

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

TE
UVG
Agro.
Z62
1989
C.2



EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE TUBERIZACION in vitro
DE TRES VARIEDADES DE PAPA (Solanum tuberosum)
LIBRE DE VIRUS

MILTON MAURICIO ZEPEDA RAVELO

GUATEMALA

1989

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE TUBERIZACION
DE TRES VARIEDADES DE PAPA (Solanum tuberosum)
LIBRE DE VIRUS

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

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE TUBERIZACION *in vitro*
DE TRES VARIETADES DE PAPA (Solanum tuberosum)
LIBRE DE VIRUS

MILTON MAURICIO ZEPEDA RAVELO

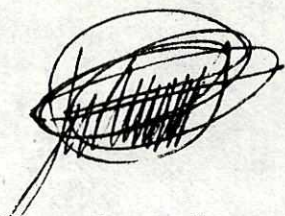
Trabajo de investigación presentado para optar
al título de Ingeniero Agrónomo
en el grado de Licenciado

GUATEMALA

1989

Asesor


Vo.Bo.



Ing. Agr. Juan Antonio Paz Q.

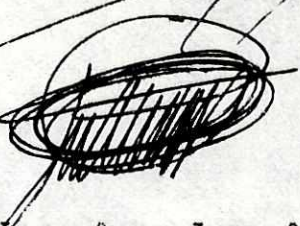
Tribunal

Vo.Bo.




Ing. Agr. Mario Vela

Vo.Bo.



Ing. Agr. Juan Antonio Paz Q.

Vo.Bo.



Dr. Juan de Dios Calle

Fecha de aprobación: 24 de octubre de 1989

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MIS PADRES MILTON ROBERTO ZEPEDA NUILA
OLGA ISABEL RAVELO DE ZEPEDA

A MIS HERMANOS MICHELE (Q.E.P.D.)
ANNA MIRELLA
JUAN CARLOS

A MIS PROFESORES

A MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a:

Mis padres por su paciencia y apoyo que siempre me brindaron.

La Universidad del Valle de Guatemala por las facilidades prestadas en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos.

El Ing. Juan Antonio Paz por su amistad y el valioso tiempo que dedicó asesorándome.

Claudia Marroquín y Rosemarie Bressani por su amistad y sus conocimientos en Cultivo de Tejidos.

El Lic. Gustavo Adolfo Wyld por su entusiasmo y ayuda en redacción y ortografía.

Mis amigos en general, por su constante apoyo.

CONTENIDO

		Página
	RESUMEN	IX
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
	A. Generalidades de la papa	3
	1. Origen e historia	3
	2. Características botánicas y taxonomía	4
	3. Composición e importancia	7
	4. Zonas de producción	9
	B. El virus de la papa	10
	1. Síntomas	10
	2. Formas de transmisión	12
	3. Medidas de control	13
	C. Cultivo de tejidos	14
III.	OBJETIVOS	19
IV.	MATERIALES Y METODOS	20
V.	RESULTADOS	26
VI.	DISCUSION	33
VII.	CONCLUSIONES	36
VIII.	RECOMENDACIONES	37
IX.	BIBLIOGRAFIA	38
	APENDICES	40

LISTA DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Composición de la harina de papa comparado con algunos cereales	7
2.2	Composición química de la papa	8
2.3	Zonas de producción de papa más importantes de Guatemala	9
4.1	Análisis de varianza del diseño completamente al azar con igual número de repeticiones	24
5.1	Análisis de varianza de los micro-tubérculos formados en las tres variedades	29
5.2	Micro-tubérculos formados por magenta y comparador de la prueba de Tukey al 1%	29
5.3	Análisis de varianza del peso de los micro-tubérculos	30
5.4	Peso total de los micro-tubérculos por magenta y comparador de la prueba de Tukey al 1%	30
5.5	Análisis de varianza del ancho de los micro-tubérculos	31
5.6	Ancho total de los micro-tubérculos por magenta y comparador de la prueba de Tukey al 1%	31
5.7	Análisis de varianza del largo de los micro-tubérculos	32
5.8	Largo total de los micro-tubérculos por magenta y comparador de la prueba de Tukey al 1%	32

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la capacidad de tubercización in vitro de tres variedades de papa (Solanum tuberosum). Se trabajó en el laboratorio de cultivo de tejidos de la Universidad del Valle de Guatemala, evaluando las variedades ICTA-Chiquirichapa, ICTA-Alaska y Tollocan.

Las pruebas estadísticas que se utilizaron fueron: el análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey. Estas indicaron que la variedad ICTA-Chiquirichapa es, estadísticamente, superior a las otras, pues produce un total de 19 micro-tubérculos, con un peso promedio de 74.78 mg., ancho promedio de 3.28 mm. y largo promedio de 9.79 mm.

Además, se determinó que las variedades ICTA-Alaska y Tollocan son, estadísticamente, iguales.

RESUMEN

El presente trabajo se refiere a la aplicación de los
resultados de una investigación realizada en el
campo de la fisiología vegetal, concretamente en el
estudio de la fotosíntesis y la transpiración en
plantas de diferentes especies y variedades.
Los resultados obtenidos demuestran que la
fotosíntesis y la transpiración están
estrechamente relacionadas y que su estudio
es fundamental para comprender el metabolismo
de las plantas. Se han observado que en
condiciones de alta intensidad lumínica y
baja humedad, la transpiración aumenta
significativamente, lo que puede provocar
el marchitamiento de las plantas.
Por lo tanto, es necesario estudiar
estas variables fisiológicas para poder
optimizar el crecimiento y la producción
de las plantas en condiciones de cultivo.

I. INTRODUCCION

La papa Solanum tuberosum es un cultivo de gran importancia económica y nutricional a nivel mundial. Está considerada entre los cinco cultivos alimenticios más importantes, conjuntamente con el trigo, arroz, maíz y cebada. La papa provee a la nutrición humana vitaminas esenciales, minerales, proteínas, carbohidratos y hierro.

En Guatemala, la presencia de virus en el cultivo de la papa es un problema que no se ha solucionado y, siendo el cultivo de tejidos una buena alternativa para producir materiales con características genéticas relativas a resistencia, rendimiento, etc., el presente trabajo contribuirá a la solución del problema actual en un cultivo que forma parte de la dieta diaria del guatemalteco.

El virus es uno de los mayores problemas que afronta el agricultor en el cultivo de la papa. Debido a que el virus es transmitido por semilla y por áfidos, posteriormente provoca una rápida contaminación de este mal en los campos de los agricultores, lo que trae como consecuencia un menor rendimiento, papa de baja calidad y pérdidas económicas para el agricultor.

Para obtener altos rendimientos y papa de buena calidad, existen algunos factores limitantes: falta de semilla mejorada, de buena calidad y libre de virus; ataque de enfermedades y plagas, baja tecnología del cultivo, etc.; sin embargo, este producto desempeña un papel socioeconómico im-

I. INTRODUCCION

portante para el agricultor que siembra papa, ya que la producción es principalmente para la demanda interna del país y otros mercados de consumo.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Generalidades de la papa

1. Origen e historia

Acerca del origen de la papa existen varias teorías y referencias; entre éstas se encuentran:

-Nicolai Ivanovich Vavilov (1926). Genetista que fundamentó su teoría en datos de citogenética, botánica y taxonomía diferencial, geografía e historia. Argumentó que el centro de origen de una especie cultivada está donde se encuentra una mayor variación en sus formas cultivadas y especies silvestres.

-M.S. Bukasov (1945). Su teoría fundamentada en la anterior es que el centro de origen del cultivo de la papa es la región del Cuzco y Lago de Titicaca (Perú), porque allí es el lugar donde existe mayor número de especies silvestres y cultivadas. Esto significa que, al llegar los españoles al Perú, no sólo vieron la papa, sino que también la comieron cuando desembarcaron en Cajamarca al norte del Perú.

En 1537, según Christiansen (1980:64) Juan Casteñanos refiere que son "redondillas, raíces que se siembran y producen tallos y ramas, hojas y flores. Son raíces blancas, moradas y amarillas de buen gusto, regalo de los indios bien aceptado y aún golosina de los españoles".

Hay otras referencias semejantes, como pruebas cerámicas y herramientas de cultivo, que aportan pruebas acerca de la estimación que se tenía a la papa y sobre su antigua y

amplia distribución entre las tribus indias de los Andes y regiones vecinas. Sin el cultivo y consumo de la papa, la existencia de numerosas poblaciones en las alturas máximas de los Andes probablemente no hubiera sido posible.

La papa fue llevada al viejo mundo (y al mundo entero) como una de las grandes dádivas comestibles peruanas, que facilitaron el desarrollo material e industrial de los pueblos europeos en el siglo XVIII y, con mayor auge, en el siglo XIX.

Es indudable que la papa, como otras plantas nativas de América, fue llevada a Europa. Existe una publicación que relata sobre un obsequio consistente en papa, que fue enviado del Cuzco (Peru) al Rey Felipe II de España en 1565, el cual llegó a manos del Papa Romano, quien a su vez lo obsequió al botanista Carolus Clusius en 1568, que lo cultivó, finalmente, en Viena y Frankfort.

En España se cultivó por primera vez en Galicia; después pasó a Italia y Bélgica y, en pleno siglo XVI, la papa era cultivada en algunas regiones de Italia, España, Francia, Suiza, Países Bajos, Inglaterra y Alemania.

La segunda introducción en Europa se hizo por Inglaterra. Sin embargo no se trataba de la misma variedad, pues eran tubérculos de color pardo claro, mientras que las anteriores correspondían a una variedad rojiza. Dicha introducción la realizaron corsarios ingleses al mando de Drake. Después pasó a Irlanda, donde tuvo gran acogida (1587) por causa de la pobreza de los campesinos.

- En Alemania se ordenó que la papa fuera distribuida en los hospitales para la dieta de los enfermos.
- En Francia se introdujo a fines del siglo XVIII a causa de la hambruna de 1769.
- En Rusia se le denominó "La manzana del diablo" y, cuando se extendió el cultivo, dio origen a la bebida popular rusa "Vodka".

En Norte América fue llevada de Irlanda, a principios del siglo XVIII, por los inmigrantes. Actualmente es cultivada en casi todas partes del mundo.

2. Características Botánicas y Taxonomía

Familia ----- Solanaceae

Género ----- Solanum

Las plantas procedentes de:

a. Semilla botánica o sexual (plántula) tienen:

- Raíz principal filiforme con ramificaciones laterales
- 2 cotiledones
- Producen tubérculos pequeños de 1.5 cms. (andigenum)
- En cruces de S. andigenum con S. tuberosum son más grandes.

b. Semilla asexual o de tubérculo (clon)

- No tiene raíz principal ni cotiledones
- Nace de una yema
- Raíces adventicias en grupos de 3 ó 4, en nudos de tallo subterráneo
- Raíz muy ramificada y cortas con sistema absorbente eficaz

Los estolones son:

- Prolongaciones del tallo sub-terráneo; si salen se vuelven

tallos aéreos de color verde.

-Según la variedad, si es estolón corto produce tubérculos cerca del pie del tallo aéreo (importante para la mecanización)

-Salen de las axilas de las hojas carnosas, situadas en la porción subterránea del tallo aéreo.

-Se alargan los estolones con varios nudos y terminan en un ensanchamiento que es el futuro tubérculo.

Los Tubérculos:

-Tallo subterráneo modificado, con eje principal acortado, engrosado y provisto de yemas y ojos en las axilas de sus hojas escamosas.

-En cada ojo, generalmente, hay tres yemas o más.

-Una yema es un rama del tallo subterráneo, con entrenudos no desarrollados.

-Todo el Tubérculo es un sistema morfológico ramificado y no una simple rama.

-En su ápice llevan muchas yemas y muy pocas en su lado proximal

-Se forman antes de la floración y termina cuando la planta ha completado su ciclo vegetativo.

-Forma: redondos, oval corto, oval alargado, oval puntiagudo.

El Fruto:

-Es una especie de "bellota" o "pepino"

-Forma: redondeada. Algunos elíptica o cónica.

-Color: verde, verde amarillento o purpúreo.

-Tamaño: 2-3 cms.



-Pulpa acuosa y envuelve a las semillas

3. Composición e importancia

Existe la creencia de que la papa es un alimento de bajo valor nutritivo y que provoca obesidad; pero lo cierto es lo contrario pues es rica en vitaminas, aminoácidos y minerales importantes para la salud y tiene menos calorías que el arroz, queso y otros productos.

La papa tiene un gran valor nutritivo como alimento humano y animal; su valor biológico en proteína es inferior a la de la carne, pero supera a la proteína del trigo, avena y verduras. Su composición química es variable, dependiendo del clima, fertilización, variedad, almacenaje, etc. y todas aquellas condiciones que favorezcan la producción de un buen tubérculo.

La papa, fácilmente, puede convertirse mediante el procesamiento en rodajas y harina. Se puede comparar los principales componentes de la harina de papa con la de otros cereales.

CUADRO 2.1

COMPOSICION DE LA HARINA DE PAPA COMPARADO CON ALGUNOS CEREALES POR 100 Grs./PESO SECO

PRODUCTO	AGUA	PROTEINA	GRASA	CARBOHIDRATO	CENIZA	CAL.
HNA. PAPA	7	8.5	0.4	81.7	4.1	349
TRIGO *	12	12.2	2.4	73.9	1.7	334
ARROZ *	13	6.7	0.7	79.3	0.7	360

FUENTE: CENTRAL POTATO RESEARCH INSTITUTE. INDIA.

* Medio molido

CAL. = Calorías

Con base a peso fresco, los principales componentes de la papa son:

CUADRO 2.2

COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPA GRS./100 GRS.
PESO FRESCO

COMPONENTE	GRS./100 GRS. PESO FRESCO
AGUA	77.4
TOTAL SOLIDOS	22.6
PROTEINA	2.7
GRASA	0.1
CARBOHIDRATO TOTAL	17.4
FIBRA CRUDA	0.6
CENIZAS	0.9
HIERRO (mg./100 grs.)	0.8
CALCIO (mg./100 grs.)	14.7
FOSFATOS	89.0
VITAMINA C (mg./100 grs.)	21.4
NIACINA (mg./100 grs.)	1.4
TIAMINA (mcg./100 grs.)	52.6
RIBOFLAVINA (mcg./100 grs.)	33.7

FUENTE: CENTRAL POTATO RESEARCH INSTITUTE. INDIA.

La alimentación a base de papa para los niños es importante considerarla, pues varios de los aminoácidos esenciales, para su crecimiento, se encuentran presentes. Un kilogramo de papa fresca al día sobrepasa los requerimientos diarios de triptofano, lisina, leucina, tirosina, valina, treonina y otros.

4. Zonas de producción

CUADRO 2.3

ZONAS DE PRODUCCION DE PAPA MAS IMPORTANTES
EN GUATEMALA

ZONA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
OCCIDENTAL	Quetzaltenango	Quetzaltenango
		Concepción Chiquirichapa
		Almolonga
		Zunil
		San Martín
		San Juan Ostuncalco
	Totonicapán	Otros.
		Totonicapán
	Huehuetenango	San Francisco El Alto
		San Cristóbal
Otros		
Todos Santos		
Chiantla		
Sololá	San Juan Ixcoy	
	San Pedro Ixtatán	
	Santa Eulalia	
	Otros	
Quiché	Sololá	
	Santa Lucía	
	Los Encuentros	
	Otros.	
San Marcos	Quiché	
	Patzité	
	Chichicastenango	
	Otros.	
	San Lorenzo	
	Comitancillo	
Chimaltenango	Ixchiguán	
	Tacaná	
	Tejutla	
	Chamac	
	Santa Rita	
	Comalapa	

		Tecpán Zaragoza Patzicia Patzún Otros.
ORIENTAL	Santa Rosa	Santa María San Rafael Las Flores
	Jalapa	Mataquesuintla Monjas Alzatate
	Jutiapa	Regiones altas de El Progreso Moyuta
CENTRAL	Sacatepéquez	Antigua Guatemala Sumpango Milpas Altas
	Guatemala	Palencia San José Pinula Villa Nueva Otros
NORTE	Alta Verapaz	San Pedro Carchá San Cristóbal

FUENTE: FOLLETO TECNICO # 6 ICTA.1977.

B. El virus de la papa

1. Síntomas

Los síntomas observados en plantas de papa infectadas por virus pueden ser drásticos y complejos. Algunos virus pueden inducir síntomas en la mayoría de los órganos de la planta, mientras que otros sólo en algunos. Dependiendo de cuando ocurre la infección, se desarrollan dos clases de síntomas: primarios y secundarios. Los síntomas primarios son aquellos que ocurren durante la estación de

cultivo inmediatamente después de que las plantas han sido infectadas (infección primaria). Los síntomas secundarios son los exhibidos por plantas desarrolladas de tubérculos infectados.

Por lo general, un virus tiende a causar un tipo particular de síntoma. Sin embargo, existen varios virus que producen síntomas similares en la misma variedad de papa, o algunas variedades que reaccionan en forma diferente con el mismo virus. Es importante comprender que las infecciones simultáneas con dos o más virus pueden complicar el estudio sintomatológico, al producir síntomas más severos o diferentes de aquellos causados por cada virus individualmente. Por estas razones, aunque la sintomatología es una ayuda importante para detectar plantas infectadas en el campo, no es siempre un criterio seguro para identificar al virus involucrado.

Una planta infectada y que no muestra síntomas se denomina "portador asintomático". Este es el caso de las variedades llamadas "tolerantes". Desde el punto de vista de la diseminación del virus, este tipo de planta puede ser más peligroso que otro que reaccione con síntomas. El "enmascaramiento" de síntomas, común en algunos virus de papa, puede ser debido a condiciones del medio ambiente, al genotipo de la planta y a la variante del virus. Entre los factores ambientales, la temperatura es el de mayor importancia.

2. Formas de transmisión

En condiciones naturales, los virus de papa pueden ser transmitidos de plantas infectadas a plantas sanas de varias maneras: por contacto o transferencia de jugo infectado, por semilla o polen, por vectores como áfidos, saltahojas, trips, hongos y nemátodos.

a. Transmisión mecánica

Varios virus que afectan a la papa son estables en jugo extraído de plantas infectadas y por ello pueden diseminarse por contacto entre plantas, o pueden ser transferidos por equipos, maquinaria, animales, etc.

Algunos virus pueden diseminarse cuando los tubérculos sanos, especialmente si están brotando, se ponen en contacto con otros infectados en el lugar de almacenamiento.

b. Transmisión por áfidos

Esta forma de transmisión es trascendental en lo que se refiere a la papa, pues los dos virus más ampliamente distribuidos e importantes son transmitidos por áfidos.

c. Transmisión por otros insectos

Entre los insectos que transmiten virus a la papa se encuentran varios, de los cuales se pueden mencionar los más importantes: saltahojas, trips y coleópteros.

d. Transmisión por nemátodos

Todas las especies de nemátodos transmisoras de virus pertenecen a la superfamilia Dorilaimidae.

e. Transmisión por hongos

Según Salazar (1982:38) sólo se conocen dos virus de papa que son transmitidos por hongos (TNV y PMTV).

f. Transmisión por semilla sexual

Algunos virus tienen la propiedad de ser transmitidos por la semilla sexual (comúnmente llamada también semilla botánica o semilla verdadera en el caso de la papa). Afortunadamente, se conocen pocos virus en papa que tengan esta propiedad y aunque varios han sido transmitidos artificialmente bajo condiciones de invernadero, se desconoce su valor bajo condiciones naturales.

3. Medidas de control

Las medidas de control son muy amplias y no pueden aplicarse aisladamente.

a. Protección

1) Higiene: Con virus diseminados principalmente por contacto, debe evitarse aun el más mínimo contacto entre las plantas y las herramientas, manos, ropas, etc.

2) Aislamiento: Es obvio que el mejor modo de prevenir la dispersión de virus de un cultivo a otro es el aislamiento. El aislamiento puede ser obtenido de dos maneras: a) aumentando la distancia entre cultivos, y b) por medio de cultivos de barrera o protección.

3) Eliminación de fuentes externas de virus y vector: La destrucción de malezas cercanas al campo ayuda a disminuir la incidencia de algunos virus en el culti-

vo, especialmente de aquellos que no dependen del cultivo para su supervivencia.

4) Eliminación o reducción de la actividad de vectores:

a) Vectores aéreos

b) Vectores en el suelo

b. Erradicación

1) Descarte de material infectado

2) Cultivo de meristemas con termoterapia

Este proceso está ampliamente difundido como un método para liberar de virus a cultivares valiosos. Sin embargo, por causa de su gran importancia para trabajar con plantas libre de virus, se describe el método mas adelante.

c. Cultivo de tejidos

La denominación "cultivo de tejidos" (vegetales o de plantas) se refiere al cultivo "in vitro" de cualquier estructura viva de una planta, sea ésta una célula, un tejido o un órgano, bajo condiciones asépticas.

Desde el siglo pasado se tiene conocimiento de que en las investigaciones de fisiología vegetal, se ha utilizado la técnica de cultivo de tejidos con diferentes partes vegetativas. Esta técnica, diseñada originalmente para investigación de carácter nutricional y morfológico, hoy en día se ha ampliado notablemente a otras ramas de la ciencia, como son la fisiología, bioquímica, genética y fitopatología.

El principio de la micropropagación, como también se le

llama al método de cultivo de tejidos, es bastante sencillo:

1. aislar la parte de la planta (explante) con la cual se piensa trabajar;
2. proveer al explante de un ambiente apropiado (requisitos nutricionales y condiciones físicas propias de la especie), en el cual puede expresar su potencial intrínseco o inducido;
3. realizar el trabajo en condiciones asépticas, es decir, un medio de cultivo libre de bacterias, algas, hongos, levaduras y otros microorganismos contaminantes.

A través del tiempo y en la actualidad, la técnica de cultivo de tejidos es una valiosa opción para obtener materiales libres de enfermedades y con características deseables. Con esta técnica se ha podido estudiar más a fondo el comportamiento de las plantas y se han ampliado los conocimientos sobre las diferentes características de los cultivos. También, de esta manera, se ha mejorado la calidad, rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, etc., de los cultivos, lo que, a su vez, ha permitido la obtención de mejores ingresos económicos para los agricultores.

La única forma conocida, actualmente, para producir papa libre de virus, a partir de papa enferma, es utilizar técnicas de cultivo de tejidos al someter el material enfermo a temperaturas de 30°C por un mes aproximadamente, para luego extraer el meristema, sembrarlo en condiciones asépticas, colocarlo en el cuarto de crecimiento, transplantarlo a invernadero y determinar, por medio de pruebas serológicas, la

limpieza del material para su posterior propagación en el laboratorio.

Lo anterior justifica la investigación de este método como alternativa para producir material libre de virus, ofreciendo las siguientes ventajas:

1. Es el único método conocido, actualmente, para erradicar virus, viroides, micoplasmas y otros patógenos a partir de material enfermo.

2. Permite la propagación clonal masiva de plantas libres de enfermedades en corto tiempo.

3. Mantiene el cultivo libre de plagas y enfermedades, por ser técnica que requiere de mucha asepsia.

4. Evita la erosión genética.

5. Reduce costos de labores agronómicas en el mantenimiento de grandes colecciones de germoplasma en el campo.

6. Los clones pueden ser propagados en cualquier época del año, mientras que, por métodos convencionales, hay sujeción a condiciones propicias (épocas de siembra, etc.).

7. Facilita el intercambio de material genético e introducción cuarentenaria con otros países.

8. Reduce el riesgo de pérdidas genéticas, al evitar la mezcla del material por cruzamiento.

9. Por medio de esta técnica es posible cultivar polen y anteras, mediante los cuales se producen plantas haploides.

10. Cultivo y fusión de protoplastos para recombinar genes, con el fin de obtener nuevos genotipos. Igualmente, el cultivo de callos y el de suspensión de células facilitan la

realización de trabajos para la obtención de plantas de constitución genética diferente.

11. Permítase realizar estudios de interacción hospedero-parásito y estudios de pruebas a stress de salinidad y temperatura.

El cultivo de tejidos, a pesar de ser un método de propagación e investigación bastante eficiente, tiene las siguientes desventajas:

1. Requiere de personal especializado: biólogos, fisiólogos, fitomejoradores, fitopatólogos y agrónomos.
2. Se necesita de infraestructura y equipo especial.
3. La adquisición de productos químicos es costosa y difícil especialmente en países en vías de desarrollo, con pocos recursos económicos.
4. Difícil de instalar laboratorios "in vitro" donde no exista fluido eléctrico o se presenten interrupciones periódicas de éste porque se malogran los cultivos.
5. La escasa literatura relacionada con la técnica de cultivos "in vitro" en nuestro medio.

Es importante mencionar los problemas de aclimatación que ocurren con las plántulas "in vitro" cuando éstas son transplantadas al invernadero. Con frecuencia la propagación de las plántulas "in vitro" fracasa durante el trasplante al invernadero, debido a fallas en el manejo. Es necesario someter los cultivos a una etapa de aclimatación (4-6 días) al medio ambiente, donde se van a transplantar y proporcionar a las plántulas tolerancia al stress producido por la baja

humedad relativa y fluctuaciones de temperatura, facilitando una adaptación a una condición autotrófica.

El transplante se hace a macetas o camas con arena fina y musgo molido en la proporción 1 a 2, respectivamente. Es recomendable esterilizar la arena y el musgo a vapor a 110°C, durante 4 horas, o con productos comerciales como bromuro de metilo, basamid, etc. Posteriormente se hace un orificio de aproximadamente 5 cms. en el substrato de la maceta o cama y se introducen en él verticalmente las raíces y parte del tallo (1 a 2 nudos) de las plántulas. Luego se presiona con los dedos alrededor del cuello para que el substrato quede en contacto con las raíces.

Es importante identificar las macetas con estacas de madera o de plástico anotando con lápiz los datos de variedad y fecha de transplante. Las plantas se pueden regar disolviendo un fertilizante compuesto, rico en fósforo, en proporción de 1 gr. por cada galón de agua.

III. OBJETIVOS

A. Objetivos generales

1. Evaluar la capacidad de tuberización de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) libre de virus
2. Contribuir a la investigación agrícola del país, en busca de soluciones al problema de infección por virus en la papa.

B. Objetivos específicos

1. Evaluar el número de micro-tubérculos producidos por cada variedad.
2. Determinar el peso de los micro-tubérculos producidos por cada variedad.
3. Evaluar el tamaño (diámetro y largo) de los micro-tubérculos.

IV. MATERIALES Y METODOS

A. LOCALIZACION

El presente estudio se realizó en la Universidad del Valle de Guatemala. Se usaron las instalaciones del Laboratorio de Cultivos de Tejidos Vegetales de dicho centro académico.

B. MATERIAL EXPERIMENTAL

El material "in vitro" de papa que se utilizó provenía del Centro Internacional de la Papa (CIP), el cual poseía su respectivo certificado de muestra de pureza.

Las variedades con las cuales se trabajó fueron: ICTA-Chiquirichapa, ICTA-Alaska y Tollocan.

C. PROCEDIMIENTO

Se extrajeron las plantas "in vitro" dentro de la campana de flujo laminar. Luego se procedió a cortar (con bisturí estéril) las pequeñas hojas de las plantas de papa, para dejar tallos o esquejes, con cinco nudos cada uno. Posteriormente se sembraron cinco esquejes con cinco nudos cada uno en una magenta (Ver Figura 1) con un medio líquido de propagación (Ver Apéndice 1). Con esto se obtuvo un total de 25 nudos por magenta. Este procedimiento se repitió 14 veces por cada variedad, para obtener un total de 42 magentas con 25 nudos cada una. Estas magentas se colocaron en un cuarto de crecimiento, a una temperatura promedio de 27°C, una intensidad de luz de 1500 lux y un fotoperíodo de 16 horas diarias, y permanecieron allí durante 24 días.

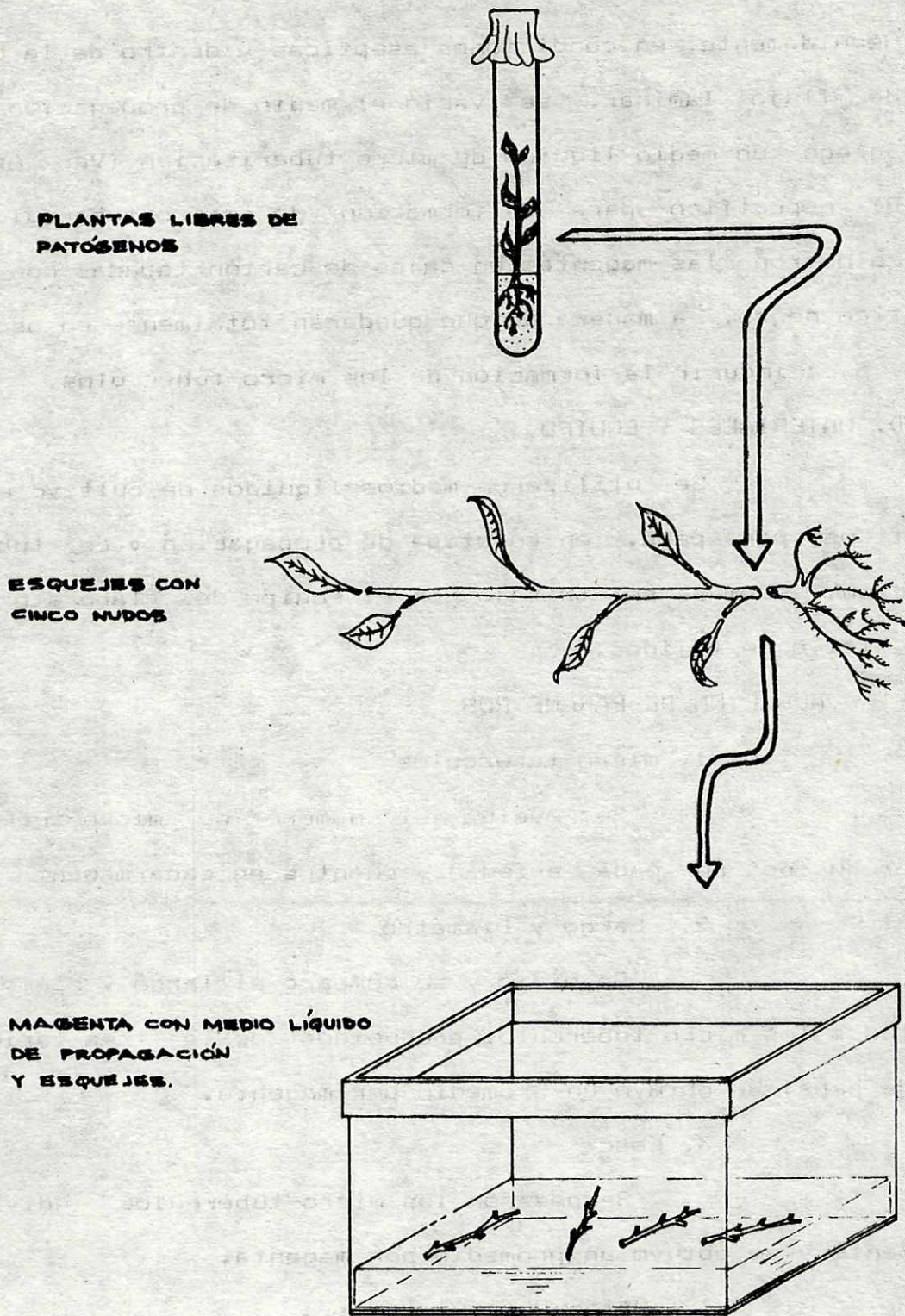


FIGURA 1. MÉTODO DE PROPAGACIÓN in vitro

Seguidamente, en condiciones asépticas y dentro de la campana de flujo laminar, se vació el medio de propagación y se agregó un medio líquido de micro-tuberización (Ver Apéndice B) específico para la formación de micro-tubérculos. Se colocaron las magentas en cajas de cartón tapadas con plástico negro, a manera de que quedaran totalmente en oscuridad y para inducir la formación de los micro-tubérculos.

D. MATERIALES Y EQUIPO

Se utilizaron medios líquidos de cultivo específicos para papa, en su etapa de propagación y de tuberización. Además se trabajó con el equipo del laboratorio de cultivo de tejidos.

E. EVALUACION DE PARAMETROS

1. Micro-tubérculos

Se evaluó el número de micro-tubérculos producidos por cada variedad y cuántos en cada magenta.

2. Largo y Diámetro

Se midió y se comparó el largo y diámetro de todos los micro-tubérculos producidos de las tres variedades de papa. Se obtuvo un promedio por magenta.

3. Peso

Se pesaron los micro-tubérculos individualmente y se obtuvo un promedio por magenta.

4. Otras Observaciones.

Aquí se incluyeron todas las observaciones de importancia durante el experimento, pero no se evaluaron estadísticamente.

F. METODOLOGIA ESTADISTICA

El diseño que se utilizó fue al irrestricto azar, con un análisis de varianza y pruebas medias de Tukey. Su modelo estadístico es:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

donde: Y_{ij} : variable respuesta correspondiente al i -ésimo tratamiento y a la j -ésima repetición.

μ : media general (efecto general)

S_i : efecto del i -ésimo tratamiento.

E_{ij} : error aleatorio, error experimental, variación debida al azar o variación de muestreo.

Considerando las siguientes suposiciones:

a. Los errores se distribuyen independientemente en forma normal, con media 0 y varianza σ^2

b. Los tratamientos están predeterminados por el investigador (tratamientos fijos).

c. El efecto de la media general (μ) es constante.

El análisis de varianza se puede resumir en el siguiente cuadro.

CUADRO 4.1

ANALISIS DE VARIANZA DEL DISEÑO COMPLETAMENTE AL
AZAR CON IGUAL NUMERO DE REPETICIONES

FUENTES DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRO MEDIO	F CALCULADA
Tratamiento	t-1	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_i^2}{r} - \frac{Y^2}{tr}$	$\frac{SCTot}{t-1}$	CMT/CME
Error	t(r-1)	SCTot-SCT	SCE/t(r-1)	
Total	tr-1	SCTot		

$$FC = \frac{Y^2}{tr}$$

$$SCTot = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{tr}$$

En donde:

t= número de tratamientos

r= número de repeticiones

SCT=suma de cuadrados de tratamientos

SCE=suma de cuadrados del error

CMT=cuadrado medio de los tratamientos

CME=cuadrado medio del error

FC=factor de corrección

SCTot=suma de cuadrados totales

Fc=F calculada

Para la prueba de Tukey,

$$W = q_{\alpha}(t;GLE) S\bar{x}$$

donde $q_{\alpha}(t;GLE)$ se obtiene del Apéndice C.

t = numero de tratamientos

GLE = grados de libertad del error

$$S\bar{x} = \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

r = # de repeticiones

Entonces:

$q(t;GLE)$ al 0.05

$q(t;GLE)$ al 0.01

en donde q = valor de la tabla con $(t;GLE)$

entonces, se ordenan las medias de mayor a menor y se restan la primera media, menos la segunda y, si la diferencia es mayor que W , son significativamente diferentes; si es menor que W , son significativamente iguales. Luego se continúa la segunda media, menos la tercera media, y así, sucesivamente.

V. RESULTADOS

MICRO-TUBERCULOS FORMADOS

Al realizar el análisis de varianza se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se simplifican en el Cuadro 5.1. Como se puede observar en éste cuadro, el valor de F calculado es mucho mayor que el obtenido en las tablas, incluso utilizando 0.01 de valor de significancia. Esto nos indica que sí existe alta diferencia, estadísticamente, significativa entre los tres tratamientos estudiados, por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey para determinar cual de las tres variedades es la mejor. Lo anterior expuesto, se describe en los cuadros 5.1 y 5.2. El cuadro 5.2 nos indica, según el comparador de la prueba de medias de Tukey, que la variedad ICTA-Chiquirichapa es, estadísticamente, superior a las variedades ICTA-Alaska y Tollocan.

PESO DE LOS MICRO-TUBERCULOS

Para determinar si existe diferencia entre los pesos obtenidos por las tres variedades, se realizó el análisis de varianza el cual se resume en cuadro 5.3.

Utilizando un nivel de significancia de 0.01, se puede observar que el análisis de varianza mostró que sí existe diferencia, estadísticamente, significativa entre los pesos obtenidos de las tres variedades. Debido a que existe diferencia entre tratamientos, se realizó la prueba de medias

de Tukey para determinar si existe alguna variedad que sea, estadísticamente, superior a las demás. Lo anterior descrito se puede observar en los cuadros 5.3 y 5.4. El cuadro 5.4 nos indica, según el comparador de la prueba de medias de Tukey, que la variedad ICTA-Chiquirichapa es, estadísticamente, superior a las variedades ICTA-Alaska y Tollocan.

ANCHO DE LOS MICRO-TUBERCULOS

Para comparar el ancho de los micro-tubérculos, y poder determinar si existe diferencia, estadísticamente, significativa entre las tres variedades estudiadas, se realizó el análisis de varianza. Este análisis se resume en cuadro 5.5 en el cual se puede observar que sí existe alta diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey para determinar cuál de las tres variedades es mejor (ver cuadros 5.5 y 5.6). En el cuadro 5.6 nos indica, según el comparador de la prueba de medias de Tukey, que la variedad ICTA-Chiquirichapa es, estadísticamente, superior a las variedades ICTA-Alaska y Tollocan.

LARGO DE LOS MICRO-TUBERCULOS

El análisis de varianza se realizó para determinar si existe diferencia, estadísticamente, significativa entre las longitudes de los tratamientos estudiados. Como se puede observar en el cuadro 5.7, existe alta diferencia significa-

tiva entre los tratamientos, por lo que se realizó la prueba de medias de Tukey para poder determinar cual de las tres variedades es la mejor. El cuadro 5.8 nos indica, según el comparador de la prueba de medias de Tukey, que la variedad ICTA-Chiquirichapa es, estadísticamente, superior a las variedades ICTA-Alaska y Tollocan.

CUADRO 5.1

ANALISIS DE VARIANZA DE LOS MICRO-TUBERCULOS FORMADOS EN LAS TRES VARIEDADES DE PAPA

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRO MEDIO	F CALCULADA	F TABLAS
TRATAMIENTOS	2	19.64	9.82	29.76	5% = 3.32 1% = 5.39
ERROR	30	10	0.33		
TOTAL	32	29.64			

Tratamientos ** al 1%

CUADRO 5.2

MICRO-TUBERCULOS FORMADOS POR MAGENTA Y COMPARADOR DE LA PRUEBA DE TUKEY AL 1%

TRATAMIENTO	REPETICIONES	Yi	\bar{X}	COMPARADOR
ICTA-CHIBUIRICHAPA	3 1 2 1 1 3 1 2 1 1 3	19	1.73	a
ICTA-ALASKA	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	0.09	b
TOLLOCAN	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	0.09	b

W (0.01) = 0.77

CUADRO 5.3

ANALISIS DE VARIANZA DEL PESO DE LOS MICRO-TUBERCULOS

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRO MEDIO	F CALCULADA	F TABLA
TRATAMIENTOS	2	38850.39	19425.2	17.37	5% = 3.32 1% = 5.39
ERROR	30	33559.09	1118.63		
TOTAL	32	72409.48			

Tratamientos ** al 1%

CUADRO 5.4

PESO (mg) TOTAL DE LOS MICRO-TUBERCULOS POR MAGENTA Y COMPARADOR DE LA PRUEBA DE TUKEY AL 1%

TRAT	REPETICIONES												\bar{Y}_i	\bar{X}	COMP
1	187.51	91.91	17.05	20.29	28.98	54.84	126	57.21	150.08	33.45	55.27	822.59	74.78	a	
2	32.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.05	2.91	b	
3	12.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.21	1.11	b	

TRAT = Tratamiento

COMP = Comparador de la prueba de Tukey

1 = ICTA-Chiquirichapa

2 = ICTA-Alaska

3 = Tollocan

W (0.01) = 44.87

CUADRO 5.5

ANALISIS DE VARIANZA DEL ANCHO DE LOS MICRO-TUBERCULOS

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRO MEDIO	F CALCULADA	F TABLA
TRATAMIENTOS	2	67.78	33.89	124.14	5% = 3.32 1% = 5.39
ERROR	30	8.19	0.27		
TOTAL	32	75.97			

Tratamientos ** al 1%

CUADRO 5.6

ANCHO (mm) TOTAL DE LOS MICRO-TUBERCULOS POR MAGENTA Y COMPARADOR DE LA PRUEBA DE TUKEY AL 1%

TRAT	REPETICIONES											Yi	\bar{X}	COMP
1	5.13	4.2	2.5	2.9	3.1	2.3	2.0	3.6	4.3	2.5	3.6	36.08	3.28	a
2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.19	b
3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.19	b

TRAT = Tratamiento

N (0.01) = 0.70

COMP = Comparador de la Prueba de Tukey

1 = ICTA-Chiquirichapa

2 = ICTA-Alaska

3 = Tollocan

CUADRO 5.7

ANALISIS DE VARIANZA DEL LARGO DE LOS MICRO-TUBERCULOS

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRO MEDIO	F CALCULADA	F TABLA
TRATAMIENTOS	2	582.26	291.13	32.93	5% = 3.32 1% = 5.39
ERROR	30	265.16	8.84		
TOTAL	32	847.42			

Tratamientos ** al 1%

CUADRO 5.8

LARGO (mm) TOTAL DE LOS MICRO-TUBERCULOS POR NAGENTA Y COMPARADOR DE LA PRUEBA DE TUKEY AL 1%

TRAT	REPETICIONES											Y _i	\bar{X}	COMP
1	13.1	11.3	7.95	6.5	7.4	10.73	9.2	6.45	16.1	10.6	8.4	107.73	9.79	a
2	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.75	b
3	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	1.03	b

TRAT = Tratamiento

W (0.01) = 3.99

COMP = Comparador de la Prueba de Tukey

1 = ICTA-Chiquirichapa

2 = ICTA-Alaska

3 = Tollocan

VI. DISCUSION

Al realizar el análisis de varianza se pudo observar que de las tres variedades que se evaluaron en el presente trabajo, la ICTA-Chiquirichapa obtuvo diferencias, estadísticamente, significativas en comparación con las variedades Tollocan e ICTA-Alaska.

La variedad ICTA-Chiquirichapa produjo mayor cantidad de micro-tubérculos por magenta y, en general, obtuvo mejores resultados en cuanto a peso, diámetro y largo. Sin embargo, las variedades Tollocan e ICTA-Alaska son, según la prueba de Tukey, estadísticamente iguales (ver cuadros 5.2, 5.4, 5.6 y, 5.8) posiblemente, porque éstas no se adaptaron a la alta temperatura existente en el cuarto de crecimiento. Existe una diferencia bastante marcada entre la variedad ICTA-Chiquirichapa y las otras, incluso cuando se utilizó 1% de nivel de significancia.

Es importante notar que, aunque la diferencia es grande, los rendimientos en general son bajos. En Perú, por ejemplo, se han obtenido rendimientos de hasta 20 micro-tubérculos por magenta. Esto pudo haber sido por varias razones; el tipo de luz que se encuentra en el cuarto de crecimiento no es muy adecuado para el crecimiento óptimo de la papa. Actualmente se utiliza el tipo "Cool White" y se debería reemplazar por el tipo "Day Light", el cual tiene una mayor intensidad de luz y es un poco más amplio en su espectro.

Cuando se inició el experimento la temperatura promedio

era de aproximadamente 27°C; pero por razón de que en el mismo cuarto de crecimiento se encuentran plantas de cardamomo, el cual necesita temperaturas más altas para su desarrollo que la papa, se decidió aumentar la temperatura, la cual llegó, en ocasiones, hasta 37°C. Esta temperatura es más de 15°C de los que se requieren para el desarrollo óptimo de la papa. Además, según Espinoza (1989), para la formación de tubérculos o micro-tubérculos se necesitan temperaturas aproximadamente de 18-22°C, la cual no se logró /1/.

Con temperaturas altas, las plantas sufren un 'stress' por calor. Según Li, citado en 'Research for the Potato in the Year 2000' (1983:117), la capacidad que cada planta de papa tiene para adaptarse a cambios tan bruscos de temperatura está controlada genéticamente y esto varía bastante de una variedad a otra. El 'stress' por calor es uno de los mayores factores ambientales que pueden influir en la adaptación y rendimiento de plantas como la papa, especialmente cuando los extremos de temperatura coinciden con las etapas más críticas del desarrollo de la planta.

La mayoría de los cultivos no toleran periodos largos, con exposiciones a temperaturas mayores de 35°C. Esto es, principalmente, porque el rango máximo de temperatura para su fotosíntesis oscila entre los 20° y 30°C. Con el incremento de la temperatura, la tasa de respiración tiende a aumentar hasta el punto de dañar las células de la planta.

/1/ cf. Apéndice D

Como resultado, las plantas manifiestan, usualmente, un bajo rendimiento, pero rara vez muerte total.

Existe evidencia de que temperaturas altas por la noche hacen más marcada la disminución del rendimiento que las altas durante el día. Esto puede suceder en el cuarto de crecimiento donde se han colocado las plantas de papa pues la temperatura es constante durante todo el día y se mantiene igual durante la noche. En condiciones normales la temperatura disminuye por las noches.

Es importante recalcar la importancia que tiene la técnica de cultivo de tejidos como única alternativa para obtener material libre de enfermedades. Utilizando cultivo de tejidos, incluyendo la tuberización "in vitro", se puede llegar a producir buena calidad de semilla libre de enfermedades y en relativamente, en corto tiempo, con lo cual los productores podrían aumentar sus ingresos económicos y, consecuentemente, se estaría beneficiando el país.

VII. CONCLUSIONES

1. La variedad de papa ICTA-Chiquirichapa, estadísticamente, fue la mejor; se logró producir un número total de 19 micro-tubérculos, con un peso promedio de 74.78 mg., un diámetro de 3.28 mm. y un largo promedio de 9.79 mm.
2. Las variedades de papa Tollocan e ICTA-Alaska tuvieron, estadísticamente, los mismos rendimientos.
3. Bajo condiciones adversas de temperatura y luz, la variedad ICTA-Chiquirichapa fue la que mejor respondió.
4. Los factores que más afectaron la micro-tuberización in vitro de las tres variedades de papa fueron alta temperatura y baja intensidad de luz.

VIII. RECOMENDACIONES

Sugiero que se continúe con este tipo de investigaciones en el cultivo de la papa, pues considero que es la mejor opción para poder obtener altos rendimientos y buena calidad de papa.

También recomiendo instalar otro equipo de ventilación, o bien separar ambientes con temperaturas controladas, en el cuarto de crecimiento. Además, debe aumentarse la intensidad de la luz, como también su calidad.

Es recomendable para futuros experimentos, trabajar con luz y temperatura óptimas para obtener un adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas de papa.

Se pueden utilizar diferentes concentraciones de Cycocel, probablemente aumentando éstas para producir mayor cantidad de tubérculos por planta.

IX. BIBLIOGRAFIA

- AMAYA, R. y C. VITTORELLI. Cultivo in vitro de Plantas de Papa. CIP.Perú. 111 pp.
1988
- AMMIRATO, P.; D.EVANS, W.SHARP & Y.YAMADA. Handbook of Plant Cell Culture. Vol. 3. New York, MacMillan Publishing Co. 620 pp.
1984
- CHRISTIANSEN, J. "La Papa: Historia, Botánica y Taxonomía" Memorias: Primer Curso Nacional en Tecnología de la Papa (Tegucigalpa, Honduras), 62-71.
1980
- DEL CID, J.; F. ANZUETO. "Consideraciones generales sobre la técnica del cultivo de tejidos en el cafeto". Revista cafetalera. ANACAFE (Guatemala); 292 (7): 15-21.
1988
- ESPINOZA, N.; R. ESTRADA, P. TOVAR, J. BRYAN y J.H. DODDS. Micropropagación, Conservación y Exportación de Germoplasma de Papa. CIP; Lima, Perú. 17 pp.
1985
- GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. El Cultivo de la Papa en Guatemala. Folleto Técnico No. 6; 1-5 pp.
1977
- Handbook for Tissue Culture Laboratory and Management Practices. Colorado State University. 87 pp.
1987
- HARTMANN, H. & D. KESTER. Plant Propagation. 4th. Edition. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 727 pp.
1983
- HONDURAS. Secretaría de Recursos Naturales; Tecnología del cultivo de la Papa. Tegucigalpa. 135 pp.
1980
- HURTADO, D. y M. MERINO. Cultivo de Tejidos Vegetales. México, D.F. Editorial Trillas. 232 pp.
1987
- INDIA. Central Potato Research Institute, Why Potato. Bulletin 11.
1976
- MENDENHALL, W.; R. SCHEAFFER & D. WACKERLY. Estadística Matemática con Aplicaciones. México, D.F. Editorial Iberoamérica. 751 pp.
1986
- PERU. International Potato Center, Research for the Potato in the Year 2000. 117-118 pp.
1983
- REYES, P. Diseño de Experimentos aplicados. México, D.F. Editorial Trillas. 344 pp.
1984

SALAZAR, L. Centro Internacional de la Papa. Manual de
1982 Enfermedades Virosas de la Papa.
Lima, Perú. 111 pp.

SCHILDE-RENTSCHLER, L. Y P. SCHMIEDICHE. "El cultivo de teji-
1984 dos: su pasado, presente y futuro". Circular
del CIP (Lima, Perú); 12 (1): 1-6 pp.

APENDICE A

Medio de propagación de papa in vitro

- 1 lt. Murashige + Skoog
- 0.40 ppm Acido Giberélico
- 0.50 ppm Bensylaminopurina (BA)
- 0.01 ppm Acido Naftaleno Acético (ANA)
- 2.00 ppm Pantotenato de Calcio
- 2 % Sucrosa

Se prepara el medio y se calibra el pH a 5.6.

del "Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas" de la Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

El cultivo de papa in vitro se realiza en un medio de cultivo de tipo Murashige y Skoog (MS) con adición de 0.40 ppm de ácido giberélico, 0.50 ppm de benzilaminopurina (BA) y 0.01 ppm de ácido naftalenoacético (ANA). El medio se ajusta a un pH de 5.6 y se esteriliza a 121°C por 15 minutos. Se utiliza un cultivo de papa in vitro de la variedad "Desiderata" de la Papa, Manual de

APENDICE B

Medio para tuberización in vitro

- 1 lt. Murashige + Skoog
- 5 ppm Bensylaminopurina
- 500 ppm CCC (Chloro Choline Chloride) *
- 8 % Sucrosa

Se prepara el medio y se calibra el pH a 5.6.

* Se puede encontrar como: Chlormequat (2-chloroethyl trimethylammonium chloride) el cual es el ingrediente activo de 'CYCOCEL' de la casa comercial CYANAMID.

También 'CYCOCEL EXTRA' de la casa comercial BASF.

AFENDICE C

G.L. del error	α	$a = \text{número de promedios de los tratamientos}$							
		2	3	4	5	6	7	8	9
5	05	3.64	4.60	5.22	5.67	6.03	6.33	6.58	6.80
	01	5.70	6.97	7.80	8.42	8.91	9.32	9.67	9.97
6	05	3.46	4.34	4.90	5.31	5.63	5.89	6.12	6.32
	01	5.24	6.33	7.03	7.56	7.97	8.32	8.61	8.87
7	05	3.34	4.16	4.68	5.06	5.36	5.61	5.82	6.00
	01	4.95	5.92	6.54	7.01	7.37	7.68	7.94	8.17
8	05	3.26	4.04	4.53	4.89	5.17	5.40	5.60	5.77
	01	4.74	5.63	6.20	6.63	6.96	7.24	7.47	7.68
9	05	3.20	3.95	4.42	4.76	5.02	5.24	5.43	5.60
	01	4.60	5.43	5.96	6.35	6.66	6.91	7.13	7.32
10	05	3.15	3.88	4.33	4.65	4.91	5.12	5.30	5.46
	01	4.48	5.27	5.77	6.14	6.43	6.67	6.87	7.05
11	05	3.11	3.82	4.26	4.57	4.82	5.03	5.20	5.35
	01	4.39	5.14	5.62	5.97	6.25	6.48	6.67	6.84
12	05	3.08	3.77	4.20	4.51	4.75	4.95	5.12	5.27
	01	4.32	5.04	5.50	5.84	6.10	6.32	6.51	6.67
13	05	3.06	3.73	4.15	4.45	4.69	4.88	5.05	5.19
	01	4.26	4.96	5.40	5.73	5.98	6.19	6.37	6.53
14	05	3.03	3.70	4.11	4.41	4.64	4.83	4.99	5.13
	01	4.21	4.89	5.32	5.63	5.88	6.08	6.26	6.41
15	05	3.01	3.67	4.08	4.37	4.60	4.78	4.94	5.08
	01	4.17	4.83	5.25	5.56	5.80	5.99	6.16	6.31
16	05	3.00	3.65	4.05	4.33	4.56	4.74	4.90	5.03
	01	4.13	4.78	5.19	5.49	5.72	5.92	6.08	6.22
17	05	2.98	3.63	4.02	4.30	4.52	4.71	4.86	4.99
	01	4.10	4.74	5.14	5.43	5.66	5.85	6.01	6.15
18	05	2.97	3.61	4.00	4.28	4.49	4.67	4.82	4.96
	01	4.07	4.70	5.09	5.38	5.60	5.79	5.94	6.08
19	05	2.96	3.59	3.98	4.25	4.47	4.65	4.79	4.92
	01	4.05	4.67	5.05	5.33	5.55	5.73	5.89	6.02
20	05	2.95	3.58	3.96	4.23	4.45	4.62	4.77	4.90
	01	4.02	4.64	5.02	5.29	5.51	5.69	5.84	5.97
24	05	2.92	3.53	3.90	4.17	4.37	4.54	4.68	4.81
	01	3.96	4.54	4.91	5.17	5.37	5.54	5.69	5.81
30	05	2.89	3.49	3.84	4.10	4.30	4.46	4.60	4.72
	01	3.89	4.45	4.80	5.05	5.24	5.40	5.54	5.65
40	05	2.86	3.44	3.79	4.04	4.23	4.39	4.52	4.63
	01	3.82	4.37	4.70	4.93	5.11	5.27	5.39	5.50
60	05	2.83	3.40	3.74	3.98	4.16	4.31	4.44	4.55
	01	3.76	4.28	4.60	4.82	4.99	5.13	5.25	5.36
120	05	2.80	3.36	3.69	3.92	4.10	4.24	4.36	4.48
	01	3.70	4.20	4.50	4.71	4.87	5.01	5.12	5.21
∞	05	2.77	3.31	3.63	3.86	4.03	4.17	4.29	4.39
	01	3.64	4.12	4.40	4.60	4.76	4.88	4.99	5.08

APENDICE D

Conversaciones con el Dr. Nelson Espinoza, encargado del Laboratorio de Ingeniería Genética y de Cultivo de Tejidos en el Centro Internacional de la Papa (CIP).

Fecha: 21 de agosto de 1989

Lugar: Universidad del Valle de Guatemala

El Ing. Nelson Espinoza indicó que la luz del cuarto de crecimiento no llena totalmente los requerimientos de la papa. La papa necesita aproximadamente, para su óptimo desarrollo, una intensidad de luz de 3000 lux, lo cual es dos veces la intensidad que se tiene en el cuarto de crecimiento. Para ayudar a solucionar este problema, recomendó que la luz del tipo "Cool White" se reemplazara por la "Day Light". Además afirmó que para que exista una buena formación de micro-tubérculos se necesitan temperaturas que oscilen entre los 18° y 22°C.

APPENDIX

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..