

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ciencias Agrícolas

EVALUACION EN INVERNADERO DE CINCO DIFERENTES SUSTRATOS Y CUATRO
NIVELES DE FERTILIZACION EN DOS VARIEDADES DE PAPA
(Solanum tuberosum L.) LIBRES DE VIRUS, PROVENIENTES
DEL CULTIVO DE TEJIDOS

HUMBERTO JOSE MIGUEL VASQUEZ GUTIERREZ

GUATEMALA

1992

BIBLIOTECA
MUSEO
MAYO DE CHATELAIN

EVALUACION EN INVERNADERO DE CINCO DIFERENTES SUSTRATOS Y CUATRO
NIVELES DE FERTILIZACION EN DOS VARIEDADES DE PAPA
(Solanum tuberosum L.) LIBRES DE VIRUS, PROVENIENTES
DEL CULTIVO DE TEJIDOS

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ciencias Agrícolas

EVALUACION EN INVERNADERO DE CINCO DIFERENTES SUSTRATOS Y CUATRO
NIVELES DE FERTILIZACION EN DOS VARIEDADES DE PAPA
(Solanum tuberosum L.) LIBRES DE VIRUS, PROVENIENTES
DEL CULTIVO DE TEJIDOS

HUMBERTO JOSE MIGUEL VASQUEZ GUTIERREZ

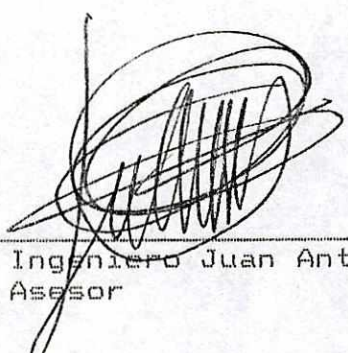
Trabajo de investigación presentado para optar
al grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas

GUATEMALA

1992

Vo. Bo. :

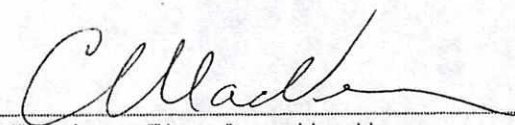
(f)



Ingeniero Juan Antonio Paz
Asesor

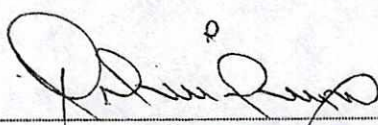
Tribunal:

(f)



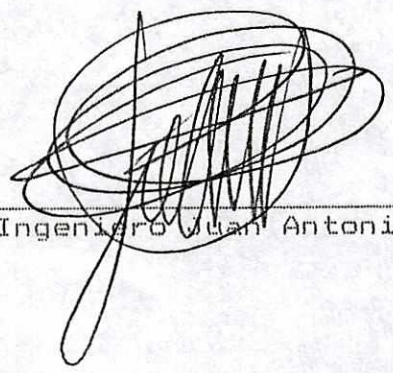
Doctor Charles MacVean

(f)



Ingeniero Orlando Arjona

(f)



Ingeniero Juan Antonio Paz

Fecha de aprobación: 21 de julio de 1992.

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios

mis padres

JOSE HUMBERTO VASQUEZ MARROQUIN

ROSA AMALIA GUTIERREZ DE VASQUEZ

mis hermanos

Claudia y Estuardo, Alejandrina y

Salvador, Carola, Roberto y Patricia.

mis padrinos

José Santos Paniagua y Yolanda G.

de Paniagua.

mis demás familiares, especialmente a mis sobrinos.

mis profesores

mis amigos

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a mis padres por el apoyo que siempre me brindaron.

A la Universidad del Valle de Guatemala por su formación y facilidades prestadas en el laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales.

Agradezco al Ingeniero Juan Antonio Paz por su valiosa ayuda y amistad.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola por el material e instalaciones prestadas.

A mis amigos, especialmente a la familia Samayoa y en general a todas las personas que colaboraron con la realización de este trabajo.

CONTENIDO

		Páginas
	RESUMEN	XII
I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	4
III.	REVISION DE LITERATURA	7
	A. Importancia del cultivo.	7
	B. Origen	7
	C. Composición y usos.	8
	1. Composición alimenticia.	8
	2. Usos	8
	D. Situación actual en Guatemala	9
	E. Factores que limitan la producción	10
	1. Comercialización	10
	2. Almacenamiento	11
	3. Uso de tecnología	11
	4. Plagas y enfermedades	11
	5. Semilla	11
	F. Virus	12
	1. Formas de transmisión de virus	13
	2. Efectos de los virus en las plantas	15
	a. Efectos en la apariencia	15
	b. Efectos en la histología y citología de las plantas	16
	c. Efectos en la fisiología del hospedero	17

	Páginas
3. Efectos de la infección del virus en el rendimiento	17
4. Formas de prevenir pérdidas en los cultivos	18
a. Obteniendo material libre de virus	18
b. Controlando las fuentes de virus y vectores fuera del cultivo	20
c. Controlando la distribución dentro y al alcance del cultivo	20
G. Cultivo de tejidos	22
1. Ventajas del cultivo de tejidos	23
2. Desventajas del cultivo de tejidos	24
3. Regeneración de plantas libres de virus a través de cultivo "In vitro"	24
4. Factores que influyen en la erradicación del virus	25
5. Chequeo de virus	27
6. Manejo de plantas en invernadero	29
a. Factores a considerar durante la fase de adaptación	29
b. Utilización de sustratos	31
c. Fertilización	34

	Páginas
IV. MATERIALES Y METODOS	37
A. Localización	37
B. Material experimental	37
C. Materiales y equipo	38
D. Procedimiento	39
E. Evaluación de parámetros	42
F. Diseño experimental	42
V. RESULTADOS	45
A. Número de minitubérculos	45
B. Peso de minitubérculos	48
VI. DISCUSION	63
VII. CONCLUSIONES	70
VIII. RECOMENDACIONES	71
IX. BIBLIOGRAFIA	72
APENDICES	
A. Medio de propagación de la papa	74
B. Análisis de suelo y broza.	75
C. Distribución de tratamientos en el invernadero	76

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
3.1 Composición alimenticia de 100 g. de papa	8
3.2 Zonas de producción de papa en Guatemala	9
5.1 Análisis de varianza para número de minitubérculos	51
5.2 Comparación entre niveles de fertilización para número de minitubérculos	51
5.3 Comparación entre sustratos para número de minitubérculos	52
5.4 Comparación entre variedades para número de minitubérculos	52
5.5 Análisis de varianza para peso de minitubérculos	57
5.6 Comparación entre niveles de fertilización para peso de minitubérculos	57
5.7 Comparación entre sustratos para peso de minitubérculos	58
5.8 Comparación entre variedades para peso de minitubérculos	58

LISTA DE GRAFICAS

Grafica	Página
1. Interacción niveles por sustratos para número de minitubérculos	53
2. Interacción niveles por variedades para número de minitubérculos	54
3. Interacción sustratos por variedades para número de minitubérculos	55
4. Interacción niveles por sustratos por variedades para número de minitubérculos	56
5. Interacción niveles por sustratos para peso de minitubérculos	59
6. Interacción niveles por variedades para peso de minitubérculos	60
7. Interacción sustratos por variedades para peso de minitubérculos	61
8. Interacción niveles por sustratos por variedades para peso de minitubérculos	62

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el número y peso de minitubérculos* producidos, a partir de dos variedades de papa (Solanum tuberosum L.) en cinco sustratos y cuatro niveles de fertilización. La primera etapa de la evaluación se realizó en el laboratorio de cultivo de tejidos de la Universidad del Valle de Guatemala, y la etapa final en el invernadero de la estación La Alameda, Chimaltenango, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA).

Las dos variedades evaluadas fueron Icta Chiquirichapa y Tollocan, en los sustratos broza, broza + arena, tierra, tierra + arena y arena blanca. Los niveles de fertilización evaluados fueron 0, 4.1, 8.2, y 12.3 gr. de fertilizante completo por maceta.

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas sub-subdivididas, en el cual se sometieron los datos a las pruebas de varianza y Duncan. Según el análisis estadístico, se determinó que la variedad Icta Chiquirichapa fue superior a la Tollocan, en número y peso de minitubérculos. El mejor sustrato fue broza, y el mejor nivel de fertilización fue el segundo con 4.1 gramos de fertilizante completo por maceta. Se encontraron interacciones significativas para todos los factores en estudio, excepto para sustratos por variedades en peso de minitubérculos.

*Tuberculo producido en invernadero por plantas provenientes del cultivo de tejidos y su peso varía entre 5 gr. hasta 120 gr.

I. INTRODUCCION

Sánchez (1981:31) afirma que la economía de la mayoría de los países tropicales está basada en su agricultura. La demanda por más y mejores alimentos está aumentando rápidamente en los países en desarrollo que crea más expectativas. Los rendimientos de los cultivos y la producción de alimentos pueden aumentarse drásticamente mediante la aplicación de la tecnología conocida actualmente.

Según Sánchez (1981:45), la papa (Solanum tuberosum L.) es una de las principales fuentes de alimentación en las tierras altas tropicales. Mejía (1988:7) considera a la papa entre los cinco cultivos alimenticios más importantes, conjuntamente con el trigo, arroz, maíz y cebada, ya que provee, en la nutrición humana, doce vitaminas esenciales, minerales, proteínas, carbohidratos y hierro.

En Guatemala, el cultivo de la papa reviste importancia bajo el punto de vista social y económico. Uno de los factores más limitantes dentro del cultivo de la papa a nivel nacional lo constituye la escasez de semilla de buena calidad, por lo que se hace necesario obtener, en el menor tiempo posible, materiales de buena calidad y en volúmenes adecuados. De acuerdo con Mejía (1988:7), la papa se propaga de preferencia en forma vegetativa, esto trae como desventaja que el tubérculo semilla favorece la

diseminación de enfermedades sistémicas si no se tienen los cuidados necesarios. En el pasado se han ideado métodos de erradicación de estos patógenos utilizando medios físicos y químicos sin mayores resultados.

Mejía (1988:7) dice que para ayudar a resolver el problema antes mencionado, se ha dado gran importancia en los últimos años a la técnica de cultivo "In Vitro", principalmente al cultivo de meristemas. Esta, debidamente utilizada y combinándola con tratamientos de termoterapia, resulta ser un excelente método para erradicar enfermedades causadas por virus, micoplasmas y otros patógenos sistémicos de la planta. Otras de las ventajas que ofrece el cultivo de tejidos es la propagación clonal masiva de plantas libres de enfermedades en corto tiempo, evita erosión genética, reduce el costo de labores agronómicas en el mantenimiento de grandes colecciones de germoplasma en el campo y facilita el intercambio de material genético entre centros de investigación, laboratorios y personas interesadas.

Con frecuencia la propagación de plántulas "In Vitro" fracasa durante el trasplante en invernadero debido a fallas en el manejo. Las plántulas sufren mucho "stress"* al transferirlas del laboratorio al invernadero, ya que pasan de condiciones óptimas y controladas a otras menos favorables.

El presente trabajo trata de contribuir a solucionar el problema actual del agricultor, mediante la búsqueda de condiciones óptimas a nivel de invernadero para plantas

* Stress por pérdida de agua y adaptación a nuevo medio ambiente.

provenientes de cultivo de tejidos. Serian en vano todos los esfuerzos realizados en los centros de investigación y en el laboratorio si no se logra transferir este material al invernadero, luego al campo y posteriormente a manos del agricultor.

II. OBJETIVOS.

A. Objetivos generales.

1. Encontrar alternativas para el aumento de la producción de minitubérculos de papa por unidad de area en el invernadero.
2. Aportar soluciones al problema actual de falta de semilla de buena calidad, libre de enfermedades transmisibles.

B. Objetivos específicos.

1. Evaluar en el invernadero cinco diferentes sustratos y cuatro niveles de fertilización en dos variedades de papa (S. tuberosum) libre de virus, provenientes de cultivo de tejidos.
2. Determinar número y peso de minitubérculos producidos por los cinco diferentes sustratos usados.
3. Evaluar cual de los cuatro niveles de fertilización produce mayor número y peso de minitubérculos, para los diferentes, sustratos y variedades.
4. Determinar si hay diferencia estadísticamente significativa entre las variedades Ícta Chiquirichapa y Tollocan, en los diferentes sustratos y niveles de fertilización evaluados para peso y número de minitubérculos.
5. Establecer si existen interacciones entre los diferentes

niveles de fertilización, sustratos y variedades para número y peso de minitubérculos.

HIPOTESIS

- Ho.1.= No hay diferencia estadísticamente significativa en el número y peso de minitubérculos entre los diferentes niveles de fertilización evaluados.
- Ha.1.= Existe diferencia estadísticamente significativa en el número y peso de minitubérculos de los diferentes niveles de fertilización evaluados.
- Ho.2.= No hay diferencia estadísticamente significativa en el número y peso de minitubérculos entre los sustratos evaluados.
- Ha.2.= Existe diferencia estadísticamente significativa en el número y peso de minitubérculos entre los sustratos evaluados.
- Ho.3.= No hay diferencia estadísticamente significativa en el número y peso de minitubérculos producidos por las variedades Icta Chiquirichapa y Tollocan.
- Ha.3.= Existe diferencia estadísticamente significativa en el número y peso de minitubérculos producidos por las variedades Icta Chiquirichapa y Tollocan.
- Ho.4.= No hay interacciones entre los factores: niveles de fertilización, sustratos y variedades, en cuanto a número y peso de minitubérculos.
- Ha.4.= Existen interacciones entre los niveles de fertilización, sustratos y variedades, para número y peso de minitubérculos.

III. REVISION DE LITERATURA

A. Importancia del cultivo

La papa es una de las principales fuentes de alimentación en las tierras altas tropicales.

Según investigaciones de la última década, la papa es el cultivo más importante que viene usando la humanidad como fuente alimenticia, ya sea por su alto valor nutritivo, como por su gran potencial de producción de materia seca. Podemos considerarlo como una fuente de gran potencial para contribuir a la solución de problemas en la falta de alimentos a corto plazo en los países en desarrollo con mayor ventaja y rentabilidad sobre los productos tradicionales, tal es el caso de granos básicos. Mejía (1988:7) considera a la papa entre los cinco cultivos alimenticios más importantes, conjuntamente con el trigo, arroz, maíz y cebada. La papa provee en la nutrición humana doce vitaminas esenciales, minerales, proteínas, carbohidratos y hierro. La soya, papa, frijol y trigo son los cultivos con mayor capacidad de producción de proteína por día, y entre ellos la soya y la papa son los más altos productores de proteína por cosecha.

B. Origen

M.S. Bukasov argumentó que el centro de origen del cultivo de la papa es la región del Cuzco y lago de Titicaca, en la República del Perú, porque allí es el lugar donde existe mayor número de especies silvestres cultivadas.

C. Composición y usos.

1. Composición alimenticia.

Cuadro 3.1

Composición alimenticia de 100 gramos de papa.

Componente	Cantidad
Calorías	97 cal.
proteínas	2,100 miligramos
Carbohidratos	22,300 miligramos
fibras	600 miligramos
Calcio	9.0 miligramos
Fósforo	47.0 miligramos
Hierro	.5 miligramos
vitamina A	0.02 miligramos
Tiamina(Vit. B1)	0.09 miligramos
Riboflavina(vit B2)	0.09 miligramos
Niacina(vit B3)	1.67 miligramos
Acido ascórbico	14.6 miligramos

FUENTE: Oficina del consumidor y productor. Lima, Perú 1977.

2. Usos.

El Banco de Guatemala (1977:4) señala que además del uso directo para consumo humano, la papa puede ser utilizada por la industria como materia prima para la fabricación de papalinas, harinas, almidones, alcoholes y pan.

Actualmente la fabricación de papalinas y papas fritas absorben el 3.6 % de la producción anual de papa. Por otra parte, la industria está interesándose en la papa para la fabricación de harinas, almidones y otros productos. La deshidratación de papa es un proceso que permite mantener el producto en condiciones aceptables durante un largo período, para ser utilizado en cualquier momento del año.

D. Situación actual en Guatemala.

En Guatemala se cultivan aproximadamente 10,000 hectáreas, en cuatro regiones que se identifican en el cuadro 2.2.

Cuadro 3.2

Zonas de producción de papa en Guatemala

=====

Zona Occidental.

- Quetzaltenango: -Concepción Chiquirichapa, San Mateo, La Esperanza, San Martín Sac., San Juan Ostuncalco, Almolonga y otros.
- Huehuetenango: -San Juan Ixcoy, San Mateo Ixtatán, Todos Santos, Cuchumatanes, etc.
- Totonicapán: -San Francisco el Alto, San Cristóbal, San Andrés Xecul, etc.
- El Quiché: -Chichicastenango, Pachalum, San Antonio Ilotenango.
- San Marcos: -Ixchiguán, Tejutla, San Pedro Sac., Tacaná San Lorenzo.
- Sololá: -Sta. Lucía Utatlán, Sololá, Los Encuentros, Comunidad Argueta.
- Chimaltenango: -Tecpán, Patzún, Comalapa y otros.

Zona Central.

- Guatemala: -Sn. José Pinula, Villa Nueva, Palencia, San Juan Sacatepéquez, San Raymundo y otros.
- Sacatepéquez: -Sumpango, Antigua Guatemala.

Zona Oriental.

- Santa Rosa: -Sta. María Ixhuatán, Sn. Rafael las Flores
- Jalapa: - Monjas, Sn. Carlos Alzatate, Mataquescuintla.

Jutiapa: -El progreso, Moyuta.

Zona Nor-Oriental.

Alta Verapaz y -En algunos lugares localizados y en muy
Baja Verapaz. muy pocas áreas.

FUENTE: I Curso sobre tecnología del cultivo de la papa. ICTA, 1977.

De las regiones mencionadas, la Occidental provee aproximadamente el 65 % de la producción total. La producción nacional se calcula en 1,205,000 quintales, de los cuales el 35% se destinan para exportación. Según Christiansen (1980:15), el 90% de los cultivadores de papa son pequeños agricultores que siembran entre 0.1 y 0.5 hectáreas, siendo el otro 10% agricultores, llamados grandes y grupos organizados en cooperativas que cultivan entre 2 y 10 hectáreas como máximo.

El Banco de Guatemala (1988:55) indica que en cuanto a los costos de producción estimados de los principales productos agrícolas, temporada 1988-1989, es la hortaliza más rentable, seguida de la zanahoria, lechuga y ajo.

E. Factores que limitan la producción:

Según Christiansen (1981:15), los principales factores son:

1. Comercialización.

Este es uno de los principales factores limitantes. Los mejores precios se presentan en los meses de noviembre a mayo y bajan considerablemente de junio a octubre.

2. Almacenamiento.

Los agricultores no cuentan con sistemas adecuados para almacenar el producto, lo que les obliga a vender inmediatamente después de la cosecha.

3. Uso de Tecnología.

Las técnicas utilizadas por los agricultores no son las más adecuadas.

4. Plagas y Enfermedades

Existen una serie de plagas que incluyen insectos, ácaros, roedores y nemátodos que afectan al cultivo desde la brotación hasta la cosecha, dañando follaje, raíz, tallos y tubérculos y con esto reduciendo la producción. En cuanto a enfermedades, éstas son causadas por bacterias, hongos, virus, micoplasmas y viroides. De todos estos, los que más disminuyen el rendimiento son los virus, siendo los principales: el del enrollamiento (PLRV)* y mosaicos suaves y severos, llegándolo a reducir hasta en un 100 %.

5. Semilla.

Uno de los principales factores limitantes de la producción es la falta de semilla mejorada. A la fecha son pocos los agricultores dedicados a la producción de semilla certificada o mejorada, y la misma no es suficiente para abastecer el mercado local, lo que provoca que la mayoría de agricultores utilicen semilla de mala calidad, provenientes del comercio o de residuos de la cosecha anterior. De acuerdo a Mejía (1988:7), el tubérculo * Llamado así por sus siglas en inglés (potato leaf role virus).

semilla favorece la diseminación de enfermedades sistémicas si no se tienen los cuidados necesarios.

Se han ideado en el pasado métodos de erradicación de estos patógenos utilizando medios físicos y químicos sin mayores resultados. Johnson (1982:147) expresa que la semilla de variedades mejoradas puede convertirse en pilar del desarrollo. Si la variedad o la calidad de la semilla utilizada es inadecuada, las inversiones en otros cambios tecnológicos pueden resultar infructuosas.

De acuerdo a CIP* (1979:43), en el cultivo de las papas los tubérculos semilla constituyen el insumo más costoso en los países menos desarrollados, y el empleo de semilla de baja calidad es el mayor obstáculo en la producción. Se ha estimado que el insumo semilla abarca del 50% al 60% del costo de producción, a ello se debe la importancia de utilizar una semilla sana y garantizada.

F. Virus.

Gibbs (1976:5) por su parte expresa que un virus es una partícula generalmente alargada o esférica, constituida por ácido ribonucleico, el cual se encuentra en una cápsula proteica formada por cierto número de subunidades más pequeñas. Los virus se identifican por sus propiedades físicas y químicas, y por la reacción o síntomas que producen en numerosos huéspedes. Los virus son parásitos transmisibles que necesitan ribosomas

* Centro Internacional de la papa, Perú.

y otros componentes de las células de sus hospederos para su multiplicación.

Calderoni (1978:53) expresa que los virus son de gran importancia económica porque reducen los rendimientos, disminuyen la calidad de la papa y por las grandes sumas de dinero que se destinan a su control, ya sea por el uso de insecticidas para eliminar los insectos vectores o por la gran organización de servicios especiales para el mantenimiento y multiplicación de cultivares libres o con bajo porcentaje de infección.

La especie Solanum tuberosum es huésped de numerosos virus. Su reproducción agámica favorece la difusión de los virus en el tubérculo semilla.

1. Formas de transmisión de virus.

a. Vectores

En la naturaleza muchos virus se transmiten a través de vectores. Un vector es un agente diseminador de la enfermedad al llevar las partículas virales de plantas enfermas a plantas sanas. Fuentes (1990:10) dice que entre los vectores de virus de plantas tenemos a los insectos, los nemátodos y los hongos.

La transmisión de virus por insectos es el mecanismo más importante, siendo los transmisores la mayoría insectos chupadores. Los áfidos (Homoptera, Aphididae) transmiten más virus que cualquier otro grupo de insectos, las cigarritas o saltahojas (Homoptera, Cicadelidae) ocupan el segundo lugar y les siguen la mosca blanca (homoptera, Aleurodidae), escamas blandas

(Homoptera Coccidae), los trips (Tisanoptera, Triphidae), chinches (Hemiptera) y escarabajos (Coleoptera).

Se conocen tres tipos de transmisión de virus por insectos:

a) Transmisión no persistente. Los virus son adquiridos y transmitidos en menos de cinco minutos. Estos virus han sido denominados "Virus transmitidos por estilete" y también son rápidamente eliminados del insecto.

b) transmisión semipersistente. Los virus son adquiridos en unos quince minutos y transmitidos hasta por dos días.

c) Transmisión persistente. Los virus son adquiridos y transmitidos en periodos más largos. Entre adquisición y transmisión es necesario un período de latencia. Los insectos pueden retener estos virus por el resto de su vida.

Los virus transmitidos en forma no persistente y semipersistente son también conocidos como no circulativos; mientras que aquellos transmitidos persistentemente como propagativos o circulativos, según se multipliquen o no en el vector, respectivamente.

La transmisión de virus por nemátodos se realiza cuando los nemátodos de los géneros Xiphinema, Longidorus, Trichodorus se alimentan de las plantas enfermas y luego se desplazan hacia las raíces de las plantas sanas. Tanto las larvas como los adultos adquieren y transmiten al virus; pero dejan de ser infectivos después de la muda.

En cuanto a los hongos transmisores de virus, existen cuatro

géneros, siendo todos ellos parásitos obligados. En el caso de la papa sólo el género Spongospora es transmisor, mientras que los géneros Olpidium, Synchytrium, y Polymyxa transmiten a otras especies de vegetales. Según Matthews (1970:144), el virus llega a la raíz de la papa en la superficie de la estructura infectiva del hongo. El virus penetra a las raíces sanas al mismo tiempo que el hongo.

b. Propagación vegetativa.

Matthews (1970:141) dice que la propagación vegetativa es una importante práctica horticultural, pero desafortunadamente es un método bien efectivo para perpetuar y diseminar virus.

c. Jugos.

Muchos virus son transmitidos por sustancias producidas por la planta que contienen partículas de virus.

2. Efectos de los virus en las plantas.

Gibbs (1976:18) señala que un amplio espectro de anormalidades son causadas por los virus, y todos son atribuidos a los cambios que se operan en la planta por la infección del virus.

Muchos de los virus de las plantas infectan a sus hospederos en forma sistémica, esto es que se esparcen del sitio de infección a otras partes de la planta. No todos los tejidos o células son invadidos siempre, los tejidos meristemáticos de la raíz y del ápice casi siempre se escapan. Los virus usualmente

persisten sistémicamente en la planta infectada toda su vida, en plantas propagadas vegetativamente la progenie está infectada.

a. Efectos en la apariencia de las plantas.

Gibbs (1976:19) hace notar que es el más drástico efecto de los virus en las plantas hospederas, no se ha considerado el más común, y consiste en la muerte ó necrosis de células, tejidos u otra parte de la planta. El tamaño y apariencia de las lesiones depende del virus, de la planta afectada y de las condiciones ambientales.

Muchos virus causan efectos en la morfología de la planta, afectando el tamaño y la forma de crecimiento.

Al parecer restringen la tasa de desarrollo de sus hospederos, y muchos causan anomalías en la forma de la planta. Obstaculizan el desarrollo de cierta parte de la planta o promueven crecimiento adicional.

Gibbs (1976:20) considera que muchas veces uno de los primeros signos de una infección sistemática de virus está en la vena clara de las hojas jóvenes: las venas causan hojas amarillas o traslúcidas produciendo subsecuentemente que muestren un mosaico, moteado o amarillamiento general, con lo cual causan cambios en el color de las plantas.

b. Efectos en la histología y citología de las plantas.

Mathews (1970:271) señala que los síntomas macroscópicos provocados por los virus reflejan cambios histológicos dentro de la planta. Estas anomalías se pueden ubicar en tres grupos principales: Necrosis o muerte de células y tejidos; hipoplasia o

reducción del crecimiento y diferenciación. Dentro de las células también hay cambios alterando en tamaño y número los componentes de las mismas.

c. Efectos en la fisiología del hospedero.

Muchos de los procesos fisiológicos de la planta pueden ser afectados por virus en una vía o en otra, también directa o indirectamente. Muchos cambios metabólicos inducidos por la infección del virus están asociados con la senescencia. También la cantidad de nitrógeno en las hojas puede variar al estar la planta infectada por virus. Otros cambios se producen sobre todo en el período de máxima multiplicación del virus, como son cambios en la actividad de los cloroplastos, en la tasa de fotosíntesis, en la cantidad de azúcares, en la tasa de respiración, en la actividad enzimática, cantidad de hormonas y otros.

3. Efectos de la infección del virus en el rendimiento.

De acuerdo a Gibbs (1976:219), las pérdidas en rendimiento de las plantas cultivadas cuando ellas están infectadas varía grandemente. Los cultivos pueden no producir nada, esto sucede cuando la planta muere o se pierde la parte cosechable.

Comúnmente las plantas infectadas subsisten, pero las pérdidas en el rendimiento son considerables. En Guatemala, las pérdidas causadas por virus en el cultivo de la papa van desde un 10% hasta un 100%, dependiendo de varios factores, siendo ellos, el virus, la especie de la variedad, y cuándo la planta fue infectada. Según Matthews (1970:587) es muy difícil determinar un

dato real de las pérdidas directas en el cultivo por la infección del virus.

Los virus no sólo afectan el rendimiento sino que también la calidad.

4. Formas de prevenir pérdidas en los cultivos.

Matthews (1970:592), al respecto, señala que muchos procedimientos tienen que ser usados efectivamente, incluyendo medidas preventivas designadas para reducir fuentes de infección dentro y fuera del cultivo, para limitar la diseminación por vectores, y hacer mínimos los efectos en el cultivo.

Gibbs (1976:219) expresa que las enfermedades viróticas son principalmente evitadas por prevención mas que por curación, esto se hace por medio de la producción de semillas libre de virus, y tratando de detener la introducción y diseminación de los virus dentro del cultivo.

a. Para obtener material libre de virus se han utilizado varios métodos, según Gibbs (1976:220) los principales son:

A) Métodos simples: El material propagativo libre de virus con frecuencia es obtenido de cultivos libre de virus. Esto se logra con la inspección cuidadosa y frecuente de los cultivos, y extracción del material infectado. Algunos virus causan pocos síntomas o síntomas no detectables, por lo que las plantas infectadas no pueden ser detectadas y, por lo tanto, no pueden ser eliminadas.

Los virus pueden difundirse más fácilmente en semilleros,

por lo que una inspección cuidadosa puede parar la diseminación de los mismos.

B) Termoterapia: Ciertos tratamientos de temperatura a un tiempo determinado pueden eliminar algunos virus. La mitad de los virus conocidos en horticultura pueden eliminarse con este tratamiento, aunque su mala aplicación puede matar varias plantas, o dañarlas parcialmente.

Por otra parte algunos virus no son eliminados, pero su multiplicación y diseminación son más lentas. Combinando procesos de alta temperatura y corte de ápices se puede producir plantas libres de virus.

C) Cultivo de meristemas apicales y yemas terminales: Los meristemas apicales de plantas infectadas sistémicamente pueden contener poco o nada de virus. Los meristemas apicales son cortados de las plantas en condiciones estériles, y crecen dentro de un medio de agar. Los nutrientes proporcionados incluyen azúcares, sales y hormonas para crecimiento.

El cultivo de meristemas apicales y yemas, es ampliamente usado ahora para la producción de plantas libres de virus, principalmente las que se propagan en forma vegetativa, y con frecuencia combinándolo con tratamientos de quimioterapia o termoterapia.

D) Quimioterapia: Tratamientos con productos químicos análogos de las bases purina y pirimidina de los ácidos nucleicos son usados para disminuir la multiplicación del virus dentro de la planta

infectada sistémicamente.

b. Controlando las fuentes de virus y vectores fuera del cultivo.

Gibbs (1976:223) puntualiza que en los cultivos infectados por virus transmitidos por vectores, puede reducirse su distribución por medio del control de estos vectores, así como de sus fuentes.

Los virus pueden distribuirse a largas distancias y también después del invierno lo hacen plantas nativas y pastos. Por ello existen programas de erradicación de las fuentes pero estos son muy costosos, puesto que los vectores resistentes sobreviven y retienen el virus, transportándolo por periodos largos.

En muchas naciones, la cuarentena y las importaciones restringidas son implantadas para controlar el movimiento de semillas y con ello controlar los virus y sus vectores.

c. Controlando la distribución dentro y al alcance del cultivo. De acuerdo a Gibbs (1976:224), las principales son:

A) Prácticas agronómicas: Un cambio en el manejo del cultivo puede influenciar en la distribución del virus, por cambios inteligentes, la distribución del virus puede disminuir en gran cantidad.

Dentro de las prácticas agronómicas más usadas para reducir la distribución del virus están: Epoca de siembra, densidad de plantas, diversidad de cultivos, uso de variedades resistentes y esterilización de semilleros.

B) Mecanismos de certificación: Estos son procedimientos establecidos para disminuir el ataque de enfermedades causadas por virus y prevenir su distribución, proporcionando semilla o plantando material de otros cultivos. En estos esquemas se fijan normas para cada tipo de semilla. En el caso de la papa, la semilla de fundación debe tener 99.95% de plantas puras de la variedad, que no contenga virus Y; menos de 0.01% de plantas infectadas con virus de enrollamiento; y cuando menos de 0.05 % de plantas con virus X.

C) Uso de variedades: Muchas variedades comerciales son seleccionadas por su baja incidencia y/o efecto de enfermedades, incluyendo las causadas por virus.

Mucho trabajo se ha hecho para encontrar o producir cultivares que son resistentes a la infección del virus, lo cual puede deberse a hipersensibilidad o inmunidad a la infección, pero ha sido imposible encontrar uno completamente resistente.

D) Protección química del cultivo: Varios pesticidas pueden ser usados para eliminar el efecto de los vectores de virus en las plantas, o disminuir su actividad, pero por varias razones los pesticidas solamente han sido utilizados en el control exitoso de pocos vectores de virus. Además de otras desventajas como su costo. Adicionalmente, no todas las especies de vectores son afectadas por las aplicaciones o hay individuos resistentes, y finalmente los pesticidas no matan rápidamente a los vectores. Dentro de los químicos que podemos usar están:

- a. Productos naturales, como nicotina, pyretrina, y rotenone.
- b. Insecticidas sintéticos. Los dos grupos principales son hidrocarburos clorinados y compuestos organofosforados.
- c. Insecticidas biológicos a base de hongos y bacterias para el control de mosca blanca y trips.
- d. Productos limpiadores del estilete, "Stylet oil", para vectores no circulativos como áfidos.
- e. Nematicidas y fungicidas sintéticos. Para el control de vectores de virus transmitidos por nemátodos y hongos del suelo.

E) Materiales misceláneos: Existen algunos productos que reducen la incidencia de virus en las plantas, como las emulsiones de agua-aceite, azufre y zinc aplicado al suelo.

G. Cultivo de Tejidos.

De acuerdo a Mejía (1988:5), el término "Cultivo de Tejidos" vegetales o de plantas se refiere al cultivo "In Vitro" de cualquier estructura viva de una planta (explanta), sean éstas de una célula, un tejido u órgano, bajo condiciones asépticas.

El principio de cultivo de tejidos es simple, siendo necesario aislar una parte de la planta (explanta). Luego debe proveerse a la explanta de un medio ambiente apropiado en el cual pueda expresar su potencial intrínseco o inducido, todo ello

realizado bajo condiciones asépticas. En los últimos años se le ha dado gran importancia al cultivo de meristemas, pues éste debidamente utilizado y combinándolo con tratamientos de termoterapia, resulta ser un excelente método para erradicar enfermedades causadas por virus, micoplasmas y otros patógenos sistémicos de la planta.

1. Ventajas que ofrece el cultivo de tejidos.

Mejía (1988:7) hace notar que las principales ventajas son entre otras,

- a) Que es el único método confiable conocido actualmente para erradicar virus, viroides, micoplasmas y otros patógenos a partir de material enfermo.
- b) Ofrece una propagación clonal masiva de plantas libres de enfermedades en corto tiempo.
- c) Permite mantener los cultivos libres de contaminantes, por ser una técnica muy aséptica.
- d) Evita erosión genética.
- e) Reduce costos de labores agronómicas en el mantenimiento de grandes colecciones de germoplasma en el campo.
- f) Los clones pueden ser propagados en cualquier época del año, mientras que los métodos convencionales dependen de condiciones propicias como épocas de siembra y otras.
- g) Facilita el intercambio de material genético sin complicaciones cuarentenarias.
- h) Reduce el riesgo de pérdidas genéticas al evitar la mezcla de

material por cruzamiento.

i) Se obtiene en corto tiempo material con resistencia a enfermedades.

2. Desventajas que tiene el cultivo de tejidos.

Mejía (1988:8) establece que las principales desventajas son:

- a) Que requiere de personal especializado.
- b) Necesita de infraestructura y equipo especial.
- c) La adquisición de productos químicos es costosa y difícil especialmente en países en vías de desarrollo con pocos recursos económicos.
- d) Difícil instalar laboratorios donde no hay fluido eléctrico.
- e) Escasa literatura relacionada a la técnica de cultivo "In Vitro" en nuestro medio.

3. Regeneración de plantas libres de virus a través de cultivo In Vitro.

Mejía (1988:92) indica que en plantas viróticas, los ápices de tallos y raíces frecuentemente se encuentran libres o con bajas concentraciones de partículas virales, y que, por esta razón el cultivo de meristemas es un medio excelente para regenerar plantas libres de virus y también otros fitopatógenos de infección sistémica como hongos, bacterias, micoplásmas, viroides y nemátodos.

Mejía (1988:92), por otra parte, señala que la baja concentración o ausencia de partículas virales a nivel de meristemas, se presume que sea debido a las siguientes razones:

1) Carencia de sistema vascular.

Si no hay sistema vascular, los virus se diseminan entre célula y célula a través de conductos intercelulares, el cual es un proceso lento, por lo que al virus le dificulta invadir el meristema.

2) Alta actividad metabólica.

Es probable que la replicación del virus sea dificultosa dentro de las células que se encuentren en mitosis activa que en las células de baja actividad mitótica.

3) Alta concentración de auxinas.

Pueden inhibir la replicación del virus.

4) Se presume la existencia de un sistema inactivador de virus en la planta.

4. Factores que influyen en la erradicación del virus.

a) Tamaño del meristema.

La obtención de plantas libres de virus por medio de cultivo de meristemas depende sobre todo del tamaño inicial del meristema aislado. Cuanto mayor es el tamaño de la explanta, mayor es la oportunidad de sobrevivir, pero menor posibilidad de obtener plantas libres de virus.

b) Localización del meristema.

Hay diferencia en el porcentaje de sobrevivencia entre yemas axilares y terminales. En algunas especies el porcentaje de sobrevivencia de las yemas axilares es muy bajo. En papa se recomienda aislar meristemas axilares, por la comodidad de

trabajo y la cantidad de yemas disponibles.

c) Edad.

La planta donadora de meristemas debe encontrarse vigorosa y en pleno crecimiento.

d) Tratamiento de termoterapia.

El tratamiento de termoterapia a las plantas que utiliza altas temperaturas es usado ampliamente en el proceso de saneamiento de plantas con virus. Las plantas infectadas con virus son expuestas a temperaturas más altas que la normal por varias semanas. Normalmente no se logra erradicar el virus de toda la planta, siendo que las yemas que se originan durante el tratamiento resultan sanas, proporcionando material para el cultivo de meristemas.

Se cree que existen varias reacciones que culminan con la inactivación del virus por calentamiento, tales como:

- 1) Inactivación de la partícula viral presente en la célula hospedera mediante el rompimiento de su ácido nucleico.
- 2) Degradación de componentes enzimáticos.
- 3) Inactivación de síntesis de enzimas necesarias para la síntesis del ácido nucleico del virus.
- 4) Posible impedimento del ensamblaje de la partícula viral.
- 5) Pueda ser que altas temperaturas limiten el movimiento del virus.

Recientemente se ha utilizado la terapia fría para la inactivación de ciertos virus.

e) Tratamiento de quimioterapia.

La inclusión de algunas citoquininas y auxinas en el medio

reducen la concentración, pero no inactivan al virus.

Otra forma es la incorporación de Virazole (Rivavirin), ya sea en el medio de cultivo o por aspersión a las plantas o en cultivos hidropónicos, seguido por cultivo de meristemas, ha mostrado resultados variables. El Virazole es fitotóxico y debilita el desarrollo de las plántulas a los dos meses de edad a concentraciones altas. Además algunos informes indican que los productos químicos antivirales pueden causar mutaciones en las plantas. Por esta razón, actualmente, la termoterapia es definitivamente el método preferido de pretratamiento antes de realizar el cultivo de meristemas.

5. Chequeo de virus.

Las pruebas para detectar virus usadas con frecuencia para la producción de semilla sana son:

1) Pruebas Serológicas.

Al respecto, Mejía (1988:98) indica que las pruebas serológicas están basadas en la reacción de precipitación que se produce entre el virus o antígeno y el anticuerpo homólogo, siendo éstas:

- Enzima Inmuno Ensayo (ELISA- Enzyme Linked Immunosorbent Assay). Ha mostrado ser más sensitiva que cualquier otra técnica serológica para detectar la mayoría de virus.

- A través de Latex sensibilizado: Se utiliza para detectar virus a nivel de planta "In Vivo", In Vitro es difícil su detección.

Villalobos (1986:65) señala que la serología requiere poco

tejido, por lo que es el método más recomendable para la comprobación sanitaria.

2) Plantas Indicadoras.

Villalobos (1986:66) identifica a estas plantas como aquellas que al inocularse con la savia de plantas enfermas o con el virus purificado, muestran una reacción rápida y evidente.

La ventaja de este método es que no requiere de equipo costoso, aunque presenta algunas desventajas tales como: que no son específicas, el poco tiempo en que algunas son receptivas, la fácil alteración que pueden presentarse en las respuestas debido a los cambios en el medio ambiente y principalmente se requiere de mucho tejido o de una gran concentración de virus en el inóculo.

3) Microscopio electrónico.

Sobre el particular, Villalobos (1986:66) hace notar que aunque la observación directa al microscopio electrónico es la más rápida verificación del contenido del virus en la savia, este recurso es muy limitado por dos razones fundamentales: Primero, se debe poseer el aparato, y segundo, se requiere de alta concentración de virus para hacerse evidentes.

4) Prueba de Hibridación de Ácidos Nucleicos (NASH).

Se basa en el uso de sustancias radioactivas como marcadores de las inmunoglobulinas. Esta prueba es usada para detectar el viroide del tubérculo ahusado de la papa. Requiere de laboratorios especializados y bien equipados para trabajos con

radio isotopos.

6. Manejo de plantas en invernadero.

Con frecuencia la propagación de plántulas "In Vitro" fracasa durante el trasplante en invernadero debido a fallas en el manejo. En la mayoría de países, incluyendo Guatemala, el porcentaje de sobrevivencia de plántulas de papa ha aumentado de un 35 % a un 90 %, ya que se ha trabajado más en lo que es adaptación de plantas. Ahora lo que falta es hacer óptima la eficiencia dentro del invernadero.

Granada (1986:151) opina que ha hecho falta investigar los problemas relacionados con el establecimiento y manejo in vivo de las plantas producidas In Vitro. Esto es porque finalmente el éxito del cultivo de tejidos vegetales en la propagación masiva de plantas, depende de la capacidad para manejar en el invernadero plantas a gran escala durante un período de adaptación, con un alto grado de sobrevivencia, y a bajo costo, ya que es evidente que hay importantes diferencias entre cultivar plantas en el laboratorio y el invernadero.

La habilidad para que las plantas producidas In Vitro sobrevivan el período de transición, puede ser una limitante para el uso comercial del cultivo de tejidos vegetales; sin embargo sabemos que algunas especies se adaptan más fácilmente que otras.

a. Factores a considerar durante la fase de adaptación y manejo en invernadero de las plantas producidas por cultivo de tejidos vegetales.

Granada (1986:152) dice al respecto que hay que tomar en cuenta las características de las plantas propagadas "In Vitro". Las plantas producidas In Vitro difieren de las propagadas convencionalmente en que las primeras fueron cultivadas bajo condiciones de asepsia, han permanecido en un ambiente controlado, y su crecimiento requiere de fuentes de carbono exógeno, es decir, son plantas heterótrofas. Aun cuando puedan parecer fisiológicamente funcionales, es difícil que exista alta actividad fotosintética, incluso si la clorofila está presente en las hojas, es probable que las enzimas responsables de la fotosíntesis estén inactivas o ausentes. Esto es que el pobre desarrollo del aparato fotosintético de las plantas producidas por cultivo de tejidos, puede ser un factor muy importante para que al momento del trasplante sean vulnerables a cualquier deficiencia en el ambiente.

Por otra parte, las plantas propagadas In Vitro se han desarrollado en presencia de una humedad relativa alta (cerca del 100%); debido a esto las hojas presentan células empalizadas con grandes espacios intercelulares y bajas frecuencias de estomas. Esta característica hace que dichas plantas sean más sensibles a pérdidas de agua. Además, estudios realizados en el microscopio electrónico de barrido, han revelado una considerable disminución o ausencia total de ceras en la cutícula de las hojas en plantas producidas In Vitro, situación que las hace más susceptibles de deshidratarse.

Algunos autores recomiendan trasplantar las plántulas con residuos del medio de cultivo en las raíces para evitar la deshidratación, pero esta práctica en la actualidad no es recomendable, ya que puede presentar serios problemas de pudriciones, por lo que se recomienda lavar bien la raíz al trasplante./1/

b. Utilización de Sustratos.

Al respecto, Granada(1986:153) señala que las mezclas de sustratos a usar en el trasplante pueden influir en el porcentaje de sobrevivencia y en el subsecuente desarrollo de las plantas. Las distintas especies pueden desarrollar bien en diferentes sustratos, sin que exista una norma general para todas las plantas respecto a qué sustrato utilizar; sin embargo, es aconsejable emplear los sustratos en los cuales las especies normalmente se desarrollan al utilizar los métodos convencionales de propagación vegetativa. El CIP (1983:75) ha mostrado que en la etapa de plántula, la fertilidad y la estructura del sustrato, así como las prácticas agronómicas del manejo de las plántulas, son importantes para lograr una buena producción. En general, se obtuvieron los mejores resultados en los sustratos que tenían un alto contenido de materia orgánica, especialmente cuando éste estaba fertilizado.

Mientras que Hartman (1975:25), por su parte, agrega que muchos materiales y mezclas de los mismos son usados para trasplante de plántulas. Para obtener buenos resultados dice el /1/Comunicación personal del Ing. Juan Antonio Faz, Asesor.

autor que es necesario que llenen los siguientes requisitos:

- El medio debe ser suficientemente firme y denso, de modo que sostenga el material. Su volúmen debe mantenerse constante, ya sea seco o mojado.
- Debe retener suficiente humedad para no tener que regar con frecuencia.
- Debe ser poroso para que drene el exceso de agua y permita una adecuada aireación.
- Debe estar libre de semillas de maleza, nemátodos y otros organismos nocivos, o darle tratamiento químico o térmico.
- Contener materia orgánica, ya que ésta suministra la mayor parte del nitrógeno y azufre, así como la mitad del fósforo. Además mantiene la capacidad de intercambio catiónico, mejora las propiedades físicas, modifica las propiedades de retención de agua y forma complejos con los micronutrientes, lo cual evita su lixiviación.

Tipos de sustratos más Usados. Los sustratos más usados en el trasplante de plántulas producidas In Vitro son: arena, turba, Sphagnum, vermiculita, arena blanca, broza y tierra. En Guatemala se han utilizado como sustratos para plántulas de papa, tierra, broza y broza + arena blanca, ya que son los materiales más disponibles y los de más bajo precio. En estudios realizados localmente se han evaluado los sustratos tierra, broza, broza + arena blanca, pero el tamaño y número de tratamientos no permite tomar como significativos los resultados obtenidos, en los que el

sustrato broza + arena blanca es el que ha dado mejores resultados.

Hartman (1975:28) señala que la arena blanca es un material silicáceo gris-blanco de origen volcánico, constituido por pequeñas partículas, esponjadas y livianas, pesando sólo 5-8 lbs. por pie cúbico. puede guardar 3 a 4 veces su peso en agua. Es neutral, pH 6-8, pero no tiene capacidad amortiguadora. Tampoco tiene capacidad de intercambio catiónico y no contiene nutrientes minerales. Es muy usada para incrementar la aireación de la mezcla.

Los granos de arena pueden ser angulares, subangulares o bien redondos. Sus superficies pueden estar agujeradas.

Morgan (1977:22) señala que la broza está compuesta principalmente de hojas podridas de árboles de arce (Acer sacharum), encino (Quercus sp.), sicómoro (Plataunus sp.) y olmo (Ulmus sp.). Por otra parte Hartman (1975:28) hace notar que puede guardar humus, el cual tiene un valor como nutriente de la planta. Puede ser mezclado con suelo para suministrar materia orgánica. Su descomposición proporciona algo de fertilizante nitrogenado. Y finalmente la broza puede contener semillas de malezas, nemátodos, insectos nocivos y enfermedades, por lo que debe esterilizarse antes de usarla.

En lo referente al suelo, Hartman (1975:25) indica que está compuesto de varios materiales sólidos, líquidos y gaseosos. La

parte sólida del suelo está compuesta de formas orgánicas e inorgánicas.

La parte inorgánica consiste del residuo de la roca parental después que su contenido pasó por procesos físicos y químicos. Las partículas grandes sirven para el soporte del resto del suelo, y las pequeñas partículas coloidales sirven para almacenamiento de nutrientes que pueden ser absorbidos por las plantas.

La porción orgánica del suelo consiste en organismos tanto vivos como muertos. Insectos, animales, hongos, bacterias y raíces de plantas constituyen generalmente la materia orgánica viva, mientras que los restos de animales y plantas en varios estados de descomposición constituyen la materia orgánica muerta. El residuo de la descomposición (humus) es bastante coloidal y ayuda en la retención de agua y nutrientes para las plantas.

La parte líquida del suelo (solución del suelo) está compuesta de agua que contiene minerales disueltos en diferentes cantidades como también oxígeno y dióxido de carbono.

La porción gaseosa del suelo es importante para el buen desarrollo de las plantas. Ayuda a prevenir la acumulación del exceso de agua en los suelo la que afecta el desarrollo de las raíces y a microorganismos aeróbicos.

c. Fertilización.

Christiansen (1980:165) dice que la fertilización en el cultivo de la papa a nivel de invernadero o de campo es muy

importante si se desean obtener rendimientos adecuados. La adición de nutrientes al sustrato ayuda a incrementar la sobrevivencia de las plantas y mejorar su vigor. Una buena mezcla de suelo complementada con nutrientes minerales, necesita de la adición a ciertos intervalos de minerales suplementarios, especialmente nitrógeno.

En estudios realizados en el CIP en plántulas de papa, se han tenido los mejores resultados con los sustratos que son fertilizados. Sin embargo las publicaciones no muestran las cantidades de fertilizante utilizado, ni las fuentes de los nutrientes. En Guatemala no han realizado alguna evaluación de fertilización con diferentes sustratos.

El CIP (1980:53), por resultados preliminares recomienda una fuente que contenga los tres nutrientes principales (Nitrógeno, fósforo y potasio), en proporciones iguales.

Hartman (1975:37) indica que un satisfactorio programa de alimentación para el crecimiento de las plantas, es aquel que combina una fuente lenta de fertilizante sólido en la mezcla original del suelo, y un fertilizante líquido, aplicado a intervalos frecuentes durante la época de crecimiento o conforme la planta lo va necesitando.

Se pueden utilizar los fertilizantes comerciales agregándolos directamente al sustrato o bien regando las plantas con sales inorgánicas del medio de cultivo o con soluciones nutritivas específicas. La aplicación foliar de nutrientes

también puede ser muy útil; pues además de proporcionar nutrientes a las plantas, ayuda a prevenir la deshidratación.

Christiansen (1980:164) hace notar que los elementos mayores son importantes en el cultivo de la papa, siendo el nitrógeno (N), el principal elemento de desarrollo de la papa, e influye directamente en los rendimientos.

IV. MATERIALES Y METODOS.

A. Localización.

El presente estudio se realizó en las fases de laboratorio e invernadero. La primera se llevó a cabo en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de la Universidad del Valle de Guatemala, y la fase final se realizó en el invernadero de la estación La Alameda, dependencia del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), en el departamento de Chimaltenango.

El laboratorio contaba con una área de preparación del medio de cultivo, en la cual se encontraban los reactivos, instrumentos de calibración y pesaje, así como el equipo de esterilización. Además estaba la cámara de transferencia, la cual es el área aséptica en cuyo interior estaba la campana de flujo laminar y el equipo de desinfección de instrumentos.

El área final consistía en el cuarto de crecimiento en el cual se mantenían condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y luminosidad.

El invernadero utilizado contaba con malla antiáfidos, precámara de entrada para evitar el ingreso de insectos voladores y otros vectores, con el fin de asegurarse que no hay infección de las plantas en esta fase.

B. Material experimental.

El material usado para la propagación "In Vitro" de las dos

variedades evaluadas, que fueron Icta Chiquirichapa y Tollocan, provenia del centro internacional de la papa (CIP), Perú, el cual tenia su certificado de libre de virus.

C. Materiales y equipo.

Laboratorio: Balanza de torsión, balanza analítica, beakers, Erlenmeyers, probetas, pipetas, espátulas y potenciómetro para la preparación del medio de cultivo. Reactivos componentes del medio de cultivo (ver apéndice A) y autoclave para la esterilización del mismo. Magentas /1/ para siembra y desarrollo de las explantas. Plantas provenientes del CIP, Perú de las variedades Icta Chiquirichapa y Tollocan libres de virus.

Invernadero: Macetas plásticas de 1.2 litros de capacidad en las cuales se colocaron los sustratos, se trasplantaron las plántulas y sirvieron de unidades experimentales. Bomba de mochila de 4 galones y pantalla para aplicaciones de fertilizante foliar, y para aspersiones de agroquímicos usados en el control preventivo de plagas y enfermedades. Agua a 75 grados centígrados y cloro para desinfección de sustratos y macetas. Fertilizante triple quince, el cual se añadió al sustrato; y fertilizante foliar complesal para la fertilización foliar. Insecticidas (Folidol, Thiodan, Metasistox) para el control de insectos; y fungicidas (Daconil, Antracol, Thivit) para el control preventivo de enfermedades causadas por hongos.

/1/ Magentas son recipientes plásticos transparentes, que resisten la esterilización en la autoclave. Sus dimensiones son: 12 cms. de alto y 8 cms. de largo y ancho.

D. Procedimiento.

En el laboratorio se preparó el medio de cultivo para propagación, pesando los reactivos, luego se mezclaron con agitación constante y posterior calibración de pH a 5.6. En seguida se distribuyó el medio de cultivo en las magentas hasta una altura de 1 a 2 cms.

Las magentas que contenían el medio de cultivo se sometieron a la esterilización en el autoclave a una temperatura de 121 grados centígrados, y 15 lbs. de presión, durante 15 minutos. Al siguiente día, cuando el medio de cultivo estaba solidificado y a temperatura ambiente, se procedió a la siembra del material.

En la cámara de transferencia se procedió a desinfectar la campana de flujo laminar, en la cual se extrajeron las plantas libres de virus, provenientes del CIP. Luego se seccionaron estas plantas en pequeñas partes (explantas), de 5 a 8 mm. de largo, conteniendo cada una un nudo con yema lateral, de los cuales se sembraron 25 por magenta. Las magentas con el material, se transfirieron al cuarto de crecimiento, el cual tenía una temperatura promedio de 24 grados centígrados, intensidad de luz de 1500 lux y un fotoperíodo de 16 horas. En total se colocaron 32 magentas por variedad, las cuales permanecieron allí durante 35 días.

En el invernadero fueron preparados los sustratos correspondientes, siendo éstos: Broza de encino, Broza de encino + arena blanca, arena blanca, tierra de la estación experimental

La Alameda, Chimaltenango + arena blanca y tierra./1/ Todas las mezclas en proporción 1 a 1. Posteriormente se trataron los mismos con agua caliente, a 75 grados centígrados por 30 minutos, con lo cual se eliminó la mayoría de semillas de maleza, todas las bacterias patógenicas e insectos del suelo y la mayoría de virus. También se desinfectaron con cloro las macetas plásticas.

El diseño experimental seleccionado fue el de parcelas sub-sub-divididas, procediéndose a hacer la distribución aleatoria en el invernadero, en la forma que se describe en la sección 4.6. Luego se llenaron las macetas con los sustratos hasta la mitad de su capacidad, y se procedió a la fertilización. Los niveles de fertilización evaluados fueron los siguientes: 0, 4.3, 8.6, y 12.9 gramos de fertilizante por maceta. Estos se determinaron por medio de rendimientos obtenidos anteriormente con plantas de este tipo a nivel de invernadero y tablas de extracción de nutrientes por cosecha de papa.

Los fertilizantes usados fueron: 15-15-15 (NPK) químico a razón de 0, 4, 8, y 12 gramos por maceta, complementado con aplicaciones foliares de 9-9-7 (NPK) + elementos menores, a razón de 0, 0.3, 0.6 y 0.9 gramos de sólidos solubles por maceta, distribuidas en cuatro aplicaciones a los 35, 48, 60 y 71 días después del trasplante. Se eligieron estas fuentes de nutrientes, ya que son fórmulas con cantidades similares de los tres nutrientes principales (NPK), como lo recomienda el CIP. También se siguió la recomendación descrita por Hartman en la página 35 donde indica el uso de una fuente lenta aplicada al suelo, y /1/El apéndice B muestra las características de la brosa y tierra

aplicaciones foliares periódicas, lo que constituye un buen programa de fertilización.

Luego de la fertilización, se transfirieron las magentas al invernadero para la aclimatación de las plántulas. Las condiciones ambientales prevelecientes en el invernadero fueron, temperatura entre 18 a 24 grados centígrados, humedad relativa de 80 % y luminosidad de 20,000 lux. A los 3 días se procedió al trasplante, extrayéndose las plantas del medio de cultivo, después se les lavó cuidadosamente la raíz con el fin de eliminar los residuos del medio de cultivo, para luego colocarlas en los respectivos sustratos. Se trasplantaron 3 plantas por maceta de 10 a 12 cms de altura, para posteriormente eliminar la más débil.

A los 8 días de haberse realizado el trasplante se observó que todas las plantas de los tratamientos con fertilizante estaban quemadas y no sobrevivieron. Se procedió a repetir el proceso, trasplantando las plántulas al sustrato sin fertilización y a los 49 días de realizado el trasplante se agregó el fertilizante junto con el aporque de la planta.

A los 86 días del trasplante, ya cuando las plantas presentaron síntomas de madurez fisiológica, se procedió a la defoliación de las plantas, para que suberizara el tubérculo, y se cosechó a los 93 días de trasplantado.

En todo el ciclo de cultivo se realizaron aplicaciones semanales preventivas de fungicidas e insecticidas mencionados anteriormente, ya que en un establecimiento efectivo es

importante que el daño causado por insectos y hongos sea reducido al mínimo.. El riego aplicado fue por capilaridad, añadiendo el agua a platillos colocados bajo cada maceta.

E. Evaluación de parámetros.

Se evaluó número y peso de minitubérculos producidos por maceta. El número de minitubérculos obtenidos por unidad de área es importante evaluarlo, ya que a mayor número de minitubérculos producidos, se logrará un mayor número de plantas, ya sea a nivel de campo o de invernadero, dependiendo del tamaño del minitubérculo. Pero también se hace necesario medir el peso obtenido por unidad de área, ya que si se mide únicamente el número de minitubérculos, puede ser que los tratamientos que producen mayor número de minitubérculos, éstos no sean de un peso adecuado que asegure un buen desarrollo de plantas vigorosas. Otra razón por la que se evaluó el peso de minitubérculos es porque la semilla se vende por unidad de peso. Los resultados fueron sometidos a las pruebas de varianza y Duncan.

F. Diseño experimental.

El diseño utilizado fue el de parcelas sub-subdivididas, ya que se quería estudiar con precisión el factor niveles de fertilización porque era el que no se había evaluado. Steel (1988:368) dice que este es un diseño utilizado en experimentos factoriales, como lo es el presente trabajo, y fue el más adecuado para el manejo que se le quería dar sobretodo de las fertilizaciones foliares, ya que cualquier otro diseño hubiera

dificultado el manejo del mismo. Cochran (1965:328) argumenta que con éste se obtiene un diseño más ordenado, no requiere mucho volumen de material experimental y permite medir interacciones entre los factores estudiados.

Para el experimento se utilizaron 6 repeticiones, constituida cada una por un bloque. Para cada bloque se distribuyeron al azar las cuatro parcelas grandes, que fueron los niveles de fertilización. Cada parcela grande estaba constituida de 10 macetas. En cada parcela grande se procedió a distribuir en forma aleatoria las parcelas medias, que fueron los sustratos. Cada parcela media contenía 2 macetas. Dentro de cada parcela grande habían 5 parcelas medias. Cada parcela media se dividió en dos partes, designándole a cada una de las partes una variedad (parcela pequeña) en forma aleatoria para cada parcela media. Cada una de las macetas contenía dos plantas, la cual constituía una parcela pequeña. La forma en que quedó distribuida se muestra en el apéndice C.

El diseño utilizado fue el de parcelas sub-subdivididas, ya que con este se obtiene un diseño más ordenado, no requiere mucho volumen de material, y se pudieron medir interacciones entre los factores estudiados.

Como parcela grande se designaron los niveles de fertilización, los cuales se distribuyeron al azar. Cada parcela grande se dividió en cinco parcelas medias, sorteadas al azar independientemente en cada parcela grande.

Como parcela media fueron usados los sustratos, los que se dividieron en dos unidades experimentales, a las cuales se les designó una variedad. Estas se sortearon al azar en cada sustrato. Cada unidad experimental estaba compuesta por una maceta, conteniendo dos plantas cada una, con un número de seis repeticiones.

V. RESULTADOS.

A. Numero de minitubérculos.

Al realizar el análisis de varianza, siguiendo el procedimiento usado por Reyes (1981:270), se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 5.1. En este cuadro podemos observar que la F calculada es menor que la F obtenida de las tablas, a un nivel de significancia de 0.05% para los bloques. De ello se deduce que los bloques fueron estadísticamente iguales.

Para los niveles de fertilización encontramos diferencia estadísticamente significativa, a un nivel de 5 %, por lo que el nivel de fertilización influye en el número de minitubérculos producidos.

Para el caso de los sustratos, podemos observar que hay diferencia altamente significativa, y esto muestra que el tipo de sustrato influye en el número de minitubérculos producidos por maceta, y que también existe una interacción altamente significativa entre los niveles de fertilización y sustratos.

Para las variedades, encontramos que existe diferencia significativa entre la cantidad de minitubérculos producidos por cada variedad. También nos muestra que existe interacción altamente significativa entre los niveles de fertilización y variedades, así como para niveles de fertilización, sustratos y variedades. Por último existe interacción significativa entre los factores sustratos y variedades.

Al encontrar diferencias estadísticamente significativas se procedió a calcular el coeficiente de variación para los errores a, b y c, los cuales se muestran en el cuadro 5.1. Estos coeficientes de variación se encuentran dentro de los límites aceptables, según el Ing. Ricardo Del Valle, por lo que se procedió a realizar la prueba de Duncan para determinar cuáles tratamientos son diferentes entre sí.

1. Comparación entre niveles de fertilización.

La prueba de Duncan para niveles de fertilización se resume en el cuadro 5.2, en el cual podemos observar que todos los niveles son estadísticamente diferentes. El nivel 2 mostró ser el mejor en cuanto al número de minitubérculos producidos, equivalente a 4.3 gramos de fertilizante completo por maceta.

2. Comparación entre sustratos.

En el cuadro 5.3, se resume la prueba de Duncan para sustratos, en el que se observa que el mejor sustrato es broza, y que es estadísticamente diferente al sustrato broza + arena, que mostró ser el segundo mejor. El sustrato broza + arena es diferente al sustrato tierra. Los sustratos tierra y tierra + arena, y arena blanca son estadísticamente iguales.

3. Comparación entre variedades.

Al comparar las medias de las variedades en la prueba de Duncan, se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 5.4,

en el que podemos observar que la variedad Icta Chiquirichapa es superior a la Tollocan en cuanto a número de minitubérculos producidos por maceta.

4. Interacción niveles de fertilización por sustratos.

En la gráfica 1 se puede observar que sí hay interacción entre los factores. Los rendimientos en número de minitubérculos varían con los diferentes niveles de fertilización pero no en una forma constante para cada sustrato, si no que hay sustratos que responden mejor a cierto nivel de fertilización, como lo es el caso del sustrato broza con el nivel 4.

5. Interacción niveles de fertilización por variedades.

La grafica 2 muestra que sí existe interacción entre los niveles de fertilización y las variedades. Los niveles de fertilización influyen de forma diferente para cada variedad, por lo que las curvas de rendimiento se traslapan. Si no hubiera interacción, estas curvas serían paralelas.

6. Interacción sustratos por variedades.

Los sustratos evaluados influyen de forma diferente en el número de minitubérculos producidos por cada variedad. La gráfica 3 nos muestra que en los sustratos tierra y tierra + arena, la variedad Icta Chiquirichapa responde mejor.

7. Interacción niveles por sustratos por variedades

Esta interacción es altamente significativa, como lo muestra el análisis de varianza, y se comprueba en la gráfica 4, en la que a diferentes sustratos y a diferentes niveles, las variedades

evaluadas responden también de forma variable. Hay muchas intersecciones en las curvas de rendimiento, como también muchas áreas donde las curvas se separan.

B. Peso de minitubérculos.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza se resumen en el cuadro 5.5. En éste podemos observar que existe diferencia altamente significativa entre bloques, como también entre niveles de fertilización, por lo que la fertilización influye en el peso de minitubérculos.

Para sustratos se obtuvo que existe diferencia altamente significativa, así también interacción entre sustratos y niveles de fertilización.

En cuanto a las variedades se refiere, se encontró diferencia significativa, por lo que las dos variedades son diferentes entre sí. Existe interacción entre niveles de fertilización con variedades, no así entre sustratos con variedades. También se encontró interacción altamente significativa entre los tres factores en estudio.

Al encontrar diferencias significativas entre los tratamientos y obtener coeficientes de variación para los 3 errores dentro de los límites aceptables, se procedió a efectuar la comparación de medias de Duncan, con el fin de determinar cuales tratamientos son diferentes entre sí.

1. Comparación entre niveles de fertilización.

Al encontrar diferencia altamente significativa en el

análisis de varianza para los niveles de fertilización, se procedió a efectuar la prueba de Duncan, cuyos resultados se muestran en el cuadro 5.6. Como se puede observar, el nivel 2, de 4.3 gr. de fertilizante por maceta, fue superior al nivel de 8.6 gr. por maceta. El tratamiento sin fertilización resultó ser igual al tratamiento con 12.9 gr. de fertilizante por maceta.

2. Comparación entre sustratos.

El cuadro 5.7 nos muestra los resultados de la comparación de medias de sustratos. Como podemos observar, el sustrato broza es superior al broza + arena, seguido del sustrato tierra que fue superior a los sustratos arena y tierra + arena que son estadísticamente iguales.

3. Comparación entre variedades

En el cuadro 5.8 se puede observar que la variedad Icta chiquirichapa es superior a Tollocan, en cuanto al peso de minitubérculos producidos.

4. Interacción niveles de fertilización por sustratos.

La gráfica 5 muestra que a medida que cambian los niveles de fertilización, influyen de forma diferente sobre los sustratos en cuanto al peso de minitubérculos, por lo que existe una interacción entre estos factores.

5. Interacción niveles de fertilización por variedades

La grafica 6 muestra que los rendimientos de cada una de las variedades evaluadas se ven afectados de manera variable por los

diferentes niveles de fertilización. Las curvas de producción en unos casos se intersectan y en otros se separan, por lo que hay una interacción entre estos factores.

6. Interacción sustratos por variedades.

Esta interacción mostró ser no significativa en el análisis de varianza, y se comprueba en la gráfica 7, en la que se observa que las curvas de rendimiento de minitubérculos son casi paralelas, excepto para el caso del sustrato tierra + arena, en que las dos variedades rindieron igual, pero no es significativo.

7. Interacción niveles por sustratos por variedades.

En el análisis de varianza se obtuvo que hay interacción altamente significativa entre los 3 factores en estudio, por lo que se procedió a realizar la curva de rendimiento de cada variedad, la cual se muestra en la gráfica 8. Se puede observar que los rendimientos se ven influenciados de forma variable en ciertos sustratos y a ciertos niveles.

Cuadro 5.1

Análisis de varianza para número de minitubérculos.

CAUSAS	G.L.	S.C.	C.M.	F.	F .05	
Bloques	n-1	5	99.98	20.00	2.88	2.90
A (niveles de fertilización)	a-1	3	1067.90	35.60	5.12	3.29 *
Error A	(a-1)(n-1)	15	104.25	6.95		
Parcela grande	an-1	23	1272.13			
B (sustratos)	b-1	4	2046.73	511.68	71.76	2.53 **
Interacción AB	(a-1)(b-1)	12	1227.43	102.29	14.35	1.86 **
Error B	a(b-1)(n-1)	80	570.44	7.13		
Parcela media	abn-1	119	5116.73			
C (Variedades)	c-1	1	19.26	19.26	4.35	3.95 *
AC	(a-1)(c-1)	3	56.24	18.75	4.23	2.71 **
BC	(b-1)(c-1)	4	50.99	12.75	2.88	2.48 *
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	12	170.11	14.18	3.20	1.86 **
Error C	ab(c-1)(n-1)	100	443.40	4.43		
TOTAL	abcn-1	239	5856.73			
Coeficiente de variación:		Error A : 30 %	Error B : 31 %	Error C : 24 %		

* significativo al 5 %.

** significativo al 1 %.

Cuadro 5.2

Comparación entre niveles de fertilización para número de minitubérculos

Tratamiento	Media	Significancia
2	11.70	a
3	9.60	b
1	7.35	c
4	6.22	d

comparador a 0.05 = 1.11 con la prueba de Duncan.

Nivel 2= 4.3 g. por maceta.; Nivel 3 = 8.6 g. por maceta

Nivel 1= 0 g. por maceta.; nivel 4 =12.9 g. por maceta

Cuadro 5.3

Comparación entre sustratos para número de minitubérculos.

Tratamiento	Media	Significancia *
Broza	13.40	a
Broza + arena	10.90	b
Tierra	6.86	c
Tierra + arena	6.38	c
Arena Blanca	6.07	c

comparador con la prueba de Duncan a 0.05 = 1.21

Cuadro 5.4

Comparación entre variedades para número de minitubérculos.

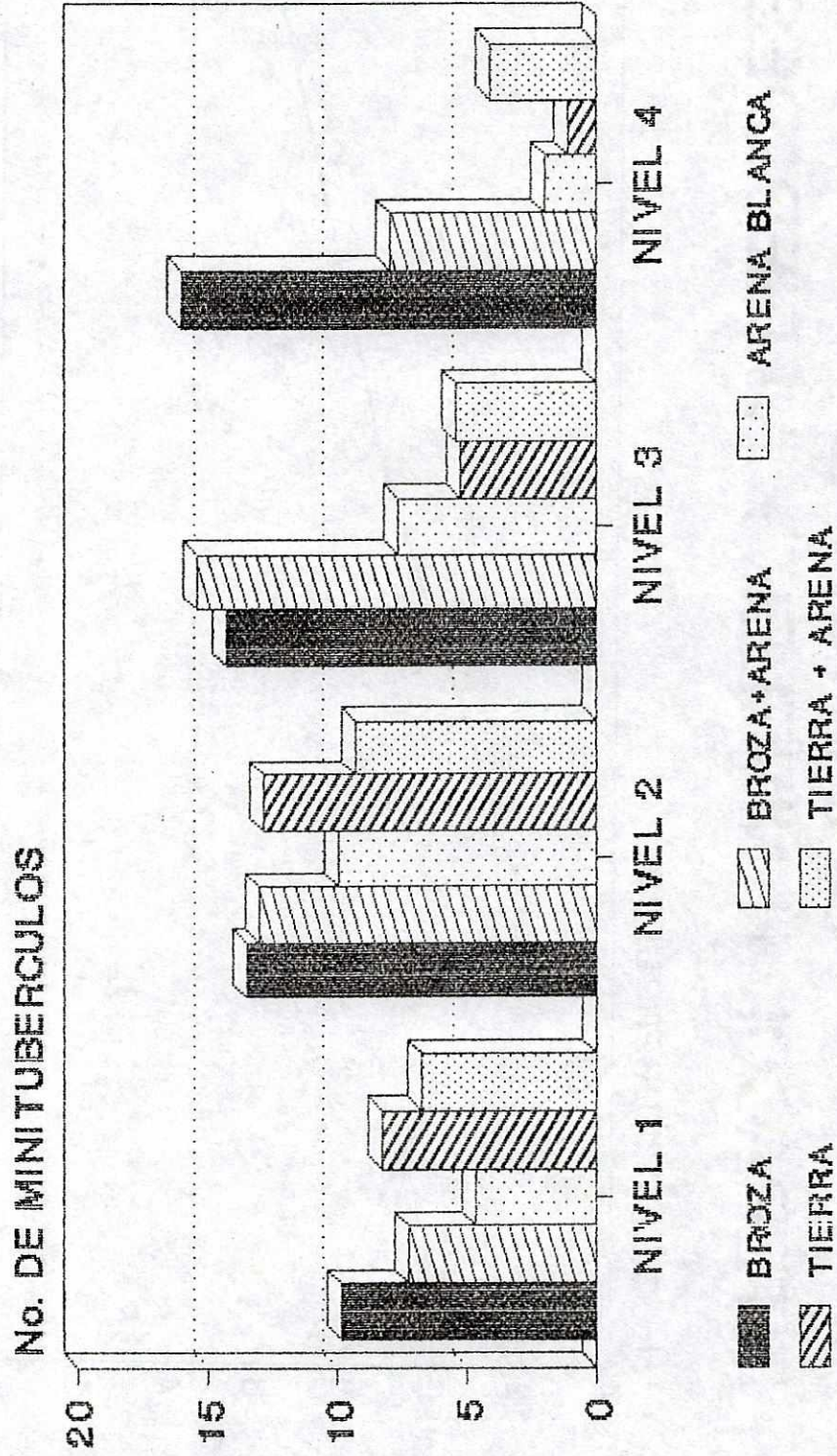
Variedad	Media	Significancia
Icta Chiquirichapa	9.00	a
Tollocan	8.43	b

Comparador con la prueba de Duncan a 0.05 = 0.54

*En la significancia los tratamientos que tienen la misma letra son estadísticamente iguales.

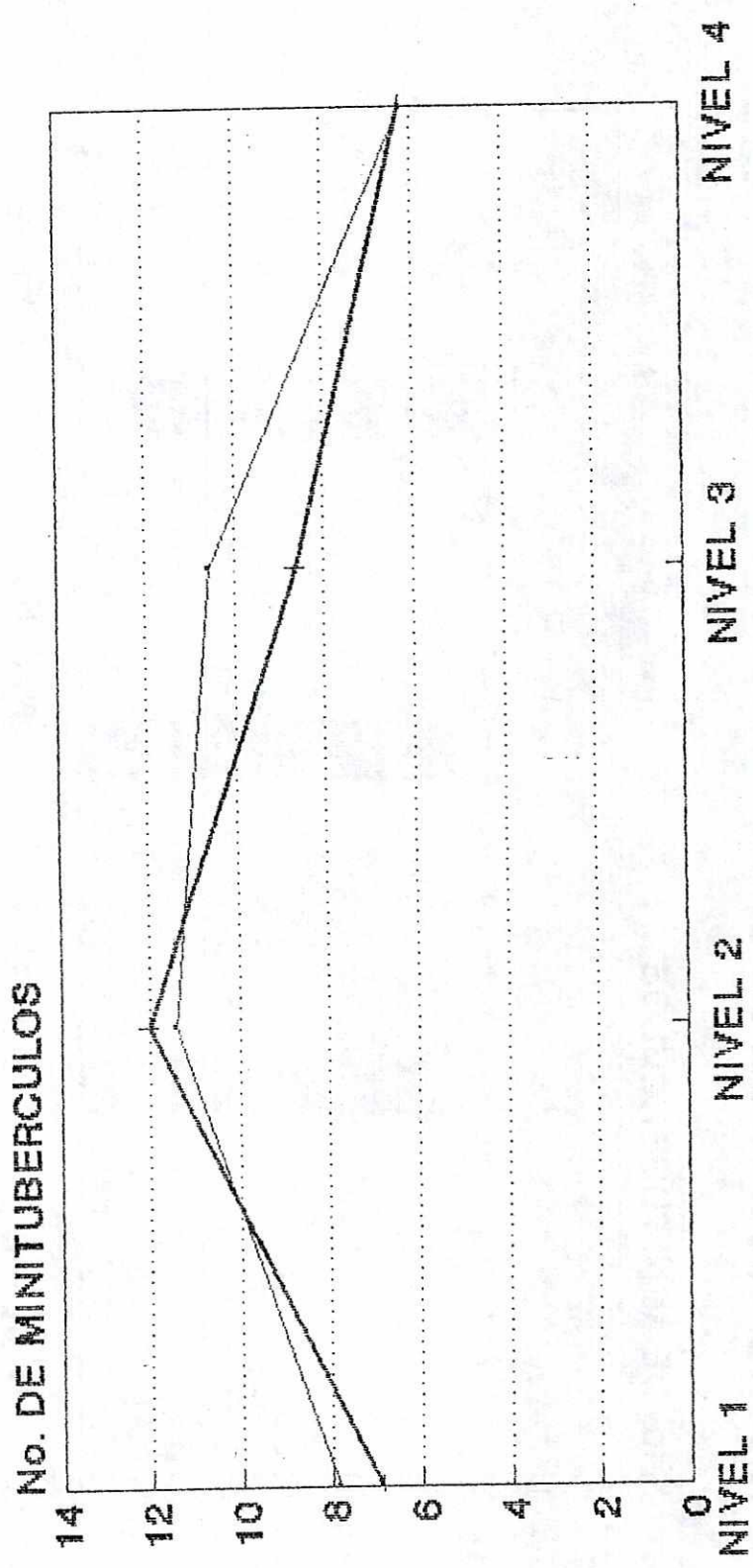
GRAFICA 1

INTERACCION NIVELES X SUSTRATOS



GRAFICA 2

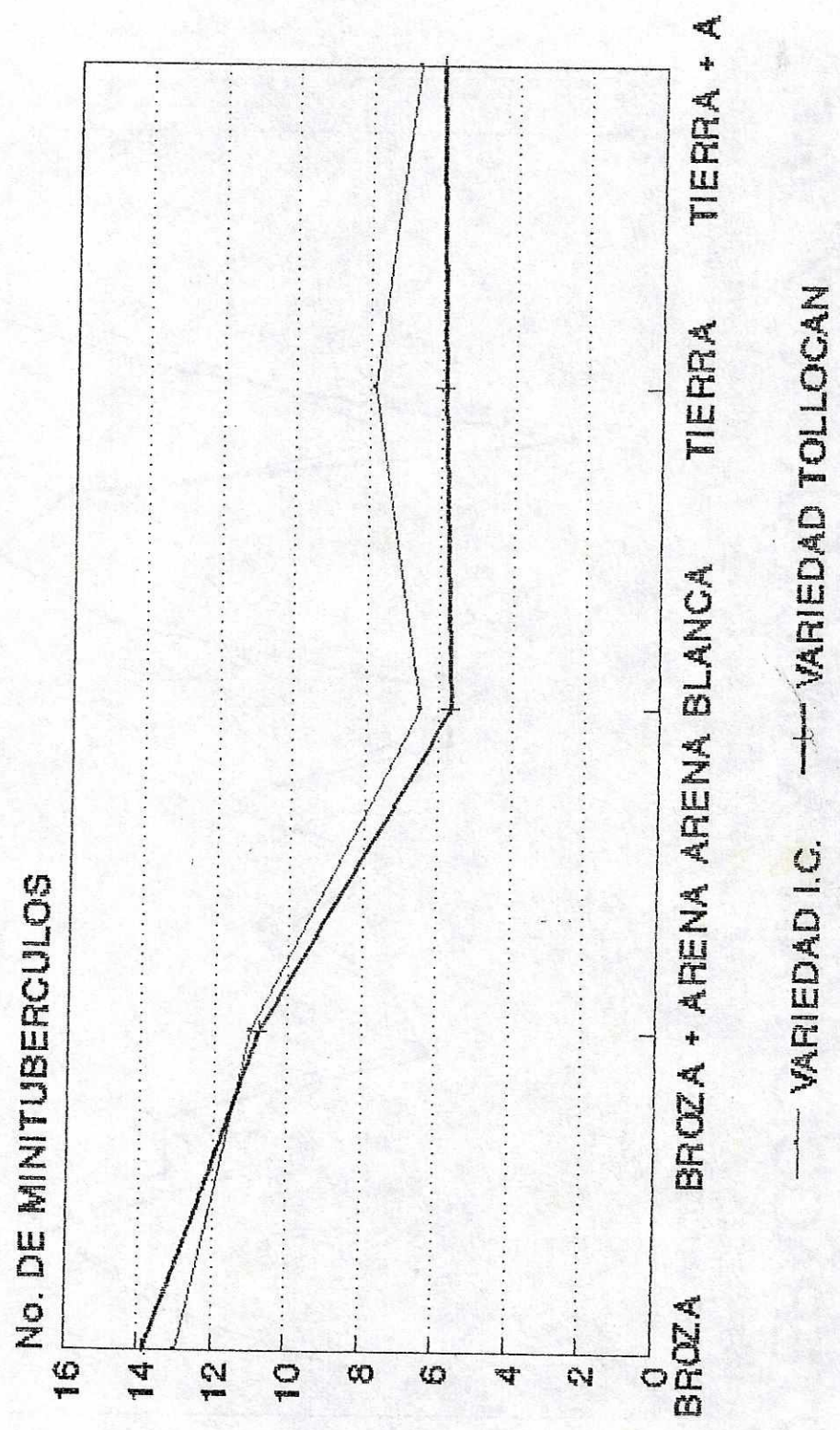
INTERACCION NIVELES X VARIEDADES



— VARIEDAD I.C. + VARIEDAD TOLLOCAN

GRAFICA 3

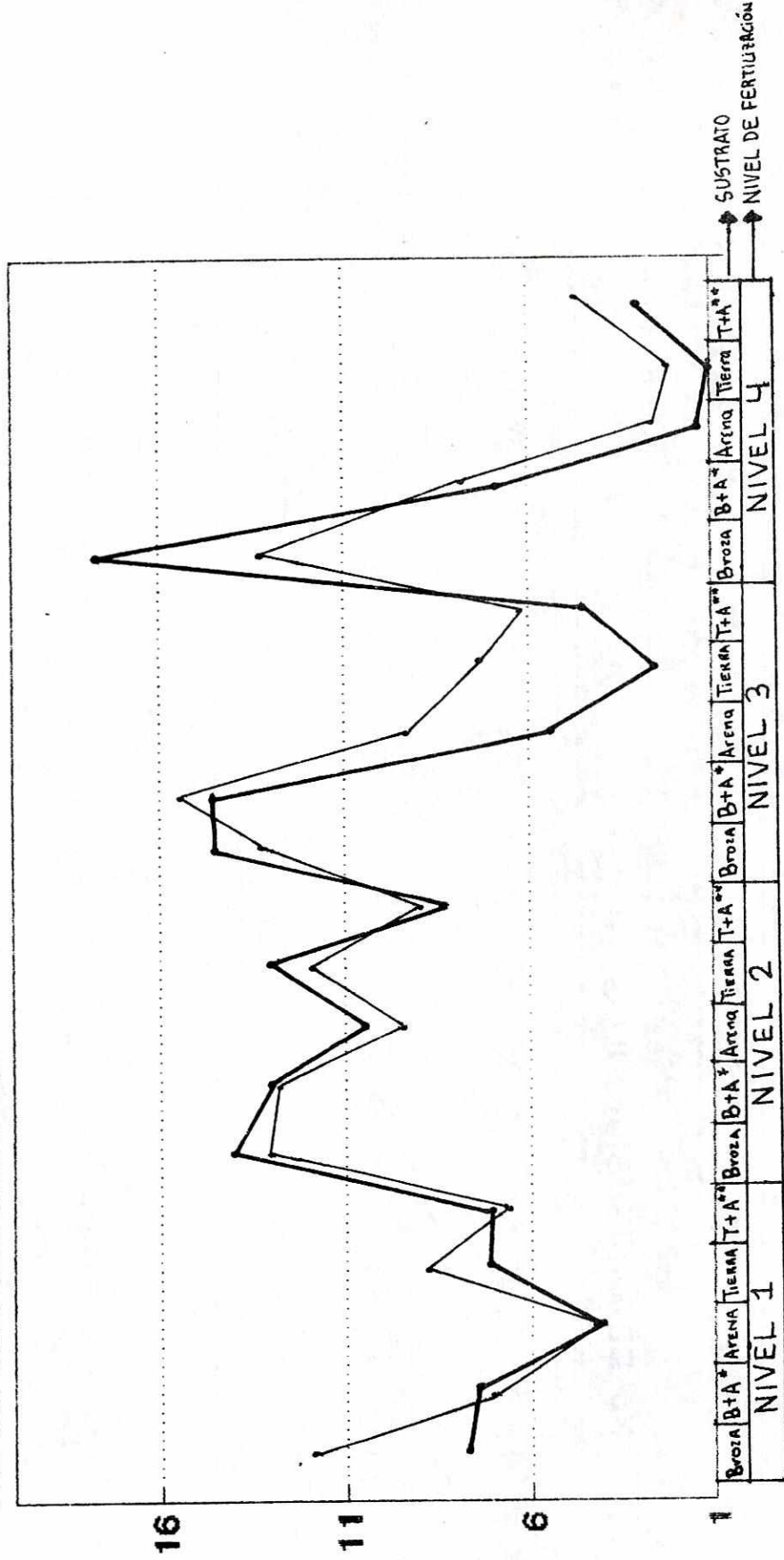
INTERACCION SUSTRATOS X VARIED.



GRAFICA No 4

INTERACCION NIV. X SUSTRATOS X VAR

No. DE MINITUBERCULOS



— VARIEDAD Icta chiquirichapa
 - - - VARIEDAD Tollocan
 * B+A = Broza + ARENA blanca
 ** T+A = TIERRA + ARENA blanca

Cuadro 5.5

Análisis de varianza para peso de minitubérculos.

CAUSAS	G.L.	S.C.	C.M.	F.	F. .05	
Bloques	n-1	5	1971.7	394.34	6.91	2.90**
A (Niveles de fertilización)	a-1	3	44546.3	14848	260.05	3.29**
Error A	(a-1)(n-1)	15	856.43	57.10		
Parcela grande	an-1	23	47374.38			
B (sustratos)	b-1	4	91084.97	22771.2	178.53	2.53**
Interacción AB	(a-1)(b-1)	12	15722.3	1310.2	10.27	2.10**
Error B	a(b-1)(n-1)	80	10203.91	127.55		
Parcela media	abn-1	119	164385.56			
C (variedades)	c-1	1	586.25	586.25	6.56	3.95*
AC	(a-1)(c-1)	3	756.34	252.11	2.82	2.71*
BC	(b-1)(C-1)	4	433.28	108.32	1.21	2.48
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)	12	4328.85	360.74	4.04	2.08**
Error C	Ab(c-1)(n-1)	100	8932.22	89.32		
TOTAL	abcn-1	239	179422.50			
Coeficiente de variación:		Error A : 19.89 %	Error C : 24.87			
		Error B : 29.72 %				

* Significativo al 5 %

** Significativo al 1%

Cuadro 5.6

Comparación entre niveles de fertilización para peso de minitubérculos.

Tratamiento	Media (gr.)	Significancia
2	58.46	a
3	42.13	b
1	27.16	c
4	24.24	c

Comparador con la prueba de Duncan a 0.05= 3.17

Nivel 2 = 4.3 g. por maceta; Nivel 3 = 8.6 g. por maceta.

Nivel 1 = 0.0 g. por maceta; Nivel 4 = 12.9 g. por maceta.

Cuadro 5.7

Comparación entre sustratos para peso de minitubérculos.

Tratamiento	Media (gr.)	Significancia
Broza	66.35	a
Broza + arena	56.06	b
Tierra	28.22	c
Tierra + arena	19.90	d
Arena blanca	19.44	d

Comparador con la prueba de Duncan a $0.05 = 5.10$

Cuadro 5.8

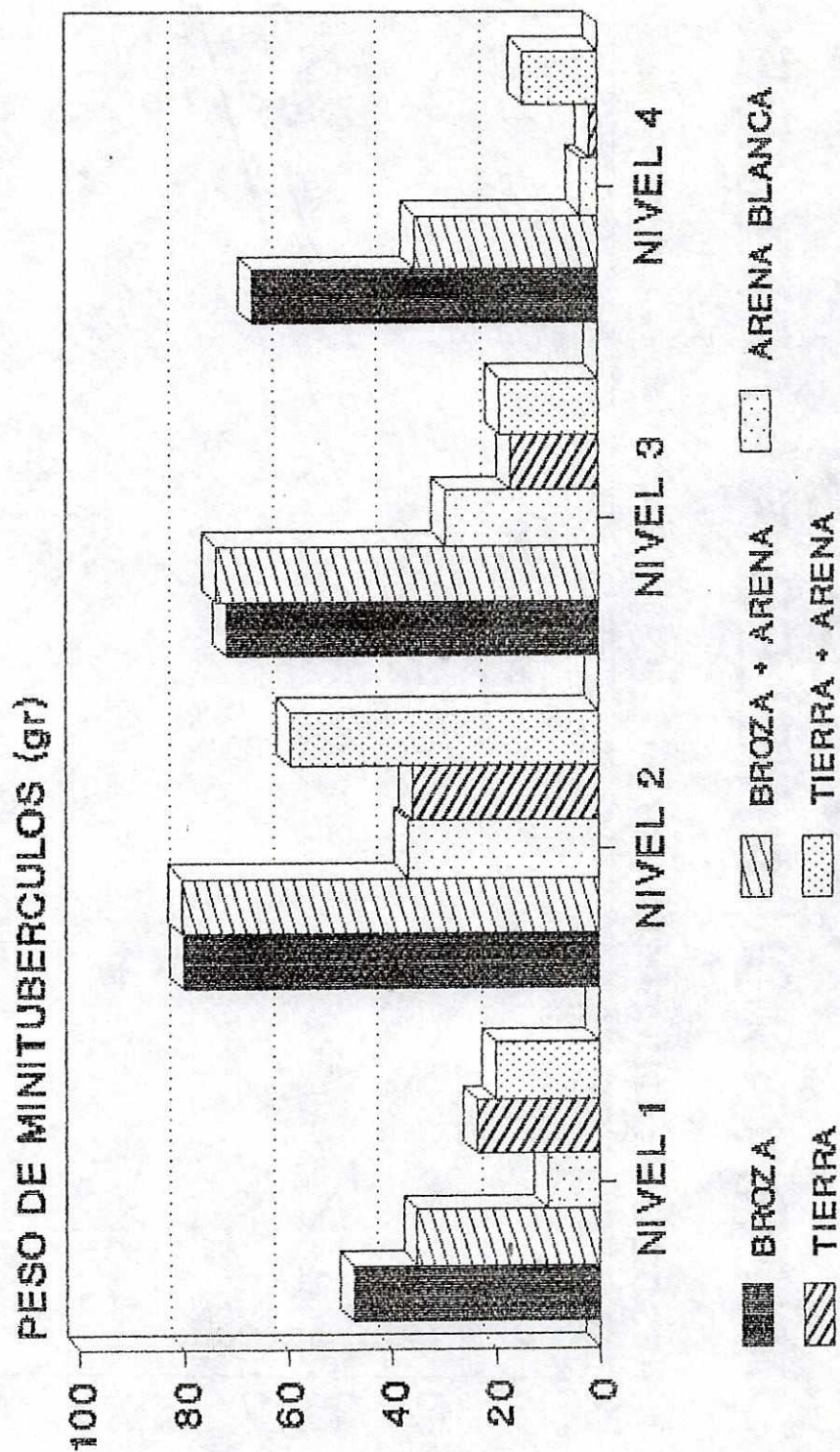
Comparación entre variedades para peso de minitubérculos

Variedad	Media (gr.)	Significancia
Icta Chiquirichapa	39.56	a
Tollocan	36.44	b

Comparador con la prueba de Duncan a $0.05 = 2.42$

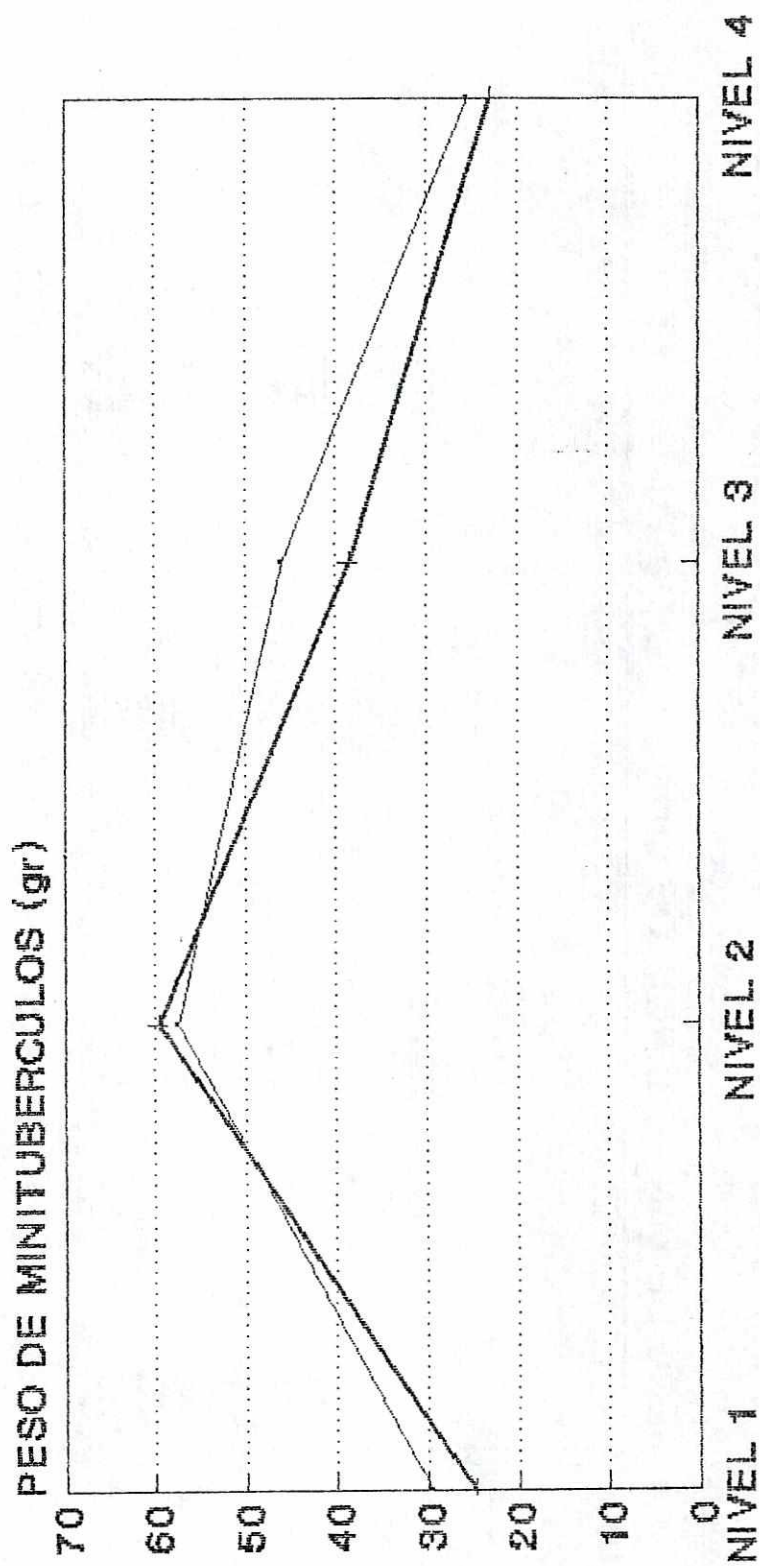
GRAFICA 5

INTERACCION NIVELES X SUSTRATOS



GRAFICA 6

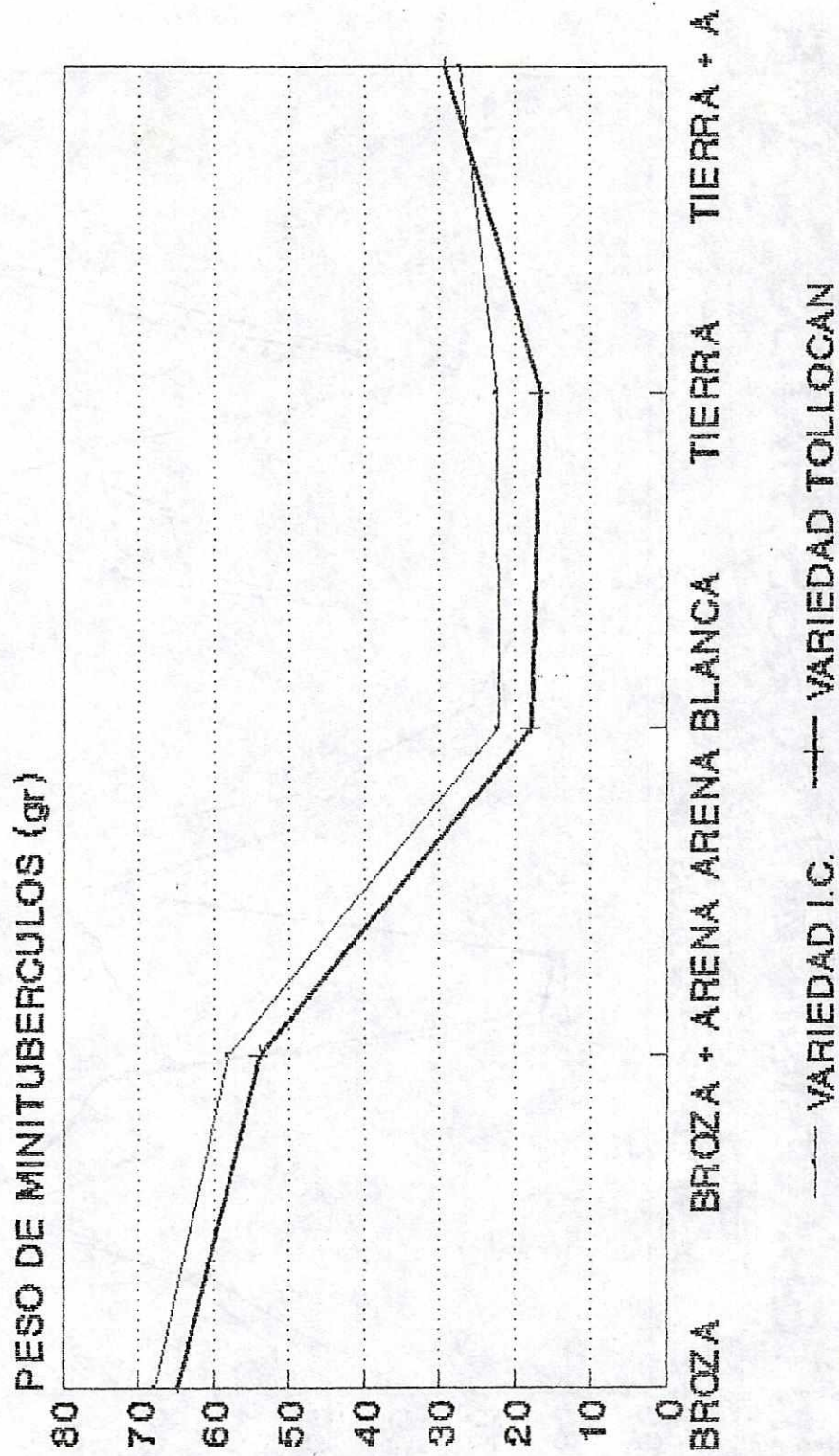
INTERACCION NIVELES X VARIEDADES



— VARIEDAD I.C. - - - VARIEDAD TOLLOCAN

GRAFICA 7

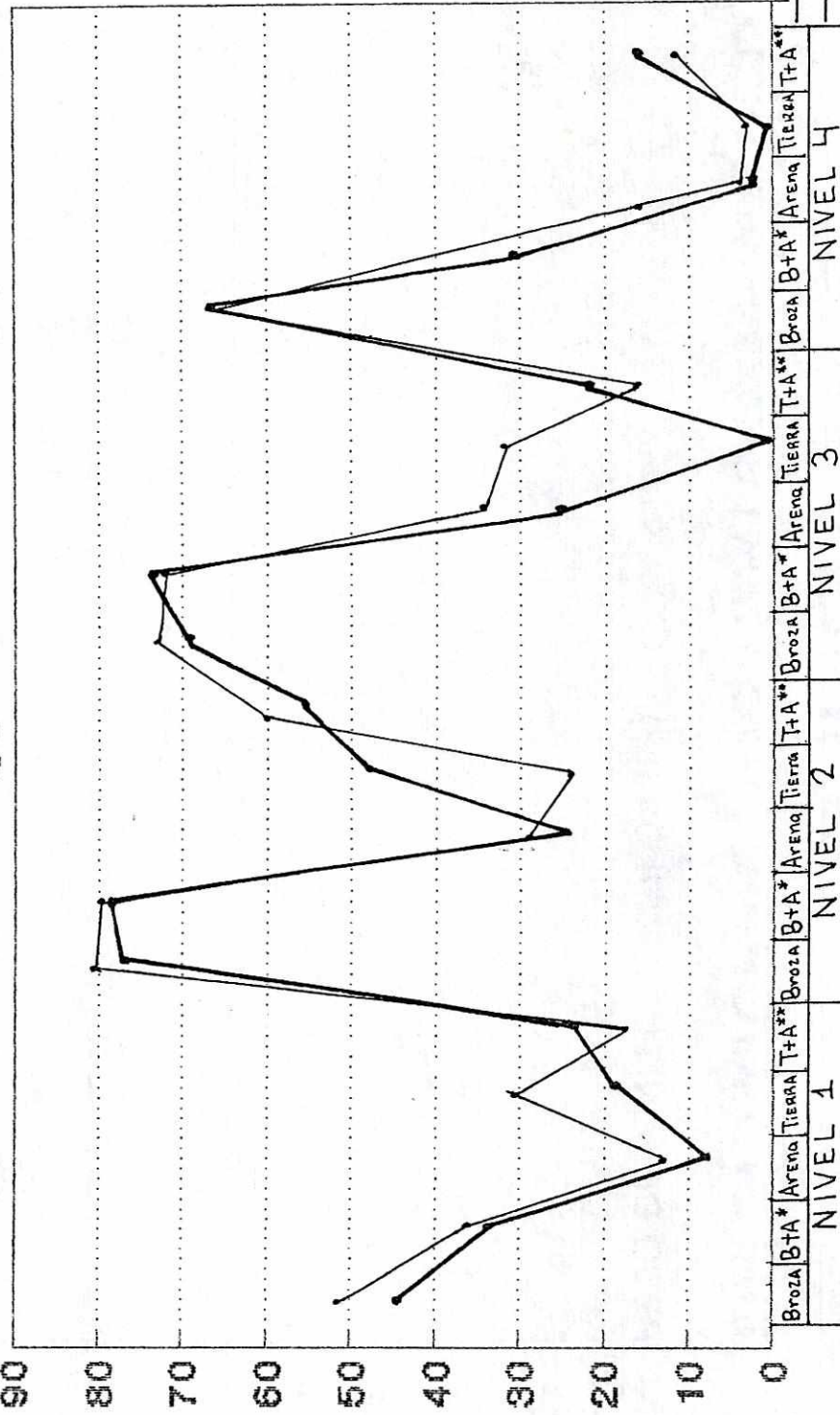
INTERACCION SUSTRATOS X VARIED.



GRAFICA No 8

INTERACCION NIV. X SUSTRATOS X VAR

PESO DE MINUTUBERCULOS (gr)



— Variedad Icta chiquirichapa

- - - Variedad Tolloccan

* B+A = Broza + Arena blanca

** T+A = Tierra + Arena blanca

SUSTRATO

NIVEL DE FERTILIZACION

5

VI. DISCUSION

Como se indicó en la sección IV, el presente trabajo fue realizado con fertilización pre-trasplante, con un fertilizante completo, pero éste quemó las plántulas, sobreviviendo únicamente las del nivel 1, sin fertilizante. Esto sucedió posiblemente por el "stress" que sufren las plantas al pasar de un ambiente de condiciones óptimas a otras menos favorables.

Las plántulas se deshidratan en el trasplante, por lo que necesitan absorber humedad del suelo, y si la solución del suelo está llena de sales provenientes del fertilizante, éstas son absorbidas en cantidades nocivas para la planta. Las sales que más pudieron afectar son las de nitrógeno, por ser uno de los elementos más solubles y más móviles, tanto en el suelo como en la planta, seguidas de las sales de potasio y por último las de fósforo.

Al repetir el experimento con fertilización post-trasplante, se obtuvieron los resultados presentados en la sección V. En éstos se pudo observar, al realizar el análisis de varianza para número de minitubérculos, que todos los factores en estudio salieron significativos al nivel de 0.05 %, excepto para los bloques, por lo que se puede afirmar que hay diferencia estadísticamente significativa, y que los tratamientos influyen en el número de minitubérculos producidos por maceta. Seguidamente, se procedió a obtener los coeficientes de variación

para los errores a, b y c, cuyos resultados se encuentran dentro del rango aceptable para hortalizas, que es del 25 al 35 % de acuerdo al criterio del Ing. Ricardo del Valle, catedrático de Diseños experimentales de la Universidad del Valle. Esto nos indicó que las diferencias encontradas se debieron a la influencia de los tratamientos y no a factores externos no controlables.

Al realizar la prueba de medias de Duncan, se pudo observar que para los niveles de fertilización, el mejor tratamiento fue el de 4.3 gr., seguido del de 8.6 gr, 0 gr. y 12.9 gr.4, por lo que el nivel óptimo puede encontrarse entre 4.3 gr y 8.6 gr. de fertilizante por maceta. En el caso del tratamiento de 12.9 gr. hubo un exceso de fertilización, puesto que fue inferior al nivel 1 sin fertilización.

En cuanto a sustratos, el que dio mayor rendimiento en número de minitubérculos fue el sustrato broza, el cual además de servir de soporte a la planta, provee elementos mayores y menores necesarios para la nutrición de la misma, y al tener mejor estructura que los otros sustratos, puede retener mayor humedad e intercambio de gases con el medio ambiente. El segundo mejor sustrato fue la mezcla de broza + arena blanca, posiblemente por las mismas causas que el anterior, pero la cantidad de nutrientes aportada fue menor. Este sustrato tenía mejor estructura que el anterior, pero esto no compensó la falta de nutrientes y de capacidad de intercambio catiónico de la arena blanca.

Posiblemente al aumentar la cantidad de broza respecto de la cantidad de arena, se logre obtener un mejor rendimiento que los dos casos anteriores.

Los sustratos tierra, tierra + arena blanca y arena blanca mostraron ser estadísticamente iguales. Al contener la mezcla mucha arena blanca, mejoran las propiedades físicas, como lo son la retención de humedad y porosidad; no siendo así las propiedades químicas.

En cuanto a la comparación entre variedades, Icta Chiquirichapa mostró ser superior a la Tollocan, bajo los tratamientos evaluados, en condiciones de invernadero, posiblemente por tener una mejor adaptación y menor stress al trasplante.

Al realizar el análisis de varianza, se pudo observar que existieron interacciones estadísticamente significativas, por lo que se procedió a determinar dichas interacciones elaborándose las graficas respectivas, donde se comprobó que al variar los niveles de fertilización, estos provocan diferentes respuestas en los distintos sustratos, al igual que en las dos variedades. Lo mismo sucedió con los factores sustratos y variedades, en que la producción de minitubérculos está influenciada de manera diferente en cada variedad por los diferentes sustratos. Esto sucede porque hay variedades que se adaptan mejor a un sustrato que a otro.

En la interacción niveles X sustratos X variedades, se pudo

determinar que los niveles de fertilización influyen en el rendimiento de minitubérculos dependiendo a qué sustrato hayan sido añadidos y en cuál variedad fueron evaluados. Esto posiblemente se deba a que el aporte de nutrientes es diferente para cada sustrato, al igual que sus propiedades físicas y químicas. También influye en la variedad evaluada, ya que las mismas se adaptan más a un sustrato que a otro, o son más susceptibles a bajas o altas concentraciones de nutrientes.

En el análisis de varianza para peso de minitubérculos, se pudo observar que existió diferencia estadísticamente significativa entre los bloques, por lo que pudo haber afectado un factor externo, con gradiente, en el sentido de ubicación de los bloques en el invernadero. El único factor que pudo haber afectado por la ubicación de los bloques fué la luminosidad, ya que pudo variar en diferentes lados del invernadero.

En cuanto a niveles de fertilización, éstos influyen en el peso de minitubérculos, al igual que los sustratos, interacción sustratos X niveles, variedades, e interacción niveles X variedades y niveles X sustratos X variedades.

El coeficiente de variación de los tres errores se encontró dentro de los límites adecuados, por lo que las diferencias encontradas se debieron a los factores en estudio y no a otros factores externos no controlables.

Al someter los resultados a la prueba de medias de Duncan, se pudo observar que algunos niveles de fertilización son

estadísticamente diferentes, siendo el mejor el nivel de 4.3 gr., seguido del de 8.6 gr.. Los niveles 1 y 4 dieron resultados similares. Al igual que para el número de minitubérculos, el nivel de fertilización influye en el peso de los mismos, por lo que se rechazó la primera hipótesis nula, y se aceptó la primera hipótesis alterna. Por lo que se comprobó que la nutrición de la planta influye en el rendimiento en número y peso de minitubérculos, pero que en exceso provoca una disminución en el rendimiento y un gasto innecesario en fertilizante.

En la comparación entre sustratos, el que produjo mayor peso de minitubérculos fué el sustrato broza, seguido del sustrato broza más arena, posiblemente por su mayor contenido de materia orgánica y mayor capacidad de intercambio catiónico. El sustrato tierra mostró ser el tercero en cuanto a peso de minitubérculos, el cual posee menos materia orgánica que los dos anteriores, pero mayor cantidad de la misma que los sustratos tierra + arena y arena blanca, que resultaron ser estadísticamente iguales. Aunque no todos los sustratos fueron diferentes entre sí, en cuanto a la producción de número y peso de minitubérculos, se rechazó la segunda hipótesis nula y se aceptó la segunda hipótesis alterna.

La variedad Icta Chiquirichapa fue superior a la Tollocan, en número y peso de minitubérculos. Con estos resultados se pudo afirmar que para estos sustratos y niveles de fertilización, en plantas provenientes de cultivo de tejidos, la variedad Icta Chiquirichapa mostró ser superior a la Tollocan, rechazando la

tercera hipótesis nula y aceptando la tercera alterna. Posiblemente esta variedad se adapte mejor a las condiciones de invernadero, tenga menos stress al trasplante, ya que a nivel de campos comerciales, la variedad Tollocan tiene mejor rendimiento.

En cuanto a las interacciones, se observó al igual que para número de minitubérculos que los niveles de fertilización reportan diferentes respuestas en el rendimiento dependiendo, de en qué sustratos se esté evaluando, y a qué nivel de fertilización esté. Sólo en el caso de la interacción sustratos X variedades, estos dieron las mismas respuestas en el peso de minitubérculos en las dos variedades evaluadas, posiblemente porque las dos variedades se adaptan en forma similar en los diferentes sustratos.

Existieron interacciones entre niveles, sustratos, y variedades, por lo que se rechazó la cuarta hipótesis nula, por lo tanto el rendimiento en número y peso de minitubérculos depende del nivel de fertilización, del sustrato y de la variedad que se esté evaluando.

Con todos los datos obtenidos se pudo observar que todas las hipótesis nulas se rechazan, se encontraron tratamientos superiores en cuanto a la producción en número y peso de minitubérculos, los cuales podrán ser usados en el futuro, y con esto contribuir con la técnica de cultivo de tejidos, y principalmente con la adaptación de plantas en el invernadero, ya que es el único medio de producir semilla de buena calidad, de

las variedades más aceptadas y libre de enfermedades transmisibles por tubérculo. Todo lo anterior con el fin de ayudar a resolver uno de los grandes problemas que afronta el agricultor, como es la falta de semilla de buena calidad libre de virus, en volúmenes adecuados y en el menor tiempo posible.

VII. CONCLUSIONES

- A. El nivel de fertilización 2, que equivale a 4.3 gr. de fertilizante completo por maceta, fue el mejor en número y peso de minitubérculos, el cual logró producir en promedio 11.7 minitubérculos, con un peso de 58.46 gr. por maceta.
- B. El sustrato broza demostró ser superior a los demás en cuanto a número de minitubérculos producidos, con un promedio de 13.4 minitubérculos por maceta.
- C. Los sustratos broza y broza + arena mostraron ser iguales en cuanto a peso de minitubérculos, y superiores a los otros tres sustratos evaluados.
- D. La variedad Icta Chiquirichapa tuvo mejor rendimiento en número y peso de minitubérculos que la variedad Tollocan, con 9 minitubérculos por maceta, con un peso promedio de 39.56 gr. por maceta.
- E. Existieron interacciones significativas entre todos los factores en estudio, excepto para peso de minitubérculos con los factores sustratos X variedades.
- F. Con plantas provenientes de cultivo de tejidos, la fertilización no debe realizarse antes del trasplante, sino ya cuando las plántulas hayan superado la etapa de adaptación al nuevo medio ambiente.

VIII. RECOMENDACIONES.

Se sugiere seguir con este tipo de investigación a nivel de invernadero con plantas provenientes de cultivo de tejidos, ya que todos los esfuerzos que se realicen en el laboratorio serian en vano si esas plantas no logran adaptarse y producir más para que el agricultor cuente con mayor cantidad de semilla de buena calidad, libre de virus y a su disposición en el menor tiempo posible.

Para futuras investigaciones sugiero que se trate de encontrar el punto óptimo de fertilización, ya que en el presente trabajo por no contar con evaluaciones anteriores fue necesario usar un rango amplio. Ya con los resultados de esta evaluación se puede trabajar con un rango más estrecho que permita llegar al punto óptimo de fertilización.

Respecto de los sustratos, pueden realizarse pruebas a diferentes proporciones de los mismos, y usando mezclas de más de dos sustratos, reduciendo las proporciones de los sustratos que resultaron menos productivos en esta evaluación. Si la prueba se realiza en otras localidades, buscar siempre materiales que prometan ser productivos y estar disponibles en altas cantidades.

Si se realizan investigaciones en las mismas instalaciones a nivel de invernadero, sugiero medir la luminosidad en toda el área de prueba para evitar posibles gradientes de luz, y con ésto dar resultados erróneos.

IX. BIBLIOGRAFIA.

- BANCO DE GUATEMALA. Costos estimados de producción de los principales productos agrícolas temporada 1988-1989. Departamento de investigaciones Agropecuarias e industriales. p.55.
- BANCO DE GUATEMALA. Estudio sobre la papa. Informe económico 1977 Enero-Marzo 1977. 1-26pp.
- CALDERONI, A. Enfermedades de la papa y su control. Editorial Hemisferio Sur, Argentina. 143 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Informe anual CIP 1978. 1979 Lima, Perú. 109 pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Informe anual CIP 1979. 1980 Lima, Perú. 134pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Informe anual CIP 1981 1982 Lima, Perú. 134pp.
- CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. Informe anual CIP 1982. 1983 Lima, Perú. 158 pp.
- CHRISTIANSEN, J. I Curso sobre tecnología del cultivo de la papa y técnicas de producción de semilla. ICTA, Guatemala. 197 pp.
- CHRISTIANSEN, J. Programa regional cooperativo de papa. 1981 Producción de semilla mejorada de papa, 1981-1985. Tegucigalpa, Honduras. 62 pp.
- COCHRAN, W y G. COX. Diseños experimentales. Editorial Trillas, México. 661 pp.
- EMMONS, W. Geología. 5ta. edición. Mcgraw-Hill. Madrid, España. 491 pp.
- FUENTES, S. Vectores. Centro Internacional de la papa, Perú 1990 15p.
- GIBBS, A. y B. HARRISON. Plant Virology. The principles. 1976 Edward arnold, Ltd. London. 292 pp.
- GRANADA, L. Manejo de plantas en invernadero. Fundamentos teórico prácticos del cultivo de tejidos vegetales. Catie. Turrialba, Costa Rica. 151 y 152 pp.

- HARTMAN, H. y D. KESTER. Plant propagation. 3th. Edition.
1975 Prentice-Hall. USA. 662 pp.
- HONDURAS. Memoria VI reunión anual, programa regional cooperativo de papa. CEDIA. San Pedro Sula, Honduras. 220 pp.
- JOHNSON, D. Programas de semillas. CIAT. Cali, Colombia 357
1982 pp.
- LOZOYA, H. Cultivo in vitro de ápices para la obtención de plantas libres de patógenos. Catie, Turrialba, Costa Rica. 61 y 62 pp.
- MATTHEWS, R. Plant Virology. Academic Press, New York. 777p.
1970
- MEJIA, R. y C. VITTORELLI. Cultivo in vitro de plantas de papa. INIAA, Perú. 111 pp.
1988
- MIRANDA, O. y R. DEL VALLE. El cultivo de la papa. ICTA
1983 Guatemala. 52 pp.
- MORGAN, W. Manual de prácticas de viveros. Traducción de R. Perdomo. Intecap, Guatemala. 62 pp.
1977
- REYES, P. Diseño de experimentos aplicados. Editorial Trillas, México. 344 pp.
1978
- SANCHEZ, P. Suelos del Trópico. Características y manejo.
1981 IICA, San José, Costa Rica. 634 pp.
- STEEL, R. y J. TORRIE. Bioestadística, Principios y procedimientos. Editorial Mcgraw Hill, México. 662p.
- TORIKAMA, K. Biotecnología agrícola. Editorial P.H.P., vol 4
1983 No. 5. 19-40 pp.
- VILLALOBOS, V. Fundamentos teórico prácticos del cultivo de tejidos vegetales. Catie, Turrialba, Costa Rica.
1986 203 pp.

APENDICE A

Medio de propagación de Papa.

1 litro de M. S.

Acido folico 1000 ppm	1 ml.
Leche de coco	50-100 ml.
L-arginina HCL 800 ppm	5 ml.
Pantotenato de calcio	2 ml.
Putresina HCL 10,000 ppm	1 ml.
Sacarosa	3 %
Agar	0.8 %
Vitaminas Solución 200 X	5 ml.

APENDICE B

Análisis de suelo de la estación experimental la Alameda, Chimaltenango y broza de Encino (*Quercus* sp.), utilizados como sustratos en el presente trabajo.

	SUELO	BROSA
Textura	Franco arenoso	-----
% M. O. *	5.31	15.63
pH	5.9	6.0
P (microgr./ml)	11.07	13.93
K (microgr./ml)	360	389
Ca (meq/100 ml.)	5.05	11.41
Mg (meq/100 ml.)	0.93	4.20

Este análisis fué realizado en el laboratorio de suelos del Instituto de Ciencia y tecnología Agrícolas (ICTA)

* M.O.= Materia orgánica.

APENDICE C

Distribución de tratamientos en el invernadero.

N ₂		N ₄		N ₁		N ₃		
S ₅	V ₁	V ₂	S ₂	V ₁	V ₂	S ₂	V ₁	V ₂
S ₂	V ₂	V ₁	S ₃	V ₁	V ₂	S ₃	V ₂	V ₁
S ₄	V ₂	V ₁	S ₄	V ₁	V ₂	S ₄	V ₁	V ₂
S ₃	V ₁	V ₂	S ₅	V ₁	V ₂	S ₅	V ₂	V ₁
S ₁	V ₂	V ₁	S ₁	V ₂	V ₁	S ₁	V ₂	V ₁
N ₁		N ₄		N ₂		N ₃		
S ₃	V ₁	V ₂	S ₂	V ₂	V ₁	S ₅	V ₁	V ₂
S ₅	V ₂	V ₁	S ₁	V ₂	V ₁	S ₄	V ₁	V ₂
S ₂	V ₁	V ₂	S ₄	V ₁	V ₂	S ₃	V ₂	V ₁
S ₁	V ₁	V ₂	S ₅	V ₂	V ₁	S ₂	V ₂	V ₁
S ₄	V ₂	V ₁	S ₃	V ₂	V ₁	S ₁	V ₁	V ₂
N ₄		N ₃		N ₂		N ₁		
S ₄	V ₁	V ₂	S ₁	V ₂	V ₁	S ₃	V ₂	V ₁
S ₂	V ₁	V ₂	S ₃	V ₁	V ₂	S ₁	V ₁	V ₂
S ₅	V ₂	V ₁	S ₅	V ₁	V ₂	S ₂	V ₂	V ₁
S ₁	V ₂	V ₁	S ₂	V ₁	V ₂	S ₄	V ₂	V ₁
S ₃	V ₁	V ₂	S ₄	V ₁	V ₂	S ₅	V ₁	V ₂
N ₃		N ₄		N ₁		N ₂		
S ₄	V ₂	V ₁	S ₂	V ₂	V ₁	S ₃	V ₂	V ₁
S ₁	V ₂	V ₁	S ₃	V ₁	V ₂	S ₅	V ₂	V ₁
S ₂	V ₂	V ₁	S ₄	V ₂	V ₁	S ₁	V ₁	V ₂
S ₃	V ₂	V ₁	S ₁	V ₂	V ₁	S ₄	V ₁	V ₂
S ₅	V ₁	V ₂	S ₅	V ₂	V ₁	S ₃	V ₁	V ₂
N ₁		N ₂		N ₃		N ₄		
S ₂	V ₂	V ₁	S ₁	V ₁	V ₂	S ₂	V ₂	V ₁
S ₃	V ₂	V ₁	S ₃	V ₁	V ₂	S ₃	V ₂	V ₁
S ₅	V ₁	V ₂	S ₅	V ₂	V ₁	S ₄	V ₁	V ₂
S ₄	V ₁	V ₂	S ₄	V ₁	V ₂	S ₅	V ₂	V ₁
S ₁	V ₁	V ₂	S ₂	V ₁	V ₂	S ₂	V ₁	V ₂
N ₃		N ₄		N ₁		N ₂		
S ₃	V ₁	V ₂	S ₄	V ₂	V ₁	S ₁	V ₂	V ₁
S ₄	V ₁	V ₂	S ₂	V ₁	V ₂	S ₄	V ₂	V ₁
S ₅	V ₂	V ₁	S ₅	V ₁	V ₂	S ₅	V ₂	V ₁
S ₂	V ₂	V ₁	S ₁	V ₂	V ₁	S ₂	V ₁	V ₂
S ₁	V ₂	V ₁	S ₃	V ₁	V ₂	S ₃	V ₁	V ₂

NIVELES : N1= 0 gms *
 N2= 4.3 gms
 N3= 8.6 gms
 N4=12.9 gms

SUSTRATOS : S1= Broza
 S2= Broza + Arena blanca
 S3= Arena blanca
 S4= Tierra
 S5= Tierra + Arena blanca

VARIEDADES : V1= Icta Chiquirichapa.
 V2= Tollocan

* Gramos de fertilizante por maceta.

