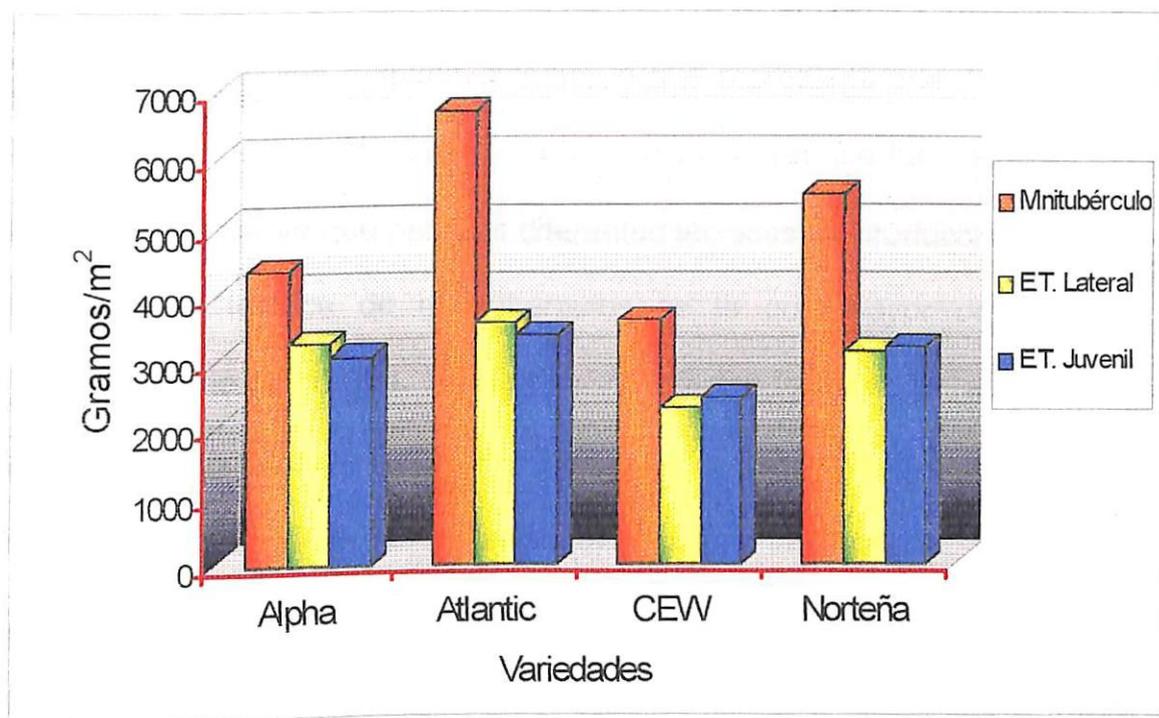


Figura 4.3 Medias de rendimiento en  $\text{g/m}^2$  producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.

### Rendimiento en Toneladas por Hectárea

Para determinar los rendimientos en toneladas por hectárea de las cuatro variedades de papa establecidas mediante tres diferentes sistemas de producción de semilla-tubérculo, se tomo como base los rendimientos obtenidos por  $\text{m}^2$ ; realizándose una conversión de  $\text{g/m}^2$  a ton/ha.

El los rendimientos en ton/ha presentados en el Cuadro 4.5, se observa que la variedad Atlantic fue la más rendidora con 45.43 ton/ha, y estadísticamente superior a las variedades Norteña, Alpha y CEW con 39.22, 35.66 y 27.66 ton/ha respectivamente, lo que representa que Atlantic está un 22 por ciento arriba con respecto a la media general que fue de 36.99 ton/ha; además, se observa que para las diferentes técnicas de producción de semilla-tubérculo; la técnica de minitubérculos es la que mayor producción por hectárea tiene con una media de 50.36 ton, figurando además como significativamente superior a las medias de las técnicas de la multiplicación acelerada (esquejes de tallo lateral y tallo juvenil) las cuales con rendimientos de 30.48 y 30.13 ton/ha forman un mismo grupo estadístico; sin embargo, es importante mencionar que el ser la técnica de minitubérculos superior estadísticamente, no quiere decir también que sea económicamente la mejor opción, ya que para alcanzar esto es necesario sembrar una mayor cantidad de semilla tubérculo lo que implicaría un mayor gasto económico dado los altos costos de producción a diferencia del material adquirido para establecer unas cuantas plantas madres para la obtención de esquejes, lo que significa un bajo costo.

En la interacción variedades por técnicas, de este mismo cuadro se aprecia que en la técnica de producción mediante minitubérculos, la variedad Atlantic reporta una media de 66.87 ton/ha, lo que la hace ser la más productora en comparación con Norteña, Alpha y CEW, las cuales con

rendimientos de 54.73, 43.79 y 36.06 ton/ha respectivamente, forman grupos estadísticos diferentes entre sí.

Cuadro 4.5. Medias de rendimiento en ton/ha y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	Variedades				Media
	Alpha	Atlantic	CEW	Norteña	
<b>Minitubérculo</b>	43.79 C	66.87 A	36.06 D	54.73 B	50.36 A
<b>E.T. Lateral</b>	32.61 D	35.59 D	22.72 F	31.02 D	30.48 B
<b>E.T. Juvenil</b>	30.59 DE	33.81 D	24.20 EF	31.91 D	30.13 B
<b>Media</b>	35.66 B	45.43 A	27.66 C	39.22 B	<b>36.99</b>

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales

En cuanto a las técnicas de la multiplicación acelerada se refiere, tanto a esquejes de tallo lateral como a esquejes de tallo juvenil las variedades Alpha, Atlantic y Norteña se encuentran formando un mismo grupo estadístico, con rendimientos que oscilan entre 30.50 y 35.59 ton/ha; sin embargo, aunque estadísticamente son similares, una diferencia de más de 5 ton/ha sí resulta ser económicamente significativo, ya que con esta producción se podría establecer una hectárea para producción comercial de papa dependiendo del tamaño de semilla.

La diferencia de rendimientos entre las distintas técnicas de producción coincide con lo planteado por Arce (1997) y Smith (1976), quienes mencionan que a mayor número de tallos por semilla, mayor producción se obtendrá, por lo que al establecer cualquier variedad de papa mediante semilla-tubérculo

(minitubérculos) originará un mayor número de tallos por unidad de superficie a diferencia de las técnicas de la multiplicación acelerada, las cuales por el tipo de propagación (esquejes) da origen a plantas con un solo tallo lo que significa menor producción.

La Figura 4.4 expresa el comportamiento de las cuatro variedades de papa establecidas mediante los diferentes sistemas de producción de semilla-tubérculo, distinguiéndose en ésta las variedades mas productoras para cada técnica como lo es la variedad Atlantic al establecerse mediante semilla-tubérculo.

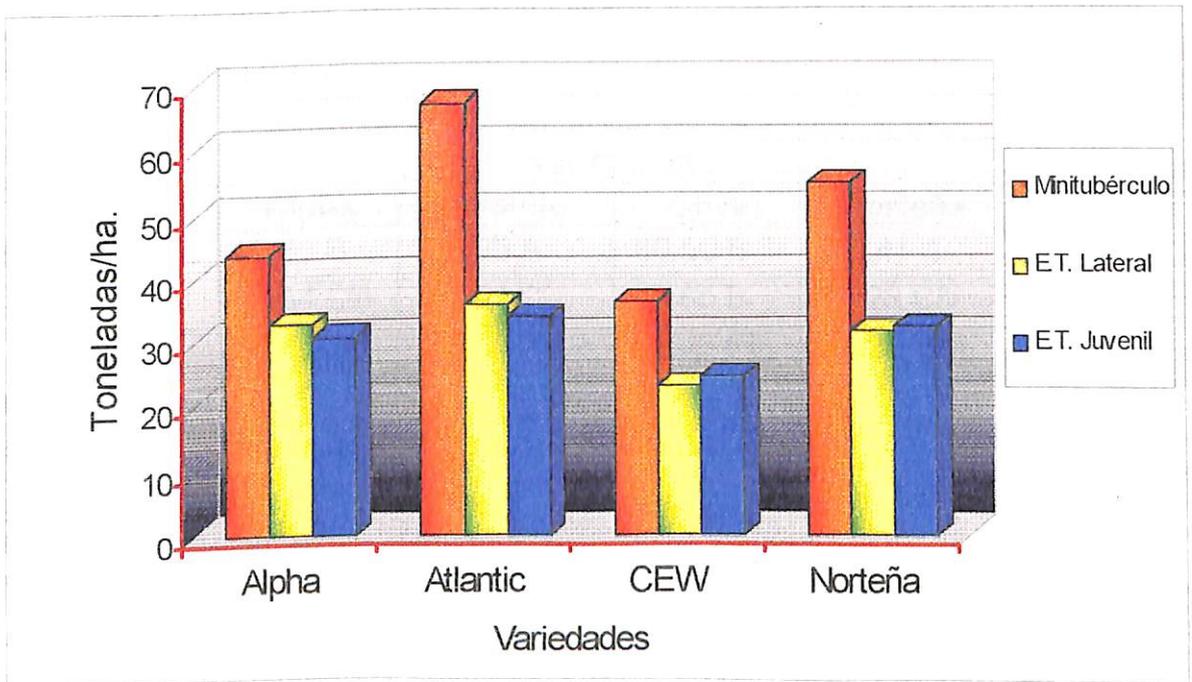


Figura 4.4 Medias de rendimiento en ton/ha producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.

## Número de Minitubérculos Por Metro Cuadrado

En vista de la alta significancia encontrada tanto para técnicas como para variedades, se realizó una prueba de rango múltiple al 5 por ciento para las medias de rendimiento (Cuadro 4.6); observándose, que las variedades Norteña y Atlantic son las que mayor número de minitubérculos por m<sup>2</sup> producen con 77.31 y 76.27; resultados que estadísticamente, son similares entre sí; además, Atlantic obtuvo un rendimiento similar a la variedad Alpha con un promedio de 69.79 mientras que CEW quedó en la última posición con 60.87 minitubérculos/m<sup>2</sup>.

Cuadro 4.6. Medias de número de minitubérculos por m<sup>2</sup> y sus significancias de cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	Variedades				Media
	Alpha	Atlantic	CEW	Norteña	
<b>Minitubérculo</b>	92.36 B	106.25 A	80.50 B	110.41 A	97.40 A
<b>E.T. Lateral</b>	63.54 CD	67.01 C	49.65 E	64.23 CD	61.11 B
<b>E.T. Juvenil</b>	53.47 DE	55.55 CDE	52.43 DE	57.29 CDE	54.69 B
<b>Media</b>	69.79 B	76.27 AB	60.87 C	77.31 A	<b>71.06</b>

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En relación a las técnicas de producción, se puede apreciar que la técnica de producción mediante minitubérculos, con una media de 97.40 minitubérculos/m<sup>2</sup>, superó estadísticamente a las técnicas de la multiplicación acelerada (esquejes de tallo lateral y tallo juvenil) con medias de 61.11 y 54.69 minitubérculos/m<sup>2</sup> respectivamente y que estadísticamente son similares entre

sí; asimismo, y bajo el mismo criterio que el aplicado a rendimientos en ton/ha, sería importante también establecer los costos que implica el obtener un mayor número de minitubérculos por  $m^2$  sembrando solamente minitubérculos cuyo precio es alto.

El Cuadro 4.6 presenta además la interacción entre variedades y técnicas donde se observa que las variedades Norteña y Atlantic establecidas mediante la técnica de minitubérculos son las que mayor número de minitubérculos/ $m^2$  producen; con medias de 110.4 y 106.25 respectivamente formando éstas un grupo estadístico similar seguido por las variedades Alpha y CEW mediante la técnica antes mencionada; asimismo, con un 26 por ciento por debajo de la media total se encuentra la variedad CEW establecida mediante esquejes de tallo lateral y esquejes de tallo juvenil representando ésta, como la variedad que menor número de minitubérculos produce por  $m^2$ .

En la Figura 4.5 se observa el comportamiento de las cuatro variedades de papa establecidas mediante tres diferentes sistemas de producción de semilla – tubérculo (minitubérculos, esquejes de tallo lateral y esquejes de tallo juvenil); apreciándose, que las variedades Atlantic y Norteña son las que mayor número de minitubérculos por  $m^2$  producen dentro de cada técnica de producción y quedando así la variedad CEW como la menor productora de minitubérculos por  $m^2$ .

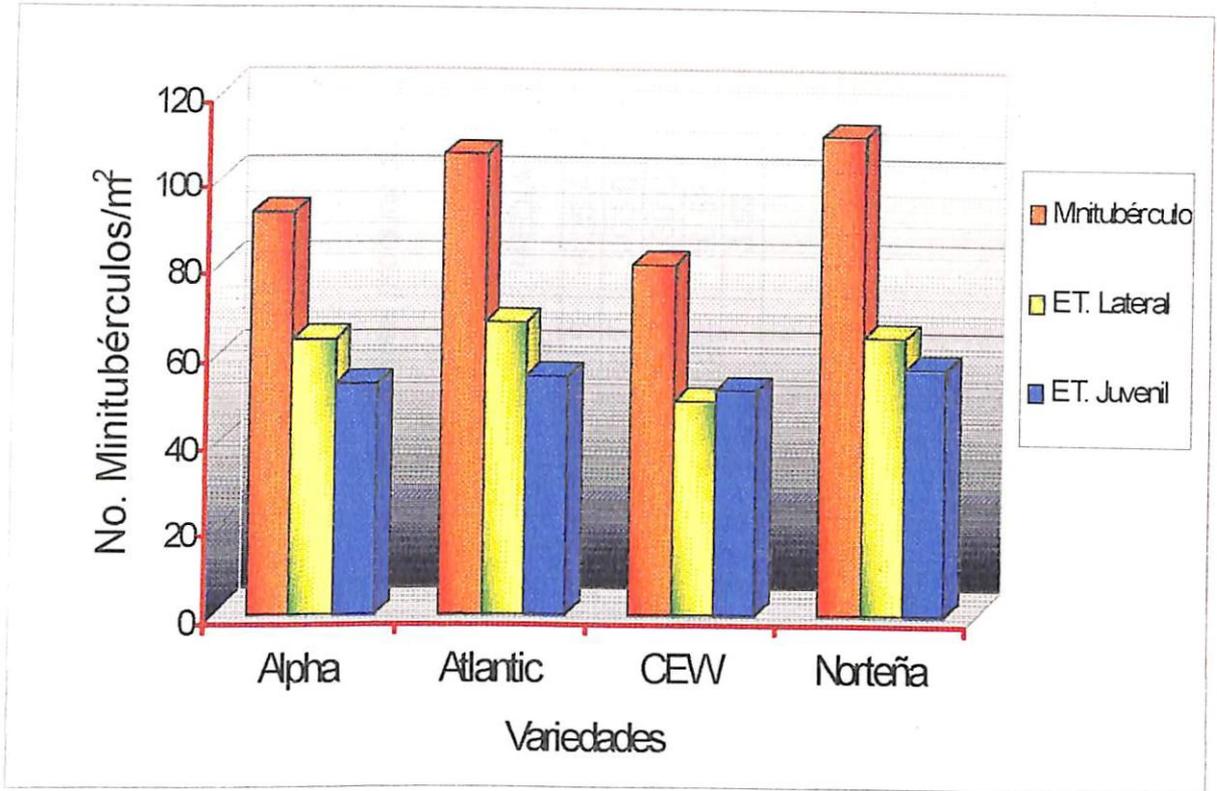


Figura 4.5 Medias para número de minitubérculos por  $m^2$  producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla – tubérculo.

#### Número de Minitubérculos Por Metro Cuadrado de Tamaño Primera (5-14 mm de Diámetro)

Considerando la significancia encontrada en esta variable, se realizó una prueba de rango múltiple de Duncan al 5 por ciento de nivel de significancia para las medias de número de minitubérculos de  $m^2$  de tamaño 1<sup>a</sup> para el factor variedades (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño primera producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	ALPHA		ATLANTIC		CEW		NORTEÑA		MEDIA
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Minitubérculos	7.98 A	69.7	7.63 A	64.7	4.51 B	40.6	4.86 B	60.9	6.25 A
E.T. Lateral.	2.77 C	24.1	2.08 C	17.6	4.51 B	40.6	2.77 C	34.7	3.03 B
E.T. Juvenil	0.69 D	6.0	2.08 D	17.6	2.08 C	18.7	3.47 D	4.3	1.30 C
TOTAL	11.45	100	11.79	100	11.1	100	7.98	100	10.58
MEDIA	3.93 A		3.81 A		3.70 A		2.66 B		3.53

\* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

En este cuadro se observa que las variedades Atlantic, Alpha y CEW con medias de 3.93, 3.81 y 3.70 respectivamente, fueron las que registraron un mayor número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de esta categoría; formando además, un mismo grupo estadístico superior al obtenido por la variedad Norteña, la cual con una media de 2.66 se coloca en el último lugar de las variedades.

En lo relacionado a las técnicas de producción, en el mismo cuadro se observa que la técnica de minitubérculos con una media de 6.25 supera a la media general (3.53) en un 73 por ciento; figurando ésta, como la más productora en comparación con las técnicas de la multiplicación acelerada las cuales registraron medias diferentes estadísticamente hablando.

El cuadro antes citado, también muestra el número total y el por ciento de minitubérculos/m<sup>2</sup> producidos por cuatro variedades de papa establecidas con tres diferentes sistemas de producción de semilla-tubérculo, se observa que el número total de minitubérculos/m<sup>2</sup> registrados por la variedad Alpha (11.79) el 69 por ciento corresponde a la técnica de minitubérculos, el 24 por ciento a la técnica de esquejes de tallo lateral y sólo un 6 por ciento a la técnica de esquejes de tallo juvenil. Al igual que Alpha, la variedad Atlantic mediante minitubérculos aporta el 65 por ciento de la producción total (11.43), quedando las técnicas de la multiplicación acelerada en segundo lugar produciendo cada una el 17 por ciento del total de minitubérculos por m<sup>2</sup>.

Con resultados similares, la variedad CEW muestra su mayor producción al establecerse con minitubérculos y mediante esquejes de tallo lateral (41 por ciento), quedando así la técnica de esquejes de tallo juvenil como la menos productora de esta categoría, ya que solo reporta un 18 por ciento de la producción total.

De los 7.98 minitubérculos producidos por  $m^2$  con la variedad Norteña, un 60 por ciento es mediante la técnica de minitubérculos, un 35 por ciento es con la técnica de tallo lateral y el 5 por ciento mediante esquejes de tallo juvenil.

En la Figura 4.6 se muestra el número de minitubérculos tamaño primera producidos por cuatro variedades de papa; observándose claramente, que las variedades Alpha, Atlantic y Norteña producen un mayor número de minitubérculos/ $m^2$  al establecerse mediante semilla-tubérculo (minitubérculos) quedando solamente la variedad CEW con un comportamiento similar tanto al establecerse por medio de minitubérculos como con esquejes de tallo lateral; sin embargo, la técnica de tallo lateral utilizada en las variedades Alpha y Norteña sobrepasan a la técnica de tallos juveniles expresando solamente la variedad Atlantic, rendimientos similares para ambos sistemas de producción (Esquejes de tallo lateral y esquejes de tallo juvenil).

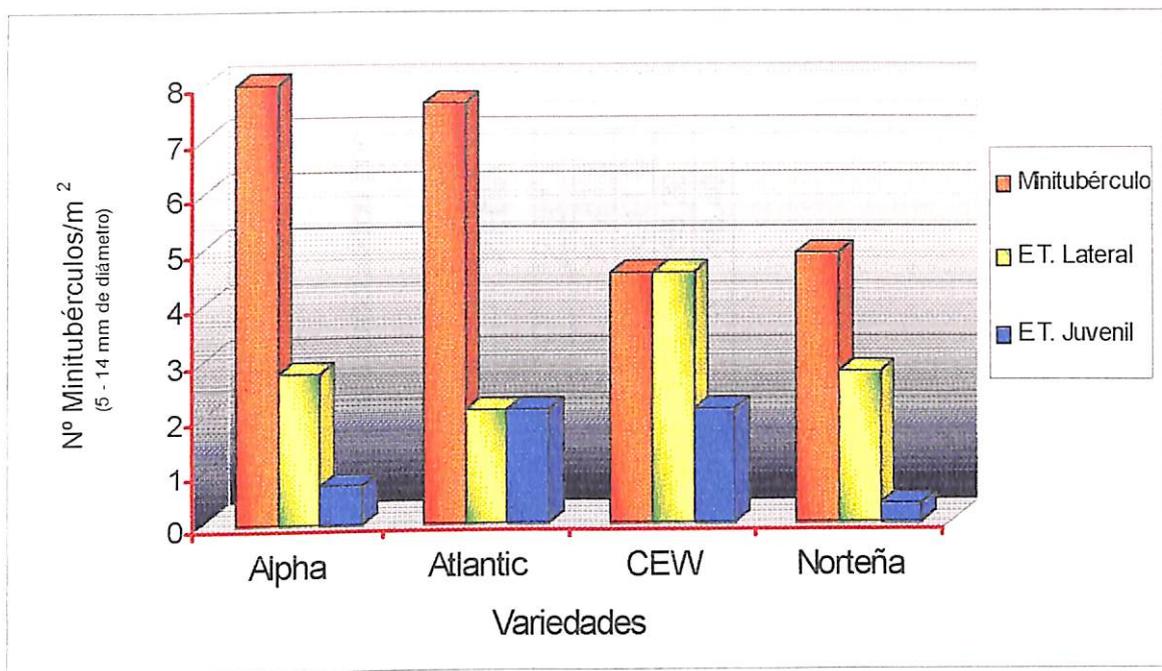


Figura 4.6 Medias para número de minitubérculos por  $m^2$  tamaño primera producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo.

### Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado de Tamaño Segunda (15 – 24 mm de Diámetro)

En el Cuadro 4.8 se muestra el resultado de la prueba de rango múltiple para número de minitubérculos/ $m^2$  de tamaño 2ª (15 – 24 mm) obtenidos de cuatro variedades de papa al establecerse mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo. Se observa que para variedades la mayor cantidad de minitubérculos/ $m^2$  de la categoría 2ª, fue producido por la variedad Norteña con una media de 20.71 superando además a la media general, que fue de 18.40 minitubérculos/ $m^2$ .

Cuadro 4.8. Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño segunda producción producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	ALPHA		ATLANTIC		CEW		NORTENA		MEDIA
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
Minitubérculos	22.22 B	39.5	15.27 F	33.1	18.75 D	33.3	26.04 A	41.9	20.57 A
E.T. Lateral.	17.36 E	30.8	20.00 C	43.3	16.31 EF	29.0	19.44 D	31.4	18.49 B
E.T. Juvenil	16.66 E	29.6	10.06 G	21.8	21.18 BC	37.6	16.66 E	27.0	16.14 C
<b>TOTAL</b>	56.24	100	46.18	100	56.25	100	62.15	100	55.20
<b>MEDIA</b>	18.75 B		15.39 C		18.75 B		20.71 A		<b>18.40</b>

\* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

El segundo lugar fue para las variedades Alpha y CEW con medias similares (18.75) y el 3er. lugar fue para la variedad Atlantic con 15.39 minitubérculos por m<sup>2</sup>.

Entre técnicas, la mayor cantidad de minitubérculos por m<sup>2</sup> fueron producidos mediante minitubérculos quien con una media de 20.35 minitubérculos/m<sup>2</sup> superó a las medias registradas por las técnicas de la multiplicación acelerada que fueron de 18.49 para esquejes de tallos laterales y 16.14 para esquejes de tallos juveniles.

Para la interacción variedades por técnicas, tenemos que para la variedad Alpha su mayor producción la presenta mediante la técnica de minitubérculos (40 por ciento), presentando resultados similares (30 por ciento) las técnicas de la multiplicación acelerada.

En el caso de la variedad Atlantic, la producción más alta fue mediante esquejes de tallo lateral aportando un 43 por ciento del total de la producción. Esta cifra desplaza a la técnica de minitubérculo al 2º lugar con un 33 por ciento y en 3er. lugar a la técnica de esquejes de tallo juvenil, la cual sólo contribuyó con un 22 por ciento.

Para la variedad CEW la mayor cantidad de minitubérculos fue mediante esquejes de tallo juvenil con 37 por ciento. El segundo lugar lo ocupa la

técnica de minitubérculos al producir el 33 por ciento y por último con un rendimiento del 29 por ciento está la técnica de esquejes de tallo lateral.

La cantidad de minitubérculos producidos por la variedad Norteña fue más alto donde se utilizó la técnica de minitubérculos (42 por ciento); el segundo lugar fue para la técnica de esquejes de tallo lateral con una producción del 31 por ciento y el tercer lugar fue para esquejes juveniles con el 27 por ciento.

La Figura 4.7 muestra el número de minitubérculos/m<sup>2</sup> del tamaño segundo (15 –24 mm de diámetro), producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo.

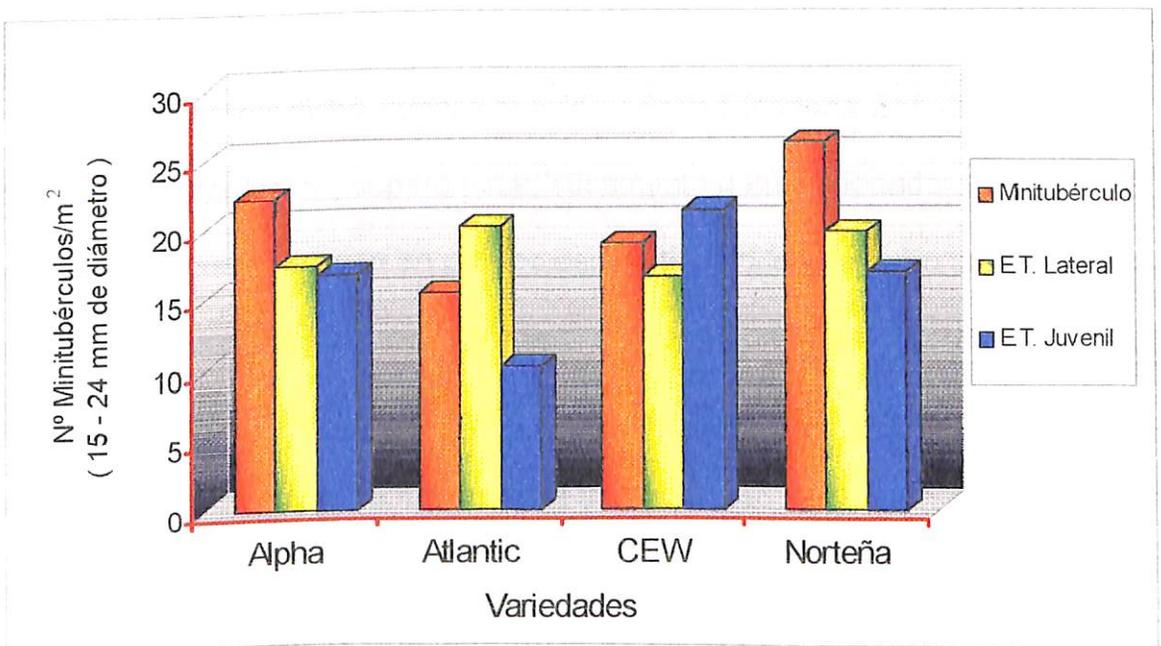


Figura 4.7 Medias para número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño segunda producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla- tubérculo.

Se observa que la mayor producción en las variedades Alpha y Norteña se registran mediante la técnica de minitubérculos mientras que para las variedades CEW y Atlantic las técnicas de la multiplicación acelerada fueron la que mayor número de minitubérculos/ m<sup>2</sup> presentaron.

### **Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado de Tamaño Tercera (25 – 34 mm de Diámetro)**

En vista de que se encontró significancia para técnicas y variedades y con el propósito de observar los tratamientos agrupados a las medias de rendimiento de estos dos factores, se les realizó la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 por ciento de nivel de significancia. (Cuadro 4.9).

Se observa en dicho cuadro que la variedad Norteña con una media de 34.37 minitubérculos/m<sup>2</sup>, superó estadísticamente a las variedades Alpha, CEW y Atlantic, las que aparecen en grupos estadísticos diferentes. En relación a las técnicas de producción, se aprecian tres grupos estadísticos diferentes encabezados por la técnica de minitubérculos, la cual con una media de 38.88 minitubérculos/ m<sup>2</sup> superó a las técnicas de esquejes.

Se observa además que el número de minitubérculos producidos por la variedad Alpha; fue mayor en la técnica de minitubérculos, ya que de la producción total de la variedad (92.36), el 38.7 por ciento corresponde a esta

Cuadro 4.9. Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño tercera producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	ALPHA		ATLANTIC		CEW		NORTEÑA		MEDIA					
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%						
Minitubérculos	35.75	BC	38.7	35.06	C	44.9	36.45	B	44.3	48.26	A	46.8	38.88	A
E.T. Lateral	30.20	D	32.7	22.56	FG	28.9	23.61	F	28.7	29.50	B	32.7	26.47	B
E.T. Juvenil	26.88	E	29.1	20.48	H	26.2	22.22	G	27	25.34	E	24.6	23.60	C
TOTAL	92.36		100	78.10		100	82.29		100	103.12		100	118.60	
MEDIA	30.79		B	26.04		D	27.43		C	34.37		A	29.65	

\* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

técnica quedando así la técnica de esquejes de tallo lateral en segundo lugar con un 33 por ciento y la técnica de esquejes de tallo juvenil con un 29 por ciento.

Para la variedad Atlantic tenemos que del total del número de minitubérculos producidos (78.1) la técnica de minitubérculos fue la que contribuyó con el mayor porcentaje (45 por ciento), mientras que la técnica de esquejes de tallo lateral y esqueje de tallo juvenil solo aportaron el 29 y 26 por ciento de la producción.

De los 82.29 minitubérculos/ m<sup>2</sup> producidos por la variedad CEW, el 44 por ciento fueron mediante la técnica de minitubérculos. Este porcentaje supera a los obtenidos por las técnicas de la multiplicación acelerada, ya que esta variedad por medio de esquejes de tallo lateral reporta, un 29 por ciento del total de minitubérculos/ m<sup>2</sup> quedando como la menos productora (27 por ciento) la técnica de esquejes de tallo juvenil.

En el caso de la variedad Norteña la cual es la más productora dentro de esta categoría, expresó sus mejores rendimientos al establecerse mediante la técnica de minitubérculos; ya que aporta casi 50 por ciento del total de la producción, lo que además la hace ser la más sobresaliente de las variedades evaluadas.

La Figura 4.8 muestra el comportamiento de las cuatro variedades de papa evaluadas al establecerse mediante tres sistemas de producción; se aprecia claramente como la variedad Norteña, mediante la técnica de minitubérculos supera a las otras variedades establecidas mediante esta misma técnica; sin embargo, la variedad Alpha y Norteña mediante esquejes de tallo lateral y juvenil presentan una media de producción muy similar.

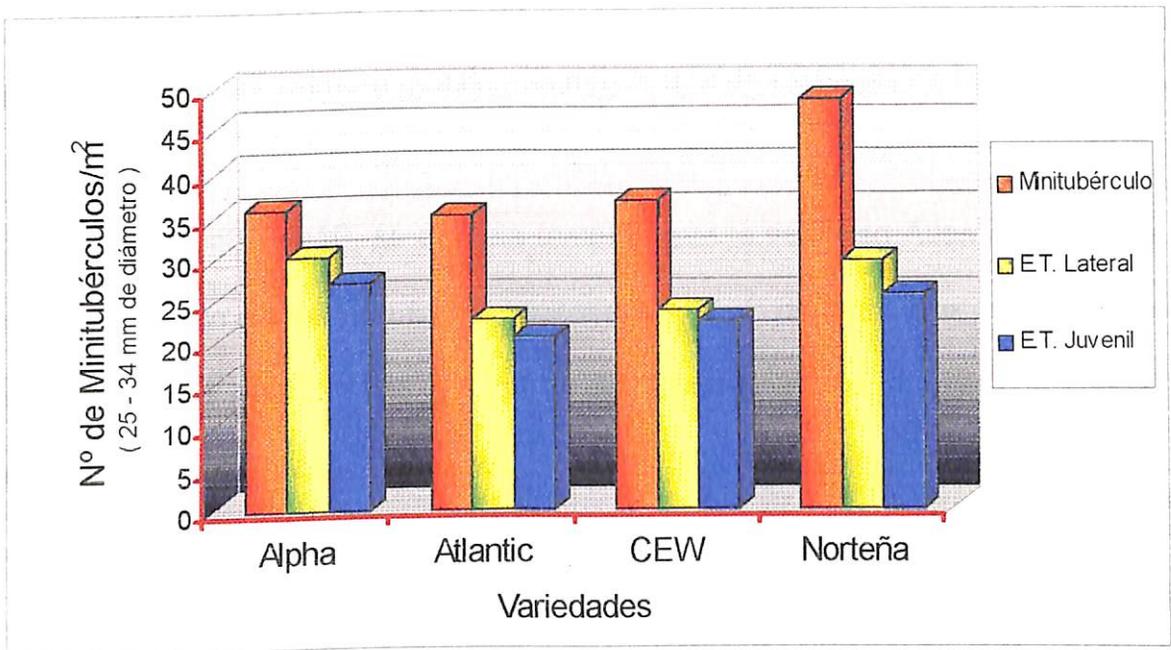


Figura 4.8 Medias para número de minitubérculos por  $m^2$  tamaño tercero producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo.

### Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado de Tamaño Cuarto (35-44 mm de Diámetro)

Al realizar la prueba de Duncan al 5 por ciento de significancia para técnicas y para variedades (Cuadro 4.10), se observa que la media obtenida

por la variedad Atlantic (19.90), fue significativamente superior a las medias de las variedades Norteña, Alpha y CEW, las cuales además forman grupos estadísticos diferentes.

En el factor técnicas se observa que la técnica de minitubérculos con una media de 21.61 minitubérculos/m<sup>2</sup> supera estadísticamente a las técnicas de la multiplicación acelerada, dentro de la cual la producción de esquejes de tallo juvenil (11.89) por primera ocasión es mayor a la de esquejes de tallo lateral.

En el Cuadro 4.10, se aprecia también que la variedad Atlantic es la más productora con un total de 59.72 minitubérculos/m<sup>2</sup>; de esta cifra, la técnica de minitubérculos aportó el 43 por ciento del total; asimismo, y con porcentajes similares de producción tenemos a las técnicas de la multiplicación acelerada, aportando cada una el 17 por ciento del total de minitubérculos producidos por la variedad.

El segundo lugar lo ocupa la variedad Norteña con un total de 50 minitubérculos/m<sup>2</sup>; de esta producción, el 50 por ciento lo aporta la variedad al establecerse por medio de semilla-tubérculo (minitubérculo), el 29 por ciento mediante esquejes de tallo lateral. Lo anterior indica que la técnica de minitubérculo es la más productora en cuanto a número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de tamaño 4<sup>o</sup> se refiere.

Cuadro 4.10. Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño cuarta producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	ALPHA		ATLANTIC		CEW		NORTEÑA		MEDIA
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	
<b>Minitubérculos</b>	19.09 C	48.2	25.69 A	43	17.03 D	59.1	24.65 B	49.7	21.61 A
<b>E.T.Lateral</b>	10.76 F	27.2	17.01 D	28.5	5.20 H	18.0	10.76 F	21.7	10.94 C
<b>E.T.Juvenil</b>	9.72 F	24.5	17.01 D	28.5	6.59 G	22.9	14.23 E	28.7	11.89 B
<b>TOTAL</b>	39.58	100	59.72	100	28.81	100	49.65	100	44.4
<b>MEDIA</b>	13.19 C		19.90 A		9.60 D		16.90 B		<b>14.80</b>

\* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

La variedad Alpha expresó su mayor cantidad de minitubérculos/m<sup>2</sup> al establecerse mediante la técnica de minitubérculos; produciendo ésta, el 48.2 por ciento del total de la producción; obteniendo con esto, las técnicas de la multiplicación acelerada el segundo y tercer lugar con el 27 por ciento para esquejes de tallo lateral y 25 por ciento para esquejes de tallos juvenil.

En cuanto a la variedad CEW se refiere, su más alto número de minitubérculos/m<sup>2</sup> lo obtuvo mediante la técnica de minitubérculos aportando esta casi el 60 por ciento de la producción total de la variedad; asimismo y al igual que en la categoría 3<sup>a</sup>, la técnica de esquejes de tallo juvenil nuevamente se coloca en segundo lugar con un 5 por ciento más de producción que lo reportado por la técnica de esquejes de tallo lateral, la cual presento el 18 por ciento.

Todo lo anterior puede ser visualizado en la Figura 4.9, donde la técnica de minitubérculos sigue siendo la mejor alternativa de producción y sobre todo con la variedad Atlantic, mientras que dentro de las técnicas de multiplicación acelerada; tanto esquejes de tallo juvenil, como esquejes de tallo lateral se comportan con gran similitud, sobre todo en las variedades Alpha y Atlantic presentando CEW y Norteña su más alta producción en esquejes de tallo juvenil.

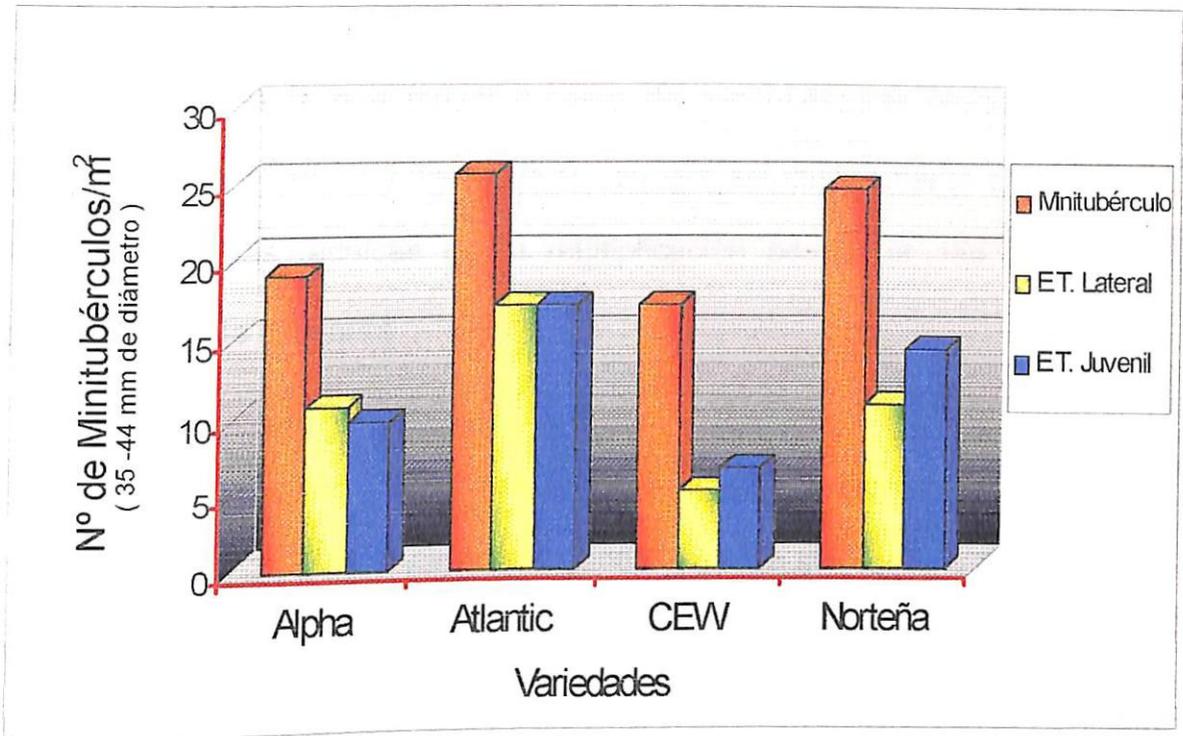


Figura 4.9 Medias para número de minitubérculos por  $m^2$  tamaño cuarto producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo.

#### Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado de tamaño quinto ( 45-54 mm de Diámetro)

El Cuadro 4.11 presenta las medias y porcentajes del número de minitubérculos/ $m^2$  producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo. Se observa que dentro del factor variedades, la variedad Atlantic con una media de 9.95 Minitubérculos/ $m^2$ , superó estadísticamente a las variedades Alpha con 3.35, Norteña con 2.71 y CEW con 1.62, siendo además estas tres variedades diferentes estadísticamente entre sí.

En lo referente a técnicas de producción, se aprecia que la técnica de minitubérculos es la que mayor número de minitubérculos produce de esta categoría, ya que con una media de 9.2 supera estadísticamente a las medias obtenidas por las técnicas de la multiplicación acelerada, las cuales son estadísticamente similares.

Para la interacción variedades por técnicas de producción, tenemos en el mismo Cuadro 4.11 que la variedad Atlantic, expresó su mas alto por ciento de producción al establecerse mediante la técnica de minitubérculos; superando además estadísticamente, a todas las demás variedades establecidas mediante los diferentes sistemas de producción.

El segundo lugar lo ocupó la variedad Alpha, presentando ésta su mayor cantidad de minitubérculos por  $m^2$  al establecerse mediante semilla-tubérculo aportando además el 72 por ciento de la producción total, que fue de 10.06 minitubérculos/ $m^2$ .

Con una producción total de 8.33 minitubérculos por  $m^2$  de 45-54 mm de diámetro, la variedad norteña aportó el 80 por ciento; al sembrarse mediante el sistema de minitubérculos, superando estadísticamente a lo producido por esta misma variedad, pero mediante las técnicas de la multiplicación acelerada.

Cuadro 4.11. Medias y porcentajes de número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño quinto producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Técnicas	ALPHA		ATLANTIC		CEW		NORTEÑA		MEDIA					
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%						
Minitubérculos	7.29	B	72.4	19.79	A	66.2	3.81	D	78.4	5.90	C	70.9	9.20	A
E.T. Lateral.	2.43	E	24.1	4.16	D	13.9	.69	F	14.2	1.73	E	20.8	2.25	B
E.T. Juvenil.	.347	F	3.44	5.90	C	19.8	.34	F	7	.69	F	8.3	4.42	B
<b>TOTAL</b>	10.06		100	29.90		100	4.86		100	8.33		100	13.27	
<b>MEDIA</b>		3.35	B		9.95	A		1.62	D		2.77	C		4.42

\* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

La variedad CEW ocupó el cuarto lugar dentro de las variedades evaluadas; sin embargo, al comparar la variedad mediante los tres sistemas de producción, observamos que mediante la técnica de minitubérculos la variedad presentó su más alto número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, superando estadísticamente a la producción obtenida por la técnica de esquejes de tallo lateral y tallo juvenil; técnicas que además, se comportaron estadísticamente similares entre sí.

En la Figura 4.10 se muestra el comportamiento de las cuatro variedades de papa, establecidas mediante tres sistemas de producción; se aprecia, que la variedad Atlantic mediante minitubérculos es la más sobresaliente.

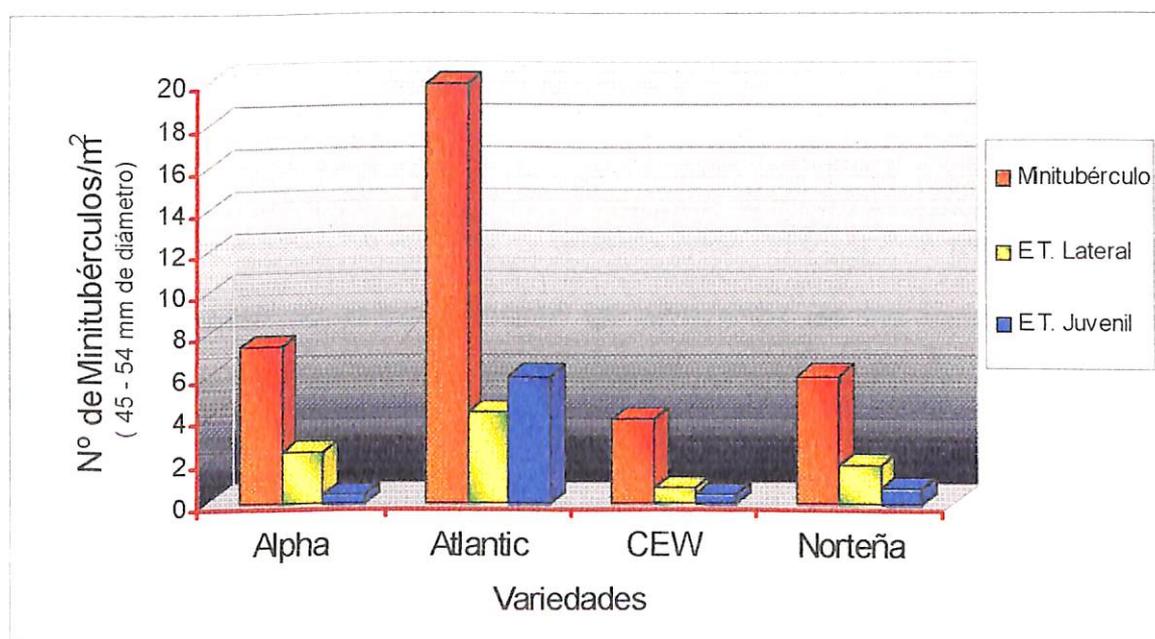


Figura 4.10 Medias para número de minitubérculos por m<sup>2</sup> tamaño quinto producidos por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción de semilla-tubérculo.

## **Número de Minitubérculos por Metro Cuadrado**

**(> 55 mm de Diámetro)**

Para esta categoría, se encontró que solamente la variedad Atlantic mediante la técnica de minitubérculos; produjo un total de ocho tubérculos, mientras que el resto de variedades y técnicas no presentaron producción de esta categoría. Lo anterior se debe a que la variedad Atlantic es la más precoz dentro de las variedades evaluadas y dado a que la cosecha fue en el mismo tiempo que con las tres restantes, esta desarrollo tubérculos mas grandes, por ello es que en la categorías superiores, sobresaliera la variedad con mayor número de material.

## **Índice de Multiplicación**

Para esta variable no se realizó análisis estadístico por lo que los datos que a continuación se presentan son los obtenidos de las variables antes descritas.

En el Cuadro 4.12 se muestra el índice de multiplicación obtenido por las cuatro variedades establecidas mediante los diferentes sistemas de producción. Se observa, que dentro de la técnica de minitubérculos las variedades con un mayor índice de multiplicación fueron Atlantic y Norteña con

Cuadro 4.12 Medias del factor de multiplicación obtenidas por cuatro variedades de papa mediante tres sistemas de producción.

Variedades	Técnicas	No. de esquejes por tubérculo	No. de Minis por esqueje	Relación minis : esquejes : minis	Días
ALPHA	Minitubérculo	0	0	1 : - : 3.94	100
	E. Tallo Lateral	37	2.88	1 : 37 : 106.56	195
	E. Tallo Juvenil	23.2	2.5	1 : 23.2 : 2.5	143
ATLANTIC	Minitubérculo	0	0	1 : - : 4.21	100
	E. Tallo Lateral	35.2	2.72	1 : 36 : 97.92	195
	E. Tallo Juvenil	26	2.17	1 : 26 : 56.42	143
CEW	Minitubérculo	0	0	1 : - : 3.06	100
	E. Tallo Lateral	37.4	2.18	1 : 37 : 81.5	190
	E. Tallo Juvenil	21	2	1 : 21 : 42	143
NORTEÑA	Minitubérculo	0	0	1 : - : 4.26	100
	E. Tallo Lateral	55.2	2.82	1 : 55 : 155.6	189
	E. Tallo Juvenil	31.8	2.27	1 : 32 : 72.18	145

una relación de 1 : 4.2 seguida por Alpha y CEW cuya relación fue de 1: 3.9 y 1: 3 respectivamente ; esto, en un período de 100 días.

Asimismo, y dentro de la técnica de esquejes de tallo lateral, tenemos que Norteña es la variedad que mayor índice de multiplicación presentó, ésta con una relación de 1 : 155.6, superando a las variedades Alpha (1:106.5), Atlantic (1:97.9) y CEW (1:81.5); lo anterior, en un período de entre 189 a 195 días.

Por otra parte y en un lapso de tiempo que va desde los 143 a los 145 días, se encuentra la técnica de esquejes de tallo juvenil; en la cual la variedad Norteña, es la que expresa su mayor factor de multiplicación con una relación de 1:72.18 superando esta a las demás variedades cuya relaciones fueron entre 1:42 a 1:58.

El tiempo que transcurre desde la siembra a cosecha en las variedades establecidas mediante las técnicas de la multiplicación acelerada, es relativamente largo ya que se tiene que esperar a generar plantas madres para la obtención de esquejes ya sea juveniles o laterales los cuales además requieren de cierto periodo para su enraizamiento situación que pone a la multiplicación acelerada en desventaja en comparación con la técnica de minitubérculos no solo en tiempo, sino también en producción; sin embargo, tomando en cuenta el factor de multiplicación, esquejes de tallo lateral o juvenil es una buena alternativa complementaria para producir semilla tubérculo de

papa a un bajo costo ya que para estas se utiliza menor cantidad de minitubérculos para iniciar el programa de producción sin olvidar que para esto, se requiere de tiempo y de espacio suficiente además de algo de conocimiento sobre el tema.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y las condiciones bajo las cuales se desarrollo el presente trabajo de investigación, se concluye lo siguiente:

Para las diferentes variables evaluadas como lo son, número de tallos rendimientos, número de minitubérculos/m<sup>2</sup>, y número de minitubérculos/m<sup>2</sup> de las diferentes categorías, dependerá en gran medida de la técnica de producción utilizada al igual que de la variedad seleccionada.

Así entonces, se puede decir que el sistema con mayor eficiencia en la producción de semilla tubérculo de papa, es sin duda alguna el de minitubérculos ya que en los diferentes casos es la técnica con promedios superiores a los obtenidos por las técnicas de la multiplicación acelerada (Esquejes de Tallo Lateral y Juvenil) las cuales presentan un comportamiento muy similar entre si con menos rendimientos, menor número de minitubérculos por m<sup>2</sup> y sobre todo con una alta concentración de materiales en las categorías inferiores. Sin embargo, y tal como se venia señalando en el capitulo de discusión, el producir semilla-tubérculo mediante la multiplicación acelerada tiene costos mas bajos; esto, considerando el precio de un minitubérculo (5 a

\$10) ya que requiere una menor cantidad de material de; así entonces, el sistema de minitubérculos al requerir una mayor cantidad de material para establecer determinada superficie implicara un mayor gasto de inversión para iniciar un programa de producción de semilla-tubérculo.

En lo referente al las variedades utilizadas, se apreció claramente que *Atlantic* es la variedad que mejor se comporto en cuanto a rendimientos, Número de minitubérculos por m<sup>2</sup> y Número de minitubérculos por m<sup>2</sup> de las categorías primera, cuarta y quinta seguida por la variedad *Norteña* la cual en algunos casos destaca como la mejor.

Por otra parte, y de acuerdo al factor de multiplicación, podemos indicar que aquí se rompe la tendencia que tenia la técnica de minitubérculos como un sistema de alta producción ya que considerando el tiempo y la cantidad de material con el que se inicio el trabajo, esquejes de tallo Lateral y Esquejes de Tallo Juvenil generan un mayor número de minitubérculos en un periodo de tiempo mas corto.

Es importante mencionar que si el productor carece de material pero cuenta con el tiempo suficiente, sin duda alguna la multiplicación acelerada es una buena alternativa complementaria para producir semilla tubérculo de papa.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones se sugiere seguir trabajando con un mayor número de esquejes por trasplante con el fin de generar un mayor número de tallos por unidad de superficie y con esto una mayor producción; por otro lado, es conveniente además tomar en cuenta los días a cosecha esto en función de la variedad y de la técnica utilizada ya que si la cosecha es temprana o muy tardía, se pueden obtener materiales o muy pequeños o demasiado grandes.

Se recomienda además que el tiempo transcurrido desde el trasplante a cosecha en la técnicas de la multiplicación acelerada, sea mayor en comparación con el utilizado para el sistema de minitubérculos ya que los esquejes requieren de un poco más de tiempo para la formación de su sistema radicular.

## RESUMEN

La papa (*Solanum tuberosum* L.), es considerado como uno de los alimentos de mayor importancia a nivel mundial por su calidad de proteína y contenido de minerales y vitaminas. En nuestro país se siembra actualmente un total de 52,000 has, superficie que demanda anualmente alrededor de 150 mil toneladas de semilla-tubérculo y de las cuales solo se producen 30 mil y se importan 13 mil y estas a un alto costo en el mercado. Considerando la constante necesidad del país de contar con un mayor volumen de semilla de papa de alta calidad y a bajo costo, además de la falta de información sobre las técnicas de la multiplicación acelerada se llevo a cabo el presente trabajo de investigación en la localidad de Arteaga, Coah., Mex. en el ciclo de producción primavera-verano de 1998 y cuyo objetivo fue conocer la producción de cuatro variedades de papa (Alpha, Atlantic, CEW y Norteña) establecidas mediante tres diferentes sistemas de producción de semilla-tubérculo (Minitubérculos, Esquejes de Tallo Lateral y Esquejes de Tallo Juvenil) a nivel de campo utilizando un diseño experimental de parcelas divididas con arreglo en bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indican, que en el rendimiento en g/m<sup>2</sup> y ton/ha, la variedad Atlantic (4543 g/m<sup>2</sup> y 45.43 ton/ha) fue superior a las tres variedades restantes; para las técnicas de producción, tenemos que la

de minitubérculos presentó los mayores rendimientos. Para el número de minitubérculos por  $m^2$ , se encontró que las variedades Norteña y Atlantic son la más productoras dentro de esta variable con una media de 77.31 y 76.27 respectivamente; asimismo, y dentro de las técnicas de producción el sistema de minitubérculos (97.40) es el que expresó una producción superior en comparación con las técnicas de la multiplicación acelerada. Del total de minitubérculos producidos por las cuatro variedades de papa establecidas mediante las diferentes modalidades, se puede decir que el mayor número de minitubérculos cosechados fue de entre 25 y 34 mm de diámetro. En cuanto al factor de multiplicación se refiere, las variedades con mayores índices fueron las establecidas mediante esquejes de tallo lateral (1:95.3) y con esquejes de tallo juvenil (1:57.15), esto en un periodo de entre 140 a 195 días. Podemos concluir que el sistema con mayor eficiencia en la producción de semilla tubérculo de papa es el de minitubérculos; sin embargo, si el productor cuenta con poco material de partida pero suficiente tiempo dentro de su programa de producción, la mejor opción son las técnicas de la multiplicación acelerada ya que estas presentan índices de multiplicación superiores y a costos mas bajos. En lo referente a las variedades utilizadas, se apreció claramente que Atlantic es la variedad que mejor se comportó en la mayoría de las variables evaluadas. Se sugiere seguir trabajando con un mayor número de esquejes por trasplante siendo conveniente además, tomar en cuenta los días a cosecha esto en función de la variedad y de la técnica de producción utilizada.

## LITERATURA CITADA

- Alonso A. F., 1996. El cultivo de la patata. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp 30-207.
- Arce, G. L. 1997. Producción de Minitubérculos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en Campo, Utilizando Cuatro Variedades y Cuatro Tamaños. Tesis M.C. UAAAN, Saltillo, Coah., México. Pp. 1-32
- Beukema. H.P. and D.E. Van der Zaag. 1990. Introduction to potato production. Centre for Agriculture. Publishing and Documentation. Wageningen, The Netherlands.
- Bryan, J. E. 1976. Esquejes: Un método de multiplicación acelerada de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. P. 6.
- \_\_\_\_\_, 1988. Implementation of rapid multiplication and tissue culture methods in third world countries. International Potato Center. (IPC). Lima, Perú. Pp. 199 – 207.
- Bryan, J., Jackson M. and Meléndez G. 1981. Rapid multiplication techniques for potatoes. The International Potato Center (IPC). Lima, Perú. Pp. 3-20.
- Campos, P. O., 1979. Rendimiento de Esquejes de Cuatro Cultivares de Papa; Informe de Investigación Presentado Como Parte de los Requisitos Para Optar al Título de Ingeniero Agrónomo; Valdivia, Chile. Pp. 8-32
- Centro Internacional de la Papa (CIP). 1975. Multiplicación acelerada de semilla por el método de esquejes. Informe anual. Lima; Perú, P. 74.
- Dirección General de Educación Técnica Agropecuaria (DGETA). 1983. Las papas. Editorial Trillas México pp 9-54.
- Dodds H., J. 1988. Tissue culture technology practical application of sophisticated methods. International Potato Center (CIP). Lima, Perú. Pp. 167-179.

- Erwin, E. P. and L. Wareing. 1978. Shoot, stolon and tuber formation on potato (*S. tuberosum* L.) cutting in response to photoperiod. 61. Pp. 348-353. Cambridge, USA.
- Fernández B., J. 1976. La producción y certificación de semilla de papa en México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla y Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. Pp. 1-53.
- García, De L. M. 1997. Evaluación de Tres Tamaños de Minitubérculos de Papa (*Solanum tuberosum* L.) de Cuatro Cultivares, para Producción de Semilla, Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis M.C. UAAAN, Saltillo, Coah., México, Pp 1-80.
- Hawkes, J.G. 1978. Biosystematics of the Potato. In Harris. P.M. (DE) The Potato Crop. Chapman & Hall. Ltd.
- \_\_\_\_\_, 1982. History of the potato. In The potato crop. II De. Chapman and Hall. N.Y. USA. Cap. I p 1-68
- Huamán U. 1978. Propagación Intensiva de la Papa Durante la Primera Etapa de un Programa de Semillas. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú 5 pp.
- Huamán, Z., 1986. Botánica Sistemática y Morfología de la papa. Centro Internacional de la papa (CIP) No. 6 Lima, Perú. Pp. 9-17.
- Huamán, Z., P. Schmieliche, and R. Wissar. 1988. Los recursos genéticos de de papa y su conservación en el centro internacional de mejoramiento de la papa. Curso Internacional de la Papa. Toluca, Edo de México, Méx.. Pp. 15-24.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos -Programa Regional Cooperativo de Papa (INIFAP - SARH - PRECODEPA.) 1985. Memoria. Curso Internacional sobre Tecnología de Producción de Papa. Toluca, México. Pp. 41-46.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 1992. Manual de Producción de Semilla de Papa. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. P 1-95. México, D.F.

- Jones E., D. 1986. A current assessment of in vitro culture and other rapid multiplication methods in North American and Europe. Cornell University Ithaca, N.Y. USA. Pp. 209-221.
- Lizárraga, R., P. Tovar, U. Jayasinghe y J. Dadds, 1987. Cultivo de tejidos para la eliminación de patógenos. Guía de investigación CIP 3. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. Pp. 1-21.
- López D., H. y T. Zavala. 1988. Curso de multiplicación acelerada de papa in-vitro e Invernadero. Programa Regional Cooperativo de la papa. PRECODEPA. Bolivia. Pp. 20.
- Meléndez G. N. Y B.M. Quevedo . 1980. Técnicas de multiplicación rápida. En memorias del curso de producción de semilla. INAPAPA-IBTA-COTESU-MAGA. Cochabamba, Bolivia. Pp. 1-15.
- Mendoza, H. A. and R. N. Estrada. 1979. Breeding potatoes for tolerance to stress. Heat and frost stress physiology in crop plants. John Willey and Sons. Inc. New York, USA p 228-248.
- Naranjo S., H. y M.D. Estrella. 1987. Una técnica de multiplicación rápida de papa "Modelo INIAP". Boletín Divulgativo No. 194. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Ecuador. Pp. 1-12.
- Norma Oficial Mexicana. 1997. Certificación de semilla de papa. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México, D.F. p 1-12.
- Pogi, M.C And O. Brinholi. 1995. Effects of seed potato maturity, weight and treatments for breaking dormancy on potato yield (*Solanum tuberosum* L. ) cultivar Itarare (IAC 5986). Pesquisa Agropecuaria Brasileira 30 (11): 1305-1311. Botucatu, Sp, Brazil.
- Roca, W., M. Espinoza, and J. E. Bryan. 1978. A tissue culture method for the rapid propagation of potatoes. Am. Potato Journal. (55) 691-701. USA.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH)., 1991. División Agrícola INIFAP-Propuesta de Programa para Autosuficiencia de Producción de Semilla de PAPA en México, México. Pp. 1-15.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1992. Manual de producción de semilla de papa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. México. Pp. 1-95.

- Slack, S. 1988. Applications of tissue culture and micropropagation techniques to potato production. *American Potato Journal* (55) 714-719 USA.
- Smith, O .D. 1976. Potatoes production storage and processing. De AVI Publishing, Inc. USA. p 199-206.
- Steel, R.G.D. y J.A. Torrie. 1986. Bioestadística: principios y procedimientos. 2 de. Mc Graw-Hill de México. México, D.F. Pp 132-187.
- Van der Zaag, D.E. 1973. La Patata y su cultivo en los Países Bajos. Instituto Holandés de Consulta sobre la Patata. La Haya Países Bajos No. 5108
- Van der Zaag, D.E. 1981. Recolección y Almacenamiento de Papas. Publicado por el Instituto Consultivo Holandés sobre Papa. La Haya Holanda y el Ministerio de Agricultura y Pesca, Madrid, España.
- Wareh, H., N.L. Trolinder, and J.R. Goodin . 1989. Callus initiation, shoot regeneration and micropropagation of three potato cultivars. Texas. Tech University. USA. Pp. 680-682.
- Wattimera, G. , B. Mc Cown and G. Weis. 1983. Comparative field performance of potato from microtuber. *Am. Potato J.* 27-33. USA.
- Wiersema, S. L. 1981. Efecto de la densidad de tallo en la producción de Papa. Boletín Informativo Técnico No. 1. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. Pp 1-12.
- Wright, N. S., 1988. Assembly quality control and use of a potato cultivar collection rendered virus-free by heat therapy and tissue culture. Vancouver, Canada. Pp. 181-197.