



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

PRODUCCION ACELERADA DE PAPA (Solanum tuberosum L.)
PARA LAS VARIETADES ALPHA Y ATLANTIC, POR TRES
METODOS DE PROPAGACION VEGETATIVA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

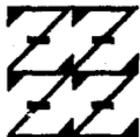
B I O L O G O

P R E S E N T A :

ROSA ELENA SAINZ RAMIREZ

Director de Tesis: M. C. Manuel J. Villarreal González

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO HUBIERO EJE
DE NUESTRA REFLEXION

México, D. F.

Noviembre 1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

	RESUMEN.....	1
	INTRODUCCION.....	2
2	OBJETIVOS.....	6
3	REVISION DE LITERATURA.....	7
3.1.	ORIGEN.....	7
3.2.	DISTRIBUCION GEOGRAFICA.....	7
4	DESCRIPCION BOTANICA Y MORFOLOGIA.....	8
4.1	CLASIFICACION.....	7
4.2	TALLO.....	9
4.3	HOJAS.....	9
4.4	FLORES.....	9
4.5	FRUTO.....	10
4.6	SEMILLAS.....	10
4.7	RAICES.....	10
4.8	ESTOLONES.....	10
4.9	TUBERCULOS.....	11
5	MULTIPLICACION RAPIDA.....	12
5.1	PROPAGACION " <u>in vitro</u> ".....	13
5.2.	PROPAGACION POR ESQUEJES.....	15
5.3.	PROPAGACION POR MINITUBERCULOS.....	18
6	PRODUCCION DE PAPA A PARTIR DE SEMILLA BOTANICA O SEMILLA VERDADERA (TPS).....	22
7	RENDIMIENTOS EN LA PRODUCCION DE PAPA.....	24
	DENSIDAD DE SIEMBRA.....	24
	DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LLUVIA O RIEGO.....	25
	TEMPERATURA.....	25
	LUZ.....	25
	SUSTRATO.....	26

8	MATERIAL Y METODO.....	27
8.1	ESTABLECIMIENTO DEL TESTIGO.....	27
8.2	PROPAGACION DE MINITUBERCULOS.....	29
8.3	PROPAGACION POR ESQUEJES.....	30
9	RESULTADOS.....	34
9.1	EMERGENCIA Y VELOCIDAD DE EMERGENCIA.....	34
9.2	VELOCIDAD DE CRECIMIENTO DEL TALLO.....	35
9.2.1	TESTIGO ALPHA.....	35
9.2.2	TESTIGO ATLANTIC.....	35
9.2.3	MINITUBERCULOS ALPHA.....	36
9.2.4	MINITUBERCULOS ATLANTIC.....	36
9.2.5	ESQUEJES ALPHA.....	36
9.2.6	ESQUEJES ATLANTIC.....	36
9.3	% DE MORTANDAD.....	37
9.4	BIOMASA AEREA.....	37
9.5	ALTURA DE LA PLANTA.....	37
9.6	ABUNDANCIA DE FOLLAJE.....	41
9.7	BIOMASA RADICAL.....	41
9.8	NUMERO DE TUBERCULOS.....	42
9.9	PROMEDIO DE TUBERCULOS POR PLANTA.....	42
9.10	PESO PROMEDIO DE TUBERCULOS POR PLANTA.....	46
9.11	COEFICIENTE DE CORRELACION PARA NUMERO DE TUBERCULOS CONTRA PESO Y TAMAÑO.....	46
10	ANALISIS DE RESULTADOS.....	52
11	CONCLUSIONES.....	57

INDICE DE FIGURAS

1	COMPARACION DE LA PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA DE 1988-1991 (SARH-SNICS, 1988-1991).....	59
2	PORCENTAJE DE PARTICIPACION DE LAS VARIETADES DE PAPA PARA PRODUCCION DE SEMILLA CERTIFICADA. (SARH-SNICS, 1991.....)	60
3	PARTICIPACION POR ESTADOS EN LA SUPERFICIE TOTAL (MILES DE HA) DE PAPA EN 1990.....	61
4	LA PLANTA DE LA PAPA.....	62
5	ANATOMIA DEL TUBERCULO.....	63
6	ESQUEMA DE PROPAGACION " <u>in vitro</u> ".....	64
7	ESQUEMA DE PROPAGACION A PARTIR DE MINITUBERCULOS.....	65
8	ESQUEMA DE PROPAGACION POR ESQUEJE APICAL.....	66
9	ESQUEMA DE PRODUCCION DE PAPA A PARTIR DE SEMILLA VERDADERA (TPS).....	67
10	PORCENTAJE DE MORTANDAD CON RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION.....	38
11	PROMEDIO EN PESO DE LA BIOMASA AEREA CON RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION	39
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PLANTA CON RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION.....	40
13	RENDIMIENTO EN NUMERO DE TUBERCULOS CON RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION.....	43
14	NUMERO DE TUBERCULOS ALPHA CON RESPECTO AL TAMAÑO.....	44
15	NUMERO DE TUBERCULOS ATLANTIC CON RESPECTO AL TAMAÑO..	45
16	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO EN TUBERCULOS DE LAS VARIETADES ALPHA.Y ATLANTIC.....	47
17	NUMERO DE TUBERCULOS ALPHA CON RESPECTO AL PESO.....	48
18	NUMERO DE TUBERCULOS ATLANTIC CON RESPECTO AL PESO....	49

INDICE DE CUADROS

1	DISTRIBUCION DE LOS BLOQUES EXPERIMENTALES EN EL INVERNADERO.....	33
2	RESULTADOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS DURANTE EL EXPERIMENTO PARA LAS VARIEDADES ALPHA Y ATLANTIC PARA LOS TRES METODOS DE PROPAGACION.....	51
3	RESULTADOS ESTADISTICOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS EN EL EXPERIMENTO.....	68

RESUMEN

Se practicaron tres métodos de multiplicación rápida o acelerada; con la finalidad de determinar la técnica más eficiente para la producción de tubérculo-semilla de las variedades Alpha y Atlantic, a partir de plántulas "in vitro" (testigo), producción a partir de minitubérculos y propagación a partir de esquejes, realizadas bajo condiciones de invernadero. Los resultados obtenidos por tratamiento y variedad fueron: para los testigos Alpha y Atlantic se obtuvieron 356 y 301 tubérculos/m² respectivamente; por el método de propagación a partir de minitubérculos se produjeron 202 tubérculos/m² para la variedad Alpha y 220 tubérculos/m² para la variedad Atlantic. Por el método de propagación a partir de esquejes se obtuvieron 84 y 65 tubérculos/m² para Alpha y Atlantic respectivamente. El análisis de varianza y prueba de Fisher al 1% de significancia fueron realizadas para las variables altura de la planta, abundancia de follaje, biomasa aérea, biomasa radical, número y peso de tubérculos; aunque las decisiones sobre la producción fueron tomadas unicamente a partir de las últimas tres variables por ser las más significativas de acuerdo a los objetivos propuestos, para las cuales se obtuvieron los siguientes resultados; igualdad ($P > 0.01$) en los rendimientos de tubérculo-semilla para el testigo y minitubérculos, diferencias significativas ($P < 0.01$) entre el testigo y esquejes y entre minitubérculos y esquejes, por tanto se establece con 99% de confianza que son igualmente eficientes la técnica de propagación "in vitro" y la de minitubérculos para la producción de tubérculo semilla de papa.

INTRODUCCION

La papa se considera un cultivo importante dentro de la dieta mexicana, es una buena fuente de energía (Choudhuri y Choudhuri, 1958), actualmente se considera como el quinto cultivo básico después del maíz, frijol, trigo y arroz, su importancia radica en un alto potencial alimenticio atribuido al contenido de proteínas balanceadas de alta calidad, fácil digestibilidad y a que posee mayor valor nutricional por unidad de superficie cosechada (Villarreal, 1980; Liedl, et al., 1987; SARH-INIFAP, 1990). La papa es el segundo cultivo después de la soya en cuanto a la producción de proteínas por día/ha (CONPAPA, 1991; Liedl, et al., 1987) y el segundo después de la caña de azúcar en cuanto a carbohidratos por unidad de superficie y tiempo, ofrece la mayor producción de calorías por día/ha (Liedl, et al., 1987). El contenido de agua del tubérculo varía desde un 63-87%, los hidratos de carbono entre el 13% y 30% aquí se incluye el contenido de fibra.

Inicialmente el cultivo de la papa en México sólo se practicaba en las Sierras bajo condiciones de temporal con variedades criollas (Villarreal, 1980, 1981) a través de un método tradicional, influido por una serie de factores: ecológicos, agronómicos y socioeconómicos; posteriormente se introdujo en las zonas de riego con menor altura.

Actualmente, se siembran alrededor de 70,000 ha anuales y se obtiene una producción de más de 1,000,000 de ton, la producción se lleva a cabo durante los dos ciclos agrícolas; Primavera-Verano y Otoño-Invierno con un rendimiento promedio de 13.3 ton/ha esto permite que el país pueda disponer de papa fresca todo el año (SARH-INIFAP, 1990; SARH-INIFAP, 1991).

Las zonas destinadas para la producción de papa en nuestro país son: Valles Altos, Sierras y Valles Bajos. El porcentaje que se siembra en las zonas de las Sierras y Valles Altos (Mesa Central) bajo condiciones de temporal y mediante tecnología artesanal, representa un 70%, el 30% restante comprende la región de los Valles Bajos, donde se efectúa bajo condiciones de riego o temporal estable y usando alta tecnología (SARH-INIFAP, 1990).

Se calcula que aproximadamente el 57% de la producción anual de papa es consumida en fresco, 20% se destina para semilla, un 13% al procesamiento industrial y el 10% restante se consideran mermas, se dice que el consumo percapita promedio es de 11.3 kg. (SARH-INIFAP, 1991).

De la producción total de semilla certificada de papa, el 67% es producido en la zona Norte, el 28% en la región del Bajío, y un 5% en la Altiplanicie Mexicana (SARH-SNICS, 1991b y c).

Como lo muestran las estadísticas (Figura 1 de los Anexos), en los periodos de 1988 a 1991 se ha visto incrementada considerablemente la superficie sembrada para producción de semilla certificada de papa.

Los principales Estados productores de semilla certificada de la República Mexicana son: Sinaloa, Chihuahua, Nuevo León, Baja California Sur, Sonora, Coahuila, Jalisco, Michoacán, Morelos y Estado de México. De los cuales los Estados del Noroeste desde 1988 a la fecha se han mantenido a la vanguardia, al aumentar superficie y rendimientos, para lograr el porcentaje más alto en el año agrícola 1991 (Figura 1 de los Anexos) (SARH-SNICS, 1988-1991a).

Las variedades más utilizadas para la producción de semilla certificada (Figura 2 de los Anexos) en la República Mexicana son:

Alpha (70%), Atlantic (22%), contra otras (8%) (SARH-SNICS, 1988-1991a).

Los Estados productores de papa para el autoabastecimiento son: Puebla, Sinaloa, México, Veracruz, Chihuahua, Guanajuato, Sonora, Coahuila, Nuevo León y Michoacán entre otros (Figura 3 de los Anexos) (SARH-INIFAP, 1991).

La superficie de papa sembrada bajo riego está creciendo actualmente y en forma acelerada durante el ciclo Otoño-Invierno, ya que este ciclo estaba sujeto a una escasez relativa de papa; durante este ciclo se producía menos de la mitad de los rendimientos totales del año agrícola. Actualmente cada uno de los ciclos contribuye con aproximadamente la mitad de la producción total (SARH-INIFAP, 1991).

El uso de tubérculos-semilla inapropiados (enfermos) representa la principal causa de contaminación y diseminación de enfermedades, debido a que la papa es altamente vulnerable al ataque de aproximadamente 300 plagas y enfermedades (Horton, 1987), las cuales pueden encontrarse dentro o en la superficie del tubérculo, entre estas se encuentran; infecciones causadas por insectos, hongos, bacterias, virus, viroides y micoplasmas que ayudados por las condiciones del micro-clima propio del cultivo presentan un desarrollo particularmente rápido de fuertes epifitias (CONPAPA, 1991). La principal causa de "degeneración" del tubérculo-semilla de papa es por infecciones de tipo viral, que ocasiona detrimentos en los rendimientos que van desde un 10-80% de acuerdo al virus, variedad, condiciones ambientales y época de infección.

Como una alternativa para resolver la problemática del cultivo de la papa en México se sugiere el uso de técnicas de vanguardia con

el objeto de lograr; independencia alimentaria y tecnológica, exportación del producto, aumento de ingresos a los productores de papa, incremento en los rendimientos y calidad de la producción así como mejorar la dieta alimentaria. En este experimento se manejaron tres técnicas de multiplicación rápida con el objeto de identificar la más eficiente para la producción de tubérculo-semilla y contribuir en la solución de este problema.

2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Comparar la producción de tubérculo-semilla en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.), Alpha y Atlantic, bajo condiciones de invernadero, mediante tres métodos de propagación vegetativa en el período de septiembre a diciembre de 1992.

OBJETIVOS PARTICULARES

a) Propagar vegetativamente la papa a partir de plántulas "in vitro" (testigo), minitubérculos y esquejes apicales.

b) Evaluar el número, tamaño y peso de tuberculillos producidos, así como la biomasa aérea producida por planta, para cada una de las técnicas.

3 REVISION DE LITERATURA

3.1 ORIGEN DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.)

El lugar de origen de la papa se sitúa en la Cordillera de los Andes, dentro de la zona comprendida al Sur de Perú, Norte de Bolivia y la Isla de Chiloé en Chile. También se conocen especies silvestres originarias de Centro y Norte América, como son: Guatemala, México y E.U. (Ducreux, et al., 1986; Horton, 1987; Persini, 1984). Por la cantidad de especies silvestres de papa localizadas en México, se le considera como un segundo centro de origen (Villarreal, 1983).

El cultivo de esta solanácea está ampliamente difundido en todos los continentes, debido principalmente a la conquista española; después de que la papa arribó a España empezó su difusión, pasando primeramente a Irlanda e Inglaterra y posteriormente fué llevada a Europa y de allí al resto del mundo.

3.2 DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Actualmente el cultivo de la papa se practica a nivel mundial. Los países productores mencionados por regiones en orden de importancia son: Europa Oriental, Europa Occidental, América del Norte, América Latina, Asia y Oceanía. En los países desarrollados se considera uno de los productos alimenticios más importantes por tener un gran aporte de energía y ser un producto relativamente barato, en los países en vías de desarrollo aunque no es precisamente barato es una fuente de energía alimenticia tanto para el consumo humano como para el ganado, por lo que su cultivo tiende a incrementarse de manera importante (Horton, 1987).

4 DESCRIPCION BOTANICA Y MORFOLOGIA DE Solanum tuberosum L.

4.1 CLASIFICACION

REINO	VEGETAL
DIVISION	magnoliophyta
SUBDIVISION	Pteropsidae
CLASE	magnoliophyta
SUBCLASE	Dicotiledonea
ORDEN	Sonales
FAMILIA	Solanaceae
GENERO	<u>Solanum</u>
ESPECIE	<u>tuberosum</u>

Existen alrededor de 2 000 especies de la familia solanaceae, a la cuál pertenecen el Tabaco, Tomate y Chile entre otras.

Específicamente al género Solanum pertenecen ocho especies productoras de tubérculos (Jellis y Richardson, 1987; Powel, et al., 1989; Liedl, et al., 1987; Horton, 1987)

La papa (Solanum tuberosum L.) es una planta dicotiledónea anual, herbácea potencialmente perenne que presenta un sistema radical fibroso (Vander Zaag, 1990; Hooker, 1980), el cual es precoz y tuberiza durante el verano cuando los días son largos. Las variedades cultivadas son en su mayoría tetraploides $4X=48$ cromosomas repartidos en cuatro juegos (Ducreux, et al., 1986; Jellis y Richardson, 1987; Powel, et al., 1989 y Liedl, et al., 1987).

La planta de la papa esta conformada por parte aérea (tallo, hojas, flor, fruto y semillas) y la parte subterránea (raíces, estolones y tubérculos).

4.2 TALLO. Es por lo general de color verde aunque puede ser rojo purpúreo, comunmente herbáceo pero en la etapa adulta la parte inferior puede ser relativamente leñosa (Hooker, 1980). El número de tallos en la planta varía de acuerdo al tipo de reproducción; si la planta se propaga a través de semilla sexual (procedente de fecundación del óvulo) desarrolla sólo un tallo y cuando se propaga en forma asexual desarrolla comunmente más de uno (Fernández, 1988a), pero también se ve afectado por factores tales como tamaño del tubérculo de siembra, número de brotes, densidad de plantación y preparación del terreno (Vander Zaag, 1990).

4.3 HOJAS. Las hojas primarias son simples y las hojas adultas son pinnado-compuestas (Figura 4 de los Anexos) están provistas de pelo de diferentes tipos. Existe una gran diversidad de hojas entre las muchas variedades de papa, poseen un gran número de estomas los cuales son más numerosos en la parte inferior que en la parte superior. Las hojas originadas en el tallo subterráneo son pequeñas y tienen forma de escamas, de cuyas yemas axilares emergen los estolones (Hooker, 1980).

4.4 FLORES. Son pentámeras (Figura 4 de los Anexos) de diversos colores, entre ellos se encuentran; el blanco, rosado, liláceo y morado en diferentes tonalidades; poseen estilo y estigma simples y ovario bilocular. El polen es dispersado por el viento, la fecundación se realiza por autopolinización en forma natural, la polinización cruzada no es muy común pero cuando se presenta es de tipo entomológico (Hooker, 1980).

4.5 FRUTO. Es una baya (Figura 4 de los Anexos) cuyo mesocarpo es acuosa y envuelve a las semillas (Christiansen, 1980a). Puede ser redondo u oval, el tamaño varía de 1.0-3.0 cm. de diámetro, en ocasiones puede ser un poco mayor, el color varía de verde a amarillo, castaño rojizo a violeta, tiene dos lóculos con 200-300 semillas aunque pueden llegar a formarse frutos sin semilla debido a factores de esterilidad (Hooker, 1980).

4.6 SEMILLAS. La semilla botánica es de origen sexual se encuentra contenida en el fruto, para su extracción se debe macerar la baya (Christiansen, 1980a).

4.7 RAICES. Tanto las raíces como los estolones son desarrollados a partir del tallo subterráneo (Figura 4 de los Anexos) entre el tubérculo-semilla y la superficie del suelo, por este motivo se recomienda que la siembra de la unidad de propagación (tubérculo-semilla o fracción de este) se haga a una profundidad que permita un buen desarrollo de raíces y estolones, el desarrollo del sistema radical varía dependiendo de la unidad de propagación. Cuando se parte de semilla botánica se desarrolla una raíz principal delgada y posteriormente se transforma en fibrosa y en el caso en que la unidad de propagación sea un tubérculo o una fracción de este, desarrolla un sistema fibroso de raíces laterales superficiales que raramente exceden una profundidad 40-50 cm (Horton, 1987).

4.8 ESTOLONES. Un estolón es una prolongación del tallo subterráneo (Figura 4 de los Anexos) que emerge de las axilas de las hojas carnosas situadas en la porción subterránea, crecen más o menos en

posición horizontal, los estolones se alargan con varios nudos y terminan en una hinchazón la cual da lugar a un tubérculo (Christiansen, 1980a). Cuando un estolón emerge a la superficie, se convierte en un tallo aéreo de color verde el cual ya no originará un tubérculo. La unión del estolón con el tubérculo generalmente se rompe al momento de la cosecha o bien muere cuando la planta alcanza la madurez y sólo queda un fragmento corto o una cicatriz (Hooker, 1980). El crecimiento del estolón depende de la variedad, longitud del día y temperatura ambiental (Vander Zaag, 1990).

4.9 TUBERCULOS. Son tallos subterráneos modificados (Figuras 4 y 5 de los Anexos), que se forman como consecuencia de la proliferación del tejido de reserva (Hooker, 1980). Son de formas variables que van desde; redondos, ovales, periformes y alargados, adaptados para el almacenamiento y reproducción de la planta, poseen un eje principal engrosado y provisto de yemas u ojos en las axilas de sus hojas escamosas. Por lo general cada ojo tiene 3 yemas o más, cada yema corresponde a una rama del tallo subterráneo con entrenudos no desarrollados, los ojos se encuentran situados en espiral sobre la superficie del tubérculo, el número de ojos varía dependiendo de la variedad, tamaño del tubérculo, condiciones de crecimiento, etc. se empiezan a formar antes de la floración y están maduros cuando la planta termina el ciclo vegetativo (Vander Zaag, 1990; Christiansen, 1980a; Horton, 1987).

5 MULTIPLICACION RAPIDA

Por cuestiones fitosanitarias, México ha cerrado el mercado a las importaciones de semilla de papa, únicamente permite la entrada de minitubérculos en cantidades de 100-200 kg por solicitud. Anteriormente y por mucho tiempo nuestro país dependía parcialmente para la propagación de este cultivo, de importaciones provenientes principalmente de Holanda y posteriormente de Canadá. Esto además de representar altos gastos también representaba altos riesgos de introducción de enfermedades, por esta situación se suscitó una demanda de alternativas para aliviar la problemática de abastecimiento de semilla.

Como una estrategia para lograr la autosuficiencia en la producción y satisfacer las necesidades de consumo, se sugieren dos métodos para autoabastecimiento; en primer lugar el uso de tubérculos-semilla sano y en segundo termino el uso de técnicas de multiplicación rápida, eficaces y altamente confiables en la obtención de material de buena calidad con una garantía de sanidad bajo condiciones controladas de laboratorio e invernadero (Fernández y Villarreal, 1984; Dodds, 1984; Van Uyen, 1984; Rowell, et al., 1986; Bryan, 1988).

La multiplicación rápida consiste en un conjunto de técnicas usadas para la propagación asexual de un gran número de especies vegetales, en donde las características de cada planta individual se conservan en las plantas descendientes (SARH-INIFAP, 1990).

En muchas de las especies como es el caso de la papa la propagación es más fácil, rápida y económica por medios vegetativos que por semilla (Hartman y Kester, 1985 y SARH-INIFAP, 1991).

Las técnicas enmarcadas dentro de esta categoría (Van Uyen, 1984; Jones, 1988; Vander Zaag y Escobar, 1990) son las siguientes:

- 1.- Mantenimiento y propagación de tejidos "in vitro"
- 2.- Producción de microtubérculos
- 3.- Trasplante y establecimiento de plántulas en invernadero
- 4.- Propagación por esquejes.
- 5.- Propagación por minitubérculos.

5.1 PROPAGACION "in vitro"

Debido a que la papa presenta una particular "elasticidad" en cuanto a propagación vegetativa (López, 1987; Hooker, 1980; Dodds, 1991), también esta expuesto al ataque de organismos patógenos (Powell, 1989; Ducreux, et al., 1986) y una opción para mantener la sanidad de un clon es el uso de cultivo de tejidos "in vitro" y la posterior multiplicación en invernadero.

El término "in vitro" abarca una gran cantidad de técnicas (Doods, 1991) bajo condiciones de asepsia las cuales están clasificadas de la siguiente manera:

- a) cultivo de células aisladas y protoplastos
- b) cultivo de anteras y polen
- c) cultivo de órganos
- d) cultivo de callo y
- e) cultivo de células en suspensión.

La aplicación de cada una de estas técnicas esta sujeta al objetivo propuesto, requerimientos de producción, disponibilidad y condiciones del material (Dodds, 1991).

La micropropagación es sin duda la técnica que más beneficios ha aportado a la agricultura (Dodds, 1984; Jones, 1988). su fundamento se basa en la producción de un alto número de brotes axilares para la producción a gran escala (Shepard y Thomas citados por Dodds, 1984; Jones, 1988).

El cultivo de tejidos empleado para propagar cualquier especie vegetal presenta ventajas valiosas (Dodds, 1991; Juned, *et al.*, 1991; Dodds, 1984; Powell, 1989). como son:

- I.- Conservación y almacenamiento de germoplasma sano.
- II.-Erradicación de patógenos (virus viroides, hongos, bacterias "insectos parásitos").
- III.-Intercambio de germoplasma, con la absoluta garantía de sanidad.
- IV.-Producción de un gran número de individuos en un corto espacio y tiempo.
- V.-Fácil aplicación y manejo.

Si se Consideran las características que presentan las plantas propagadas "in vitro" después de su establecimiento en el invernadero o bien en campo, estas pueden ser utilizadas como "plantas madres" (planta sana, vigorosa, con alta capacidad productiva) (Bryan, 1988).

En el caso de la papa las plantas "in vitro" son empleadas generalmente para obtener semilla básica, es decir semilla de la más

alta calidad por su integridad genética y alta sanidad (Vittorelli, 1984).

El establecimiento después del trasplante depende en gran medida de las características genéticas de la variedad, de las prácticas de campo adaptadas al clon para obtener un alto porcentaje de sobrevivencia (Mok, *et al.*, 1984).

5.2 PROPAGACION POR ESQUEJES

Otra de las alternativas de multiplicación rápida que ofrece calidad y abate costos de producción es el uso de esquejes obtenidos a partir de "plantas madres", las cuales pueden ser plantas producidas "*in vitro*" vegetativamente activas (Nganga, *et al.*, 1980; Bryan, 1988; Vitorelli, 1984). El reestablecimiento de estas plantas es simple. Parte de plantas producidas "*in vitro*" las cuales son transferidas a un medio sólido, posteriormente se trasplantan a campo o invernadero y en su fase adulta se pueden extraer brotes apicales los que al ser sembrados reestablecen el número de "plantas madres" jóvenes (Van Minh, *et al.*, 1990). También el uso de "plantas madres" que provienen de minitubérculos se consideran aptas para la obtención de esquejes de buena calidad (Vittorelli, 1984).

Un esqueje es una parte genéticamente similar a un tubérculo. Se considera adecuado cuando es de nudo simple y proviene de una "planta madre" fisiológicamente joven, la característica del nudo simple conlleva a la formación de minitubérculos mediante alta densidad de siembra, los cuales son utilizados como simiente para producción a gran escala (Bryan, 1988; Vittorelli, 1984; Nganga, *et al.*, 1980).

El tamaño más apropiado del esqueje es de 12-15 cm de longitud, un tamaño menor de estos tendrá un tallo pequeño que al ser sembrado el nudo quedará enterrado y tuberizará sin formar planta dando lugar a un número máximo de 3 tubérculos y después morirá, de igual manera cuando se parte de plantas fisiológicamente viejas (cuando la planta se acerca a la floración) también formará tubérculo directamente sin formar raíz ni follaje (Vittorelli, 1984).

Existen factores que estimulan la producción de un gran número de esquejes, tales como; temperatura, fotoperíodo y fitorreguladores.

- la temperatura recomendable es de 18-23°C.
- Las horas luz recomendables son 16 h, las cuales se pueden complementar con luz suplementaria, el uso de luz difusa incrementa la sobrevivencia reduce el marchitamiento (Seabrook, 1990) y ayuda a evitar el envejecimiento de la planta (Vander Zaag y Escobar, 1990; Florian, 1977). El número de esquejes producidos por una "planta madre" en el transcurso de 6 meses es de aproximadamente 900 esquejes dependiendo de la variedad y condiciones ambientales (Vander Zaag y Escobar, 1990), el tiempo promedio para lograr el enraizamiento es de 7-10 días desde la aparición del primer brote (Vander Zaag y Escobar, 1990; Vittorelli, 1984)

En general el proceso de establecimiento de esquejes es favorecido por las temperaturas altas. Una de las principales causas del marchitamiento de los esquejes es la superficie tan amplia y propia al ataque de un gran número de organismos patógenos y pérdida de metabolitos por lavado desde los tejidos. La densidad de siembra recomendada para esquejes es de 100 esquejes/m² (10 cm X 10 cm) (Seabrook, 1990).

El sustrato que normalmente se utiliza para propagación de esquejes, es el que puede proporcionar alta aereación soporte y drenaje adecuado ejemplo; arena con partículas de 1.5-2.0 mm de diámetro (Seabrook, 1990).

El uso de fitoreguladores u hormonas es auxiliar en el enraizamiento de esquejes (Vittorelli, 1984) y es un factor importante para el control del crecimiento de las plantas. Una hormona es una sustancia orgánica que se sintetiza en el interior de la planta, la cual puede activar, inhibir o modificar cualitativamente el crecimiento, su efecto en muchos de los casos es distinto al lugar de producción (Hill, 1977; Hartman y Kester, 1985).

Los reguladores de crecimiento se emplean principalmente en frutales, ornamentales, hortalizas y en la agroindustria para estimular los efectos de enraizamiento, floración, maduración del fruto, inhibición de brotes, supresión del crecimiento y defoliación (Larqué y Reyes, 1988).

Dentro de los principales reguladores de crecimiento se encuentran; las auxinas, citokininas y giberélinas.

La acción directa de las auxinas es sobre la formación de raíces, inhibición de yemas laterales, activación de células del cambium y crecimiento del tallo, entre las más importantes se tiene al ácido indol-butírico (AIB), ácido naftalen-acético (ANA), ácido indol acético (AIA), de estos el que presenta mayor actividad es el AIB (Hartman y Kester, 1985).

Las citokininas influyen en la diferenciación celular y envejecimiento de la planta.

Las giberélinas tienen la función de rompimiento del reposo y elongación celular (Hartman y Kester, 1985; Hill, 1977).

5.3 PROPAGACION POR MINITUBERCULOS

El principal objetivo de utilizar la técnica de minitubérculos (generalmente bajo condiciones de invernadero) es con el fin de obtener tubérculo-semilla que por su tamaño facilita su almacenamiento en un espacio reducido y posteriormente se puede emplear en la producción a gran escala (Ortiz, et al., 1987; Choudhuri y Choudhuri, 1958; Wiersema, 1984; Wiersema y Cabello, 1986; Nganga, et al., 1980) Las ventajas de usar minitubérculos para propagación de papa son; reducir el área utilizada y los requerimientos de manejo.

El seccionamiento previo a la siembra provee de vigor a las plantas y permite un mayor porcentaje de establecimiento, el corte provoca la brotación de un mayor número de ojos (Christiansen, 1980c; Chase, Silva y Kitchen, 1989; Juscafresa, 1982), aunque se ha observado que el uso de tubérculos seccionados posee una emergencia retardada en las porciones basales, un establecimiento de plantas más lento y menores rendimientos en la producción que las porciones apicales y que el tubérculo-semilla entero (Mckeown, 1990b).

BROTACION

Existen factores como el sombreado y una irrigación frecuente para manipular la temperatura del suelo y estimular la germinación (Wiersema, 1984), o bien mediante el uso de sustancias químicas; los brotes obtenidos mediante este método son delicados y requieren de un manejo cuidadoso antes y al momento de la cosecha (Nganga, et al., 1980).

Algunos de los factores más relevantes que influyen directamente en la longitud del periodo de aparición del primer brote visible son;

A) Tamaño del tubérculo; Esto es debido a la cantidad de reservas, ya que al existir una mayor cantidad de estas se incrementa la velocidad de emergencia del brote, el tamaño del mismo, el establecimiento de la planta y su desarrollo, además de que la producción final también es mayor (Wiersema, 1986).

B) Grado de maduración del tubérculo: un tubérculo inmaduro requiere de un periodo largo de almacenamiento para la brotación bajo cualquier condición de almacenamiento (Davidson, 1958).

C) Contenido de Almidón: cuando un tubérculo pertenece a una variedad característica que posee altas concentraciones de almidón, también requiere de un periodo largo de almacenamiento a fin de que aparezca el primer brote visible, bajo cualquier condición de almacenamiento (Davidson, 1958).

FORZAMIENTO DE BROTAION

Hay variedades que requieren de forzaje para que se promueva la germinación, como es el caso de variedades de ciclo corto, este forzamiento se da bajo ciertas condiciones de calor, humedad, luz o bajo una corriente de aire limitada (Nganga, *et al.*, 1980). La temperatura promedio en el periodo de forzamiento debe ser de 15-18°C, (Wiersema, 1984; Davidson, 1958).

Cuando el tubérculo semilla se somete a forzaje de germinación, no siempre la brotación se produce de manera homogénea; mientras que

algunos tubérculos muestran brotes bien definidos otros muestran sólo primordios, esto indica que los tubérculos no son de la misma edad fisiológica aunque se hayan producido durante la misma estación, cosechado al mismo tiempo y almacenado bajo las mismas condiciones (Silva y Andrew, 1983).

EDAD CRONOLOGICA.

Otros factores a considerar para la propagación por tubérculos son: La edad cronológica y la edad Fisiológica.

La edad cronológica; se refiere al tiempo transcurrido a partir de la cosecha, se considera óptima cuando es de 5-6 meses, es decir; tubérculos que fueron cosechados al final del verano y principios del otoño podran sembrarse al entrar la primavera siguiente (Kawakami citado por Iritani, 1990: Iritani, et al., 1983).

EDAD FISIOLÓGICA

La edad fisiológica; es el estado fisiológico de un tubérculo independientemente de la fecha de cosecha, esta determinada por la capacidad productiva, la cual puede ser controlada por manipulación de temperatura de almacenamiento (Tooseg citado por Iritani, 1990). La relación entre la edad fisiológica y la capacidad productiva esta dada de la siguiente manera:

a) JUVENILES: Tanto los tubérculos juveniles como los viejos se comportan de manera similar, el promedio en la producción final es bajo (Iritani, 1990).

b) JOVENES: son tubérculos jóvenes cuando se encuentran al comienzo del período de brotación normal o bien al final de la dominancia del brote terminal (Christiansen, 1980b), estos tubérculos desarrollan pocos tallos muy vigorosos, poseen una gran dominancia apical, logran un mejor establecimiento y el promedio de la producción es alta (Iritani, 1990).

c) VIEJOS: Los tubérculos viejos tienden a emerger en poco tiempo y desarrollan muchos tallos débiles, pierden la dominancia apical, forman más tubérculos y mueren rápidamente, los resultados son; producción de un gran número de tubérculos pequeños pero el promedio en la producción final es baja (Iritani, 1990).

Después del establecimiento de la planta, el comportamiento depende de la intensidad de competencia inter-planta (Iritani, et al., 1983), un establecimiento desigual sugiere posibles bases fisiológicas o tubérculos enfermos (McKeown, 1990a).

6 PRODUCCION DE PAPA A PARTIR DE SEMILLA BOTANICA O SEMILLA VERDADERA

(True Potato Seed - TPS)

Este proceso aunque no se desarrollo en la fase experimental de esta tesis, conviene tratarlo debido a la importancia que representa al formar parte de los métodos de vanguardia y como lo han demostrado los resultados obtenidos por países como; E.U., Japón y Nueva Zelanda en "Programas para producción de semilla de papa", tiene un fuerte potencial agrícola (Fernández, 1988b).

El uso de semilla verdadera (TPS), para la producción de semilla de papa, generalmente logra el establecimiento de plantas no uniformes. Las ventajas de la propagación con semilla verdadera son; disminución en la transmisión de enfermedades, fácil almacenamiento y transporte, conservación del poder germinativo por varios años, expansión a lugares de difícil transporte y almacenamiento, fácil incorporación a sistemas agrícolas y finalmente es un material de bajo costo (Villarreal, 1983; Fernández, 1988b).

El objetivo principal de su uso es la obtención de plantas o semillas libres de virus, se puede obtener alta calidad mediante plantación con alta densidad de siembra (Wiersema, 1986; Rowell, et al., 1986).

Es importante mencionar que con sólo 100 g de semilla botánica de papa es suficiente para sembrar una hectárea y obtener semilla pura, en comparación con 2.5-3.5 ton/ha de tubérculo semilla (Pallais et al., 1989).

En la producción de papa a partir de semilla botánica (TPS), se emplean los siguientes métodos;

SIEMBRA DIRECTA EN CAMPO; la decisión de hacer la siembra directamente en el campo se toma de acuerdo a las condiciones climáticas dominantes, las más importantes deben ser; temperaturas moderadas y lluvias bien distribuidas durante el desarrollo de la planta o bien en lugares que tengan facilidad de riego.

POLINIZACION. Esta puede ser por método natural o controlado, si se lleva a cabo en forma natural, se realiza una autopolinización, en caso de practicarse una polinización controlada esta será efectuada por el hombre que dará como resultado una progenie híbrida. Aproximadamente 40 días después de la polinización se habrán formado frutos muy parecidos a tomatillos, los cuales se cosechan y almacenan a temperatura ambiente y baja humedad, (bajo estas condiciones las semillas pueden permanecer viables hasta por 2 años) (Figura 9 de los Anexos), cuando los frutos están secos se rompen y se extrae la semilla, las que pueden variar de 50-500 (1g = 1500 semillas) (Fernández, 1988b).

7 RENDIMIENTOS EN LA PRODUCCION DE PAPA

Las condiciones mediante las cuales la papa logra los mejores rendimientos es bajo temperaturas frías, suelos húmedos, bien drenados; altitud promedio de 2 000 m.s.n.m. o más (Choudhuri y Choudhuri, 1958), esto no significa que en climas cálidos no sea posible su propagación, si lo es, inclusive se practica en regiones tropicales, pero requiere al menos de noches frías y condiciones de altitud baja, ya que de otra forma los rendimientos pueden disminuir considerablemente (Ducreux, *et al.*, 1986).

Los factores que influyen directamente y sobre los cuales se puede hacer una observación predictiva respecto a los rendimientos son; calidad y sanidad de la semilla empleada, densidad de siembra, disponibilidad de agua de lluvia o riego, temperatura, luz, sustrato (Jones, 1988; Villarreal, 1988) y otros factores de control vegetativo como son; fertilizantes y prácticas de manejo (Hartz y Moore, 1978; Jones, 1988).

DENSIDAD DE SIEMBRA: La variante definitiva para obtener una alta producción es sin duda la densidad de siembra, esta determina el número de tubérculos obtenidos así como el peso de los mismos.

A mayor densidad de siembra se producirá un gran número de tubérculos de bajo peso y a menor densidad de plantación, un menor número de tubérculos de alto peso (Iritani, 1990). La densidad de siembra esta dada con base al uso que se dará a la producción, es decir si se desea obtener papa para procesamiento industrial en la elaboración de ojeuelas. Para el mercado de consumo fresco, se emplea

baja densidad de siembra (18 tallos/m²) que da como resultado la obtención de papas grandes cuyo peso aproximado es de 224-336 g, los cuales tienen buena aceptación en el mercado, los casos extremos de peso (280 g) son indeseables para este propósito, cuando se desea obtener tubérculos pequeños para ser empleados como semilla, lo que se recomienda es sembrar con alta densidad (Wiersema, 1984; Jeoung Lal y W. M. Iritani, 1983).

DISPONIBILIDAD DE AGUA DE LLUVIA O RIEGO: La cantidad de agua está relacionada con la fase del desarrollo del mismo, necesita una mayor cantidad durante la etapa terminal ya que se está llevando a cabo la tuberización y la humedad en este período es decisiva, sin embargo, un exceso de agua en la etapa temprana del desarrollo puede provocar condiciones propias para un ataque bacteriano (Vander Zaag, 1990; Urbano, 1984).

TEMPERATURA: Las temperaturas altas favorecen el desarrollo de follaje aunque también aceleran el proceso de envejecimiento, las condiciones frías desarrollan un mayor número de plantas vigorosas y con rendimientos altos, la temperatura óptima es la de las zonas templadas (18°C), ya que entre mayor es la temperatura menor es la producción de materia seca (Vander Zaag, 1990).

LUZ: Cuando las plantas se desarrollan bajo intensidad de luz alta la asimilación es más elevada que con intensidades bajas es decir la formación de materia seca se verá más favorecida en una región soleada que en una zona con frecuente nubosidad, también esto

favorecerá el rendimiento de tubérculos y desplazará la formación de follaje (Vander Zaag, 1990).

Una exposición de los tubérculos-semilla a la luz indirecta es recomendable para prevenir la etiolación de los brotes (formación de tallos delgados, débiles y deformes) de los tubérculos y prevenir así disminución de rendimientos (Choudhuri y Choudhuri, 1958).

SUSTRATO: En condiciones de campo el terreno debe tener buen drenaje y una textura franca arenosa, un sustrato adecuado lo forman la arena y porciones de turba-musgo en proporción de 1:1 (Wiersema, 1984).

8 MATERIAL Y METODOS

8.1 ESTABLECIMIENTO DEL TESTIGO (PLANTULAS PROVENIENTES DE PROPAGACION "in vitro")

Este experimento se estableció como testigo el 21-IX-92, consistió en la obtención final de tubérculo-semilla de papa a partir de plántulas propagadas "in vitro" en el laboratorio y su posterior adaptación a condiciones de invernadero. Se partió de plántulas de 25 días propagadas "in vitro". En el caso de la variedad Alpha las plántulas correspondieron a la F21 y en la variedad Atlantic a la F8 de la serie de propagación de la Empresa. La altura promedio de éstas al momento de la siembra fué de 4 cm.

Se prepararon las camas de siembra de la siguiente manera: A 8 cajas de plástico de dimensiones 45 cm.X 53 cm. se les colocó una malla (72 cm. X 62 cm) de 2.0 mm. de luz, sobre ésta se colocó el sustrato formado por suelo agrícola, tierra de monte y paja de trigo en proporción 3:2:0.5 respectivamente, hasta un espesor de 10 cm.el cual se esterilizó previamente con bromuro de metilo a razón de 204 ml/m³ de suelo y se niveló el sustrato nuevamente (Hartman y Kester, 1985).

Se marcaron los orificios de siembra a razón de 15 por caja. Las plántulas se extrajeron del medio de cultivo (Figura 6 de los Anexos) y se les eliminó el agar bajo el agua corriente, se tomaron medidas del tallo de cada una de las plántulas y cuidadosamente se colocaron en cada uno de los orificios de la caja de propagación, inmediatamente después se cubrió con tierra presionando con cuidado para darle firmeza a la plántula (Figura 6 de los Anexos), de la misma manera se hicieron cuatro repeticiones para este experimento colocándose al azar sobre un bancal de invernadero (Cuadro 1) y se

les dió un riego suave para no dañarlas. Durante su desarrollo se regaron diariamente a capacidad de campo. Durante los primeros 5 días se colocaron de bajo de un bancal en donde se les protegió de la insolación directa y posteriormente se mantuvieron en condiciones normales de desarrollo.

Cuando la planta alcanzó una altura aproximada de 15 cm se les aporcó, quince días después se realizó un segundo aporte y fertilización a razón de N=70, P=140 y K=70 Kg/Ha.

Semanalmente se tomaron lecturas de altura de la planta y al final se determinó la velocidad media de crecimiento.

Al momento de la cosecha (7-XII-92) se tomaron lecturas de altura máxima de la planta, número de hojas (al final del desarrollo) número, tamaño y peso de los tuberculillos para finalmente determinar biomasa aérea y radical, esta última fué la variable de respuesta significativa.

El diseño estadístico establecido fué de bloques completamente al azar y los datos de altura máxima alcanzada por la planta, el número de hojas (al final del desarrollo), biomasa aérea, biomasa radical, número de tubérculos totales, tamaño y peso de los mismos, se examinaron mediante un análisis de varianza y para comparación de medias se aplicó una prueba de Fisher al 1% de significación, se realizaron correlaciones lineales para las variables peso y tamaño de tubérculos contra el número de tubérculos (Márquez, 1988).

8.2 EXPERIMENTO 1 PROPAGACION POR MINITUBERCULOS

Esta fase consistió en producir tubérculo-semilla de papa a partir de un tamaño muy pequeño de estos y poder observar que esta variable no representa un obstáculo para poder obtener plantas vigorosas y productivas.

Se seleccionaron 60 tubérculos tanto para la variedad Alpha como para Atlantic, que pesaron 2.0 g. \pm 0.1 g. Cabe mencionar que los minitubérculos fueron la primera generación obtenida a partir de plántulas propagadas "in vitro" su siembra fué el 21-IX-92.

En este experimento se siguió el mismo proceso que el anterior hasta el mercado del sustrato para siembra. En cada uno de los orificios se depositó un minitubérculo con el brote hacia arriba. Se cubrió con sustrato inmediatamente (Figura 7 de los Anexos) y de ésta misma forma se prepararon cuatro repeticiones para este experimento y se colocaron al azar sobre un bancal de invernadero (Cuadro 1), se les dió un riego a capacidad de campo. Durante el proceso de desarrollo el riego se realizó diariamente.

Durante los primeros días del experimento se tomaron lecturas de % de emergencia, velocidad de emergencia (cm de crecimiento con respecto al tiempo) y % de mortandad cuantificando el número de brotes emergidos con respecto al tiempo, cuando las plantas se establecieron se tomó semanalmente lectura de altura de la planta y al momento de la cosecha (4-XII-92) se tomaron lecturas de altura máxima de la planta número de hojas (al final del desarrollo) número, tamaño y peso de los tuberculillos para finalmente determinar biomasa aérea y radical, esta última fué la variable de respuesta significativa.

Cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 15 cm. se aporcaron y quince días después se realizó un segundo aporque y fertilización a razón de N=70, P=140 y K=70. Kg/Ha.

El testigo para este tratamiento fué el de las plantas propagadas "in vitro".

El diseño estadístico establecido fué de bloques completamente al azar y los datos de altura máxima alcanzada por la planta, el número de hojas al final del desarrollo, biomasa aérea, biomasa radical, número de tubérculos totales, tamaño y peso de los mismos. Se examinaron mediante un análisis de varianza y para comparación de medias se aplicó una prueba de Fisher al 1% de significación, se realizaron correlaciones lineales para las variables peso y tamaño de tubérculos contra el número de tubérculos (Márquez, 1988).

8.3 EXPERIMENTO 2 PROPAGACION POR ESQUEJES

La producción de tubérculo-semilla a partir de esquejes apicales es un proceso relativamente más complicado que los anteriores ya que se requiere para su establecimiento de un mayor número tanto de sustancias como de materiales como son; camas de arena y sustancias químicas que estimulen la formación de raíces y una vez enraizados se trasplantan a las camas definitivas para su desarrollo.

Se eliminaron 60 esquejes apicales (con bisturí debidamente esterilizado) de cada uno de dos lotes de plantas de papa de las variedades Alpha y Atlantic, que correspondían a la primera generación obtenida a partir de plantas propagadas "in vitro", cuya siembra se llevó a cabo el día 23-IX-92, los esquejes se colocaron en

una charola cubierta con papel absorbente húmedo y se regaron constantemente con el fin de evitar la deshidratación.

Se sumergieron en un complejo hormonal el cual se preparó mediante la disolución de 100 mg. de ácido indol butírico (AIB), 50 mg. de ácido naftalen acético (ANA), 17.5 g. de ácido bórico, 2 c.c. de PBS-TWEEN (La composición del PBS-TWEEN, es la siguiente; 8.0 g. de NaCl, 0.2 g. de KH₂PO₄, 2.9 g. de Na₂HPO₄·12H₂O, 0.2 g. de KCl, 0.2 g. de NaNO₃, 0.5 ml. de Tween 20 disueltos en H₂O destilada hasta completar un litro), 2 ml. de agua desionizada y 33 ml. de alcohol diluido 1:4 con agua destilada durante 10 seg. y se colocaron en camas de arena las cuales se prepararon de la siguiente manera; en una caja de plástico de 45.0 cm. X 53 cm. se colocó una malla (72.0 cm. X 50 cm.) de 3.33 mm. de luz y sobre esta, se colocó el tepojal (sustrato poroso para regular la humedad de la arena) previamente lavado, a formar un espesor de aproximadamente 4.0 cm (Dodds, *et al.*, 1986; Dodds 1987; Bryan, 1981a, b y c).

Una vez nivelada la superficie del tepojal se colocó encima otra malla (72 cm. X 62 cm) de 2.0 cm. de luz y sobre esta se colocó arena (previamente lavada) de 1.5-2.0 mm. de diámetro hasta formar un espesor de 7 cm. aproximadamente y se niveló nuevamente la superficie. En estas cajas de arena se llevó a cabo la siembra de esquejes y durante dos semanas se tomaron lecturas de emisión de raíces, después de 7 días los esquejes enraizados se trasplantaron a cajas de siembra. El procedimiento en adelante fué el mismo utilizado para minitubérculos y plantas propagadas "*in vitro*". (Figura 8 de los Anexos), se realizaron cuatro repeticiones para este experimento y se colocaron al azar sobre bancales en el invernadero (Cuadro 1).

Semanalmente se tomaron lecturas de tamaño del esqueje para finalmente determinar la velocidad media de crecimiento.

Al momento de la cosecha (8-XII-92) se tomaron lecturas de altura máxima de la planta número de hojas (al final del desarrollo) número, tamaño y peso de los tuberculillos para finalmente determinar biomasa aérea y radical, esta última fué la variable de respuesta significativa.

El testigo fué el de plantas propagadas "in vitro".

El diseño estadístico establecido fué de bloques completamente al azar y los datos de altura máxima alcanzada por la planta, el número de hojas al final del desarrollo, biomasa aérea, biomasa radical, número de tubérculos totales, tamaño y peso de los mismos. Se examinaron mediante un análisis de varianza y para comparación de medias se aplicó una prueba de Fisher al 1% de significación, se realizaron correlaciones lineales para las variables peso y tamaño de Tubérculos contra el número de tubérculos (Márquez, 1988).

La parte experimental fué realizada en la Empresa VIVI-TOLUCA, que aplica la biotecnología para la producción de semilla de papa. Se encuentra ubicada en la exhacienda Santiaguito Municipio de Santa María Rayón Estado de México. El equipo requerido y el material biológico fué facilitado por la misma Empresa.

CUADRO 1. DISTRIBUCION DE LOS BLOQUES EXPERIMENTALES EN EL INVERNADERO

ESQUEJES ALPHA		I	MINITUBERCULOS ATLANTIC		I	MINITUBERCULOS ALPHA	
CAJA 1	CAJA 2	I	CAJA 1	CAJA 2	I	CAJA 1	CAJA 2
		I			I		
		I			I		
		I			I		
CAJA 3	CAJA 4	I	CAJA 3	CAJA 4	I	CAJA 3	CAJA 4
		I			I		
		I			I		
		I			I		
BLOQUE 1		I	BLOQUE 2		I	BLOQUE 3	
		I			I		
ESQUEJES ATLANTIC		I	TESTIGO ATLANTIC		I	TESTIGO ALPHA	
		I			I		
CAJA 1	CAJA2	I	CAJA 1	CAJA 2	I	CAJA 1	CAJA 2
		I			I		
		I			I		
		I			I		
CAJA 3	CAJA 4	I	CAJA 3	CAJA 4	I	CAJA 3	CAJA 4
		I			I		
		I			I		
		I			I		
BLOQUE 4		I	BLOQUE 5		I	BLOQUE 6	

RESULTADOS

9 RESULTADOS

De acuerdo al testigo y a los tratamientos establecidos se obtuvieron los siguientes resultados para las variables estudiadas:

9.1 EMERGENCIA Y VELOCIDAD DE EMERGENCIA

Para la variedad Alpha en la primera semana posterior a la siembra se obtuvo un 33% de emergencia, el tamaño promedio de brotes y de plántulas fué de 1.25 cm. la velocidad media de crecimiento se dió a razón de 1.2 cm/semana, la segunda semana presentó un 70% de emergencia y una altura media de 2.2 cm con una velocidad de crecimiento a razón de 1.0 cm/semana, en la tercera semana el porcentaje de emergencia fué de 84% y la altura media de las plántulas de 5.1 cm la razón de crecimiento fué de 3.0 cm/semana, en la semana número cuatro se dió la emergencia máxima (95%) (Cuadro 2) con la obtención de 57 brotes, la altura promedio fué de 8.6 cm la velocidad de crecimiento promedio se dió a razón de 3.5 cm/semana, el valor promedio de la velocidad de emergencia (Cuadro 2) durante estas 4 semanas fué de 2.8 cm/semana.

Para la variedad Atlantic las lecturas en la primera semana posterior a la siembra fueron las siguientes; un porcentaje de emergencia del 63% y una altura promedio de brotes y plántulas de 1.8 cm, en la segunda semana se obtuvo el 100% de emergencia de brotes (Cuadro 2), los que obtuvieron una altura media de 2.6 cm, la velocidad de crecimiento se dió a razón de 0.8 cm/semana, el valor promedio de la velocidad de emergencia (Cuadro 2) durante las 2 semanas de germinación fué de 2.2 cm/semana.

9.2 VELOCIDAD DE CRECIMIENTO DEL TALLO

Las lecturas de altura de la planta se dan para las 9 semanas posteriores a la siembra ya que después de estas, las plantas empezaron a ceder debido a la maduración de los tubérculos.

9.2.1 TESTIGO ALPHA

Se partió de plántulas "in vitro" de una altura promedio de 4.2 cm; en la primera semana alcanzaron una altura de solamente 4.6 cm. el crecimiento se dió a razón de 0.4 cm/semana, en la segunda semana la altura media fué de 5.0 cm el crecimiento se dió de igual magnitud que en la primera semana, la altura presentada a la tercera semana fué de 8.4 cm; la razón de crecimiento por semana fué de 3.4 cm, la semana número 4 presentó una velocidad de crecimiento de 1 cm/semana, en la quinta semana el promedio de crecimiento por planta fué de 3.7 cm, la sexta semana presentó la mayor velocidad de crecimiento (5.8 cm), en la séptima de 24.6 cm. el crecimiento se dió a razón de 5.8 cm/semana, en la octava semana 26.2 el crecimiento fué a razón de 1.61 cm/semana y en la novena semana 26.5 cm el crecimiento final se dió a razón de 0.3 cm/semana, la velocidad media (Cuadro 2) durante el experimento fué de 2.5 cm/semana.

9.2.2 PARA EL TESTIGO ATLANTIC

La altura promedio que presentaron las plántulas al momento de ser trasplantadas fué de 3.85 cm, el desarrollo de la planta es muy similar al del testigo Alpha, la velocidad de crecimiento promedio (Cuadro 2) durante el desarrollo fué de 2.2 cm/semana.

9.2.3 MINITUBERCULOS ALPHA

La velocidad de crecimiento promedio (Cuadro 2) durante el desarrollo global se dió a razón de 2.8 cm/semana.

9.2.4 MINITUBERCULOS ATLANTIC

La velocidad media (Cuadro 2) de crecimiento durante todo el experimento se dió a razón de 2.2 cm/semana.

9.2.5. ESQUEJES ALPHA

Durante las dos primeras semanas se llevo a cabo la emisión de raíces y el crecimiento empezó a observarse a partir de la quinta semana en donde se obtuvo una altura promedio de 5.0 cm, la semana número seis presentó una altura media de 6.0 cm la velocidad de crecimiento se dió a razón de 1.0 cm/semana, en la semana siete la altura media de las plantas fué de 7.0 cm con un crecimiento que se dió a razón de 1.0 cm/semana, la semana ocho dió la altura media de 8.0 cm, con un crecimiento que se dió a razón de 1.0 cm/semana, la semana 9 se obtuvo una altura máxima de 8.35 cm con un crecimiento a razón de 0.35 cm/semana, la velocidad media (Cuadro 2) se dió a razon de 0.92 cm/semana.

9.2.6. ESQUEJES ATLANTIC

De igual manera que en esquejes Alpha el desarrollo fué el mismo hasta la semana número cinco, en donde se obtuvo una altura media de 1.5 cm, en la semana seis la altura media fué de 2.8 cm la razón de crecimiento fué de 1.3 cm/semana, en la semana siete la altura promedio fué de 3.0 cm la razón de crecimiento fué de 0.2 cm/semana, en la novena semana el crecimiento medio fué de 4.67 cm la velocidad

de crecimiento se dió a razón de 1.67 cm/semana, la velocidad promedio de crecimiento (Cuadro 2) durante el desarrollo del experimento fué de 0.52 cm/semana.

9.3 % DE MORTANDAD

La mortandad (Figura 10) se presentó para esquejes Alpha y esquejes Atlantic con 3.3% para cada uno de ellos y de 0.6 para el testigo Atlantic para los demás tratamientos no hubo mortandad.

9.4 BIOMASA AEREA

El promedio para esta variable observado por tratamiento y variedad (Figura 11, Cuadro 2) fué el siguiente; para el testigo Alpha 21.2 g, testigo Atlantic 21.1 g, minitubérculos Alpha 18.1 g, minitubérculos Atlantic 17.2 g, esquejes Alpha 6.28 g y esquejes Atlantic 2.0 g. El análisis de varianza y prueba de Fisher (Cuadro 3) determinaron con un 99% de confianza; diferencias significativas ($P < 0.01$) del testigo con minitubérculos y esquejes, y de minitubérculos y esquejes.

9.5 ALTURA DE LA PLANTA

La altura promedio determinada por tratamiento y variedad (Figura 12, Cuadro 2) fueron las siguientes; 26.2 cm para el testigo Alpha, 23.5 cm para el testigo Atlantic, 24.5 cm para minitubérculos Alpha, 18.0 cm para minitubérculos Atlantic, 8.23 cm para esquejes Alpha, y 5.0 cm para esquejes Atlantic y el análisis de varianza y prueba de Fisher realizadas al 99% de confiabilidad (Cuadro 3) proporcionó los siguientes resultados: igualdad ($P > 0.01$) en la altura

FIGURA 10. PORCENTAJE DE MORTANDAD RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION

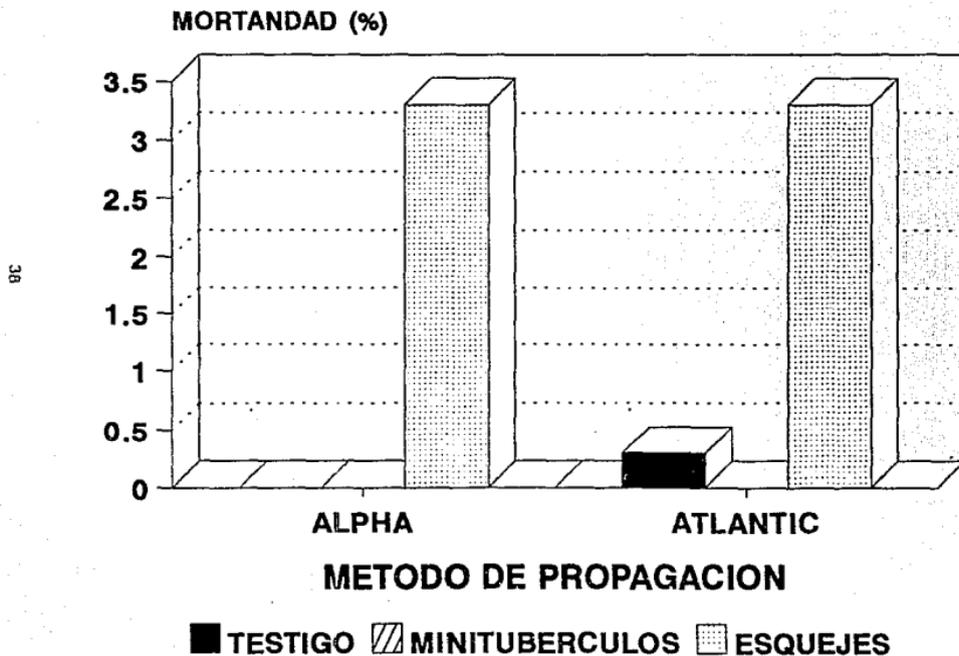


FIGURA 11. PROMEDIO DE LA BIOMASA AEREA CON RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION

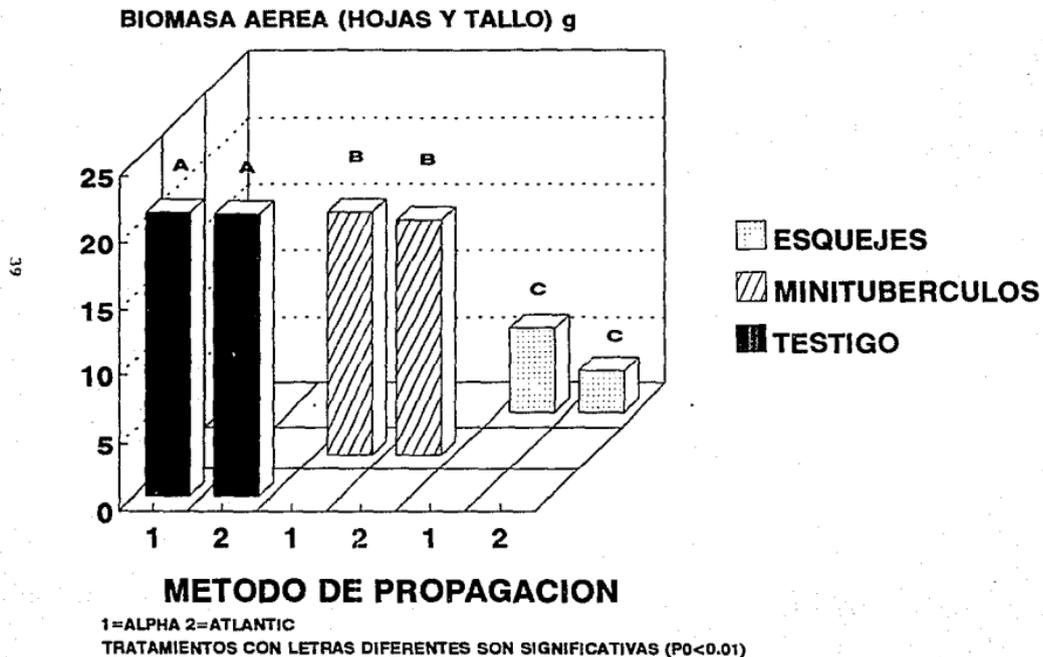
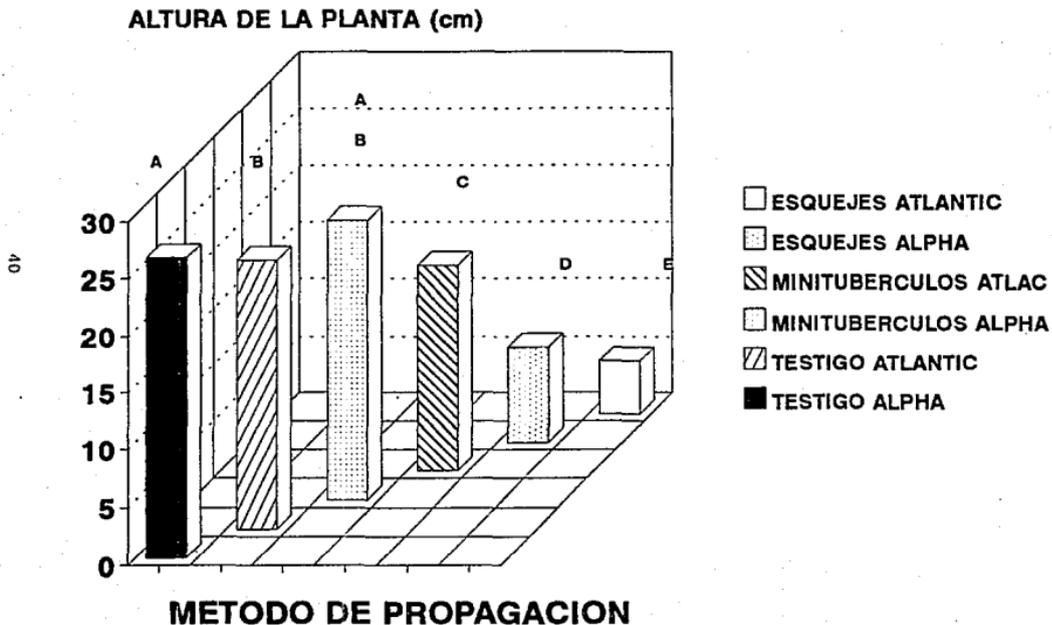


FIGURA 12. ALTURA PROMEDIO DE LA PLANTA CON RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION



TRATAMIENTOS CON LETRAS DIFERENTES SON SIGNIFICATIVOS ($P < 0.01$)

de las plantas del testigo Alpha con las de minitubérculos Alpha y del testigo Atlantic con minitubérculos Alpha, y diferencias ($P < 0.01$) para todas las demás posibles combinaciones entre tratamientos y variedades (Cuadro 3)

9.6 ABUNDANCIA DE FOLLAJE (NUMERO DE HOJAS)

El número promedio de hojas (Cuadro 2) determinado para el testigo Alpha fué de 75 hojas, testigo Atlantic 66 hojas, minitubérculos Alpha 89 hojas, minitubérculos Atlantic 48 hojas, esquejes Alpha 39 hojas, esquejes Atlantic 6 hojas. El análisis de varianza y prueba de Fisher realizada al 1% de significación (Cuadro 3) establece igualdad ($P > 0.01$) en la abundancia de follaje de los testigos Alpha y Atlantic y también para minitubérculos Atlantic y esquejes Alpha, diferencias ($P < 0.01$) para todas las demás posibles combinaciones entre tratamientos y variedades (Cuadro 3).

9.7 BIOMASA RADICAL

El peso promedio (Cuadro 2) para los diferentes tratamientos y variedades fueron los siguientes; para testigo Alpha 35.6 g, testigo Atlantic 31.3 g, minitubérculos Alpha 36.5 g, minitubérculos atlantic 38.2 g, esquejes Alpha 15.1 g, esquejes Atlantic 5.5 g, los resultados obtenidos para esta variante realizados al 99% de confianza (Cuadro 3) son; existe igualdad ($P > 0.01$) de la biomasa radical del testigo y de minitubérculos para las dos variedades, diferencias significativas ($P < 0.01$) entre testigo y esquejes y entre minitubérculos y esquejes, también para las dos variedades.

9.8 NUMERO DE TUBERCULOS

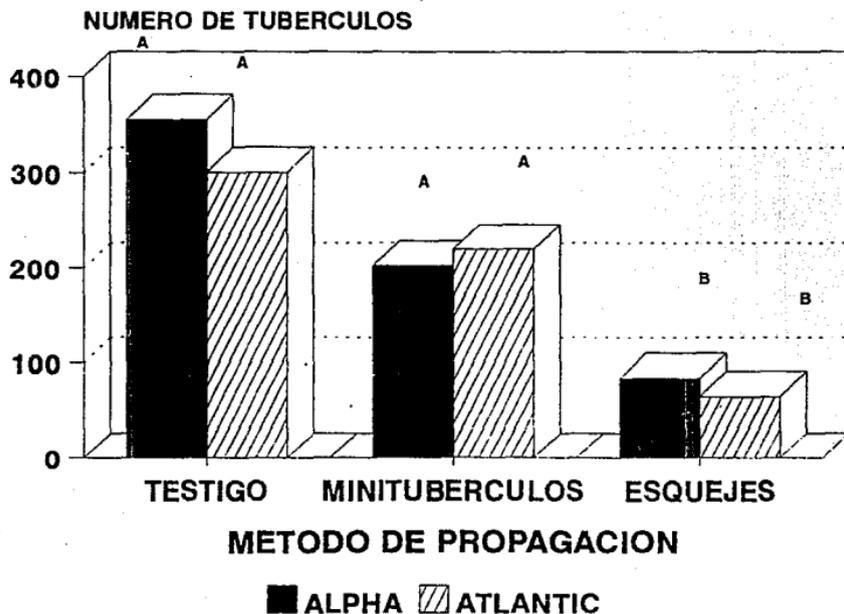
La técnica que produjo el mayor número de tubérculos fué el testigo (plántulas de propagación "in vitro"), en segundo lugar la técnica de minitubérculos y finalmente la de esquejes (Figura 13) las cifras se indican a continuación; 356 para el testigo Alpha, 301 para el testigo Atlantic, 202 para minitubérculos Alpha, 220 para minitubérculos Atlantic, 84 para esquejes Alpha y 65 para esquejes Atlantic, el análisis de varianza y prueba de Fisher realizadas al 99% de confianza dieron los siguientes resultados; existe igualdad ($P>0.01$) en la producción de tubérculos entre el testigo y la técnica de minitubérculos, diferencias al ($P<0.01$) de significación entre el testigo y esquejes y entre minitubérculos y esquejes, todas las comparaciones para las dos variedades.

9.9 PROMEDIO DE TUBERCULOS POR PLANTA

El número promedio de tubérculos producidos por planta es de 6 tubérculos para el testigo, 4 para minitubérculos y 1 para esquejes. El análisis de varianza y prueba de Fisher realizada al 99% de confianza (Cuadro 3) determinaron igualdad ($P>0.01$) en la producción de tubérculos del testigo y minitubérculos, diferencias ($P<0.01$) significativas en la producción de tubérculo de testigo y esquejes y entre minitubérculos y esquejes para ambas variedades.

Las Figuras 14 y 15 muestran el número de tubérculos de acuerdo a los tamaños de los mismos en donde de igual manera que para el peso estos mantienen una relación inversa, el caso más significativo es el del testigo en donde se observa que el mayor número de tubérculos (176) corresponde a un tamaño localizado entre 0.7 y 1.3 cm y el menor número 6 tubérculos corresponde a un tamaño de 4.3 cm.

FIGURA 13. RENDIMIENTO EN NUMERO DE TUBERCULOS CON RESPECTO AL METODO DE PROPAGACION



A: TRATAMIENTOS IGUALES ($P > 0.01$)

TRATAMIENTOS CON LETRAS DIFERENTES SON SIGNIFICATIVAS ($P < 0.01$)

**FIGURA 14. NUMERO DE TUBERCULOS ALPHA
CON RESPECTO AL TAMAÑO**

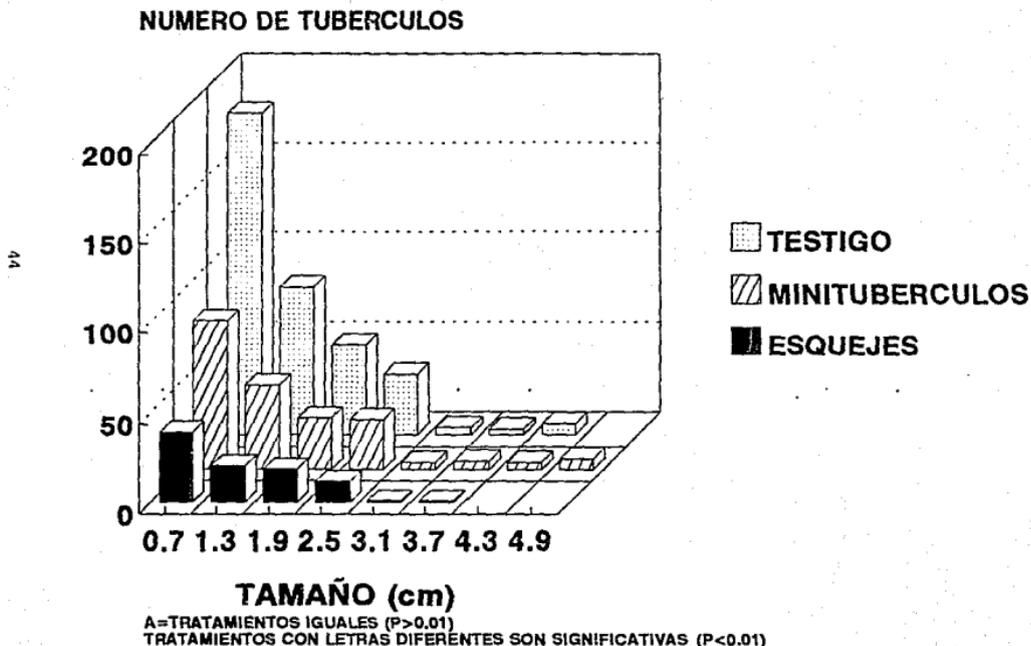
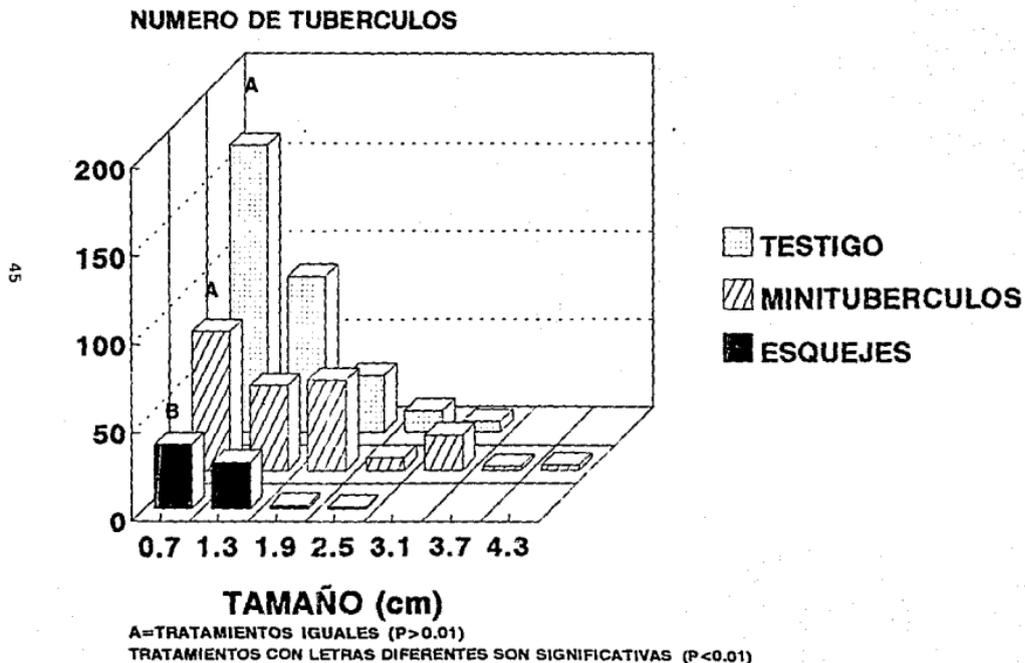


FIGURA 15. NUMERO DE TUBERCULOS ATLANTIC CON RESPECTO AL TAMAÑO



9.10 PESO PROMEDIO DE TUBERCULOS POR PLANTA

En el Cuadro 2 se reporta por tratamiento y variedad los resultados para esta variable; testigo Alpha 32.69 g, testigo Atlantic 30.58 g, minitubérculos Alpha 33.17 g, minitubérculos Atlantic 33.88 g, esquejes Alpha 14.66 g y esquejes Atlantic 4.45 g.

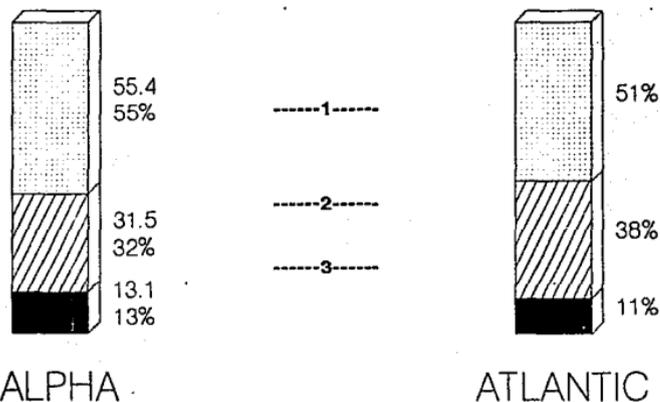
Los porcentajes de rendimiento de tubérculos por cada una de las variedades (Figura 16) son los siguientes; testigo Alpha 55.4%, minitubérculos Alpha 31.5%, esquejes Alpha 13.1%, testigo Atlantic 51.4%, minitubérculos Atlantic 37.5%, esquejes Atlantic 11.1%, que al ser analizados estadísticamente al 99% de confiabilidad establecen igualdad ($P > 0.01$) en rendimientos de tubérculos del testigo y minitubérculos, diferencias ($P < 0.01$) del testigo con esquejes así mismo establece diferencias ($P < 0.01$) entre minitubérculos y esquejes para las dos variedades.

9.11 COEFICIENTE DE CORRELACION PARA NUMERO DE TUBERCULOS CONTRA PESO Y TAMAÑO

Se realizaron regresiones lineales para observar el coeficiente de correlación (Cuadro 2) del número de tubérculos con el peso y tamaño de los mismos (Figuras 17 y 18), de donde se obtuvieron los siguientes valores; para la variable tamaño del tubérculo de la variedad Alpha: Testigo = -0.876, minitubérculos = -0.88, esquejes = -0.9774, para la variedad Atlantic: El testigo = -0.935, minitubérculos = -0.91 y esquejes = -0.9506, respecto a la variable peso del tubérculo de la variedad Alpha, los valores obtenidos fueron los siguientes: = -0.87, -0.88, y 0.77 para el testigo, minitubérculos y esquejes respectivamente y para la variedad Atlantic = -0.94, -0.94 y -0.77 para el testigo, minitubérculos y esquejes

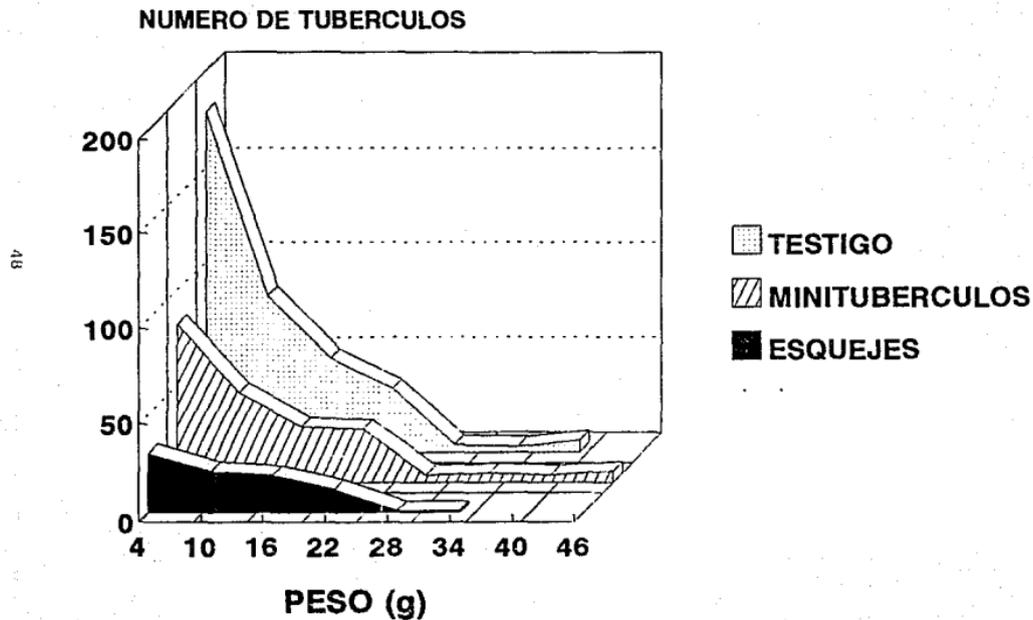
FIGURA 16. RENDIMIENTO DE TUBERCULOS DE LAS VARIEDADES ALPHA Y ATLANTIC

47

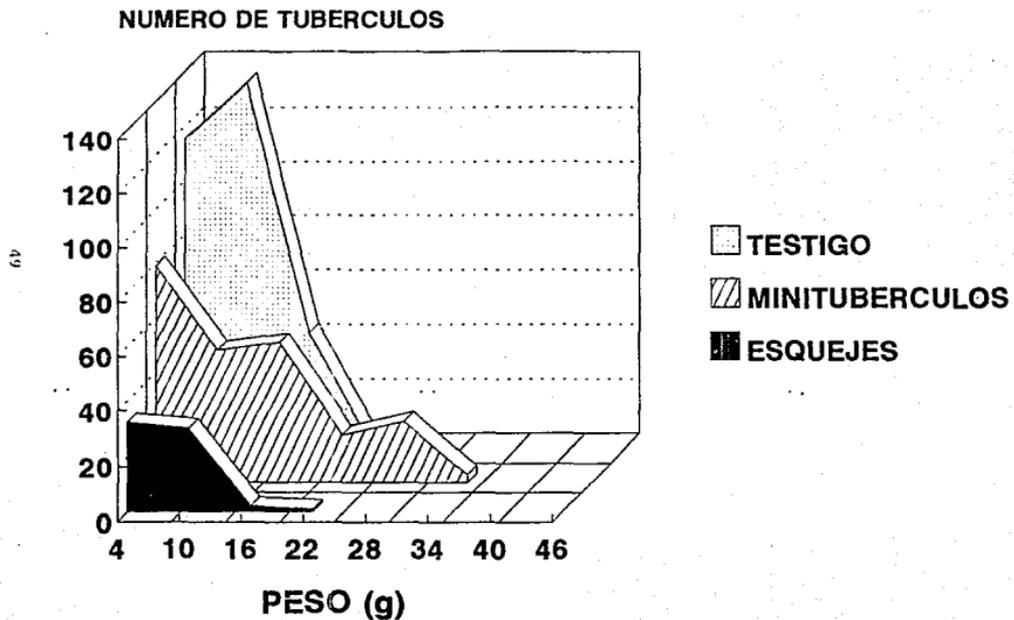


2=MINITUBERCULOS 3=ESQUEJES

**FIGURA 17. NUMERO DE TUBERCULOS ALPHA
CON RESPECTO AL PESO**



**FIGURA 18. NUMERO DE TUBERCULOS ATLANTIC
CON RESPECTO AL PESO**



respectivamente, también dichas Figuras representan en los tres tratamientos que el mayor número de tubérculos tienen bajo peso y pequeño tamaño, estos se encuentran entre 0.5-10 g y tamaños de 0.3-3 cm.

CUADRO 2. RESULTADOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS DURANTE EL EXPERIMENTO
PARA LAS VARIEDADES ALPHA Y ATLANTIC PARA LOS TRES METODOS DE
PROPAGACION

VARIEDAD	METODO DE PROPAGACION	% DE EMERGENCIA	VEL. DE EMERGENCIA PROMEDIO CM/SEMANA	VEL. DE CRECIM. DEL TALLO CM/SEMANA	% DE MORTANDAD	PROMEDIO BIOMASA AEREA (g)	ALTURA PROMEDIO DE PLANTA (cm)	NUMERO PROMEDIO DE HOJAS	PROMEDIO BIOMASA RADICAL (g)	NUMERO DE TUBERCULOS OBTENIDOS
ALPHA	TESTIGO	----	----	2.5	----	21.2A	26.2A	75A	35.6A	356A
	MINITUBERCULOS	95	2.8	2.8	----	18.1B	24.5B	89C	36.5A	202A
	ESQUEJES	----	----	0.92	3.3	6.3C	8.4C	39B	15.1B	84B
ATLANTIC	TESTIGO	----	----	2.2	0.6	21.1A	23.5B	66A	31.3A	301A
	MINITUBERCULOS	100	2.2	2.2	----	17.2B	18.0A	48B	38.2A	220A
	ESQUEJES	----	----	0.5	3.3	1.8C	4.7E	6D	5.5B	65B

VARIEDAD	METODO DE PROPAGACION	PROMEDIO DE TUBERCULOS POR PLANTA	PESO PROMEDIO DE TUB/PLANTA (g)	COEF DE COR. PARA # DE TUB/ PESO	COEF. DE COR. PARA # DE TUB/TAMAÑO
ALPHA	TESTIGO	6	32.69A	-0.87	-0.87
	MINITUBERCULOS	4	33.17A	-0.88	-0.88
	ESQUEJES	1	14.66B	-0.97	-0.97
ATLANTIC	TESTIGO	6	30.58A	-0.94	-0.93
	MINITUBERCULOS	4	33.88A	-0.94	-0.91
	ESQUEJES	1	4.45B	-0.77	-0.95

LAS COLUMNAS QUE PRESENTAN LETRAS INDICA QUE SE HIZO ANALISIS DE VARIANZA PARA ESTA VARIABLE.
COLUMNAS CON LETRAS DIFERENTES SON SIGNIFICATIVAS AL (P<0.01).

10 ANALISIS DE RESULTADOS

En relación a la emergencia, el mayor porcentaje (100%) fué obtenido para la variedad Atlantic y un 95% para la variedad Alpha, en este caso la falta de emergencia de 3 tubérculos fué atribuida a la presencia de un daño físico pequeño en la superficie del tubérculo, esto representa un riesgo ya que permite la permeabilidad de un exceso de agua que ocasiona la pudrición del propágulo (Hooker, 1980).

Como se menciona en los resultados la velocidad de emergencia en minitubérculos Atlantic fué mayor (100% germinación/2 semanas) que para la variedad Alpha (95% germinación/4 semanas), ya que para las dos variedades se partió de tubérculos de 2 gramos y de edades cronológicas iguales, la diferencia entre las dos se pueden considerar como característica inherente a la variedad.

La velocidad de crecimiento promedio del tallo (Cuadro 2) fué muy similar para el testigo y minitubérculos, inclusive en la 6^a. semana se logró obtener una altura promedio de 17 cm para ambos tratamientos y variedades, para la variedad Alpha la velocidad de crecimiento promedio fué de 2.5 cm/semana y 2.8 cm/semana para el testigo y minitubérculos respectivamente y 2.2 cm/semana para ambos tratamientos de la variedad Atlantic, con respecto a esquejes la velocidad fué mucho menor, ya que para la variedad Alpha fué de 0.92 cm/semana y para la variedad Atlantic de 0.5 cm/semana, esto representa en los primeros casos (testigo y minitubérculos) que la producción de azúcares fué orientada a los puntos de crecimiento dando una mayor altura al tallo, en el caso de esquejes, al estimular químicamente la formación de raíces, las reservas fueron utilizadas primero en la emisión de estas y consecuentemente el desarrollo del

tallo fué lento porque se dió a la formación inmediata de tubérculos y un bajo desarrollo de follaje (Vittorelli, 1984)., Hartman y Kester, 1985).

La mortandad (Cuadro 2, Figura 10) presentó un 3.3% de mortandad para la técnica de esquejes, tanto en la variedad Alpha como para la variedad Atlantic y 0.6% para el testigo Atlantic, la mortandad de esquejes se considera alta y puede ser atribuída a varios factores como son el lavado de metabolitos que provoca el marchitamiento del esqueje, o a una deshidratación desde el momento de la escisión hasta el momento de la siembra (Seabrook, 1990). Para el caso del testigo la mortandad fué considerada baja, se atribuye a un ataque bacteriano causado por exceso de humedad, este aspecto se puede controlar fácilmente (Hooker, 1980).

En la Figura 11 se observa el promedio de biomasa aérea que es de 21.2g y 21.1g para los testigos, 18.1g y 17.2g para minitubérculos y 6.3g y 1.8g para esquejes de las variedades Alpha y Atlantic respectivamente, así mismo en el Cuadro 3, se pueden observar que las biomásas aérea (follaje) y radical se mantienen altas para el testigo y minitubérculos lo que indica para el testigo que por cada gramo de follaje producido se obtendrá 1.35 g. y 1.33 g. de tubérculos, para el caso de minitubérculos 1.48 y 2.1 g y para esquejes 1.79 y 1.17 g. para Alpha y Atlantic respectivamente. Sadhler citado por Urbano (1984), menciona que a una mayor formación de follaje corresponde una menor formación de tubérculos o bien a una disminución en los pesos de los mismos. En este experimento se observó que no se afectó el peso promedio de tubérculos/planta, pero si el número y peso de los mismos. como se observa en el Cuadro 2, el peso promedio de tubérculos por planta para el testigo y

minitubérculos fué de 32.69 g y 33.17 g respectivamente, 30.58 g para el testigo Atlantic y 33.88 g para minitubérculos Atlantic, estas cifras muestran una gran similitud en las dos técnicas.

Para el promedio de la biomasa radical (Cuadro 2), se tiene el peso total de tubérculos y raíces y como lo demostraron los análisis estadísticos realizados al 1% de significancia, no existe interacción entre tratamientos y variedades por tanto se establece por tratamientos el porcentaje de raíces producidas; testigo 5.1%, minitubérculos 10.0% y esquejes 12%, aquí se observó que aunque el promedio de biomasa radical para la técnica de minitubérculos fué relativamente mayor (Cuadro 2) el peso promedio de tubérculos/planta se asemeja mucho al testigo, una mayor emisión de raíces en minituberculos corresponde a la mayor absorción de agua, como lo menciona Jones (1988). Las plantas establecidas a partir de minitubérculos se caracterizan por poseer tallos muy suculentos, esto da la pauta hacia la parte fundamental de la técnica de minitubérculos que fué determinar la eficiencia a partir de tubérculos de 2.0 g y podría existir la inquietud de que tamaños tan pequeños de tubérculos podrían no poseer la cantidad necesaria de reservas para llevar a cabo el desarrollo de una planta normal.

La altura del tallo al final del experimento presentó los siguientes resultados (Figura 12): el testigo Alpha tuvo la mayor altura promedio de 26.2 cm y los esquejes de la variedad Atlantic presentaron el menor valor (5.0 cm).

El desarrollo de la planta fué bajo ya que como lo menciona Montaldo (1981), la altura que normalmente alcanza la planta de la papa en condiciones normales de desarrollo es de 120 cm. Las alturas pequeñas en las plantas de este experimento se atribuyen

principalmente al fotoperiodo bajo el cual se desarrollaron, ya que el estudio se llevó a cabo durante los meses de Septiembre a Diciembre. Vander Zaag (1990), menciona que bajo condiciones de días cortos se apresura la tuberización y el crecimiento de la porción aérea se reduce.

Número de tubérculos (Figura 13). Para el testigo Alpha se obtuvieron 356 tubérculos, minitubérculos Alpha 202 tubérculos, testigo Atlantic 301 tubérculos y minitubérculos Atlantic 220 tubérculos, en estos resultados influyó la densidad a la que se llevo a cabo la siembra, Jones (1988), menciona que la densidad de siembra es un factor muy importante que determina el número y tamaño de los tubérculos obtenidos; en este experimento de acuerdo a los objetivos propuestos, la siembra se realizó a alta densidad (60 propágulos/m²), el número de tubérculos obtenidos también es inversamente proporcional al tamaño, Con respecto al peso y tamaño de los tubérculos. también se realizaron regresiones lineales dando los siguientes resultados; testigo Alpha -0.87 , minitubérculos Alpha = -0.88 y esquejes alpha 0.97 , para el testigo Atlantic = -0.93 , minitubérculos Atlantic -0.91 y para esquejes Atlantic -0.95 esto nos indica que para el testigo y minitubérculos Alpha se tiene mayor variabilidad en los tamaños de los tubérculos y en esquejes es menor, para la variabilidad Atlantic en los dos tratamientos y el testigo se tiene poca variabilidad en el tamaño de los tubérculos.

En las Figuras 14 y 15 se puede observar que un gran número de tubérculos corresponde a un tamaño muy pequeño y los tubérculos más grandes se encuentran con menor frecuencia.

En las Figuras 17 y 18 se puede observar que el número de tubérculos es inversamente proporcional al peso de los mismos y los coeficientes de correlación para esta variante Cuadro 3 (-0.87, -0.88, -0.97 para el testigo, minitubérculos y esquejes de la variedad Alpha respectivamente y -0.94, -0.94 y -0.77 para el testigo, minitubérculos y esquejes para la variedad Atlantic respectivamente). Esto demuestra que para el testigo así como para minitubérculos Alpha existe mayor variabilidad en el peso y tamaño de tubérculos. Para la variedad Atlantic se observó el caso inverso para el testigo y minitubérculos se presentó una correlación más alta que para esquejes.

11 CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de varianza y prueba de Fisher al 99% de confianza tanto el testigo como la técnica de minitubérculos son igualmente eficientes ($P > 0.01$) para la producción de tubérculo-semilla,

La mortandad observada para testigo Atlantic no representa ningún obstáculo para su empleo, el riego bien controlado puede llevar fácilmente al 0% de mortandad.

Con respecto a la técnica de minitubérculos los resultados obtenidos al analizar las variables; altura máxima del tallo, número de hojas, biomasa aérea, biomasa radical, número de tubérculos totales tamaño y peso de los tubérculos fueron tan satisfactorios como los del testigo y los porcentajes de rendimientos son muy similares para ambas técnicas, También se concluye que el tamaño probado 2.0 g es muy apto para la producción de tubérculo semilla.

La técnica de minitubérculos se recomienda para productores que no cuentan con un laboratorio de cultivo de tejidos, y que desean producir semilla, esta técnica representa una opción, solo se hace la observación de que los tubérculos deben ser bien seleccionados para su siembra es decir; que no presenten daño físico como rajaduras, peladuras, o deformidad, además de que presenten por lo menos un brote al momento de la siembra.

ANEXOS

Finalmente se concluye que las técnicas de propagación a partir de plántulas "in vitro" y minitubérculos son las técnicas más aptas para la producción de semilla de papa.

FIGURA 1. COMPARACION DE LA PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA (MILES DE TON) DE 1988-1991 (SARH-SNICS, 1988-1991a)

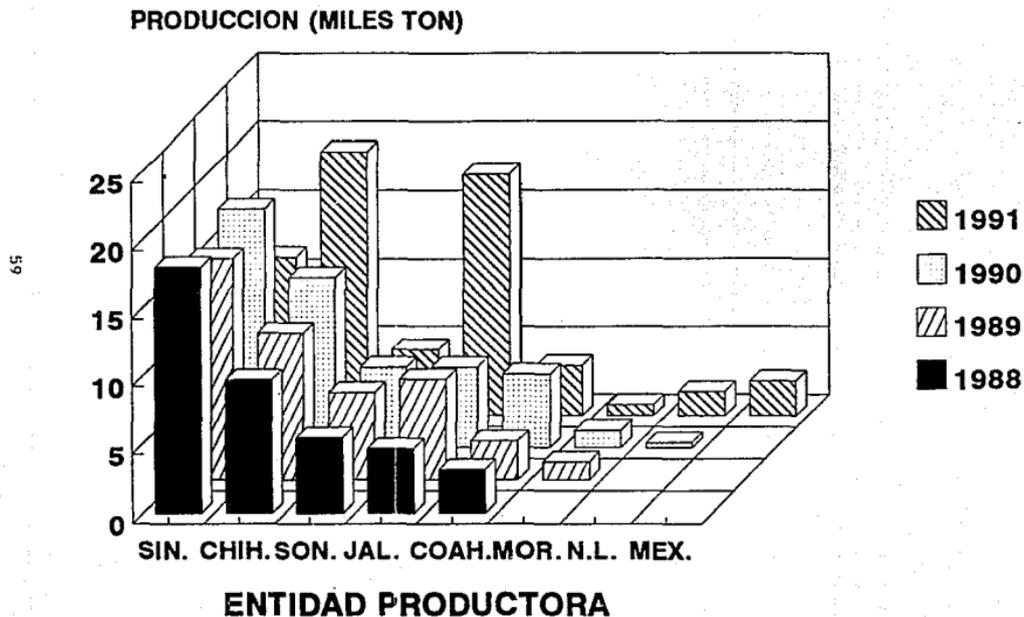
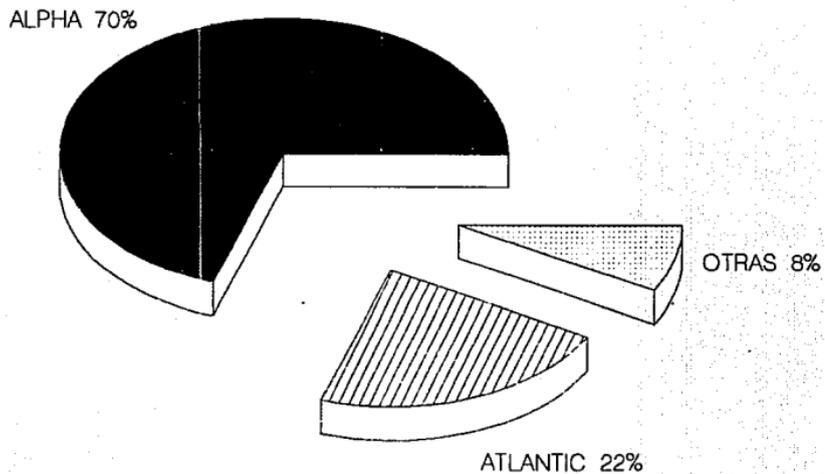


FIGURA 2. PORCENTAJE DE PARTICIPACION DE LAS VARIEDADES DE PAPA PARA PRODUCCION DE SEMILLA CERTIFICADA



**FIGURA 3. PARTICIPACION POR ESTADO
LA SUPERFICIE TOTAL (MILES HA) DE PAPA
EN 1990 (SARH-INIFAP, 1990)**

SUPERFICIE (MILES DE HA)

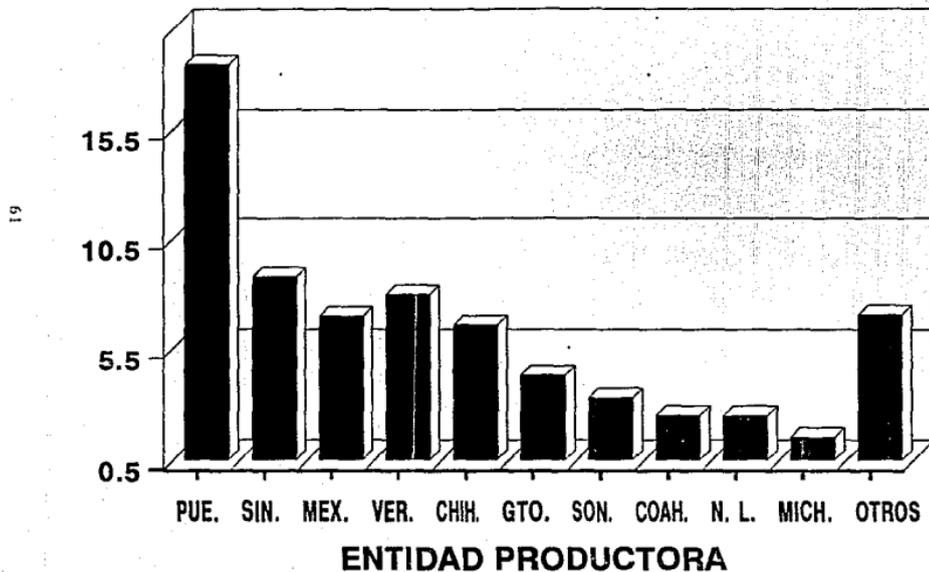


FIGURA 4 LA PLANTA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) (HORTON, 1987).

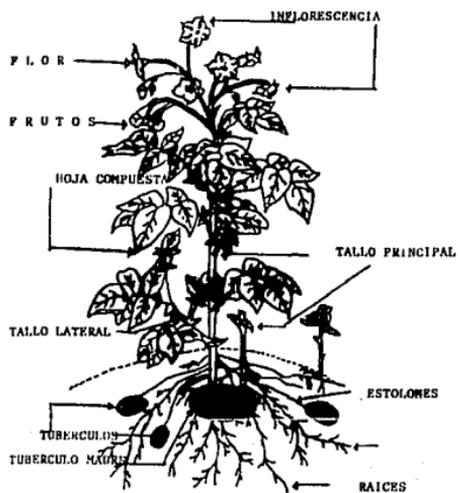
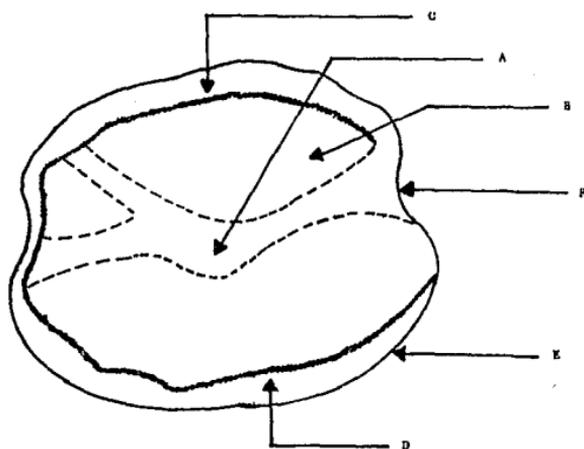


FIGURA 5 ANATOMIA DEL TUBERCULO

(CHRISTIANSEN, 1980a)



- A) PARENQUIMA INTERNA
- B) PARENQUIMA EXTERNA
- C) ANILLO VASCULAR
- D) CORTEZA
- E) EPIDERMIS
- F) ESTOLOH

FIGURA 6 ESQUEMA DE PROPAGACION "IN VITRO" (SANTOS, 1989)

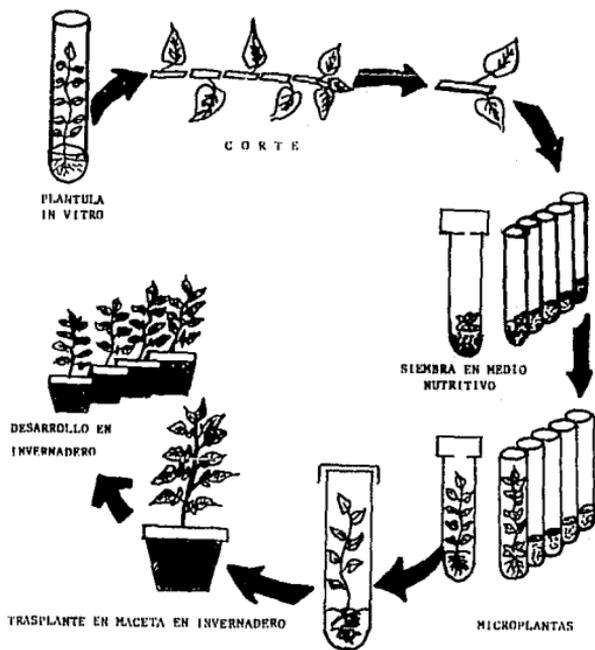


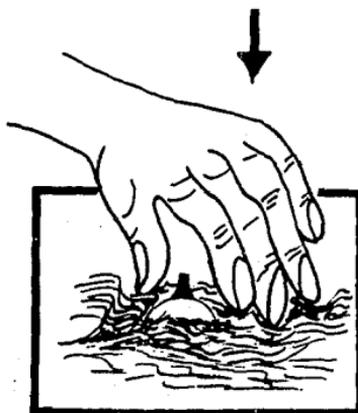
FIGURA 7 ESQUEMA DE PROPAGACION A PARTIR DE MINITUBERCULOS



ELECCION DE MINITUBERCULOS -
SIN DAÑO FISICO Y QUE POSEAN
MINIMO 1 BROTE.



COLOCAR EL TUBERCULO
A UNA PROFUNDIDAD --
PROMEDIO DE 4-5 CM
EL BROTE DEBERA QUE-
DAR HACIA ARRIBA.



CUBRIR EL MINITUBER-
CULO INMEDIATAMENTE.

FIGURA 8 ESQUEMA DE PROPAGACION POR ESQUEJE APICAL (SARH-INIFAP, 1991)

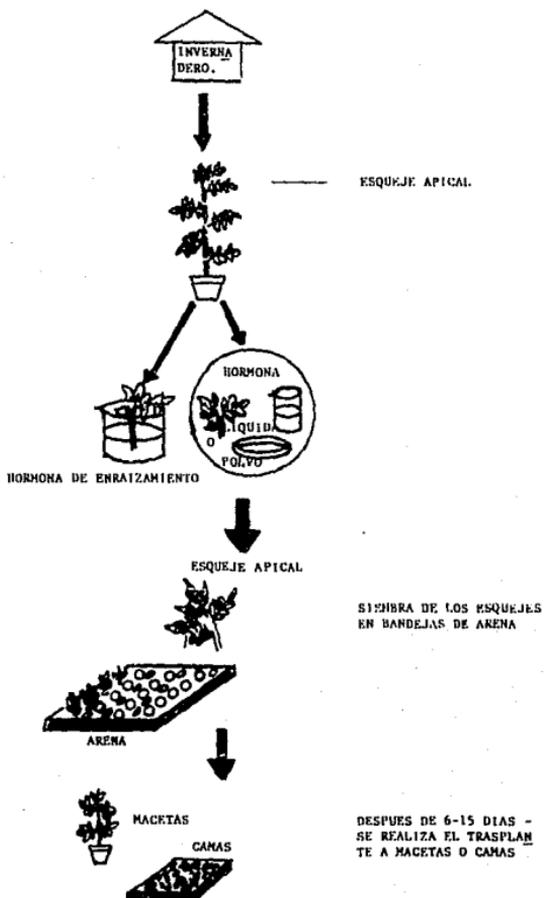
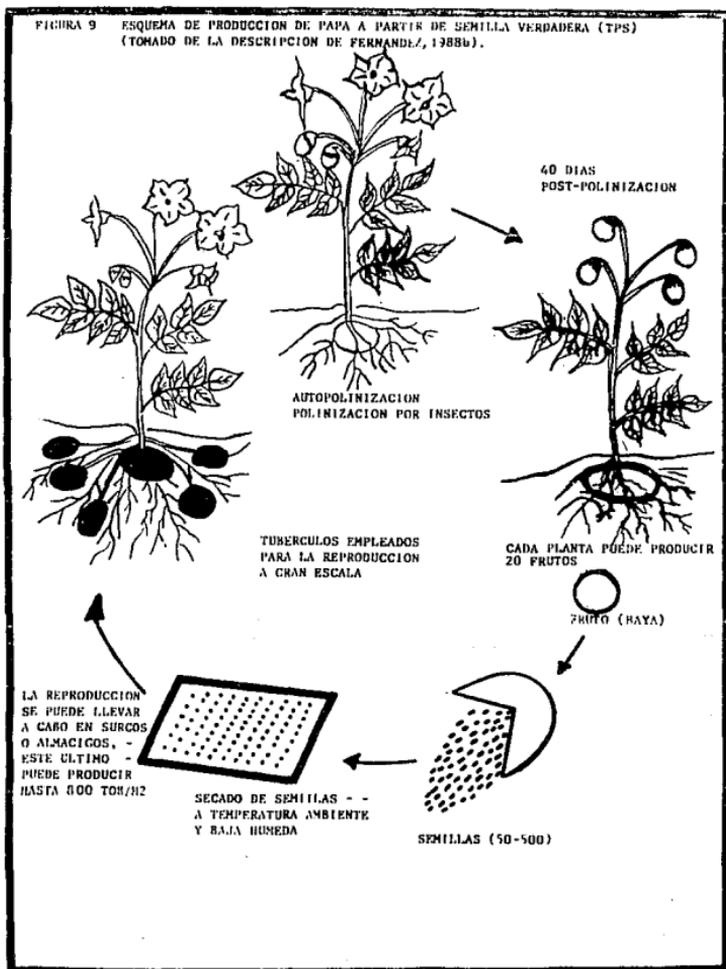


FIGURA 9 ESQUEMA DE PRODUCCION DE PAPA A PARTIR DE SEMILLA VERDADERA (TPS)
(TOMADO DE LA DESCRIPCION DE FERNANDEZ, 1988b).



CUADRO 3. RESULTADOS ESTADISTICOS DE LAS VARIABLES MEDIDAS EN EL EXPERIMENTO

ALTURA DE LA PLANTA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	S ²	F.C.	F (0.01)
TRATAMIENTO	2	108143	54072	3257	6.9
VARIEDAD	1	89212	89212	5374	10.8
INTERACCION	2	109652	43851	2642	6.9
E. EXPERIMENTAL	312	5193	16		

$M_{TA} \neq M_{TB}$, $M_{TA} \neq M_{T1A}$, $M_{TA} \neq M_{T1B}$, $M_{TA} \neq M_{T2A}$, $M_{TA} \neq M_{T2B}$, $M_{TB} \neq M_{T1A}$, $M_{TB} \neq M_{T1B}$, $M_{TB} \neq M_{T2A}$, $M_{TB} \neq M_{T2B}$, $M_{T1A} \neq M_{T1B}$, $M_{T1A} \neq M_{T2B}$, $M_{T1A} \neq M_{T2A}$, $M_{T1B} \neq M_{T2B}$, $M_{T2A} \neq M_{T2B}$.

NUMERO DE HOJAS

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	S ²	F.C.	F (0.01)
TRATAMIENTO	2	157887	78943	165	6.9
VARIEDAD	1	64338	64338	135	10.8
INTERACCION	2	12357	6179	13	6.9
E. EXPERIMENTAL	312	148879	477		

$M_{TA} \neq M_{TB}$, $M_{TA} \neq M_{T1A}$, $M_{TA} \neq M_{T1B}$, $M_{TA} \neq M_{T2A}$, $M_{TA} \neq M_{T2B}$, $M_{TB} \neq M_{T1A}$, $M_{TB} \neq M_{T1B}$, $M_{TB} \neq M_{T2A}$, $M_{TB} \neq M_{T2B}$, $M_{T1A} \neq M_{T1B}$, $M_{T1A} \neq M_{T2A}$, $M_{T1A} \neq M_{T2B}$, $M_{T1B} \neq M_{T2A}$, $M_{T1B} \neq M_{T2B}$, $M_{T2A} \neq M_{T2B}$.

BIOMASA AEREA

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	S ²	F.C.	F (0.01)
TRATAMIENTO	2	17314	8657	213	6.9
VARIEDAD	1	272	272	7	10.8
INTERACCION	2	296	148	4	6.9
E. EXPERIMENTAL	312				

$M_T \neq M_{T1}$, $M_T \neq M_{T2}$, $M_{T1} \neq M_{T2}$.

CONTINUACION

BIOMASA RADICAL

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	S ²	F.C.	F (0.01)
TRATAMIENTO	2	45238	22619	163	6.9
VARIEDAD	1	1294	1294	9	10.8
INTERACCION	2	1675	838	6	6.9
E. EXPERIMENTAL	312	43190	138		

$M_T = M_{T1}, M_T \neq M_{T2}, M_{T1} \neq M_{T2}$.

NUMERO DE TUBERCULOS

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	S ²	F.C.	F (0.01)
TRATAMIENTO	2	983	491	289	6.9
VARIEDAD	1	9	9	5	10.8
INTERACCION	2	14	7	4	6.9
E. EXPERIMENTAL	312	538	2		

$M_T = M_{T1}, M_T \neq M_{T2}, M_{T1} \neq M_{T2}$.

PESO DE TUBERCULOS

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	S ²	F.C.	F (0.01)
TRATAMIENTO	2	41602	20801	167	6.9
VARIEDAD	1	1107	1107	9	10.8
INTERACCION	2	1367	684	6	6.9
E. EXPERIMENTAL	312	38980	125		

$M_T = M_{T1}, M_T \neq M_{T2}, M_{T1} \neq M_{T2}$.

T=TESTIGO

T₁=MINITUBERCULOS

T_A=TESTIGO ALPHA

T_B=TESTIGO ATLANTIC

T_{1A}=MINITUBERCULOS ALPHA

T_{1B}=MINITUBERCULOS ATLANTIC

T_{2A}=ESQUEJES ALPHA

T_{2B}=ESQUEJES ATLANTIC

G.L= GRADOS DE LIBERTAD

S.C= SUMA DE CUADRADOS

S²= VARIANZA

F.C.= F CALCULADA

F(0.01)=F AL 0.01 DE SIGNIFICANCIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bryan, E. 1981a. ESQUEJES DE TALLO ADULTO, Una técnica de multiplicación rápida de papa. C.I.P, Lima Perú, pp. 1-24.
- 2.- -----1981b. ESQUEJES DE TALLO JUVENIL, Una técnica de multiplicación rápida de papa, C.I.P, Lima Perú, pp. 1-8.
- 3.- -----1981c. ESQUEJES DE TALLO LATERAL, Una técnica de multiplicación rápida de papa, C.I.P, Lima Perú, pp. 1-15.
- 4.- -----1988. IMPLEMENTATION OF RAPID MULTIPLICATION AND TISSUE CULTURE METHODS IN THIRD WORLD COUNTRIES. Amer. Potato. Jour. 65: 199-207.
- 5.- CONPAPA (Confederación Nacional De Productores De Papa), 1991. PROGRAMA NACIONAL DE PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA, León Guanajuato, México, pp. 1-4.
- 6.- Chase, R. W, G.H. Silva y R.B. Kitchen, 1989 PRE-CUTTING OF SEED POTATOES, A. P. J. 66: 723-729.
- 7.- Choudhuri, H. C. y Choudhuri, S. R., 1958. FERTILIZER TREATS WITH DIFFERENT SIZES OF SEED POTATOES AND DIFFERENT PLANTING DISTANCES, Amer. Potato. Jour. 55: 526-533.
- 8.- Christiansen, A. J., 1980a. HISTORIA- BOTANICA-TAXONOMIA., Primer Curso Sobre Tecnología de la Papa y Técnicas De Producción De Semillas, Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA), pp. 32-41.
- 9.- -----1980b. La Papa: MAXIMIZACION DE LA PRODUCTIVIDAD. Primer curso Sobre Tecnología de la Papa y Técnicas de Producción de Semillas, Instituto de Ciencia y Tecnología (ICTA), pp. 150-175.
- 10.- Davidson, T. M. W., 1958. DORMANCY IN THE POTATO TUBER AND THE EFFECTS OF STORAGE CONDITIONS ON INITIAL SPROUTING AND ON SUBSEQUENT SPROUT GROWTH, Amer. Potato. Jour. 55: 451-465.
- 11.- Dodds, J. H., 1984. Tissue Culture Propagation of Potatoes: Advantages and Disadvantages. Innovative Methods for Propagating Potatoes. Centro Internacional de la Papa (C.I.P), Lima Perú, pp. 79-88, 295-301.
- 12.- Dodds, J. H., R. D. Silva y J.E Bryan, 1986. TRANSPORTE RECEPCION y PROPAGACION de PLANTULAS de PAPA "In Vitro", Centro Internacional de la Papa (C.I.P.), Lima Perú, pp. 1-13.
- 13.- Dodds, J. H., 1987. Investigación Colaborativa del CIP sobre Cultivo de Tejidos e Ingeniería Genética para el Mejoramiento de la Papa. Centro Internacional de la Papa (C.I.P.), Lima Perú. 5: 1-5.
- 14.- Dodds, J. H., 1991. Introduction: Conservation of plant genetic resources the need for tissue culture. Chapman and Hall, pp. 1-8, 11-13.
- 15.- Ducreux, G. L. R. y M. Rossignol, 1986. La patata. Mundo Científico, 57: 408-418.

- 16.- Fernández, E. J. y Manuel J. V. G., 1984. True Potato Seed in Mexico, Central America and the Caribbean, Innovate Methods for Propagating Potatoes. Centro Internacional de la Papa (C.I.P.), Lima Perú, pp. 221-223.
- 17.- Fernández, E. J., 1988a. FISILOGIA DE LA PAPA. INIFAP, CIFAP-MEX, Curso Internacional Sobre Tecnología de Producción de Papa, pp. 15-18.
- 18.- -----1988b. SEMILLA BOTANICA: Una Alternativa Como Método De Producción De Papa, INIFAP., CIFAP-MEX, Curso Internacional Sobre Tecnología de Producción de Papa, pp. 55-60.
- 19.- Fersini, A., 1984. Patata. Horticultura Practica. Editorial Diana. México, pp 407-416.
- 20.- Florian, L. I., 1977. TUBERS FROM LEAF- BUD CUTTINGS: A TOOL FOR POTATO SEED CERTIFICATION AND BREEDING PROGRAMS, Amer. Potato. Jour. 54: 457-463.
- 21.- Hartman, T. H. y D. E. Kester, 1985. Propagación de Plantas. principios y prácticas. Editorial Continental, S.A. de C.V, México, pp. 283-296.
- 22.- Hartz, T. K., y F.D. Moore, 1978. PREDICTION OF POTATO YIELD USING TEMPERATURE AND INSOLATION DATA, A. P. J. 55: 431-436.
- 23.- Hill A. T., 1977. Hormonas reguladoras del crecimiento vegetal. Editorial Omega S.A., Barcelona, España, pp. 1-10, 25-53, 58-66, 70-72.
- 24.- Hooker, W. J., 1980. COMPENDIO DE ENFERMEDADES DE LA PAPA, Centro Internacional de la Papa, (CIP), Lima Perú, pp. 2-7.
- 25.- Horton, D., 1987. Production, Marketing and Programs for Developing Countries, Washington D.C., pp. 1-25.
- 26.- Iritani, W. M., L. D. Weller y N. R. Knowles, 1983. RELATION SHIPS BETWEEN STEM NUMBER, TUBER SET AND YIELD OF RUSSET BURBANK POTATOES, A. P. J. 60: 423-431.
- 27.- Iritani, W. M., 1990. The Productive Capacity of Potato Tubers, Asian Potato Jour. 1: 33-36.
- 28.- Jellis, G. J. y Richardson. 1987. The Production of New Potato Varieties Technological Advances. Cambridge, New York, pp. 331-334.
- 29.- Jones, E. D. A., 1988. Current Assesment of in vitro culture and other Multiplication. Methods in Noth American and Europe Amer. Potato Jour. 65: 209-219.
- 30.- Juscafresa, B., 1982. La patata su cultivo. AEDOS, Barcelona España, pp. 40-45.

- 31.- Juned S.A., M. T. Jackson y B. V. Ford-Lloyd, 1991. Genetic Variation in Potato Cv Record: Evidence From in Vitro. Regeneration Ability. *Annals of Botany*, pp. 199-203.
- 32.- Jeoung. Lai, Cho y W. M. Iritani, 1983. COMPARISON OF GROWTH AND YIELD PARAMETERS OF RUSSET BURBANK FOR A TWO-YEAR PERIOD. 60: 569-575.
- 33.- Larqué A. S. y Reyes CH., 1988. EL uso de las hormonas vegetales en la agricultura mexicana. *Ciencia y desarrollo XIV* 82:49-62.
- 34.- Liedl, B. E., T. Kosier, y S. L. Desborough, 1987. Isolation and Nutritional Value of a Major Tuber Protein, *Amer. Potato. Jour.* 64: 545-547.
- 35.- López D. H. A., Q. T. Zavala y H. M. A. Cadena, 1985. OBTENCION Y CONSERVACION DE GERMOPLASMA DE PAPA LIBRE DE VIRUS, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidraulicos SARH-INIFAP, Campo Agrícola Experimental Valle de México, Chapingo, Estado de México, pp. 1-13.
- 36.- López D. H. A., 1987. Efecto del Acido Acetil Salicilico en la Brotación de tubérculos de papa. Tesis, Colegio de Postgraduados. Montecillos México, pp. 14-27.
- 37.- Márquez de C. M. J., 1988. Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas, ENEP "ZARAGOZA-UNAM, pp.361-386,394-405.
- 38.- McCown, B. H e I. Kass, 1977. EFFECT OF PRODUCTION TEMPERATURE OF SEED POTATOES ON SUBSEQUENT YIELDING POTENTIAL, *Amer. Potato. Jour.* 54: 277-287.
- 39.- McKeown, A. W., 1990a. GROWTH OF EARLY POTATOES FROM DIFFERENT PORTIONS OF SEED TUBERS. I EMERGENCE AND PLANT STAND, *Amer. Potato. Jour.* 67: 751-759.
- 40.- McKeown, A., W., 1990b. GROWTH OF EARLY POTATOES FROM DIFFERENT PORTIONS OF SEED TUBERS II YIELD. *Amer. Potato. Jour.* 67: 761-767.
- 41.- Mok, I. G., S Kim y K. K. Kim, 1984. USE OF MULTIPLICATION TECHNIQUES, INNOVATIVES METHODS FOR PROPAGATING POTATOES. Centro Internacional de la Papa, Lima Perú, pp. 287-288.
- 42.- Montaldo, A., 1981. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José de Costa Rica, pp.11-29.
- 43.- Nganga, S. M. Q. y N. Melendez, 1980. A Technique for Supplementing and Improving Production of Potatoes. TUBERLETS FROM LEAF-BUD CUTTINGS. Centro Internacional de la Papa (C.I.P), pp. 1-26.
- 44.- Ortiz, M. G. y Lozoya S., 1987. POTATO MINITUBERS: TECHNOLOGY VALIDATION IN MEXICO, *Amer. Potato. Jour.* 64: 535-543.
- 45.- Pallais, N. H. A., N. Fong y S. Rojas, 1989. FACTORS AFFECTING SEEDLING VIGOR IN POTATOES: I STAGE OF SEEDS DEVELOPMENT., *Amer. Potato. Jour.* 66: 793-801.

46.- Powell, W. J. B. y P. D. S. Caligari, 1989. VARIABILITY IN RESPONSE OF POTATO CULTIVARS TO MICROPROPAGATION: II. SUBSEQUENT FIELD PERFORMANCE. Ann. appl., pp. 115, 123-128.

47.- Romero, G. M. G., 1983. EFECTO DE TRES FITORREGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE LA PAPA (Solanum tuberosum L.) BAJO CONDICIONES DE LA ZONA AGRICOLA DEL BAJIO, Tesis, Instituto Tecnológico De Estudios Superiores De Monterrey, Nuevo León México, pp. 1-37.

48.- Rowberry, R. G y G. W Anderson, 1983. THE PROFITABILITY OF CONTINUOUS POTATOES VERSUS ROTATION INCLUDING POTATOES AND OTHER CASH CROPS, Amer. Potato. Jour. 60: 503-505.

49.- Rowell, A. B, E.E. Ewing y R. L. Plaisted, 1986. SELECTION FOR IMPROVEMENT OF POTATO POPULATION GROWN FROM TRUE SEED. Amer. Potato. Jour. 63: 207-216.

50.-Santos, R. J., 1989. Producción de Tubérculos-semillas de Categoría Prebásica de Papa y Control Sanitario., Centro Internacional de la Papa, Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima Perú, pp 101.11,115-118,159.

51.-SARH-INIFAP, 1988. Curso Internacional Sobre Tecnología de Producción de Papa, Programa Regional Cooperativo de la Papa (PRECODEPA), pp 94-97.

52.- SARH-INIFAP, 1990. PROGRAMA DE PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA, División Agrícola, México, pp. 1-5.

53.-SARH-INIFAP, 1991. PROGRAMA PARA AUTOSUFICIENCIA DE PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA EN MEXICO, pp. 1-14.

54.-SARH-SNICS, 1988, 1989, 1990, 1991a. Reporte: Sectores, Organismos, Variedades. Por año agrícola.

55.-SARH-SNICS, 1988, 1989, 1990, 1991b. Reporte: Sectores, Organismos, Variedades y Categorías, Por años Agrícolas.

56.-SARH-SNICS, 1988, 1989, 1990, 1991c. Resumen Nacional Por Delegaciones SNICS, Años Agrícolas.

57.- Seabrook, J., E. A., 1990. OPTIMIZING THE PROPAGATION OF POTATO (SOLANUM TUBEROSUM L.). BY STEM CUTTINGS, Amer. Potato. Jour. 67: 267-274.

58.- Silva, G., H. y Andrew W. T. , 1983. Sprouting of Potato Tubers in Relation to Specific Gravity, Amer. Potato. Jour. 60: 563-564.

59.- Urbano, H. J. A., 1984. TECNICA DE MULTIPLICACION RAPIDA DE PAPA (Solanum tuberosum L.) POR MEDIO DE BROTES, Tesis Universidad Autonoma De Chapingo, México, pp. 1-25.

60.- Van Der Zaag, D. E., 1990. La Patata y su Cultivo en los Países Bajos, Instituto Consultativo Holandés Sobre la Papa, La Haya-Holanda,

- 61.- Van Der Zaag, P. y V. Escobar, 1990. RAPID MULTIPLICATION OF POTATOES IN THE WARM TROPICS: MOTHER PLANTS MANAGEMENT, Asian Potato J. 1: 25-28.
- 62.- Van Minh Tran, Nguyen Van Uyen y Peter Van Der Zaag, 1990. Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production using apical cuttings and tuberlets under three Contrasting environments of Vietnam, Amer. Potato. Jour. 67(11)
- 63.- Van Uyen, Nguyen, 1984. From Test Tube to Trasplants in Vietnam. Innovative Methods For Propagating Potatoes, Centro Internacional de la papa, (CIP), Lima Perú, pp. 263-288.
- 64.- Villarreal, G. M. J., 1980. PROGRAMA DE INVESTIGACION AGRICOLA SOBRE EL CULTIVO DE LA PAPA EN MEXICO, Primer Curso Sobre Tecnología de la Papa y Técnicas de Producción de Semillas, Instituto de Ciencia y Tecnología ICTA, pp. 19-28.
- 65.- -----1981. PAPA, LOGROS Y APORTACIONES DE LA INVESTIGACION AGRICOLA EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL CAEVAMEX. Chapingo Edo. de México, pp. 19-24.
- 66.- -----1983. CONOZCA MAS SOBRE PAPA. NOTICIAMEC, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidraulicos (SARH) Chapingo Méx., pp. 1-6.
- 67.- -----1988. METODOS DE PRODUCCION Y SELECCION DE PAPA PARA SEMILLA. Curso Internacional Sobre Tecnología de la producción de papa. Programa Regional Cooperativo de la Papa (PRECODEPA), CIFAP-MEX. pp. 147-151.
- 68.- Vittorelli, C., 1984. Use of Multiplication Techniques by the Peruvian National Program., Innovative Methods For Propagating Potatoes Centro Internacional de la Papa, Lima Perú, pp. 285-286.
- 69.- Wiersema, S. G., 1984. Production and Utilization of Seed Tubers Derived from True Potato Seed (TPS). Innovate Methods for Propagating Potatoes., C.I.P., Lima Perú, pp. 95-115.
- 70.- Wiersema, S. G. y R. Cabello, 1986. COMPARATIVE PERFORMANCE OF DIFFERENT SIZES SEED TUBERS DERIVED FROM TRUE POTATO SEED, Amer. Potato. Jour. 63: 241-249.