

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS**

**EFFECTO DE 3 AUXINAS SOBRE EL ENRAIZAMIENTO *in vitro* DE 10 CLONES
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)**

TESIS
**PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR
ERICK EDMUNDO BOLAÑOS LORENZANA

En el acto de su investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

**SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, OCTUBRE DEL 2000.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**RECTOR****Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA****JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA****DECANO****VOCAL PRIMERO****VOCAL SEGUNDO****VOCAL TERCERO****VOCAL CUARTO****VOCAL QUINTO****SECRETARIO****Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera****Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello****Ing. Agr. William Roberto Escobar López****Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa****Prof. Jacobo Bolvito Ramos****Br. José Baldomero Sandoval Arriaza****Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada**

Guatemala, Octubre del 2000.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Distinguidos miembros:

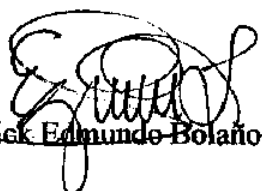
De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**EFECTO DE 3 AUXINAS SOBRE EL ENRAIZAMIENTO *in vitro* DE 10 CLONES
DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)**

Presentado como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que la presente investigación llene los requisitos para su aprobación, me suscribo de ustedes.

Atentamente,


Erick Edmundo Bolaños Lorenzana

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS** Por darme sabiduría y guiarme en todo momento para alcanzar una de mis metas.
- MIS PADRES** Oscar Edmundo Bolaños Martínez
 Vilma Yolanda Lorenzana de Bolaños
 Seres abnegados y sublimes a quienes debo mi ser y que han dejado toda una vida de trabajo para mi superación, como una pequeña recompensa
- MIS TIOS Y PADRINOS** Ing. Agr. Zoot. MSc. Gonzalo Roldán Pérez
 Profa. Elsa Luz Lorenzana de Roldán
 Por su apoyo incondicional y la calidad humana que me brindaron para culminar satisfactoriamente mi formación profesional.
- MI ESPOSA** Sandra Amarilis
 Como una prueba de amor y ternura por el esfuerzo y sacrificio que ambos hemos compartido para lograr nuestros objetivos.
- MI HIJO** Erick José
 Como un ejemplo de esfuerzo y superación para su futura vida.
- MI HERMANO** Juan Carlos
 Como una muestra de afecto.
- MIS PRIMAS** Luz María, Carolyn y Karen Isela
 Con especial cariño.
- MIS ABUELOS** Carlos Humberto Bolaños Vides (+), Concepción Martínez Galvez (+)
- MI FAMILIA EN GENERAL** Respetuosamente.
- MIS AMIGOS** Luis Pérez, Edgar Jacinto, Hugo Morales, Marvin Xia, Darvin Gonzalez, Edvin Gómez, Cristian Marin, Marlon Davila, Manuel Solares, Edwin Argueta, Walter Mus, José Pablo Prado, Victor Simón, Selvin Maldonado, Jorge García y Geovani López.
 Como recuerdo de las experiencias compartidas y muestra de amistad.

TESIS QUE DEDICO

A:

GUATEMALA

SAN LUIS JILOTEPEQUE

JALAPA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS

INSTITUTO MIXTO DE EDUCACION BASICA POR COOPERATIVA (IMEB)

ESCUELA OFICIAL PARA VARONES "ADOLFO VIDES URRUTIA"

TODAS AQUELLAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON A MI FORMACION.

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES

Ing. Agr. Héctor Alfredo Sagastume Mena
Ing. Agr. Domingo Amador Pérez

Por su valiosa colaboración, orientación, apoyo, experiencia y entusiasmo en la ejecución de la investigación.

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA DEL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS

Por el apoyo y recursos invertidos en la realización de la investigación.

EL PERSONAL TECNICO Y ADMINISTRATIVO DEL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA DEL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS.

Otto Osorio, Dario Fuentes, Isidro Chen, Juan Toj, Clara Vasquez, Julieta Batres, Alex Rodas, Wilian Sánchez, Ing. Héctor Sagastume, Ing. Luis Molina, Ing. Nubuhisa Suzuki, Ing. Koichiro Kamada.

Por la muestra de compañerismo.

CONTENIDO

PAGINA

INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	ix
ABREVIATURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
1. INTRODUCCION.....	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	2
3. JUSTIFICACION.....	3
4. MARCO TEORICO.....	4
4.1 Marco Conceptual.....	4
4.1.1 Generalidades del Cultivo.....	4
4.1.2 Origen.....	4
4.1.3 Descripción de la Planta.....	5
4.1.4 Clasificación Botánica.....	6
4.1.5 Importancia del Cultivo en el mundo.....	6
4.1.6 Tipos de papa cultivados en el mundo.....	8
4.1.7 Importancia de la papa en Guatemala.....	9
4.1.7.1 Zonas de producción.....	10
4.1.7.2 Clones cultivados.....	11
5.2 Aspectos generales sobre Biotecnología.....	13
5.2.1 Micropropagación.....	13
5.2.2 Historia de la Micropropagación.....	14
5.2.3 Fases de la Micropropagación.....	15
5.2.3.1 Asepsia del cultivo.....	15
5.2.3.2 Multiplicación.....	15
5.2.3.3 Enraizamiento de brotes y trasplante.....	16
5.2.4 Propagación <u>in vitro</u>	16
5.2.4.1 Ventajas.....	16
5.2.4.2 Enraizamiento <u>in vitro</u>	18
A. Etapas en el proceso de enraizamiento.....	18
B. Desventajas del enraizamiento <u>in vitro</u>	18
C. Métodos de tratamiento con auxinas.....	19
a) Aplicaciones prolongadas de auxinas.....	19
b) Elección de la concentración correcta.....	19
c) Efectos Genotípicos.....	20
d) Mezclas de auxina.....	20
e) Tratamientos con auxinas.....	20
f) Técnicas de precultivo.....	20
5.2.4.3 Origen y desarrollo del concepto clon.....	21
5.2.5 Factores que influyen en la Micropropagación.....	22

4.2.5.1 Medio de Cultivo.....	22
A. agua.....	22
B. Componentes Inorgánicos.....	22
a. Nitrógeno.....	22
b. Fósforo.....	22
c. Potasio.....	22
d. Calcio.....	23
e. Magnesio.....	23
f. Hierro.....	23
g. Microelementos.....	23
C. Componentes Orgánicos.....	23
a. Vitaminas.....	23
b. Mio-inositol.....	23
c. Aminoácidos.....	23
d. Componentes naturales.....	24
D. Otros componentes.....	24
a. Fuente de carbono.....	24
b. Agentes gelificantes para solidificar el medio de cultivo.....	24
5.2.5.2 Ambiente de cultivo.....	25
A. Los Efectos de la Luz.....	25
a. Etiolación.....	25
b. Influencia del fotoperíodo y longitud del día.....	26
c. Baja irradiación y días cortos.....	26
d. Interacción con auxina.....	26
e. Alta irradiación y días largos.....	27
f. Calidad de la luz.....	28
g. Iluminación durante la elongación de la raíz.....	28
B. Temperatura.....	28
a. Enraizamiento a temperaturas bajas.....	29
C. Aireación.....	30
5.2.6 Reguladores de Crecimiento.....	30
5.2.6.1 Auxinas.....	31
5.2.6.2 Historia de las auxinas.....	31
5.2.6.3 Localización de la auxina.....	32
5.2.6.4 Producción y síntesis de auxinas naturales en los vegetales.....	33
5.2.6.5 Función de las auxinas.....	34
5.2.6.6 Biosíntesis de la auxina.....	34
5.2.6.7 Mecanismo de acción de las auxinas.....	35
5.2.6.8 Papel de las auxinas en la formación de raíces.....	36
5.2.6.9 Utilización de auxinas para estimular el enraizamiento.....	36
5.2.6.10 Antiauxinas.....	37
5.2.6.11 Efecto tóxico de las auxinas.....	38
6. Marco Referencial.....	38
6.1 Área experimental.....	38
6.1.1 Localización.....	38

6.2	Material Vegetal.....	39
6.2.1	Características de los materiales experimentales.....	39
6.3	Estudios realizados con auxinas en papa.....	52
7.	OBJETIVOS.....	53
8.	HIPOTESIS.....	54
9.	METODOLOGIA.....	55
9.1	Localización del experimento.....	55
9.2	Factores y niveles.....	55
9.2.1	Clones que fueron sometidos a evaluación.....	55
9.2.1.1	Clave de las características de los clones Floresta, Atzimba y Atlantic	48
9.2.2	Medio de Cultivo.....	55
9.2.3	Auxinas evaluadas.....	56
9.2.4	Niveles aplicados de auxina por clon.....	56
9.3	Manejo del Experimento.....	56
9.3.1	Preparación de la solución madre.....	56
9.3.2	Preparación del medio de cultivo Ken Okabe.....	69
9.4	Transferencia de los explantes a los medios de cultivo.....	60
9.4.1	Siembra de microestacas.....	60
9.4.2	Condiciones ambientales de incubación.....	60
9.5	Diseño de tratamientos.....	60
9.5.1	Diseño Experimental.....	60
9.5.2	Unidad Experimental.....	61
9.5.3	Modelo Estadístico.....	61
9.6	Registro de la Información.....	61
9.6.1	Sobrevivencia.....	61
9.6.2	Peso seco de raíces.....	62
9.6.3	Número de raíces principales.....	62
9.6.4	Longitud de raíces.....	62
9.6.5	Altura de planta.....	62
9.6.6	Variables respuesta.....	63
9.7	Análisis de la Información.....	63
9.8	Presentación de Resultados.....	63
10.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	64
10.1	Clon Ictafrit.....	64
10.2	Clon Loman.....	66
10.3	Clon ICTA-Chiquirichapa.....	67
10.4	Clon Atlantic.....	69
10.5	Clon Atzimba.....	70
10.6	Clon Floresta.....	71

10.7 Clon Tollocan.....	73
10.8 Clon Xalapan.....	74
10.9 Clon Lemhi-Russet.....	75
10.10 Clon Amigo.....	77
11. CONCLUSIONES.....	79
12. RECOMENDACIONES.....	80
13. BIBLIOGRAFIA.....	81
14. APENDICE.....	84

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Area, productividad y producción de papa en el mundo en 1998.	7
CUADRO 2	Area, productividad y producción de papa en el mundo proyección para el año 2000.	8
CUADRO 3	Composición química de la papa.	10
CUADRO 4	Resumen de estudios realizados sobre enraizamiento en papa	43
CUADRO 5	Resumen de las características de los clones Floresta, Atzimba y Atlantic.	47
CUADRO 6	Auxinas y niveles utilizados por tratamiento.	55
CUADRO 7	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Ictafrit.	62
CUADRO 8	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Ictafrit.	63
CUADRO 9	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Loman.	64
CUADRO 10	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Loman.	64
CUADRO 11	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon ICTA-Chiquirichapa.	65
CUADRO 12	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon ICTA-Chiquirichapa.	66
CUADRO 13	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Atlantic.	67

CUADRO 14	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Atlantic .	67
CUADRO 15	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Atzimba .	68
CUADRO 16	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Atzimba .	69
CUADRO 17	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Floresta .	69
CUADRO 18	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Floresta .	70
CUADRO 19	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Tollocan .	71
CUADRO 20	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Tollocan .	71
CUADRO 21	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Xalapán .	72
CUADRO 22	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Xalapán .	73
CUADRO 23	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Lemhi-Russet .	73
CUADRO 24	Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Lemhi-Russet .	74
CUADRO 25	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Amigo .	75

CUADRO 26 Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Amigo.	75
CUADRO 27A Datos originales del experimento del clon Ictafrit.	88
CUADRO 28A Datos originales del experimento del clon Loman.	91
CUADRO 29A Datos originales del experimento del clon ICTA-Chiquirichapa.	94
CUADRO 30A Datos originales del experimento del clon Floresta.	97
CUADRO 31A Datos originales del experimento del clon Atlantic.	100
CUADRO 32A Datos originales del experimento del clon Atzimba.	103
CUADRO 33A Datos originales del experimento del clon Tollocan	106
CUADRO 34A Datos originales del experimento del clon Amigo.	109
CUADRO 35A Datos originales del experimento del clon Xalapán.	112
CUADRO 36A Datos originales del experimento del clon Lemhi-Russet.	115

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Sobrevivencia para los clones Ictafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlantic, Atzimba, Floresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Amigo.	83
FIGURA 2	Peso seco de raíces para los clones Ictafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlantic, Atzimba, Floresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Amigo.	84
FIGURA 3	Número de raíces para los clones Ictafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlantic, Atzimba, Floresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Amigo.	85
FIGURA 4	Longitud de raíces para los clones Ictafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlantic, Atzimba, Floresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Amigo.	86
FIGURA 5	Altura de planta para los clones Ictafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlantic, Atzimba, Floresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Amigo.	87

ABREVIATURAS

AIA	Acido indolacético
AIB	Acido indolbutírico
ANA	Acido naftalenacético
ARN	Acido ribonucleico
ADN	Acido desoxiribonucleico
Bo	Boro
B5	Medio de cultivo de Gamborg et al. (1968)
°C	Grados centígrados
Ca	Calcio
CIP	Centro Internacional de la Papa
cm	Centímetros
Cu	Cobre
EDTA	Acido etilendiaminotetraacético
Fe	Hierro
ha	Hectárea
HCl	Acido clorhídrico
ICTA	Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas
K	Potasio
kg	Kilogramos
l	Litros
lx	Lux
Mg	Magnesio
ml	Mililitros

mg/l	Miligramos por litro
mm	milímetros
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
MS	Medio de Murashige y Skoog (1962)
msnm	Metros sobre el nivel del mar
P	Fósforo
P2	Medio de cultivo PAPA 2 desarrollado por Ken Okabe
ppm	Partes por millón
ton/ha	Toneladas por hectárea
$\mu\text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$	Micro moles por metro cuadrado por segundo
ug	Microgramos
μM	Micro moles
W	Watt
Zn	Zinc
%	Por ciento

**EFFECTO DE 3 AUXINAS SOBRE EL ENRAIZAMIENTO in vitro DE 10 CLONES
DE PAPA (Solanum tuberosum L.)**

**EFFECT OF THREE AUXINS OVER ROOTING in vitro OF TEN POTATO (Solanum
tuberosum L.) CLONS.**

RESUMEN

La Papa, en Guatemala, constituye actualmente un alimento muy consumido por la población, sus usos son variados y al igual que el maíz y el frijol, forman parte importante en la dieta básica alimenticia. La papa suple, por lo menos, 12 vitaminas y minerales esenciales, incluyendo una gran cantidad de vitamina C. La papa también provee cantidades significativas de proteínas, carbohidratos y hierro.

En el cultivo de papa, se ha tenido éxito a nivel de su multiplicación en el laboratorio, pero se tienen dificultades en su adaptación al invernadero. Esto como consecuencia de su pobre enraizamiento en la fase de micropropagación. Existen auxinas que tienen efecto en la inducción de raíces, pero en papa, se carece de información sobre cuales, y que niveles de éstas, producen los mejores resultados en la producción de raíces.

La investigación se realizó en el laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y tuvo como objetivo evaluar el efecto de las auxinas AIA, AIB ANA, y tres niveles de éstas sobre el enraizamiento de diez clones de papa.

Para lo cual se realizó un experimento utilizando un diseño completamente al azar para cada uno de los clones, con diez tratamientos y veinte repeticiones dando un total de 200 unidades experimentales por clon. Las variables de respuesta fueron: sobrevivencia, peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta.

Para todos los clones que se evaluaron, el mejor enraizamiento considerando todas las variables, se produjo con la auxina AIB (ácido indolbutírico), teniendo en cuenta que cada nivel es específico para cada clon. Para los clones Ictafrit, Loman, Atzimba el mejor nivel es de 1.5 mg/l de AIB; para el clon ICTA-Chiquirichapa el mejor nivel es el 1.0 mg/l de AIB; para los clones Atlantic, Tollocan, Xalapán y Amigo el mejor nivel es 0.5 mg/l de AIB; para los clones Floresta y Lemhi-Russet no se recomienda aplicar auxinas.

1. INTRODUCCION

La papa es un cultivo de importancia a nivel mundial por ser parte primordial en la dieta de una gran parte de la población; su producción ocupa el quinto lugar en el mundo entre los principales cultivos alimenticios, detrás del trigo, arroz, maíz y cebada(17).

La papa, en Guatemala, constituye actualmente un alimento muy consumido por la población, sus usos son variados y al igual que el maíz y el frijol, forman parte importante en la dieta básica alimenticia. La papa supe, por lo menos, 12 vitaminas y minerales esenciales, incluyendo una gran cantidad de vitamina C. La papa también provee cantidades significativas de proteínas, carbohidratos y hierro (10).

Tanto en el mundo como en Guatemala la papa es un cultivo de importancia económica y alimenticia. Su producción en los países desarrollados es de 199,151,000 toneladas métricas y en los países en desarrollo de 75,698,000 toneladas, siendo Rusia, Europa y el Lejano Oriente los que más producen. Guatemala exportó, en 1998, 296,418.36 toneladas obteniendo un ingreso de US \$ 57,182,533.51 (4). Los rendimientos en nuestro país, se han incrementado al nivel de 24.78 toneladas/ha debido a la tecnología generada y al mejoramiento de su germoplasma, sin embargo, existen todavía vacíos de información que limitan la propagación eficiente de los materiales valiosos que se tienen en la actualidad.

El presente trabajo estudió el efecto de tres auxinas y tres niveles de éstas sobre el enraizamiento de diez clones de papa (Solanum tuberosum L.) tomando en consideración la necesidad que se tuvo de generar información faltante, sobre sus beneficios en la inducción y formación de raíces en plántulas de papa, a nivel in vitro. Esto con el fin de encontrar solución al problema. Se evaluaron las auxinas ácido indolacético (AIA), ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenacético (ANA).

Este estudio se realizó en las instalaciones del laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ubicado en el kilómetro 21.5 carretera a Amatitlán en Bárcena, Villa Nueva.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

El cultivo de tejidos vegetales es una forma técnica y eficiente para multiplicar clones de papa aceleradamente, teniéndose plantas libres de plagas y enfermedades de material escaso y valioso, tanto nacional como extranjero.

Según Chavéz (2), una de las limitantes que se presenta para la producción es la adaptación de las plántulas al invernadero ya que la calidad del enraizamiento es bajo, principalmente en cantidad y calidad de las raíces formadas y esto provoca un 20% de muerte de plántulas.

En el cultivo de papa se ha tenido éxito a nivel de su multiplicación en el laboratorio, pero, se tienen dificultades en su adaptación al invernadero. Esto como consecuencia de su pobre enraizamiento en la fase de micropropagación. Existen auxinas que tienen efecto en la inducción de raíces, pero en papa, se carece de información sobre cuales y que niveles de éstas producen los mejores resultados en la producción de raíces.

Esto limita su utilización a nivel de la micropropagación para estimular el enraizamiento de las plántulas de papa y por lo tanto las pérdidas de ésta en invernadero son cuantiosas, repercutiendo en los costos de producción.

3. JUSTIFICACION

La papa constituye parte importante en la dieta alimenticia de los guatemaltecos debido a su alto valor nutritivo como fuente de aminoácidos, carbohidratos, calorías y proteínas. Actualmente se cultivan en Guatemala 11,962 hectáreas de papa anualmente y más de 15,000 agricultores dependen económicamente de este cultivo. Los principales departamentos productores son Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá y Quiché en el altiplano occidental; la Montaña de Jalapa en la parte oriental y Alta y Baja Verapaz en la parte norte de la república.

En el presente, dichos agricultores requieren de tecnologías que les permitan propagar sus materiales genéticos en forma eficiente. Con la técnica que se utilizó se pretendió ofrecer a los propagadores de papa in vitro una metodología que les permitiera obtener un alto porcentaje de material enraizado y de esta manera aprovechar todo el material propagado en forma masiva.

Se ha demostrado que a través del uso de auxinas es posible incrementar el porcentaje de plantas que enraizan a nivel de micropropagación, así como disminuir el tiempo en que éstas se producen. Es por ello que con el fin de contribuir a darle una solución al problema de adaptación de las plántulas trasplantadas al invernadero, el presente trabajo planteó determinar, la mejor auxina y nivel de ésta para el enraizamiento de plántulas de papa.

Lo anterior permitirá a las cooperativas productoras de papa del país, tener una alternativa en la compra de material vegetativo enraizado en forma eficiente en el invernadero y libre de microorganismos fitopatógenos.

4. MARCO TEORICO

4.1 Marco Conceptual

4.1.1. Generalidades del Cultivo

La papa (Solanum tuberosum L.) es una planta dicotiledónea, con características anuales, potencialmente perenne, pertenece a la familia Solanaceae. Se cultiva en regiones frías o templadas a altitudes de 2,000 metros sobre el nivel del mar. Su reproducción es típicamente asexual, realizándose por medio de tubérculos, los cuales constituyen la parte comestible de la planta. El tubérculo se forma subterráneamente en el extremo de un estolón, al existir proliferación de tejido de reserva. Mediante este método se producen plantas genéticamente idénticas, por lo que muchos de los cultivares conocidos son clones con baja variabilidad genética (11, 12, 13).

4.1.2 Origen

El origen de la papa se sitúa en la región Andina de Sudamérica, en las altas mesetas de la cordillera de los Andes (8, 15). Se cree fue cultivada en la vecindad del lago Titicaca en los bordes de Perú y Bolivia(15).

Ducreux (8) encontró documentos arqueológicos y étnicos que señalan que las poblaciones andinas al sur de Perú empezaron a comer papas silvestres de tres a cuatro mil años antes de nuestra era, produciéndose su domesticación antes de la llegada de los Incas.

La papa fue diseminada a casi todo el mundo desde Sudamérica, introduciéndose a Europa hacia el año 1570, luego a Irlanda. Sin embargo, la aceptación de la papa no fue del todo buena al considerarse que era alimento para animales, mendigos, e incluso se creía que producía lepra. Actualmente su consumo se ha popularizado y forma la base de la dieta de muchos países en el mundo. Hasta el grado que en 1840 su escases causó hambrunas extremas que provocaron la muerte de millares de personas en Irlanda, suceso conocido como "la hambruna de la papa".

a causa de la susceptibilidad de los clones al hongo Phytophthora infestans (tizón tardío), hongo que se constituyó en el causal de la enfermedad más importante de la papa en el mundo (8, 15).

4.1.3 Descripción de la Planta

Existe una gran diversidad de variedades, subespecies y cultivares, que poseen características particulares, de las cuales algunas están claramente diferenciadas y otras aún conservan la propiedad de poderse mezclar. Los aspectos generales se definen a continuación:

Flores: posee flores pentámeras de colores diversos, ovario bilocular, estilo y estigma simple, con autopolinización natural.

Frutos: posee frutos biloculares, generalmente estériles, redondos, de color verde a castaños.

Tallo: posee tallo de forma angular, herbáceos cuando jóvenes y leñosos cuando adultos.

Hojas: presenta tres tipos, las primarias y las que provienen de tubérculos que son de tipo simple; las que se presentan cuando la planta se ha establecido de tipo pinnadocompuestas y las que se originan del tallo subterráneo que tienen forma de escama, de las cuales a través de las yemas axilares emergen los estolones.

Raíces y estolones: provienen del tallo subterráneo. Si la planta sembrada proviene de semilla botánica poseerá una raíz principal delgada, fibrosa, en cambio si procede de un tubérculo el sistema radicular será un sistema fibroso lateral (8, 15).

4.1.4 Clasificación Botánica

De acuerdo con Hernández (16), la clasificación botánica de la papa es la siguiente:

División	Tracheophyta
Subdivisión	Pinophytina (Gymnospermae)
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotiledoneas
Serie	Sin Pétalos
Subserie	Tetracíclicas
Orden	Polemoniales
Familia	Solanaceas
Género	<i>Solanum</i>
Subgénero	Leptostemonum
Sección:	Tuberarium
Subsección	Hyperbasarthrum
Especie	<i>Tuberosum</i>

4.1.5 Importancia del Cultivo en el mundo

La papa ocupa el quinto lugar en producción entre los principales cultivos alimenticios del mundo, superada por el trigo, arroz, maíz y cebada. Su rendimiento en proteína excede en unidades porcentuales a los siguientes cultivos: trigo, 2.2; arroz, 1.33; maíz, 1.20 (15, 17).

La papa constituye una fuente rica en almidón (fécula), que es la fuente de materia prima para producir dextrina, harina para galletas, repostería, pastelería, aguardiente como el vodka o el aguavit, excipiente para comprimidos, producción de engrudo, fabricación de papel como el couche kraft, la fabricación de conglomerados de madera y otros (8).

Cuadro 1. Area, productividad y producción de papa en el mundo en 1998.

	AREA (ha)	RENDIMIENTO (tm/ha)	PRODUCCION (tm)
MUNDO	18135000	15.20	274849000
PAISES DESA- RROLLADOS	11885000	16.80	199151000
AMERICA DEL NORTE	633000	31.20	19754000
COMUNIDAD EUROPEA	1898000	27.50	52250000
RESTO DE EUROPA	2951000	17.10	50449000
RUSIA	6162000	11.40	70273000
OCEANIA	47000	28.10	1323000
OTROS	194000	26.30	5102000
PAISES EN DESARROLLO	6250000	12.10	75698000
AFRICA	548000	7.70	4203000
AMERICA LATINA	1048000	11.70	12243000
CERCANO ORIENTE	496000	19.00	9430000
LEJANO ORIENTE	4156000	12.00	49815000
OTROS	2000	3.50	7000

Fuente: estudio conjunto CIP-FAO: "La papa en la década de los noventa".

Cuadro 2. Area, productividad y producción de papa en el mundo (proyección para el año 2000)

	AREA (ha)	RENDIMIENTO (tm/ha)	PRODUCCION (tm)
MUNDO	18429000	16.8	312385000
PAISES DESARROLLADOS	10643000	19.4	206958000
AMERICA DEL NORTE	645000	35.4	2847000
COMUNIDAD EUROPEA	1672000	31.5	52592000
RESTO DE EUROPA	2685000	18.1	48663000
RUSIA	5403000	14.1	76133000
OCEANIA	49000	30.4	1490000
OTROS	189000	27.7	5233000
PAISES EN DESARROLLO	7786000	13.5	105427000
AFRICA	710000	9.2	6526000
AMERICA LATINA	1165000	13.6	15891000
CERCANO ORIENTE	584000	21.7	12662000
LEJANO ORIENTE	5324000	13.2	70337000
OTROS	3000	3.7	11000

Fuente: estudio conjunto CIP-FAO: "La papa en la década de los noventa".

4.1.6 Tipos de Papa cultivados en el Mundo

Las papas cultivadas actualmente, son especies o híbridos pertenecientes a la familia Solanaceae, sección tuberina, con alrededor de 150 especies tuberíferas. Se conocen dos cultivares: Solanum tuberosum subespecie andígena procedente de los Andes, y Solanum tuberosum subespecie tuberosum procedente del sur de Chile.

Según Hooker (16) la más común de las papas Solanum tuberosum L. es un tetraploide ($2n=48$ cromosomas) cuya procedencia se estima de una especie $2x=24$ cromosomas. Está compuesta por las subespecies tuberosum y andígena, las cuales son completamente fértiles entre sí.

La subespecie andígena se cultiva plenamente en Suramérica y se caracteriza por tener ojos profundos, a menudo pigmentados. Su tuberización es inducida en días cortos.

La subespecie tuberosum se cultiva en América del Norte y el norte de Europa. Tiene requerimientos de días largos.

Hooker (17) menciona que no son subespecies diferentes, ya que, por selección de material de andígena, se puede obtener material tuberosum.

4.1.7 Importancia de la Papa en Guatemala

En Guatemala se cultiva actualmente más de 11,000 hectáreas de papa y su rendimiento es de 24.78 toneladas métricas por hectárea (4). Constituye actualmente un alimento muy consumido por la población y, al igual que el maíz y el frijol, es parte importante en la dieta básica alimenticia. Suple, por lo menos, 12 vitaminas y minerales esenciales, incluyendo vitamina C. Además, provee cantidades significativas de proteínas, carbohidratos y hierro. Su aceptación y presentación culinarias van desde lo artesanal doméstico hasta la comercial muy difundidas como acompañantes de comidas rápidas. Su cultivo está difundido en el altiplano central a alturas que van desde 1500-2600 metros sobre el nivel del mar en la parte baja y a alturas que van de 2600-3500 metros sobre el nivel del mar en la parte alta. Su amplio rango de cultivo se debe principalmente a que Guatemala posee condiciones de suelo y clima propicios para su desarrollo, principalmente donde las temperaturas oscilan entre los 15 a 20 grados centígrados (11, 12, 13).

La papa tiene un gran valor nutritivo como alimento humano y animal. Su valor biológico en proteínas es un tanto inferior al de la carne, pero supera a la proteína del trigo, verduras y avena (3).

Su composición química es variable, dependiendo del clima, fertilización, variedad, almacenaje y todas aquellas condiciones que favorezcan la producción de un buen tubérculo. En base al peso fresco, los principales componentes de la papa son:

Cuadro 3. Composición química de la papa (3)

Componente	g/100 g (peso fresco)
Agua	77.4
Total sólidos	22.6
Proteína	2.7
Grasa	0.1
Carbohidrato total	17.4
Fibra cruda	0.6
Cenizas	0.9
Hierro (g/100 g)	0.8
Calcio (g/100 g)	14.7
Fosfatos	89.0
Vitamina C (g/100 g)	21.4
Niacina (g/100 g)	1.4
Tiamina (mcg/100 g)	52.6
Rivoflavina (mcg/100 m)	33.7

4.1.7.1 Zonas de Producción

El país está dividido en tres zonas de siembra (12), la zona occidental, la zona central y la zona oriental, de las que se describen los departamentos y municipios más importantes:

a. Zona Occidental

Quetzaltenango: Concepción Chiquirichapa, Almolonga, Zunil, San Martín Sacatepéquez y Cajolá.

Totonicapán: San Francisco el Alto, San Cristóbal y San Andrés Xecul.

Huehuetenango: Todos Santos Cuchumatanes, San Juan Ixcoy y San Mateo Ixtatán.

Quiché: Chichicastenango, San Antonio Ilotenango y Patzité.

San Marcos: San Lorenzo, Comitancillo, Ixchiguán, Tacaná, Tejutla, San José Ojotenan, Concepción Tutuapa, San Pedro Sacatepéquez y la parte alta de San Marcos.

b. Zona Central

Sacatepéquez: Antigua Guatemala, Sumpango y Santa Lucía Milpas Altas.

Guatemala: Palencia, San José Pinula, Villa Nueva, San José del Golfo.

c. Zona Oriental:

Santa Rosa: Santa María Ixhuitán, San Rafael las Flores.

Jalapa: Mataquescuintla, San Carlos Alzatate, Monjas.

Jutiapa: algunas aldeas de las regiones altas.

4.1.7.2 Clones cultivados

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) (15, 16, 17), reporta los siguientes clones en el país:

DÍA-71: posee flores blancas, tubérculos grandes y alargados, madura de 120 a 130 días. Su rendimiento aproximado es de 28 toneladas/hectárea.

TECPAN-69: sus flores son de rosadas a lila, posee tubérculos grandes y ovalados, madura de 110 a 120 días. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.

- MARA:** con flores de color morado lila, tubérculos redondeados-ovalados, madura de los 100-110 días. Su rendimiento aproximado es de 22 ton/ha.
- ANGOSTA:** flores morado lila, tubérculos redondos, madura a los 100-110 días. Su rendimiento aproximado es de 20 ton/ha.
- ICTA 77:** tubérculo redondo ovalado, con piel rosada, madura a los 100-110 días. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.
- ATZIMBA:** flores blancas, tubérculos amarillentos, en el exterior y crema en el interior, de forma redonda-ovalado, madura de los 100 a 120 días. Su rendimiento aproximado es de 21 ton/ha.
- TOLLOCAN:** flores blancas, tubérculos redondos de color crema, madura de los 90 a 100 días. Su rendimiento aproximado es de 21 ton/ha.
- ICTA-CHIQUIRICHAPA:** flores moradas, forma de tubérculo ovalado, madura de los 90 a 100 días. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.
- ICTA-CUCHU:** tubérculo ovalado, con piel color crema, madura de 90 a 100 días. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.
- ICTA-ALASKA:** tiene flores blancas, tubérculo redondo, con piel blanca, ojos con yemas semiprofundas, madura de los 100 a 110 días. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.
- ICTA-PAQUIX:** tubérculo redondo con piel morado-lila, madura de los 110 a 130 días. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.
- ICTA-TACANA:** tubérculos redondos, con piel roja, madura de los 110 a 130 días. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.

LOMAN: tubérculos largos y aplanados, por lo regular no florea, madura de los 80 a 100 días. Es una variedad holandesa, buena para consumo fresco. Su rendimiento aproximado es de 25 ton/ha.

ZACULEU 70: tubérculos grandes con piel pigmentosa rosada o roja, madura a los 90 días. Su rendimiento aproximado es de 21 ton/ha.

ALPHA: tubérculos ovalados o redondos, flores blancas escasas, madura de los 100 a 120 días. Su rendimiento aproximado es de 21 ton/ha.

UTATLAN: tubérculos redondos ovalados, flores blancas, madura a los 130 días. Su rendimiento aproximado es de 21 ton/ha.

5.2. Aspectos Generales sobre Biotecnología

Según Villalobos (25), entre los avances y desarrollos más recientes de la ciencia, la Biotecnología ha logrado los de mayor importancia, principalmente en la medicina y Agronomía. En la Agronomía, los métodos modernos de la Biotecnología ha contribuido al incremento de la producción, a mejorar la calidad de los productos y se prevee, en un corto plazo, avances significativos en la resistencia a plagas y enfermedades y factores ambientales adversos. La Biotecnología se define como "Cualquier técnica que utiliza organismos vivos o partes de los mismos para mejorar plantas o animales, modificar productos o desarrollar microorganismos para aplicaciones científicas".

5.2.1 Micropropagación

Cuando se considera que la mayoría de las plantas que se propagan mediante el cultivo aséptico se originan generalmente en pequeños esquejes, se puede apreciar rápidamente que no hay nada fundamentalmente nuevo acerca de la multiplicación de las plantas por medio del cultivo de tejidos. La palabra micropropagación, utilizada por primera vez en 1968 por Hartmann y Kester

en su conocido libro sobre propagación de plantas, parece haber ganado una amplia aceptación como término general para designar varias de las técnicas utilizadas en la multiplicación in vitro.

Originalmente, la micropropagación se definió como "Cualquier procedimiento aséptico que comprenda la manipulación, en las plantas, de órganos, tejidos o células que produzcan poblaciones de plántulas y que permitan el desvío tanto del proceso sexual normal como de la propagación vegetativa no aséptica que se practica convencionalmente".

La micropropagación clonal implica que cada una de las plántulas que se produce pueda crecer y ser fenotípica y genotípicamente idénticas a la planta original de la que se deriva. Hasta el momento, las puntas de tallos y las yemas laterales han sido los explantes más comúnmente utilizados para la etapa de iniciación o establecimiento.(19).

5.2.2 Historia de la Micropropagación

La técnica de generar plantas nuevas en un medio de crecimiento artificial y en condiciones asépticas, se inició con investigaciones sobre fisiología vegetal. Asimismo estas investigaciones tomaron auge cuando Sacks, en 1860, y Knops, 1861, observaron que los principales nutrientes de las plantas eran compuestos orgánicos, para lo cual prepararon una solución que contenía una mezcla de ellos. Esta mezcla se utilizó posteriormente por casi todos los investigadores que siguen este campo de estudio. En 1878, Vockting aportó más información de nuevas yemas y raíces, o de yemas axilares de las cuales se colocaron en una cámara al vacío (8).

Haberlandt, en 1902, aisló y cultivó tejido vegetal, utilizando asepsia (8) y vaticinó que podría ser posible cultivar células somáticas en medios de cultivo. White, en los años 1934 y 1939, cultivó raíces de tomate in vitro agregándole al medio extractos de vitaminas, levadura, etc. Gautheret y Nobecout, conjuntamente con otros colaboradores, indujeron el crecimiento de callo en un medio sintético (8).

En la década de los 50-60, Skoog descubrió que cultivando callo de tabaco se proliferaba en un medio que tenía como uno de sus ingredientes ADN que provenía de semen de pescado.

Este compuesto responsable del crecimiento fue identificado como cinetina reconociendo su función como regulador en la iniciación de la división celular. En 1962, Murashige y Skoog desarrollan un medio nutritivo con el que logran crecimiento rápido de tejidos en tabaco que posteriormente fue útil para muchas especies de plantas. Este medio es ampliamente utilizado en cultivo in vitro (18).

Después de estos descubrimientos y avances en las investigaciones de cultivo de tejidos, se han realizado innumerables trabajos aplicando técnicas de cultivo in vitro, en muchas especies de plantas y utilizando diversos explantes. Todos estos trabajos se han orientado más que todo a la citología, fusión de protoplastos, fitomejoramiento, propagación, mutagénesis, formación de híbridos interespecíficos, etc.

5.2.3. Fases de la Micropropagación

Existen tres pasos importantes, que deben tomarse en cuenta en la micropropagación, según lo propuesto por Murashige en 1974.

5.2.3.1 Asepsia del Cultivo

Los medios de cultivo pueden provocar la proliferación de microorganismos en donde pueden crecer y desarrollarse , compitiendo con el cultivo, es por eso que es necesario que todos los explantes deben estar debidamente limpios y desinfectados. Las sustancias más comunes para desinfectar los explantes son: el hipoclorito de sodio o de calcio, el peróxido de hidrógeno, el nitrato de plata, el cloruro de mercurio y alcohol etílico en diferentes concentraciones (8, 18).

5.2.3.2 Multiplicación

En ésta etapa sucede la formación de nuevas células por división, o por aumento en tamaño. Esta etapa está influenciada por las condiciones in vitro y la ganancia en peso seco da como resultado la diferenciación de novo.

5.2.3.3 Enraizamiento de brotes y transplante

Para que se de esta etapa se debe trasladar el cultivo a otro medio con menos cantidad de sales inorgánicas y cambios en el balance hormonal, es decir, disminuir las citocininas y aumentar las auxinas. La última etapa de la micropropagación es el período de endurecimiento o aclimatación en la cual la planta deberá colocarse en condiciones normales para su desarrollo total. Para lograr ésta fase se deberá lavar la planta y eliminar los restos del medio de cultivo que pudieran quedar en las raíces y luego sembrarlas en suelo estéril, cubriéndolas con bolsas plásticas a las cuales se le abrirán agujeros para aclimatarlas poco a poco a su nuevo habitat.

5.2.4 Propapagación in vitro

5.2.4.1 Ventajas

Los métodos disponibles para la propagación de plantas in vitro son una extensión de aquellos ya desarrollados por propagación convencional. Las técnicas in vitro tienen las siguientes ventajas sobre los métodos tradicionales:

- Los cultivos se comienzan con piezas muy pequeñas de plantas (explante) y después de eso, pequeños brotes o embriones son propagados (de aquí el término micropropagación para describir los métodos in vitro). Sólo una pequeña cantidad de espacio es requerido para mantener las plantas o para incrementar grandemente su número.
- La propagación es idealmente aséptica libre de patógenos. Una vez los cultivos han sido empezados debería no haber pérdidas por enfermedades y las plántulas finalmente producidas deberían estar libres de bacterias, hongos, virus y nemátodos (esto no siempre se cumple).
- Los métodos están disponibles para plantas libres de enfermedades por virus. Providencialmente estas técnicas son empleadas o el material libre de virus es usado para iniciar cultivos, plantas certificadas libres de enfermedades pueden ser producidas en gran cantidad.

- Un ajuste más flexible de factores influyentes en la regeneración vegetativa es posible tales como niveles de nutrientes y reguladores del crecimiento, luz y temperatura. La tasa de propagación es por esto, mucho más grande que en la macropropagación y muchas más plantas pueden ser producidas en un tiempo dado. Esto puede facilitar nuevamente variedades seleccionadas para ser hechos disponibles rápidamente y en gran cantidad, ya que numerosas plantas pueden ser producidas en un corto tiempo. La técnica es muy conveniente cuando un alto volumen de producción es esencial.
- Puede ser posible producir clones de algunas plantas que de otra forma sería más lento y difícil (o incluso imposible) propagar vegetativamente.
- Las plantas pueden adquirir una nueva característica temporal a través de la micropropagación en la cual las hace más deseables para crecer, que el método convencionalmente utilizado. Un hábito espeso (lo que se busca en plantas ornamentales) y la formación e incrementación de brotes nuevos (fresas) son dos ejemplos.
- La producción puede ser continuada a lo largo de todo el año y es independiente de los cambios estacionales.
- El material reproducido vegetativamente puede ser almacenado por largos períodos de tiempo.
- Se requiere menos energía y espacio para los propósitos de propagación y para el mantenimiento de inventarios de plantas.
- El material vegetal necesita poca atención entre subcultivos y no hay labor o requerimiento de materiales para irrigación, control de malezas, rociadoras, etc. La micropropagación es más ventajosa ya que el costo es menor que los métodos tradicionales de multiplicación (9).

5.2.4.2 Enraizamiento in vitro

A. Etapas en el proceso de enraizamiento

Pocas plantas son convenientes para el enraizamiento como brotes, pero en la mayoría de especies, los brotes al ser enraizados in vitro están cortados separadamente y, después que las hojas basales han sido eliminadas, para luego ser plantadas en un medio proporcionado hasta que las raíces han sido formadas. Muchos factores influyen en el éxito de ésta operación, algunos son muy simples, tales como la observación de que el enraizamiento sólo toma lugar efectivo cuando los explantes han alcanzado un tamaño mínimo, otros son más complejos.

Generalmente se encuentran cuatro fases que pueden ser distinguidas en el proceso de enraizamiento (Moncousin, 1986):

- Una fase de inducción: cuando la capacidad para la formación de raíz es determinada.
- Una fase de iniciación: cuando ocurren cambios citológicos visibles.
- Una fase de organización: cuando la raíz principal puede ser vista para ser producida histológicamente.
- Una fase de crecimiento (elongación de la raíz): cuando se desarrolla hacia raíces.

Los tratamientos que promueven una de éstas actividades pueden no ser óptimos para aquellas que los pueden o siguen (9).

B. Desventajas del enraizamiento in vitro

Una de las mayores desventajas del enraizamiento in vitro es la dificultad de inducir un sistema de raíces el cual será efectivo completamente cuando las plantas son transferidas al terreno, las raíces producidas in vitro frecuentemente les faltan pelos secundarios, conexiones

vasculares y posiblemente no comiencen a desarrollar un cambium secundario hasta que sea removido del tubo de cultivo. Debergh y Maene (1981) encontraron que cuando las plantas eran examinadas alrededor de las dos semanas después de plantadas, las raíces producidas en el cultivo, en la mayoría de los casos había muerto y algunas nuevas habían empezado a desarrollarse. Las raíces que han crecido *in vitro* también tienen probabilidad de ser dañadas ya que las plántulas son removidas del cultivo (particularmente si éstas necesitan ser lavadas para remover el agar) o como éstas son plantadas fuera, esto incrementa las posibilidades de infecciones fungosas o bacterianas (9).

C. Métodos de tratamiento con Auxinas

Cuando los brotes están listos para ser enraizados *in vitro* la auxina exógena puede ser aplicada en dos formas:

- Cultivado por un período prolongado en un medio conteniendo auxina.
- Tratado con una auxina por corto tiempo anterior a un cultivo en un medio libre de auxinas (9).

a. Aplicaciones prolongadas de auxinas (crónicas)

Los brotes pueden frecuentemente ser enraizados satisfactoriamente en un medio en el cual la auxina ha sido incorporada en suficiente cantidad, para que la concentración dentro de los brotes explantados pueda volverse adecuados para la inducción de raíces. Presumiblemente, los niveles endógenos mucho tiempo después declinan suficientemente durante el período de cultivo a través del metabolismo y conjugación para permitir la iniciación de la raíz y crecimiento (9).

b. Elección de la concentración correcta

Es necesario notar que el tratamiento con la auxina que produce el más alto número de raíces por brote, puede no necesariamente ser el más apropiado. Esto es porque el crecimiento de la planta extra *vitrum* puede ser afectada (9).

c. Efectos Genotípicos

Las auxinas más frecuentemente incorporadas a los medios para inducir enraizamiento son AIA (0.1 – 10 mg/l), ANA (0.05 – 1 mg/l), y AIB (0.5 – 3 mg/l). Estos componentes pueden algunas veces ser tratados como alternativos, pero frecuentemente la formación de raíz es mucho mejor con una que con otra. El ANA, por ejemplo, es superior al AIA y AIB para el enraizamiento de brotes de Olivo (Rugini y Fontanazza, 1981) (9).

d. Mezclas de Auxinas

La formación de raíces adventicias en algunas plantas se ha encontrado que son mas efectivamente inducidas por una mezcla de auxinas que por un solo componente (9).

e. Tratamiento de auxinas cortos (agudos)

Las raíces iniciadas por una auxina (particularmente ANA) pueden algunas veces faltar, y crecer hasta que la concentración del regulador es reducido y el crecimiento del brote puede ser similarmente suprimido. La exposición prolongada a una auxina también incrementa las posibilidades de formación de callo. Para impedir estos problemas, algunos investigadores prefieren administrar auxina sólo por un corto tiempo.

Hay dos formas de aplicar dosis penetrantes de auxina:

- Los brotes pueden ser cultivados en una solución o en un medio conteniendo auxina concentrada por un período corto.
- Los brotes pueden ser simplemente sumergidos dentro del polvo de la auxina concentrada o colocada brevemente dentro de una solución concentrada (9).

f. Técnica de Precultivo

Se colocan los brotes sobre un medio conteniendo auxina (con frecuencia uno conteniendo una concentración anormalmente alta de auxina) por un intervalo corto, puede ser un método efectivo de inducción de raíz. Las raíces se desarrollan y crecen cuando los cortes son movidos a

un medio libre de auxina. Si se supone esto, a través de esta secuencia, la concentración de auxina endógena es más efectivamente reducida para permitir el crecimiento de la raíz (9).

5.2.4.3 Origen y desarrollo del Concepto clon

Herbert J. Webber, un fitomejorador del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, introdujo el término "clon" en 1903 y lo aplicó a las plantas cultivadas que se propagan vegetativamente. Derivada de una palabra griega que significa ramita o brote, la palabra clon había sido sugerida por el botánico Orator F. Cook. Esta palabra proporcionaba una forma clara de decir que "las plantas cultivadas de tales partes vegetativas no son individuos en el sentido común de la palabra, sino que simplemente son partes trasplantadas del mismo individuo; en términos de herencia, tales plantas son el mismo individuo".

En 1912, el genetista George H. Shull recomendó que se ampliase el término para incluir a los animales que aumentan su número o se multiplican por cualquier método asexual; pidió, además, que se aplicase a todos los grupos de individuos genotípicamente idénticos que se originasen de la reproducción asexual de cualquier tipo, incluyendo la apogamia. Consideró necesario limitar el uso de la palabra clon a la designación de organismos genotípicamente idénticos, con el fin de evitar confusiones en el caso de que se presentasen mutaciones somáticas; por definición, concluyó, la propagación de una yema vegetativa representaría el origen de un nuevo clon.

Actualmente el código oficial de la nomenclatura de las plantas cultivadas define la palabra clon como: "un conjunto genéticamente uniforme de individuos originalmente derivados de un solo individuo mediante propagación asexual; por ejemplo, por medio de estacas, divisiones, injertos o apomixis obligada. Los individuos propagados a partir de la mutación perceptible de una yema forman un cultivar diferente de la planta progenitora" (19).

5.2.5 Factores que influyen en la Micropropagación

5.2.5.1. Medio de Cultivo

A. Agua

Los medios de cultivo de tejidos están constituidos en su mayor parte por agua; por lo tanto, es necesario utilizar agua de intercambio iónico o agua destilada, ya que el agua natural incluye algunas sustancias que pueden causar influencia negativa para el crecimiento de las plantas in vitro.

B. Componentes Inorgánicos

Los componentes inorgánicos son importantes para el crecimiento de las plantas. Si escasean estos elementos, aparecen los síntomas característicos correspondientes a la deficiencia de cada elemento.

a. Nitrógeno

El nitrógeno es componente de aminoácidos (proteínas), vitaminas y ácidos nucleicos. Mientras la planta está en crecimiento activo, necesita gran cantidad de nitrógeno. Este se encuentra en forma de NH_4NO_3 y KNO_3 , y en cantidad adecuada según la especie de planta. Existen varias influencias del nitrógeno. En concentraciones altas, promueve el enraizamiento, mientras que, en concentraciones bajas, promueve el desarrollo de callo. Dos fenómenos semejantes son causados mediante la función del NH_4^+ .

b. Fósforo

El fósforo es uno de los elementos necesarios para el metabolismo de las plantas. Principalmente, es utilizado para sintetizar ATP como fuente de energía. Dentro de los medios de cultivo, las plantas lo absorben en forma de PO_4^{3-} .

c. Potasio

Existe relación entre el potasio iónico y la diferenciación de órganos.

d. Calcio

El calcio es componente de la pared celular.

e. Magnesio

El magnesio es un componente importante de la molécula de clorofila.

f. Hierro

Para los vegetales, el hierro es importante, particularmente, ya que es un componente de la clorofila. Normalmente se da en forma de quelato (Fe-EDTA) en los medios de cultivo, en otra forma se precipitaría.

d. Microelementos

Se adicionan manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), molibdeno (Mo) y boro (B) a los medios de cultivo como microelementos.

C. Componentes Orgánicos

a. Vitaminas

Según la especie de planta, así se adiciona tiamina (vitamina B₁), piridoxina (vitamina B₆) y ácido nicotínico.

b. Mio-inositol

Se sabe que el agua de coco incluye componentes que promueven la producción de células u órganos, y la diferenciación de los mismos. Mio-inositol es uno de estos componentes.

c. Aminoácidos

Acerca de la función de los aminoácidos, se sabe que estos promueven la producción y diferenciación de células y tejidos. Sin embargo, algunas veces pueden ocurrir inhibiciones en el crecimiento de las vitroplantas cuando se adiciona uno solo al medio de cultivo. En tal caso, se deben incluir combinaciones de varias clases para que activen conjuntamente.

d. Componentes naturales

Los más utilizados son la pulpa de plátano, agua de coco, emulsión de pescado, jugo de naranja, extracto de malta, hidrolizado protéico (caseína), jugo de tomate, extracto de levadura, etc.

En varios casos, éstos compuestos inducen diferenciación y la producción de células y tejidos, eficazmente. Sin embargo, debido a que son componentes muy complejos, no son productos estables ni homogéneos, es mejor evitar su uso, sobre todo en trabajos de investigación.

D. Otros componentes

a. Fuente de Carbono

Originalmente, las plantas pueden producir azúcar como fuente de energía a través de la fotosíntesis. Sin embargo, las vitroplantas casi no realizan fotosíntesis debido a la baja intensidad de luz en la que se desarrollan y aunque lo hagan producirán muy poca azúcar. A causa de esto, es necesario adicionar cierta cantidad de azúcar como fuente de energía. Por lo general esta cantidad varía entre 1 y 3% de sacarosa o glucosa que se agrega al medio de cultivo.

b. Agentes gelificantes para solidificar el medio de cultivo

Agar

Como un gelificante del medio de cultivo, el agar se utiliza más que otros agentes. Sin embargo, no se puede usar uno corriente como se ofrece en el mercado, ya que este es impuro y puede inhibir el crecimiento de las vitroplantas. Por consiguiente, se debe utilizar uno con alto grado de pureza. Normalmente, se adiciona entre 0.6 a 1% al medio de cultivo.

pH (potencial del ión hidrógeno)

La concentración del ión hidrógeno produce un efecto en la absorción iónica, en los medios de cultivo. La acidez y la alcalinidad extremas inhiben el crecimiento de las vitroplantas. Por lo general, se estabiliza el pH apropiado entre 5.4 a 6.0 con HCl y NaOH o KOH según la especie de planta que se va a micropropagar (24).

5.2.5.2 Ambiente de cultivo

Las condiciones del ambiente influyen sobre varios aspectos del desarrollo de las vitroplantas, sobre todo en la diferenciación de órganos y formación de embriones adventicios; por lo tanto, es importante comprender las relaciones entre los factores del ambiente y su influencia sobre las plantas de cultivo in vitro.

A. Los Efectos de la Luz

a. Etiolación

Aunque la fotosíntesis provee carbohidratos necesarios para la iniciación y el crecimiento de la raíz manteniendo brotes micropropagados (o solamente las bases del brote) en la oscuridad durante la fase inductiva es generalmente favorable para el enraizamiento. Es común porque las auxinas endógenas o exógenamente aplicadas son metabolizadas menos rápidamente en la oscuridad que en la claridad (Norton y Boe, 1982), aunque la oscuridad parece resultar en incremento de la actividad peroxidativa (Fabijan et al., 1981). Posiblemente una rápida degradación de auxina por peroxidasa cuando los cortes son movidos de la luz, inicia rápidamente la inducción y crecimiento de la raíz.

La consecuencia del crecimiento de plantas o partes sin luz, o luz de baja intensidad o de corta duración, es llamado etiolación. Esto generalmente supone que la etiolación favorece la inducción de la raíz, aunque excepcionalmente. Druart et al. (1982) reportó que la oscuridad promovía la formación *in vitro* de brotes de manzana en el período de iniciación de raíz más que durante la inducción de la raíz. Ambos indirecta o directamente, la formación de la raíz es promovida por la etiolación y la estimulación puede ser observada en pequeños explantes, callo y un cultivo grande de brotes. La etiolación del material de una planta puede ser inducida por la luz de baja intensidad y, más confiable con tratamientos en la oscuridad, para la promoción de enraizamiento *in vitro*, puede ser posible que:

- En la fase II la etiolación de los brotes cultivados después de los microcortes son mermados.
- Todos los tratamientos de los microcortes en la oscuridad o luz de baja intensidad, o:
- Asegurar que sólo la base del tallo se corte en la oscuridad.

Cualquier método ha sido usado con éxito: el tratamiento de cultivar todos los cortes es más común cuando los brotes van a ser enraizados *in vitro*; la base del brote es colocada en la oscuridad cuando los brotes son colocados en un sustrato durante el enraizamiento *in vitro*.

Aunque la etiolación es generalmente promovida, muchas plantas son capaces de producir un adecuado número de raíces adventicias cuando los brotes son detenidos en la luz o alta irradiación y su capacidad para mejorar el cultivo en el ambiente. De Fossard et al. (1978) notó que *Eucalyptus ficifolia* formaba callo y raíces en la luz si las vitaminas eran omitidas de el medio de enraizamiento.

b. Influencia del fotoperíodo y longitud del día

La irradiación y longitud del día en la cual los grupos de plantas han crecido pueden afectar el potencial de los explantes para formar raíces directamente. Esto es porque la significancia de la poca práctica de la micropropagación, excepto que la longitud del día a la cual los cultivos de la etapa II han sido sujetos pueden esperar la influencia de enraizamientos subsecuentes de brotes.

c. Baja irradiación y días cortos

Los días cortos y la baja irradiación originan la inducción de raíz, en una manera similar a la oscuridad. Por ejemplo, De Fossard et al. (1978) notaron que un bajo nivel de luz ($10 \text{ umol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) conducía al enraizamiento del eucalipto en una manera similar a la oscuridad, en donde $300 \text{ umol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ era claramente inhibitoria. Los rizomas de *Alstroemeria* eran mejor enraizados en la luz de 7 W m^{-2} .

d. Interacción con auxina

Posiblemente debido a que la etiolación afecta el metabolismo de la auxina es frecuente encontrar que tratamientos que causan etiolación interactúan con los requerimientos de auxina exógena para enraizamiento. Una baja afluencia de fotones actúan sinérgicamente con la auxina para promover la formación de raíces a partir de tejidos de alcachofa (Saussay y Gautheret, 1971), y

varias especies rosáceas requirieron más bajas concentraciones de AIB para la inducción de raíces después de que los cortes han sido guardados por una semana en la oscuridad comparado con las que si se guardaran en condiciones de iluminación continua; algunas clases solamente enraizaron después de tratamiento de oscuridad (Norton y Boe, 1982).

Tratamientos de auxina pueden sustituirse por la promoción o el efecto de días cortos sobre el enraizamiento de cortes de *Kalanchoe*. Las raíces iniciaron incluso en días largos en cortes tomados a partir de plantas que han sido guardados en días largos, los cortes fueron tratados con AIA o AIB (Nanda et al., 1967). En brotes de ápices desde la fase adulta del *Hedera helix*, la formación de raíces fue prácticamente cero en la luz de 4300 – 5400 lux, pero podría ser inducida por 10 mg/l de AIA cuando la iluminación era de sólo 540 lux. La fase de ápices juveniles, por otro lado, podría ser enraizada en la iluminación más alta si son tratados con 5-10 mg/l de ANA (Hackett, 1970).

e. Alta Irradiación y días largos

Puede ser que algunas plantas donde el enraizamiento será inducido manteniendo brotes cultivados en días largos. Hansen (1987) describió el efecto de mantener un grupo de plantas en varios períodos de tiempo sobre la subsecuente habilidad de enraizar en los cortes tomados a partir de ellos. Los tratamientos de días largos fueron sometidos por Hansen que inducían enraizamiento de *Salix*, un clon de *Begonia x cheimantha*, *Vigna radiata* y *Rhododendron*.

Aunque la oscuridad usualmente promueve la inducción de raíces, la iniciación y crecimiento de raíces es promovida por la luz incidente sobre el follaje y es usualmente mejorada cuando la radiación es incrementada. Los brotes de *Leuscospermum*, por ejemplo, enraizaron más satisfactoriamente *in vitro*, bajo $210 \text{ umol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ que cuando se cultivó bajo 110 o 150 $\text{umol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tat et al. 1992).

f. Calidad de la luz

Efectos de longitud de onda de la luz incidente sobre el enraizamiento, confirmando los resultados sobre *Vitis* y *Prunus* obtenidos por Chee y Pool y Baraldi et al., Rossi et al. (1993) han mostrado que el enraizamiento de *Prunus insititia* es promovida por luz infraroja. La proporción de brotes que enraizaron con luz de diferentes colores, mostró que éstos, enraizaron en la ausencia de auxina en luz infraroja, los autores, notaron que el más grande número de raíces por brote ocurrió cuando la auxina fue suministrada durante el tratamiento con luz infraroja.

g. Iluminación durante la elongación de la raíz

Vinterhalter et al. (1990) ha mostrado que en *Dracaena fragans*, la velocidad de elongación de raíz aumenta en un fotoperíodo de 16 horas cuando la irradiación de luz se incrementa de 1 a 17 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. La *Dracaena* es capaz de producir fotosíntesis a bajas radiaciones y así el efecto de luz aquí, puede ser debido a la producción, a través de la fotosíntesis, de un producto necesario para el crecimiento de raíz, pero probablemente un carbohidrato como elongación no era independiente en la presencia de sucrosa en el medio.

B. Temperatura

El enraizamiento *in vitro* es usualmente favorecido cuando la temperatura en la zona de enraizamiento es más alta que la que está expuesta al ambiente. La inducción de raíz *in vitro* es generalmente promovida cultivando brotes a relativamente altas temperaturas e incluso brotes de especies adaptadas a climas fríos son inducidas a formar raíces más rápidamente a temperaturas a varios grados debajo de las temperaturas normales (pero hay excepciones). El óptimo para el subsecuente crecimiento de raíz puede ser algo menos, Gautheret (1969) notó que las raíces formadas más efectivamente en *Helianthus* en segmentos a 26 °C, pero, una vez iniciados, las raíces podrían crecer a temperaturas más bajas. Si la temperatura fluctuaba alrededor del óptimo, la iniciación de raíz era estimulada.

Brotes de manzana resultantes por micropropagación, enraizaron mejor a 28 °C durante el día 22 °C en la noche, y si las temperaturas del cultivo eran reducidas a 23/17 o 18/12 °C, habla

reducciones progresivas en el número de raíces formadas (Lane, 1978). La inducción o enraizamiento de brotes de ciruela *Mirobalan* durante un tratamiento en la oscuridad inicial de dos semanas ocurrió más rápidamente a 26 °C que a 21 °C (Hammerschlag, 1981, 1982). Las raíces que se formaron a la temperatura más alta eran también las más largas que aquellas que se formaron a 21 °C, aunque el porcentaje de brotes que produjeron raíz era similar (Hammerschlag, 1982). Las raíces fueron inducidas a formarse *in vitro* con brotes de *Phlox paniculata* a 30 °C, pero, para la elongación de raíz, los cultivos se movían a 22 °C (Schanabelrauch y Sink, 1979). Brotes de *Carica papaya* guardándose a temperatura nocturna de 25 °C se encontró que la raíz se formaba más efectivamente a temperatura de día cuando era incrementada de 22, a 27, o 29 °C. Las raíces producidas a 29 °C eran más finas y tenían más raíces laterales que aquellas producidas a otras temperaturas (Drew y Miller, 1989).

Pierik (1972) descubrió que segmentos de peciolo de *Lunaria annua* formaron pocas raíces a 25 °C pero enraizaron bien a ésta temperatura en la presencia de auxina si habían sido previamente guardados por 20 semanas a 5 °C. El tratamiento frío tuvo el mismo efecto que la permanencia de los explantes en la oscuridad a 25 °C.

a. Enraizamiento a temperaturas más bajas

Hay reportes de varias plantas que forman raíces más satisfactoriamente a temperaturas más bajas que aquellas usadas por micropropagación. Brotes de *Digitalis lanata* multiplicadas a 24 °C fueron enraizadas en la presencia de 10 uM AIB a 19 °C (día) y 14 °C (noche) (Schoner y Reinhard, 1986), mientras brotes de *Aconitum carmichaeli* produjeron más raíces a 20 °C que a 25 °C (Hatano et al. 1988). Comparativamente temperaturas bajas parecen ser preferidas para el enraizamiento de algunas coníferas. Douglas notó que brotes de Abeto eran enraizados mejor a 19 °C. Menos raíces pero más callos se produjeron a 24 °C (Cheng y Voqui, 1977); relativamente pocos brotes de *Pseudotsuga menziesii* enraizaron a 24 °C, pero muchos más enraizaron a 19 °C y fueron también más satisfactoriamente establecidos en condiciones normales (Cheng, 1979) (9).

C. Alreación

Aunque normalmente las plantas producen oxígeno a través de la asimilación de bióxido de carbono y realizan la fotosíntesis, las vitroplantas, debido a las condiciones en que se encuentran, no realizan eficientemente este proceso. Además, hay posibilidades de que se forme gas etileno que inhibe la diferenciación y promueve la callosidad. Por consiguiente, es necesario que se mantenga oxígeno, lo cual se puede lograr sin cerrar herméticamente los recipientes de cultivo (24).

5.2.6. Reguladores de crecimiento

Se reconoce actualmente que la mayor parte de la actividad fisiológica de las plantas está regulada por un complejo de sustancias químicas llamadas hormonas (6). Este término fue acuñado por los especialistas en fisiología animal y a partir de allí han surgido confusiones considerables en cuanto a la terminología de las sustancias de crecimiento (25).

Los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos que, en pequeñas cantidades, fomentan, inhiben o modifican de alguna manera cualquier proceso fisiológico vegetal. Las hormonas de las plantas o fitohormonas, son reguladores producidos por las mismas plantas o que, en bajas concentraciones, regulan los procesos fisiológicos de aquellas y por lo general se desplazan de un lugar de producción a un sitio de acción (25).

Thimann (23), definió a las hormonas del crecimiento como "sustancias que siendo producidas en una parte de un organismo son transferidas a otra y en ésta influyen un proceso fisiológico específico".

En realidad es muy difícil definir el término hormona vegetal con toda precisión. Muchas sustancias del tipo hormonal pueden actuar en su lugar de síntesis, actúan al parecer de modo no específico o actúan a nivel genético como inductores o represores. A menudo se prefiere el término fitorregulador, refiriéndose a compuestos naturales o sintéticos que inducen respuestas en el crecimiento, desarrollo o metabolismo (1).

5.2.6.1 Auxinas

Thiman (23), define a las auxinas como sustancias orgánicas que promueven el crecimiento (aumento en volumen), a lo largo del eje longitudinal, en concentraciones aproximadas de 10^{-3} molar. Todos los compuestos que tienen actividad auxínica poseen hidrógeno y oxígeno en proporciones y disposiciones diferentes y algunos de ellos contienen, además, nitrógeno y cloro; tienen estructuras simples, pero la mayoría son complejos (26).

En las plantas se han identificado las siguientes auxinas naturales: indolacetaldehído (en plántulas etioladas); ácido indolpirúvico (en semillas de maíz, hojas y raíces) (plántulas de pepino) y, desde luego, en forma de ácido indolacético (AIA), encontrado de manera general en todas las especies y del cual las otras auxinas se consideran derivadas o precursoras. De hecho, cuando se habla de auxina natural, se considera que se hace referencia específicamente al AIA (7).

Los compuestos auxínicos presentan, en general, tres características que imparten a una molécula actividad auxínica; ellos son: radical ácido o fácilmente convertible a ácido, un anillo de uno a cuatro carbonos entre el radical ácido y el anillo.

5.2.6.2 Historia de las auxinas

La auxina no se descubrió hasta la década de los 20. Durante los años 1931 a 1934, en Holanda, se aislaron plantas y se caracterizaron tres auxinas. Por un sistema de fraccionamiento con varios disolventes, seguido por una destilación al vacío, se obtuvieron la auxina a (ácido auxentróico) y la auxina b (ácido auxenolónico), primero de la orina y después de gérmenes de cebada y maíz, en tanto que el ácido indolacético se obtuvo de la levadura mediante modificación de la técnica anterior. Casi simultáneamente se aisló asimismo el ácido indolacético a partir de hongos, en el Instituto de Tecnología de California. Durante los años siguientes se creyó generalmente que las auxinas a y b eran las auxinas de los vegetales superiores y que el ácido indolacético constituía un producto exclusivo de las formas inferiores. Cuando se aisló el ácido

indolacético de la harina de maíz, se señaló la presencia del ácido indolacético como la primera auxina de los vegetales superiores, incluyendo el coleóptilo de avena (26).

Durante los años que siguieron a la identificación de las auxinas, se han sintetizado una gran cantidad de sustancias que tienen las propiedades de la auxina, es decir, que estimulan el alargamiento celular; tales sustancias son muy diversas estructuralmente y comprenden varios derivados del benceno, naftaleno, indol, benzofurano y otros sistemas cíclicos como núcleos (26).

5.2.6.3 Localización de la auxina

Tras los primeros trabajos de identificación del AIA, al mejorar las técnicas de análisis y valoración, pudo acometerse el estudio del contenido de AIA en diferentes tejidos vegetales. Así, se cita la presencia de AIA en angiospermas (raíces de maíz, tallos de avena y óvulos de algodón), en gimnospermas (Picea y Pinus) y en briofitas como Marchantia (6).

Podemos apreciar que las auxinas se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal. Las cantidades de auxina, o mejor de AIA, que se detectan, oscilan entre 1 y 100 ug por kg de peso seco, aunque con las modernas técnicas de extracción y corrección de las pérdidas los valores máximos encontrados en algunos tejidos pueden ser del orden de 300 ug por kg.

Naturalmente, no todos los órganos tienen cantidades iguales de auxina. Mediante el test de epicotilo de guisante se estudió el contenido en auxina a lo largo de la plántula de trigo y se observó que existía un alto contenido en el ápice del coleóptilo que luego va disminuyendo a medida que se desciende a lo largo del mismo, alcanzándose el mínimo en la base y un incremento a medida que nos acercamos al ápice de la raíz, aunque el contenido de AIA que se alcanza en este punto es mucho menor que el que existe en el ápice del coleóptilo.

Aunque hasta ahora nos hemos referido al AIA como la auxina, debemos señalar que no es la única que se encuentra en las plantas; se ha detectado la presencia de ácido 3-indolpropiónico y ácido 3-indolbutírico. De semillas de guisante se aisló el éster metílico del ácido 4-cloro-3-indolacético con una gran actividad auxínica, así como el ácido libre. Se han citado en la literatura

otros compuestos con actividad auxínica, aunque parece que su actividad depende de la posibilidad de que sean transformadas por el tejido en AIA.

Indol acetaldehído: identificado en plántulas etioladas y en presencia de aldehído deshidrogenasa se transforma en AIA.

Acido indol pirúvico: identificado en extractos de semilla de maíz, hojas y raíces, pueden transformarse en AIA de forma espontánea o en reacción enzimática.

Indol acetónitrilo: también de amplia distribución aunque parece que no se encuentra libre en las plantas, sino formando parte del glucósido glucobrasicina, del que se libera por la enzima myrosinasa, muy frecuente en las crucíferas. Sólo ejerce acción de auxina en ciertas plantas, aquellas que poseen la enzima nitrilasa capaz de convertirlo en AIA.

Indol-3-etanol: parece que su actividad depende de la presencia de una enzima capaz de oxidarlo a AIA.

Hoy día hay pruebas claras de que existen sustancias que sin poseer anillo indólico, como todas las que hemos visto hasta ahora, poseen actividad auxínica. Se ha demostrado que el ácido fenilacético es una de ellas, habiéndose detectado en tomate, tabaco, girasol, guisante, cebada y maíz, así como algunas algas marinas. (6).

5.2.6.4 Producción y síntesis de auxinas naturales en los vegetales

Las auxinas parecen encontrarse universalmente en los vegetales y su existencia ha sido concretamente demostrada en una amplia gama de especies, más aún, las auxinas no son específicas en su acción. La misma auxina, químicamente hablando, que habitualmente tiene influencia sobre los fenómenos del crecimiento en una especie, también influyen sobre los mismos fenómenos y otros similares en otras. Las auxinas se encuentran en las células vegetales en varias formas diferentes: libres o ligadas o como precursoras (7).

Las formas en que la auxina se encuentra en la planta son: una llamada **auxina libre o difusible**, que escapa del ápice del talluelo o coleóptilo, cuando estos tejidos son puestos en agar y otra llamada **auxina ligada o no difusible** que sólo puede extraerse con éter (7).

5.2.6.5 Función de las auxinas

Las auxinas actúan en tres fenómenos: aumento en el alargamiento celular; incremento de la respiración y del metabolismo energético; cambio en el tipo de ARN. Las enzimas y proteínas son la base de muchos efectos auxínicos, que son los más notables a primera vista y los más importantes en agricultura (6).

Las auxinas desempeñan un papel importante en la fase de alargamiento en muchos órganos. En general, se considera que el alargamiento celular se produce únicamente en presencia de auxinas y que cuando hay un aumento en la concentración de éstas, aumenta también el alargamiento, siempre que no actúen otros factores limitantes. Los límites máximos de concentración para el alargamiento celular varían grandemente con los diferentes tejidos y las concentraciones, relativamente, por lo general, ejercen efectos inhibitorios sobre ésta fase del crecimiento (7).

5.2.6.6 Biosíntesis de la Auxina

Para que un compuesto cumpla el papel que una hormona desempeña debe ser que su propia concentración debe estar rígidamente controlada. El control de la concentración auxínica en las varias partes de la planta es complejo, envolviendo múltiples procesos. Un medio de regulación de los niveles de auxina es el control de la biosíntesis in situ.

El aminoácido triptófano es comúnmente considerado como el precursor para la biosíntesis auxínica (AIA) en plantas y las rutas biosintéticas que han sido estudiadas. Por una ruta, el triptófano es convertido a ácido indolpirúvico vía una reacción transaminasa, la cual requiere un ácido alfa-ceto y fosfato piridoxal en adición a una enzima. El ácido indolpirúvico luego es decarboxilado a indolacetaldehído en una reacción que requiere de carboxilasa y pirofosfato

tiamina. Una dehidrogenasa aldehído, para la cual la nicotinamida, adenina, dinucleótida es la coenzima más efectiva, oxida el indolacetaldehído a AIA.

La segunda ruta principal involucra una decarboxilación inicial de triptófano para formar triptamina. La catálisis por una auxina oxidasa luego convierte triptamina a indolacetaldehído, el cual es oxidado a AIA. En unos sistemas de plantas, una u otra de éstas rutas aparentemente ocurre con la exclusión de la otra. En otros sistemas ambas rutas son operativas (20).

5.2.6.7 Mecanismo de acción de las auxinas

Las auxinas parecen tener dos efectos principales en el proceso de alargamiento celular; aumentan la plasticidad de la pared y participan directa o indirectamente en las reacciones mediante las cuales se depositan nuevas moléculas de celulosa dentro de las paredes; sin embargo, el efecto de las auxinas en el desarrollo de la pared celular se considera en la actualidad no como un efecto directo sino como una posible expresión final de un proceso metabólico condicionado o regulado por la hormona.

Hay pruebas abundantes de que las auxinas actúan primariamente como agentes catalíticos o reguladores en alguna fase del metabolismo de los carbohidratos.

Se conocen algunos compuestos que suelen denominarse antiauxinas, las cuales contrarrestan o perturban el efecto común de las auxinas de favorecer el crecimiento. Existen en la célula varias moléculas que pueden tomar el lugar de la auxina por tener una configuración química parecida, pero que al unirse con el compuesto (sea este enzima, ADN, ARN o cualquier metabolito), con el que se debería iniciar la reacción, forman un complejo inerte, así que no son capaces de inducir acciones metabólicas y en cambio bloquean la acción de la auxina (7).

5.2.6.8 Papel de las auxinas en la formación de las raíces

Se debe distinguir claramente entre el efecto de las auxinas sobre la formación de las raíces y su efecto sobre el alargamiento radicular. En general las concentraciones requeridas para el primero de éstos procesos son mucho mayores que para el segundo.

Un efecto importante de la auxina, que también implica división de células, es el de provocar la iniciación de raíces laterales y adventicias en la raíz y en el brote. Este efecto tiende a correlacionar el grado de ramificación del sistema radical con el grado de desarrollo de yemas de brote. Más aún, debido al transporte polar hacia abajo, la auxina tiende a acumularse justamente arriba de cualquier sitio dañado en el tallo o en el sistema radical. Esta acumulación estimula la iniciación de raíces adventicias en el lugar dañado, con lo que promueve la regeneración de las raíces perdidas y aumenta las probabilidades de supervivencia de las partes aéreas de una planta después que haya sufrido una lesión abajo o al nivel del suelo (7).

5.2.6.9 Utilización de auxinas para estimular el enraizamiento

Entre los que comúnmente se utilizan, uno de los mejores estimuladores del enraizamiento es la auxina AIB. Tiene una actividad auxínica débil y los sistemas de enzimas destructores de auxinas, la destruyen en forma relativamente lenta. Un producto químico persistente resulta muy eficaz como estimulante de las raíces. Debido a que el AIB se desplaza muy poco, se retiene cerca del sitio de aplicación. Los reguladores del crecimiento que se desplazan con facilidad pueden causar efectos indeseables de crecimiento en la planta propagada.

Otra auxina excelente utilizada con frecuencia en la promoción de raíces es el ANA. Sin embargo, este compuesto es más tóxico que el AIB y deben evitarse las concentraciones excesivas de ANA por el peligro de provocar daños a las plantas.

El AIB y el ANA resultan más efectivos en la inducción del enraizamiento que el AIA. El AIA es muy inestable en las plantas y se descompone rápidamente en soluciones no esterilizadas aun

cuando permanece activo en soluciones estériles durante varios meses. Los rayos fuertes del sol pueden destruir en 15 minutos una solución de 10 ppm de AIA.

Las amidas de AIB y ANA son también agentes muy efectivos del enraizamiento. La forma amida del ANA es menos tóxica que el ANA y, por tanto, puede utilizarse con mayor seguridad. Otros homólogos son agentes eficaces de enraizamiento, aunque ninguno de ellos sea superior al ANA.

Muchos compuestos de fenoxi promueven la formación de raíces cuando se emplean en bajas concentraciones. Al aplicarlos en concentraciones muy elevadas tienden a producir raíces gruesas y atrofiadas y su límite de toxicidad se aproxima a la concentración óptima para la iniciación de raíces.

Los reguladores del crecimiento pueden modificar tanto el tipo de raíces como el número en que se produzcan. El AIB produce un sistema de raíces fuertes y fibrosas, mientras que los ácidos fenoxiacéticos a menudo producen un sistema de raíces atrofiado y matoso, compuesto de raíces dobladas y gruesas. Las sustancias promotoras del enraizamiento son a menudo más eficaces cuando se utilizan en combinación (25).

5.2.6.10 Antiauxinas

Si las moléculas con actividad auxínica lo son, en tanto sean capaces de unirse a un centro activo, es lógico pensar que moléculas que no cumplan totalmente las condiciones para unirse pueden actuar como antagonistas de las moléculas con actividad auxínica.

La primera molécula en que se detectó acción antiauxínica fue la del ácido *r*-fenilbutírico. Sin embargo, la molécula que más cerca está del prototipo de antiauxina es el ácido 2,4-diclorofenoxi isobutírico. El mecanismo de acción no está claro, aunque el hecho de que la actividad óptica sea determinante en la existencia de actividad auxínica apoya el concepto de una estrecha asociación con una superficie fija y cargada (6).

5.2.6.10 Efecto tóxico de las auxinas

La aplicación de auxinas, en concentraciones relativamente altas, produce como resultado la aparición de deformaciones de crecimiento en las plantas, tales como distorsiones en las hojas, tallos, raíces, decoloración de las hojas, inhibición del alargamiento del tallo o las raíces y de la apertura floral, así como la formación de tumores. El conocimiento de que las auxinas cuando son aplicadas en concentraciones relativamente altas pero efectivamente bajas, ejercen efectos tóxicos o letales sobre las plantas, condujo a la idea de que se les podía emplear con el propósito de matar malas hierbas u otras plantas nocivas (7).

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Area Experimental

6.1.1 Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA).

6.2. Material vegetal

6.2.1. Características de los materiales experimentales

6.2.1.1 Clon Ictafrit

- Adaptación: 2,400-3,000 msnm
- Altura de la planta: 1.10 metros.
- Tallos: erectos y fuertes
- Color del follaje: verde oscuro
- Flores: moradas
- Forma del tubérculo: oblongo-alargado

- Ojos y yemas: no profundos de color morado
- Color externo: crema
- Resistencia a tizón: muy tolerante
- Ciclo: 120 días
- Distancia de siembra: 0.40 m entre plantas y 1.0 m entre surcos

6.2.1.2 Clon Tollocan

Es originario de México, dentro de sus características se identifican:

- Adaptación: 1,800-2,500 msnm
- Altura de la planta: 75-85 cm.
- Tallos: erectos y fuertes
- Flores: blancas
- Forma del tubérculo: redondos y aplanados
- Color del follaje: verde oscuro
- Color externo del tubérculo: amarillo crema
- Color interno del tubérculo: amarillo huevo
- Ojos o yemas: poco profundos
- Ciclo: 90-100 días
- Aceptación culinaria: aceptable.

6.1.2.3. Clon ICTA-Chiquirichapa

Es originario del Perú. Sus características principales son:

- Adaptación: 2,400-2,800 msnm
- Altura de la planta: 60-80 cm.
- Tallos: erectos y fuertes
- Flores: moradas
- Forma del tubérculo: ovalados

- Color del follaje: verde oscuro
- Color externo del tubérculo: crema
- Color interno del tubérculo: amarillo o crema
- Ojos o yemas: poco profundos
- Ciclo: 90-100 días
- Aceptación culinaria: aceptable
- Resistencia a tizón: susceptible

6.2.1.4. Clon Loman

Es originario de Perú. Sus características son:

- Adaptación: 1,700-2,500 msnm
- Altura de la planta: 60-70 cm.
- Tallos: erectos al principio, rastroeros al final
- Flores: por lo regular no florea
- Forma del tubérculo: alargado y ligeramente aplanado
- Color del follaje: verde oscuro
- Color externo del tubérculo: amarillo crema
- Color interno del tubérculo: crema
- Ojos o yemas: superficiales
- Ciclo: 90-100 días

6.2.1.5. Clon Xalapán

Es originario del Perú. Sus características son:

- Forma del tubérculo: oblongo alargada
- Color de las flores: moradas
- Muy buena calidad culinaria

- Recien cosechados posee la característica de tener yemas de color lila por lo cual se le conoce con el nombre de punto rojo.
- Medianamente tolerante a tizón tardío (*Phytophthora infestans* De Bary)
- Ciclo: 90-100 días
- Rendimiento: 25 ton/ha

6.2.1.6. Clon Lemhi-Russet

Es originario de norteamérica. Sus características son:

- Forma del tubérculo: alargada
- Buena calidad culinaria
- Susceptible a tizón tardío (*Phytophthora infestans* De Bary)

6.2.1.7. Clon Amigo

Características agrícolas:

Maduración: tardía

Tubérculos: ojos superficiales

Rendimiento: alto

Materia seca: contenido alto.

Calidad culinaria: se deshace en la cocción, puro de color.

Follaje: de desarrollo algo lento, más tarde bastante abundante, de tallos algo débiles.

Enfermedades: medianamente sensible a la Phytophthora de la hoja, poco sensible a la del tubérculo, inmune a la sarna verrugosa, resistente al prototipo A del nemátodo dorado.

Características morfológicas

Planta: tallos bastante numerosos, bastante finos, más tarde extendiéndose bastante bien, en las axilas morado pálido. Hojas bastante pequeñas, rígidas, verde grisáceo;

foliolas primarias estrechas, con nervios profundos y bordes algo ondulados, floración bastante abundante, flores de color rojo morado claro.

Tubérculos: de forma oval alargada; piel amarilla clara, generalmente lisa; carne amarilla clara, ojos superficiales.

Brote: al principio periforme, más tarde coniforme, rojo morado intenso hacia la parte superior con tinte verde trasluciente; poco peloso, pelos pegados; yema terminal grande y predominantemente verde(10, 11, 12).

4.3 Estudios realizados con auxinas en papa

Cuadro 5. Resumen de estudios realizados sobre enraizamiento en papa.

Expiante	Resultados	Medio	pH	Sacarosa/Glucosa (g/l)	Agar/Liq. (g/l)	Reguladores de crecimiento (mg/l)	Autores
Brote	Brotos enraizados	0.5x Murashige y Skoog(1962)	5.8	15	7	(0.1)IAA+(0.01)Kin	Austin y Casselk(1983)
Brote	Plántulas enraizadas	Murashige y Skoog (1962) suplementado	5.8	10	Líquido	(0.1)IAA	Goodwin et al. (1980b)
Brote	Plántulas enraizadas	Murashige y Skoog(1962)	5.7	20	7	(1) AIB	Marrari y Pisis(1977)
Brote	Planta enraizada	Murashige y Skoog(1962)	5.7	20	7	(1) AIB	Marrari y Pisis(1977)
Brote (1 cm)	Plántulas enraizadas	Murashige y Skoog(1962)	5.8	20	5	(1) AIA	Roest y Bokelman(1980)
Brote	Proliferación y enraizamiento	Murashige y Skoog(1962)	5.7	30	Agar	(0.01)IAA+(1)Kin+(0.1) GA3	Reeende y Paiva(1985)
Brote	Brotación de raíces	Shepard	5.6	10	5	(0.05)IAA+(0.2)GA3+(40)ADS	Shepard (1980* b 1982)
Brote	Rápida elongación	Murashige y Skoog(1962)	5.8	30	4	(0.1)BAP	Thomas(1981)
Brote	Plántulas enraizadas	Murashige y Skoog(1962)	5.8	30	4	(0.05)IAA por 1 semana	Thomas(1981)
Brote	Inducción de raíz	Murashige y Skoog(1962)	5.8	30	7	(0.5)IAA	Webb K.J. et al.(1983)
Brote	Plántulas enraizadas	Murashige y Skoog(1962)	5.8	20	5	(0.1)IAA	De Vries y Bokelman (1986)
Brote	Brotación de raíces en plantas	Murashige y Skoog(1962)	5.8	20	5	(0.1)IAA	Bokelman y Roest (1983)

Fuente: George, E.F. (1993).

OBJETIVOS

7.1. General

7.1.1 Determinar la auxina que reporte el mejor enraizamiento in vitro y regeneración en el invernadero de 10 clones de papa (Solanum tuberosum L.)

7.2. Especificos

7.2.1 Determinar la auxina y su nivel, que como consecuencia de la inducción, produce el mayor porcentaje de sobrevivencia al trasladar las plántulas al invernadero, por clon.

7.2.2 Determinar la auxina y su nivel, que como consecuencia de la inducción, produce el mayor peso seco de raíces por clon.

7.2.3 Determinar la auxina y su nivel, que induce el mayor número de raíces principales por clon.

7.2.4 Determinar la auxina y su nivel, que induce la mayor longitud de raíces por clon.

7.2.5 Determinar la auxina y su nivel, que induce la mayor altura de planta por clon.

8. HIPOTESIS

- 8.1 Existe por lo menos una auxina, en un nivel adecuado, que como consecuencia de la inducción, produce el mayor porcentaje de sobrevivencia o regeneración en invernadero por clon.
- 8.2 Existe por lo menos una auxina, en un nivel adecuado, que como consecuencia de la inducción, produce el mayor peso seco de las raíces por clon.
- 8.3 Existe por lo menos una auxina, en un nivel adecuado, que induce el mayor número de raíces principales por clon.
- 8.4 Existe por lo menos una auxina, en un nivel adecuado, que induce la mayor longitud de raíces por clon.
- 8.5 Existe por lo menos una auxina, en un nivel adecuado, que induce la mayor altura de planta por clon.

9. METODOLOGIA

9.1 Localización del experimento

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), ubicado en el kilómetro 21.5 carretera a Amatitlán, Bárcena, Villa Nueva.

9.2 Factores y niveles

9.2.1 Clones que fueron sometidos a evaluación

Los clones de papa utilizados fueron plantas que se conservan in vitro en el laboratorio de Biotecnología del ICTA siendo ellos los siguientes:

- Loman
- ICTAFRIT
- ICTA-Chiquirichapa
- Xalapán
- Tollocan
- Atlantic
- Atzimba
- Amigo
- Floresta
- Lemhi-Ruseet

Cuadro 4. Resumen de las características de los clones Floresta, Atzimba y Atlántic.

Clones	ORIGEN	Color piel tubérculo	Color de la carne	Forma del Tub.	LB	LB/Wart	BW	PLRV	PVY	PVX	G. Pall.	G. Rost.	Meloidogyne	Granizo	Heladas	TGA	Seco	Madur. don.	Temp	Tropico fto	Tropico tibio	Tropico caliente	Día largo	Día corto	
Floresta	CIP	100	100	703	R													M			Y				Y
Atzimba	MEX	100	200	603	MR	M	S	S	S	S	S	S	S	T	S	14	M	M	Y	Y	Y		Y	Y	
Atlántic	CIP	100	200	603	R	M	S	S	S	S	S	S	S		S	1.6	M	E	Y	Y		N	N	Y	

LB= *Phytophthora infestans*
 Wart= *Synchytrium endobioticum*
 BW= *Pseudomonas solanacearum*
 PLRV= Virus del enrollamiento de la hoja
 PVY= Virus de la papa Y
 PVX= Virus de la papa X
 G Pall= *Globodera pallida*
 G. Rost= *Globodera rostochiensis* (nematodo dorado)
 Meloidogyne= *Meloidogyne* sp. (nematodo de la raíz-nudo)
 Haill= Granizo
 Helada= Helada
 TGA= Total de glicocalcátidos (mg/100 g de carne)
 I= Inmune
 R= Resistente
 MR= Moderadamente resistente
 MS= Moderadamente susceptible
 S= Susceptible
 T= Tolerante
 M= R-genes presentes
 R= r-genes ausentes

9.2.1.1. Clave de las características de los clones Floresta, Atzimba y Atlantic.**A. Color de la piel del Tubérculo (según el CIP)**

Se usan 3 códigos:

Primer Número:	Color predominante A
Segundo Número:	Color secundario B
Tercer Número:	Distribución del color secundario C

a. Predominante

1. Blanco-cremoso
2. Amarillo
3. Anaranjado
4. Moreno o castaño
5. Rosado
6. Rojo
7. Rojo-purpúreo
8. Violeta
9. Morado muy oscuro

b. Secundario

0. Ausente
1. Blanco-cremoso
2. Amarillo
3. Anaranjado
4. Moreno o castaño
5. Rosado
6. Rojo
7. Rojo-purpúreo
8. Violeta
9. Morado muy oscuro

c. Distribución del color secundario

0. Ausente

1. Pigmentos de los ojos: la pigmentación está confinada para los ojos solamente.
2. Pigmentos alrededor de los ojos.
3. Salpicada: esta pigmentación está confinada para áreas alrededor de los ojos.
4. Dispersa: Esta pigmentación está distribuida o variada en uno o más áreas del tubérculo.
5. Marcas o señales a manera de gafas: Las áreas alrededor de los ojos no muestran pigmentación pero el resto del tubérculo es pigmentado.
6. Punteado de gafas: La superficie del tubérculo es mayor o menos uniformemente cubierto con manchas.
7. Otros.

B. Color de la carne del tubérculo

Se usan 3 códigos:

Primer número:	Color predominante A
Segundo número:	Color secundario B
Tercer número:	Distribución del color secundario C

a. Predominante

1. blanco
2. cremoso

3. amarillo pálido
4. amarillo
5. amarillo profundo
6. rojo
7. violeta
8. púrpura
9. otros

b. Secundario

0. Ausente
1. Blanco
2. Cremoso
3. Amarillo pálido
4. Amarillo
5. Amarillo profundo
6. Rojo
7. violeta

c. Distribución del color secundario

Ausente

Manchas dispersas

Areas dispersas

Circulo angosto vascular

Circulo ancho vascular

Circulo vascular y medular

Toda la carne excepto la médula

Otros.

C. Forma del Tubérculo

Se usan 3 códigos:

Primer número:	Forma general del tubérculo A
Segundo número:	Forma inusual del tubérculo B
Tercer número:	Profundidad de los ojos C

a. Forma General del tubérculo

Compactado (achatado por los polos): mayor en el eje corto.

Redondo, circular: un círculo cerca delineado.

Ovalado: un delineado parecido a la sección longitudinal de un huevo.

Oboide: un delineado inversamente ovado y grueso dentro de un tercio de la distancia del ápice.

Elíptico: un delineado alrededor con el mismo grueso en igual distancia de abajo y arriba, los cuales son los dos ligeramente agudos.

Oblongo-Oval: un delineado casi rectangular con lados casi paralelos o ligeramente ancho y redondeado en las esquinas, la longitud/grosura no debe ser mayor de 3 a 2.

Largo-Oblongo: un delineado oblongo cuya longitud/grosura es aproximadamente a razón de 2 a 1.

Largo: un delineado rectangular largo y cuya longitud/grosura es a razón de 3 a 1.

b. Forma Inusual del Tubérculo

Ausente

Aplastado: si la longitud de la sección transversal, en cualquier punto de el tubérculo, es mayor que 3 veces su grosor.

Clavado: elongado grueso al final.

Forma de rífon: posee forma de un rífon.

Fusiforme: de forma pequeña, pegado gradualmente en ambos finales.

Encorbado: forma curvada o como una herradura pequeña.

Plegado: largo y plegado , inclinado en el final.

Dividido: parecido a una mano o un puño.

Forma-concertina: parecido a una concertina.

Tuberosa: cubierto con un poco o muchas pequeñas protuberancias.

D. Datos de Resistencia

LB=	<i>Phytophthora infestans</i>
Wart=	<i>Synchytrium endobioticum</i>
BW=	<i>Pseudomonas solanacearum</i>
PLRV=	Virus del enrollamiento de la hoja
PVY=	Virus de la papa Y
PVX=	Virus de la papa X

G Pall=	<i>Globodera pallida</i>
G. Rost=	<i>Globodera rostochiensis</i> (nematodo dorado)
Meloidogyne=	<i>Meloidogyne</i> sp. (nematodo de la raíz-nudo)
Haill=	Granizo
Helada=	Helada
TGA=	Total de glicoalkaloides (mg/100 g de carne)

Los códigos usados siguientes, son aplicados en cualquier lugar, para todos los causantes tales como: insectos, nemátodos, toxicidad por aluminio, heladas y granizo.

I=	Inmune
R=	Resistente
MR=	Moderadamente resistente
MS=	Moderadamente susceptible
S=	Susceptible
T=	Tolerante
M=	R-genes presentes
R=	r-genes ausentes

E. Dry Matter (sequedad)

H=	alto	H=	mayor de 24%
M=	medio	M=	18-24%
L=	bajo	L=	menor de 18%

F. Madurez

E=	precoz	E=	menor de 90 días
M=	medio	M=	de 90 a 120 días
L=	tardío	L=	mayor de 120 días

G. Adaptación al medio ambiente

- a. Temperatura normal de la zona climática fría tropical: clima frío tropical.
- b. Trópico cálido: clima tropical cálido.
- c. Días largos: mayor que 12 ½ horas efectivas de luz del día.
- d. Días cortos: menor que 10 ½ horas efectivas de luz del día (4).

Y= Adaptado

N= No adaptado

9.2.2 Medio de Cultivo

El medio nutritivo artificial utilizado fue el desarrollado por el Ing. Ken Okabe compuesto por los siguientes medios: los macronutrientes de Ken Okabe, el medio de Gamborg (1967) y el medio de Murashige y Skoog (1962), tal como se detalla en el inciso que se refiere a la preparación del medio base de cultivo.

9.2.3 Auxinas evaluadas

- A. Acido indolacético (AIA)
- B. Acido indolbutírico (AIB)
- C. Acido naftalenacético (ANA)

9.2.4 Niveles aplicados de auxina por clon

Cuadro 6. Auxinas y niveles utilizados por tratamiento.

AUXINAS	NIVELES (mg/litro)
AIA	0.05
	0.1
	0.15
AIB	0.5
	1
	1.5
ANA	0.05
	0.5
	1
TESTIGO	0

9.3 Manejo del Experimento

9.3.1 Preparación de la solución madre

El medio preparado fue el de Ken Okabe. Esta solución, tuvo una concentración de 20x y se hizo con anticipación guardándose para su posterior utilización. El procedimiento utilizado para la preparación de ésta solución fue la siguiente:

1. Colocar aproximadamente 300 ml de agua destilada en un beacker de 1 litro.
2. Pesar con precisión los siguientes reactivos.

a) Sales $\frac{1}{2}$ NMS I para 1 litro

<u>Reactivo</u>	<u>Cantidad</u>
1. $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	3,700 mg
2. $CaCl_2 \cdot 2H_2O$	4,400 mg

3. KNO ₃	19,000 mg
4. NH ₄ NO ₃	8,250 mg
5. KH ₂ PO ₄	1,700 mg

b) Sales B5 I para 1 litro

<u>Reactivo</u>	<u>Cantidad</u>
1. (NH ₄) ₂ SO ₄	1,340 mg
2. MgSO ₄ .7H ₂ O	5,000 mg
3. CaCl ₂ .2H ₂ O	1,500 mg
4. KNO ₃	3,000 mg
5. NaH ₂ PO ₄ . H ₂ O	1,500 mg

c) Solución B5 (vitaminas) para 100 ml

<u>Reactivo</u>	<u>Cantidad</u>
1. Myo-inositol	200 mg
2. Ácido nicotínico	2 mg
3. Piridoxina-HCl	2 mg
4. Tiamina-HCl	20 mg

d) MS B5 Micro para 1 litro

	<u>Cantidad</u>
1. CuSO ₄ .5H ₂ O	0.5 mg
2. CoCl ₂ .6H ₂ O	0.5 mg
3. KI	16.6 mg
4. NaMoO ₄ .2H ₂ O	5 mg

e) Sales MS II para 1 litro

<u>Reactivo</u>	<u>Cantidad</u>
1. FeSO ₄ .7H ₂ O	556 mg

2. Na ₂ .EDTA	746 mg
3. MnSO ₄ .4H ₂ O	446 mg
4. ZnSO ₄ .7H ₂ O	172 mg
5. H ₃ BO ₃	124 mg

3. Agregar

	<u>Cantidad</u>
Acido fólico (1000 ppm)	1000 mg/litro de agua
L-arginina (4000 ppm)	4000 mg/litro de agua
Pantotenato de calcio (2000 ppm)	2000 mg/litro de agua
Sacarosa	30 g
Phytigel	3.5 g
pH	5.8

4. Disolver por separado éstos reactivos en un beacker con agua destilada.
5. Mantener en constante agitación.
6. Aforar cada solución a 1 litro.
7. Las soluciones elaboradas se mantuvieron en refrigeración hasta su utilización (19).

9.3.2 Preparación del medio de cultivo P2 de Ken Okabe

Para la elaboración de éste medio se tuvo que preparar 20 litros, para posteriormente distribuirlos en los tubos de cultivo. Cada tubo contuvo 10 ml del medio, luego se esterilizaron en autoclave a 121 grados centígrados durante 20 minutos a una presión de 15 libras por pulgada cuadrada (21). El procedimiento para la elaboración es el siguiente:

1. En un beacker de 1000 ml colocar aproximadamente 300 ml de agua destilada.
2. Medir con una pipeta o probeta las siguientes soluciones:

<u>Solución</u>	<u>Cantidad</u>
½ NMS I	25 ml

B5 I	25 ml
Sales MS II	10 ml
MS Micro	1 ml
Vitaminas B5	1 ml
Acido fólico (1000 ppm)	1 ml
L-arginina (4000 ppm)	1 ml
Pantotenato de calcio (2000 ppm)	1 ml
Putrescina (10000 ppm)	1 ml
Sacarosa	30 gramos
Phytigel	3.5 gramos
pH	5.8

3. Mantener en constante agitación.
4. Autoclavar los medios de cultivo.

9.4 Transferencia de los explantes a los medios de cultivo

9.4.1 Siembra de microestacas

Se seleccionaron vitroplantas que estuvieran libres de hongos y bacterias, vigorosas, etc. Se sembró escalonadamente un clon por día con sus respectivas repeticiones.

9.4.2 Condiciones ambientales de incubación

Los materiales que se sembraron en el medio de cultivo, se trasladaron a un cuarto de crecimiento, con una temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, una intensidad lumínica de 3000 lux dada por tres lámparas fluorescentes de luz blanca marca Sylvania, daylight de 40 W. Y un fotoperíodo de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. Las lámparas estaban a 22 centímetros de distancia de la parte superior de los tubos de cultivo.

9.5 Diseño de los tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron 10 y se realizaron 20 repeticiones por tratamiento, los cuales suman 200 unidades experimentales por clon, haciendo un total de 2000 unidades experimentales. Se tomaron datos a los 30 días después de la siembra; se consideraron 20 repeticiones ya que solamente a 10 de éstas se les tomó los datos de las variables respuesta sobrevivencia, peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta; las repeticiones restantes (10), se llevaron a invernadero para tomar los datos de sobrevivencia para cada tratamiento.

9.5.1 Diseño Experimental

Para determinar las respuestas de las auxinas que se evaluaron, se utilizó un diseño experimental Completamente al Azar con 20 repeticiones, debido a que cada clon se evaluó en forma independiente de los demás.

9.5.2 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo constituida por un tubo de cultivo de 25 x 150 mm, al cual se le agregó 10 ml del medio de cultivo, sembrándole una microestaca por tubo.

9.5.3 Modelo Estadístico

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta, medida en la i,j-ésima unidad experimental.

U = Valor de la media general de la variable de respuesta.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

9.6 Registro de la información

9.6.1 Supervivencia

Se determinó el número de plantas que sobreviven al traslado del cuarto de crecimiento al invernadero. Esta información se registró para determinar el porcentaje de supervivencia, con base en 10 plantas por tratamiento. La lectura se tomó a los quince días después de efectuado el trasplante al invernadero.

9.6.2 Peso seco de raíces

Habiéndose determinado las longitudes de las raíces, dicho material se colocó en bolsas de papel y fue sometido a desecación durante tres horas a una temperatura de 55 grados centígrados. El material deshidratado fue pesado para determinar la materia seca producida por planta, y por tratamiento, expresándose en miligramos. Esta variable se determinó con el objeto de cuantificar el peso seco radicular de las vitroplantas.

9.6.3 Número de raíces

Se realizó un conteo de las raíces primarias producidas por planta, para expresar ésta información en función de los tratamientos.

9.6.4 Longitud de raíces

Para el registro de ésta variable, se eliminaron las raíces formadas, las cuales fueron medidas desde el cuello del tallo hasta la parte apical de las raíces expresándose en cm; con lo cual se obtuvo una longitud de raíces promedio por planta y por tratamiento.

9.6.5 Altura de Planta

Para la toma de datos de esta variable se procedió de la siguiente manera: a los 30 días después de la siembra, se extrajeron las plantas con las raíces de los tubos de cultivo, luego se midió la distancia que hay de la yema del explante a la parte más alta de la planta expresado en centímetros.

9.6.6 Variables respuesta

Como indicadores del efecto de las auxinas evaluadas se determinaron las siguientes variables respuesta:

- Porcentaje de sobrevivencia en invernadero
- Peso seco de raíces
- Número de raíces principales
- Longitud de raíces
- Altura de planta

9.7 Análisis de la Información

Previamente se hicieron pruebas de normalidad para todas las variables respuesta de la investigación y posteriormente se realizó un análisis de varianza para cada variable de respuesta, en el cual se utilizó el diseño completamente al azar. En los casos en que se obtuvo diferencias significativas en los tratamientos por variable de respuesta, se efectuó un análisis utilizando la prueba de medias de Duncan.

9.8 Presentación de Resultados

Para la presentación de resultados se realizaron cuadros y se tomaron fotografías.

10. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se analizaron separadamente por clon y por cada variable de respuesta. Las variables respuesta se analizaron por orden de importancia respecto a los objetivos específicos. También se hicieron pruebas de normalidad para determinar si cada tratamiento tenía una distribución normal, realizando posteriormente los análisis correspondientes para cada variable de respuesta.

10.1 Clon Ictafrit

Cuadro 7. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Ictafrit.

Variabes Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	2291.37**	57.128**	38.708**	38.756**

CM	cuadrados medios
**	diferencias altamente significativas (1%)
*	diferencias significativas (5%)
NS	No significativo (>5%)

En el cuadro 7 se presentan los análisis de varianza para las variables respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo se observa que para las cuatro variables analizadas hubo diferencias altamente significativas.

Cuadro 8. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Ictafrit.

Trat No.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces (mg)				Número de raíces					Longitud de raíces (cm)				Altura de planta (cm)					
1	AIA 0.05	100	13			D	6.1			C	D	E		5.8		B	C		7.2	A	B
2	AIA 0.10	100	13			D	6.6		B	C	D			6.1	A	B	C		6.3		B
3	AIA 0.15	100	17		C	D	8.8	A	B					6.4	A	B			7.1	A	B
4	AIB 0.50	100	40	B			8		B	C				5.6		B	C		7.2	A	B
5	AIB 1.0	90	24		C		4.7				D	E	F	2.9			D		4.1		C
6	AIB 1.5	100	57	A			11	A						5.2		C			8	A	
7	ANA 0.05	100	13			D	5.3				D	E	F	7	A				6.7	A	B
8	ANA 0.50	90	13		C	D	3.9					E	F	2				E	2.8		C
9	ANA 1.0	90	18		C	D	3.4						F	1.6				E	3		C
10	TESTIGO	90	11			D	3.8					E	F	6.4	A	B			3.7		C

Para el clon Ictafrit, se considera que el mejor tratamiento fue 1.5 mg/l de AIB (tratamiento 6, cuadro 8), pues con él se consiguió una sobrevivencia después del trasplante del 100%, el mayor peso seco de raíces (57 mg) superando en 81% al testigo (11.4 mg) y en 30% al segundo mejor tratamiento (AIB 0.5 mg/l). Con el empleo de la auxina AIB en el nivel de 1.5 mg/l también se obtuvo el mayor número de raíces (10.6), superando en 64% al testigo y en 17% al segundo mejor tratamiento (AIA 0.15 mg/l). La mayor longitud de raíces, se obtuvo con la auxina ANA en el nivel de 0.05 mg/l igualando a los tratamientos 2,3 y 10. Sin embargo, es importante mencionar que en dichos tratamientos (2,3 10) las raíces fueron bastante delgadas, teniéndose problemas de rompimiento al ser trasplantadas dichas plantas al invernadero. Es por ello que se considera adecuadas para el trasplante la longitud de 5.2 cm y la altura de planta de 8 cm del tratamiento 1.5 mg/l de AIB.

10.2 Clon Loman

Cuadro 9. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Loman.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	1248.76**	63.893**	24.443**	19.159**

CM cuadrados medios

** diferencias altamente significativas (1%)

* diferencias significativas (5%)

NS No significativo (>5%)

En el cuadro 9 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En él, los resultados indican que para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta se encontraron diferencias altamente significativas.

Cuadro 10. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Loman.

Treat. No.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces (mg)			Número de raíces					Longitud de raíces (cm)					Altura de planta (cm)		
1	AIA 0.05	100	12		C D	3.5		B C D E	5.3	A				5.4		B		
2	AIA 0.10	100	11		C D	5.8		B	4.6	A B				5.8		B		
3	AIA 0.15	100	15		C D	3.3		C D E	5.4	A				6.1	A B			
4	AIB 0.5	100	31	B		5.6		B C	4.1		B			7.7	A			
5	AIB 1.0	100	20		C	4.2		B C D E	2.8		C			5.9	A B			
6	AIB 1.5	100	41	A		10.7	A		3.9		B			5.7		B		
7	ANA 0.05	100	8		D	5.8		B	5.1	A				6.2	A B			
8	ANA 0.5	100	12		C D	2.6		D E	1.7			D		3.2		C		
9	ANA 1.0	80	8		D	1.5			0.7				E	3.3		C		
10	TESTIGO	100	8		D	4.6		B C D	4.1		B			4.3		B C		

Para el clon Loman se considera que el mejor tratamiento fue de 1.5 mg/l de AIB (tratamiento 6, cuadro 10), pues con él se obtuvo el 100% de sobrevivencia después del trasplante al invernadero, además, se consiguió el mayor peso seco de raíces (41 mg) superando en 80% al testigo (8 mg) y en 23% al segundo mejor tratamiento (AIB 0.5 mg/l). El número de raíces también fue mayor con la auxina y el nivel antes mencionado (10.7) superando en 57% al testigo (4.6). La mayor longitud de raíces se obtuvo con los tratamientos 1, 2, 3 y 7 con un promedio de 5.25, 4.55, 5.39 y 5.12 cm, respectivamente, sin embargo, éstas raíces fueron bastante largas y delgadas, considerando adecuada para el trasplante la longitud de 3.9 cm con una altura de 5.7 cm del tratamiento con 1.5 mg/l de AIB.

10.3 Clon ICTA-Chiquirichapa

Cuadro 11. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon ICTA-Chiquirichapa.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	189.84NS	27.981*	34.841**	4.686*

- CM cuadrados medios
 ** diferencias altamente significativas (1%)
 * diferencias significativas (5%)
 NS No significativo (>5%)

En el cuadro 11 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para la variable peso seco de raíces no hubo diferencias significativas, mientras que para las variables altura de planta y número de raíces se encontraron diferencias significativas y para la variable longitud de raíces se encontró diferencias altamente significativas.

Cuadro 12. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon ICTA-Chiquirichapa.

Trat No.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces(mg)		Número de raíces				Longitud de raíces (cm)				Altura de planta(cm)	
1	AIA 0.05	80	12	A B	5.1	A B			4.7	B C			3.5	B C
2	AIA 0.10	90	18	A B	4.5	A B C			5.7	A B			3.7	A B C
3	AIA 0.15	70	5	B	1.8		C D		2.7			D E	2.7	C
4	AIB 0.5	100	11	A B	2	B C D			3			D E	3	B C
5	AIB 1.0	100	18	A B	4.9	A B C			3.7		C D		3.4	B C
6	AIB 1.5	90	12	A B	2.3	B C D			2.8			D E	4.2	A B
7	ANA 0.05	90	16	A B	6	A			6.8	A			4.9	A
8	ANA 0.5	70	11	A B	1.3			D	1.7			E	2.8	C
9	ANA 1.0	60	20	A	2.4	B C D			1.7			E	3.3	B C
10	TESTIGO	80	13	A B	4.5	A B C			6.5	A			4.2	A B

Para el clon ICTA-Chiquirichapa se considera que el tratamiento con los mejores resultados fue el de la auxina AIB 1.0 mg/l (tratamiento 5, cuadro 12), ya que se obtuvo el 100% de sobrevivencia después del trasplante al invernadero. En lo que respecta a peso seco no hubo diferencias significativas debidas a que todos los tratamientos, excepto el tratamiento 3 (AIA 0.15 mg/l), fueron iguales estadísticamente. El mayor número de raíces se consiguió con los tratamientos 1, 2, 5, 7 y 10. Sin embargo, no se recomienda la auxina AIA en los niveles 0.05 y 0.10 mg/l por tener una sobrevivencia del 80 y 90% respectivamente. El tratamiento 7 (ANA 0.05) tampoco es recomendable debido a que produjo raíces demasiado largas y con un porcentaje de sobrevivencia del 90%, por lo que se considera adecuado el tratamiento 5 (AIB 1.0 mg/l) con un número promedio de 4.9 raíces. La longitud de raíces(3.66 cm) y la altura de planta (3.4 cm) del tratamiento 1.0 mg/l de AIB, se consideran adecuadas para el trasplante.

10.4 Clon Atlantic

Cuadro 13. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Atlantic.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	309.91*	12.6055 NS	15.2727**	6.7371 NS

- CM cuadrados medios
 ** diferencias altamente significativas (1%)
 * diferencias significativas (5%)
 NS No significativo (>5%)

En el cuadro 13 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para las variables número de raíces y altura de planta no hubieron diferencias significativas, para la variable peso seco se encontró que hubo diferencias significativas, mientras que para la variable longitud de raíces se encontró diferencias altamente significativas

Cuadro 14. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Atlantic.

Trat No.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces(mg)			Número de raíces			Longitud de raíces(cm)			Altura de Planta(cm)		
1	AIA 0.05	100	17	A	B	4.5	A	B	5.2	A		4.7	A	B
2	AIA 0.10	90	14		B	5	A	B	5.7	A		5.1	A	
3	AIA 0.15	100	10		B	3.2		B	5.4	A		5.5	A	
4	AIB 0.5	100	29	A		4	A	B	4.9	A		5.1	A	
5	AIB 1.0	100	20	A	B	6.5	A		2.8		B	4.8	A	B
6	AIB 1.5	100	11		B	3.6		B	4.8	A		4.4	A	B
7	ANA 0.05	90	19	A	B	3.5		B	3.3		B	3.8	A	B
8	ANA 0.5	100	18	A	B	2.7		B	5.2	A		5.4	A	
9	ANA 1.0	100	15		B	3.2		B	2.1		B	2.8		B
10	TESTIGO	80	12		B	3.3		B	5.2	A		4.3	A	B

Para el clon Atlantic, se considera que el tratamiento con los mejores resultados fue 0.5 mg/l de AIB (tratamiento 4, cuadro 14), pues con él se obtuvo el 100% de sobrevivencia después del trasplante al invernadero. La mejor respuesta al peso seco de raíces se obtuvo con los tratamientos 1, 4, 5, 7 y 8, el mejor tratamiento para esta variable es el tratamiento AIB 0.5 mg/l (29 mg), debido a que la auxina AIA produce raíces largas y delgadas, mientras que el ANA produjo un buen peso, pero fueron pocas y con deformaciones. El número de raíces (4.0) superó en 49% al testigo (3.3). La longitud de raíces (4.9 cm) y la altura de planta (5.1 cm) del tratamiento con 0.5 mg/l de AIB, se consideran adecuadas para el trasplante.

10.5 Clon Atzimba

Cuadro 15. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Atzimba.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	581.36**	12.467 NS	41.047**	44.958**

- CM cuadrados medios
 ** diferencias altamente significativas (1%)
 * diferencias significativas (5%)
 NS No significativo (>5%)

En el cuadro 15 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para la variable número de raíces no hubo diferencias significativas, mientras que para las tres variables restantes se encontraron diferencias altamente significativas.

Cuadro 16. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces, y altura de planta, para el clon Atzimba.

Trat No.	Auxina Y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces(mg)				Número de raíces				Longitud de raíces (cm)				Altura de planta (cm)				
1	AIA 0.05	100	4		C	D	3.8	A	B	C	5.2	A	B	C	7.7	A			
2	AIA 0.10	90	13	B			3.9	A	B	C	5.9	A	B		7.7	A			
3	AIA 0.15	100	8	B	C	D	2.9			C	4.9		B	C	3.8		C	D	
4	AIB 0.5	100	14	B			3		B	C	4			C	D	5.1	B	C	
5	AIB 1.0	100	11	B	C		3.1		B	C	2.9			D	3.7		C	D	
6	AIB 1.5	100	30	A			5.9	A			3.7			D	5.9	A	B		
7	ANA 0.05	100	13	B			4.4	A	B	C	5.7	A	B		7.6	A			
8	ANA 0.5	90	5		C	D	3.7	A	B	C	0.8				E	2.9		D	E
9	ANA 1.0	60	3			D	2.3			C	0.6				E	1.7			E
10	TESTIGO	90	10	B	C		5.3	A	B		6.2	A			6.1	A	B		

Para el clon Atzimba se considera que el mejor tratamiento fue de 1.5 mg/l de AIB (tratamiento 6, cuadro 16), pues con él se consiguió un 100% de sobrevivencia después del trasplante al invernadero. Además, se tuvo el mayor peso seco de raíz (30 mg) superando en 54% al segundo mejor tratamiento (AIB 0.5 mg/l). En cuanto a número de raíces, también se tuvo el mayor número (5.9) ya que los otros tratamientos (1, 2, 7, 8 y 10) presentaron buen número, pero eran muy delgadas. La longitud de raíces (3.7 cm) y la altura de planta (5.9 cm) del tratamiento con 1.5 mg/l de AIB se consideran adecuadas para el trasplante.

10.6 Clon Floresta

Cuadro 17. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Floresta.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	227.30 NS	19.062 NS	17.377**	24.697**

CM cuadrados medios
 ** diferencias altamente significativas (1%)
 * diferencias significativas (5%)
 NS No significativo (>5%)

En el cuadro 17 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para las variables peso seco de raíces y número de raíces no hubieron diferencias significativas, mientras que para las variables longitud de raíces y altura de planta se encontraron diferencias altamente significativas

Cuadro 18. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces, y altura de planta, para el clon Floresta.

Tra t No.	Auxina Y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco			Número de			Longitud de			Altura de planta						
			de raíces(mg)			raíces			raíces (cm)			(cm)						
1	AIA 0.05	90	23	A	B	6.9	A	B	5.1	A	B		8.1	A				
2	AIA 0.10	90	13		B	3.9	A	B	4.6	A	B	C	5.3		B	C		
3	AIA 0.15	70	16	A	B	5.6	A	B	5.9	A			5.9		B	C		
4	AIB 0.5	100	27	A		7.3	A		4.3	A	B	C	6.4	A	B			
5	AIB 1.0	100	26	A		6.1	A	B	3.1			C	D	4.3			C	D
6	AIB 1.5	100	20	A	B	3.5	A	B	4.6	A	B	C	6.9	A	B			
7	ANA 0.05	90	12		B	4.4	A	B	1.5			D	2.5				D	
8	ANA 0.5	100	20	A	B	5	A	B	4.4	A	B	C	5		B	C		
9	ANA 1.0	100	21	A	B	4.8	A	B	3.8		B	C	4.3			C	D	
10	TESTIGO	100	20	A	B	3.3		B	6	A			5.7		B	C		

Para el clon Floresta se considera que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales al testigo, por lo que se recomienda no aplicar auxina para este clon. El mayor peso seco de raíz se obtuvo con los tratamientos 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9 y 10 siendo estadísticamente iguales, sin embargo, el tratamiento AIB 0.5 mg/l superó en 23% al testigo y en 2% al segundo mejor tratamiento (AIB 1 mg/l). El mayor número de raíces se obtuvo con los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 siendo estadísticamente iguales, pero se consideró el tratamiento AIB 0.5 mg/l, pues fue el único que superó al testigo en un 55%. La longitud de raíces (4.3 cm) y la altura de planta (6.4 cm) se consideraron adecuadas para el trasplante.

10.7 Clon Tollocan

Cuadro 19. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Tollocan.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	496.26**	73.787**	61.877**	7.354**

- CM cuadrados medios
 ** diferencias altamente significativas (1%)
 * diferencias significativas (5%)
 NS No significativo (>5%)

En el cuadro 19 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para todas las variables se encontraron diferencias altamente significativas.

Cuadro 20. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Tollocan.

Traal No.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de Raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
1	AIA 0.05	100	14	5.1	6.5	3.7
2	AIA 0.10	100	16	5.5	7.2	3.9
3	AIA 0.15	80	22	4.4	7.1	2.8
4	AIB 0.5	100	27	10	6.3	2.6
5	AIB 1.0	90	24	8.7	3.3	3
6	AIB 1.5	80	17	6.7	2	2.4
7	ANA 0.05	100	15	2.2	5.5	3.8
8	ANA 0.5	70	10	3.4	1.8	1.9
9	ANA 1.0	50	2	1.6	0.8	1.1
10	TESTIGO	100	12	5	6.8	2.7

Para el clon Tollocan se considera que el mejor tratamiento fue de 0.5 mg/l de AIB (tratamiento 4, cuadro 20), ya que tuvo un 100% de sobrevivencia después del trasplante al invernadero. El mayor peso seco de raíz se obtuvo con la auxina AIB 0.5 mg/l, igualando a los tratamientos 3 y 5, superando en 55% al testigo. El mayor número de raíces se obtuvo con la auxina AIB 0.5 mg/l superando en 51% al testigo y en 15% al segundo mejor tratamiento. La longitud de raíces (6.3 cm) y la altura de planta (2.6 cm) del tratamiento de 0.5 mg/lit de AIB se consideran adecuadas para el trasplante.

10.8. Clon Xalapán

Cuadro 21. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Xalapán.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	1312.72**	126.22**	7.559*	37.716**

CM cuadrados medios

** diferencias altamente significativas (1%)

* diferencias significativas (5%)

NS No significativo (>5%)

En el cuadro 21 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para las variables peso seco de raíz, número de raíces y altura de planta se encontraron diferencias altamente significativas, mientras que para la variable longitud de raíces se encontró diferencias significativas.

Cuadro 22. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Xalapán.

Trat. No.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces(mg)				Número de raíces			Longitud de raíces(cm)				Altura de planta (cm)				
1	AIA 0.05	100	13		C	D	4.2		B	C	5	A	B		7.9	A	B	
2	AIA 0.10	100	15		C	D	4.9		B		5.5	A			5.1		C	
3	AIA 0.15	100	15		C	D	3.5		B	C	5	A	B		6.8		B	
4	AIB 0.5	100	45	A			11	A			5	A	B		8.3	A		
5	AIB 1.0	100	25		B	C		12	A		4.5	A	B	C	7.5	A	B	
6	AIB 1.5	100	15		C	D	4.7		B		4.4	A	B	C	6.5		B	
7	ANA 0.05	80	32		B		2.4		B	C	2.2	A	B	C	6.5		B	
8	ANA 0.5	90	11			D	3		B	C	3.1			C	3.4			D
9	ANA 1.0	100	7			D	1.7			C	2.8			D	2.5			
10	TESTIGO	80	12		C	D	3.3		B	C	3.9		B	C	4.6			C

Para el clon Xalapán se considera que el tratamiento que produjo los mejores resultados fue 0.5 mg/l de AIB (tratamiento 4, cuadro 22), con un 100% de sobrevivencia después del trasplante al invernadero. Además, se obtuvo el mayor peso seco de raíces (45 mg) superando en 95% al testigo y en 29% al segundo mejor tratamiento. En cuanto a número de raíces, la auxina AIB en los niveles de 0.5 y 1.0 fueron los mayores estadísticamente, sin embargo, el tratamiento 5 (AIB 1 mg/l) produjo buena cantidad de raíces (12.4) pero fueron bastante delgadas. La longitud de raíces (5.0 cm) y la altura de planta (8.3 cm) del tratamiento de 0.5 mg/l de AIB se consideran adecuadas para el trasplante.

10.9 Clon Lemhi-Russet

Cuadro 23. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Lemhi-Russet.

Variabes Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	123.446 NS	14.076**	15.693*	8.447**

- CM cuadrados medios
 ** diferencias altamente significativas (1%)
 * diferencias significativas (5%)
 NS No significativo (>5%)

En el cuadro 23 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para la variable peso seco de raíces no hubo diferencias significativas, en las variables número de raíces y altura de planta se encontraron diferencias altamente significativas y para la variable longitud de raíces se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 24. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces, y altura de planta, para el clon Lemhi-Russet.

Trat No.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces(mg)		Número de raíces		Longitud de raíces(cm)			Altura de planta (cm)		
1	AIA 0.05	100	9	B	1	B	3.9	B	C	2.4	C	D
2	AIA 0.10	100	12	A B	1.7	B	5.1	A B		3.3	B	C D
3	AIA 0.15	80	11	A B	1.5	B	4	A B	C	2.7		C D
4	AIB 0.5	100	9	B	1.4	B	2.5		C	3.5	B	C
5	AIB 1.0	100	11	A B	1.5	B	2.8		C	2.9		C D
6	AIB 1.5	100	19	A	3.8	A	5.2	A B		4.4	A B	
7	ANA 0.05	100	9	B	1.6	B	3.3		C	2.3		C D
8	ANA 0.5	60	7	B	1	B	2.4		C	2.1		D
9	ANA 1.0	70	7	B	1.2	B	2.4		C	2.2		D
10	TESTIGO	100	13	A B	4.4	A	5.7	A		4.7	A	

El mayor peso seco de raíces se obtuvo con los tratamientos 2, 3, 5, 6 y 10 siendo iguales estadísticamente, sin embargo, en número de raíces el tratamiento AIB 1.5 mg/l superó en 58% al testigo con un sistema radicular con un buen número y con un buen peso. La longitud de raíces (5.2 cm) y la altura de planta (4.4 cm) se consideran adecuadas para el trasplante. Para el clon Lemhi-Russet se considera que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales al testigo por lo que no se recomienda la aplicación de auxina para este clon.

10.10 Clon Amigo

Cuadro 25. Cuadrados medios y significancias del análisis de varianza para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Amigo.

Variables Respuesta	Peso seco de raíces(mg)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Altura de planta (cm)
CM	1295.24**	54.11**	20.434**	31.444**

- CM cuadrados medios
 ** diferencias altamente significativas (1%)
 * diferencias significativas (5%)
 NS No significativo (>5%)

En el cuadro 25 se presenta el análisis de varianza para las variables de respuesta peso seco de raíz, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta. En el mismo, los resultados indican que para todas las variables, se encontraron diferencias altamente significativas.

Cuadro 26. Prueba de Duncan al 10% para las variables peso seco de raíces, número de raíces, longitud de raíces y altura de planta, para el clon Amigo.

Trat. no.	Auxina y Nivel	Sobrevivencia (%)	Peso seco de raíces (mg)			Número de raíces				Longitud de raíces(cm)			Altura de planta (cm)			
1	AIA 0.05	50	1		C	0.9				F	1		C	2.8		C D
2	AIA 0.10	40	3		C	2.4			D E		3.7	A		3.2		B C
3	AIA 0.15	60	12	B	C	4	B	C			4.2	A		4.1		B C
4	AIB 0.5	100	42	A		9.1	A				3.9	A		8	A	
5	AIB 1.0	90	19	B		3.4		C D			2.6	A		4.4	B	
6	AIB 1.5	80	16	B		3.1			D E		2.2	A		3.6	B	C
7	ANA 0.05	80	8	B	C	1.9				E F	2		B	4		B C
8	ANA 0.5	70	11	B	C	2.5			D E		0.8		C	1.8		D
9	ANA 1.0	70	7	B	C	1.7				E F	0.9		C	1.6		D
10	TESTIGO	70	15	B		5	B				4.5	A		4.1	B	C

Para el clon Amigo se considera que el tratamiento que dió los mejores resultados fue 0.5 mg/l de AIB (tratamiento 4, cuadro 26) con un 100% de sobrevivencia después del trasplante al invernadero. También se obtuvo el mayor peso seco de raíces (42 mg) superando en 64% al testigo; se obtuvo también el mayor número de raíces (9.1) superando en 46% al testigo. La mayor longitud de raíces se obtuvo con los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6 y 10 siendo iguales estadísticamente, mientras que la altura de planta (8 cm) superó en 48% al testigo, considerándose adecuada para el trasplante.

11. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se llevaron a cabo los experimentos se llegó a las siguientes conclusiones:

- 11.1 La auxina AIB (ácido indolbutírico) fue la que mejor enraizamiento indujo, en términos de peso seco de raíces, número de raíces y longitud de raíces, en todos los clones evaluados.
- 11.2 La sobrevivencia de las plántulas en el invernadero, después del trasplante, con AIB, fue del 100% en todos los clones.
- 11.3 El nivel adecuado de AIB es específico para cada clon y se resume en el cuadro siguiente:

Clon	Nivel (mg/l)
ICTAFRIT	1.5
LOMAN	1.5
ATZIMBA	1.5
LEMHI-RUSSET	0
ICTA-CHIQUIRICHAPA	1.0
ATLANTIC	0.5
FLORESTA	0
TOLLOCAN	0.5
XALAPAN	0.5
AMIGO	0.5

12. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos y la experiencia adquirida se recomienda lo siguiente:

12.1. Realizar investigaciones sobre enraizamiento con otros clones conservados in vitro en el laboratorio de Biotecnología del ICTA.

12.3. Realizar el traslado de las plantulas al invernadero cuando posean una longitud promedio de 4.56 cm para todos los clones.

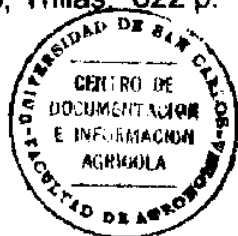
12.4 Realizar el traslado de las plantulas al invernadero cuando posean una altura promedio de 5.74 cm para todos los clones.

13. BIBLIOGRAFIA

1. **BIDWELL, R.G.S.** 1983. Fisiología vegetal. Trad. Guadalupe Jerónimo Cano y Manuel Rojas Garcidueñas. México, A.G.T. Editor 784 p.
2. **CHAVEZ, GUILLERMO.** 2000. La Papa. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA). (Comunicación Personal).
3. **CHRISTIANSEN, J.A.; VARGAS MACHUCA, R.** 1980. La papa: su utilización. Guatemala, ICTA-PREDECODEPA. 50 p.
4. **CID, A. DEL.** 1999. Cluster de papa. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 25 p.
5. **CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (Perú).** 1998. Phathogen-tested potato Germplasm for distribución. 4 ed. Lima, Perú. 25 p.
6. **COLL BARCELO, J. et al.** 1980. Fisiología vegetal. Madrid, España, Pirámide. 750 p.
7. **DEVLIN, R.M.** 1980. Fisiología vegetal. Trad. Xavier Llimona Pages. 3 ed. España, Omega. 517 p.
8. **DUCREUX, G.; ROSSIGNOL, L.; ROSSIGNOL, M.;** 1986. La patata. *La Recherche* (Francia) no. 57: 409-423.
9. **GEORGE, E.F.** 1993. Plant propagation by tissue culture. 2 ed. EE.UU., editorial exegitics. 1,574 p.
10. **GRAY, D.; HUGHES, J.C.** 1978. Tuber quality In: The potato crop. New York , E.E.U.U., Halisted Press. p. 504-544.

11. **GUATEMALA. MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS. 1987. El cultivo de papa en Guatemala. Folleto técnico no. 6. p 23.**
12. _____ 1988. **Recomendaciones técnicas agropecuarias para el altiplano occidental. Guatemala. 154 p.**
13. _____ 1988. **Recomendaciones técnicas agropecuarias para el oriente del país. Guatemala. 145 p.**
14. **HARTMAN, H.T.; KESTER, D.E. 1989. Propagación de plantas; principios y prácticas. Trad. Antonio Marino Ambrocio. México CECSA. 760 p.**
15. **HENKES, R.; DUNN, N. 1981. Aumenta el consumo de Papa con nuevas variedades y nuevos métodos de producción, el cultivo de Papa puede extenderse a un número mayor de regiones. El Surco (Mex.) no. 3:1-2.**
16. **HERNANDEZ, F.C. 1987. Consideraciones previas al establecimiento de una bodega experimental de papa comercial (Solanum tuberosum L.) en cooperativas agrícolas del departamento de Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 76 p.**
17. **HOOKE, W.J. 1981. The potato in: COMPENDIUM OF potato diseases. Minnesota, E.E.U.U., ed. American Phytopathological Society, s.p.**
18. **HURTADO, M.D.; MERINO, M.E. 1988. Cultivo de Tejidos vegetales. México D.F., Trillas. 232 p.**
19. **KRIKORIAN, A.D. 1991. Medios de cultivo: generalidades, composición y preparación. In Cultivo de Tejidos en la Agricultura, Fundamentos y Aplicaciones. Ed. William Roca y Luis A. Mroginski. Colombia, CIAT. p 41-69**

20. MOORE, T.C. 1979. Biochemistry and physiology of plant hormones. New York, E.E.U.U. Springer-Verlag. 274 p.
21. OKABE, K. Informe final 1995-1997. Región I. Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala. Sin publicar
22. SHIIDE RENTSCHLER, L.; SHMIEDICHE, P.E. 1984. El Cultivo de tejidos su pasado, presente y futuro. CIP Circular. (Perú). 12(1):1-12
23. THIMAN, K.U. 1963. Plant growth substances: past, present and future. Ann Rev. Plant physiol. (Inglaterra) 14: 1-8.
23. USUI, K.; OKABE, K. 1996. Principios básicos del cultivo de tejidos vegetales. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas y Japan Overseas Cooperation volunteers. 166 p.
24. VILLALOBOS, R. Fundamentos técnico-prácticos del cultivo de tejidos Vegetales. Chapingo, México, Centro de Genética, Laboratorio de Biotecnología. 160 p.
25. WEAVER, R.J. 1985. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. Trad. Agustín Contín. México, Trillas. 622 p.



vo. 3°

Miriam De La Roca

APENDICE

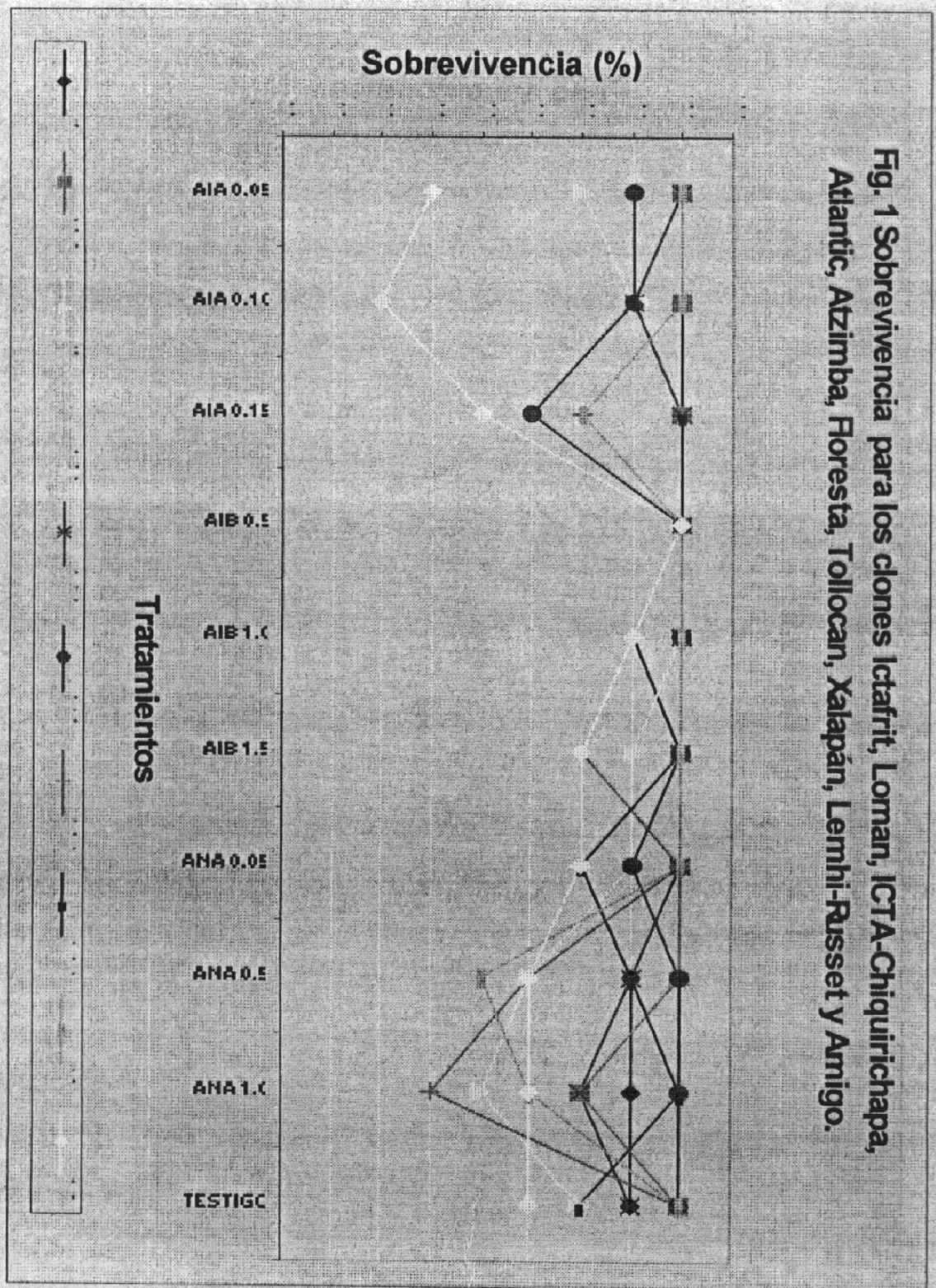


Fig. 1 Sobrevivencia para los clones Ictafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlantic, Atzimba, Foresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Amigo.

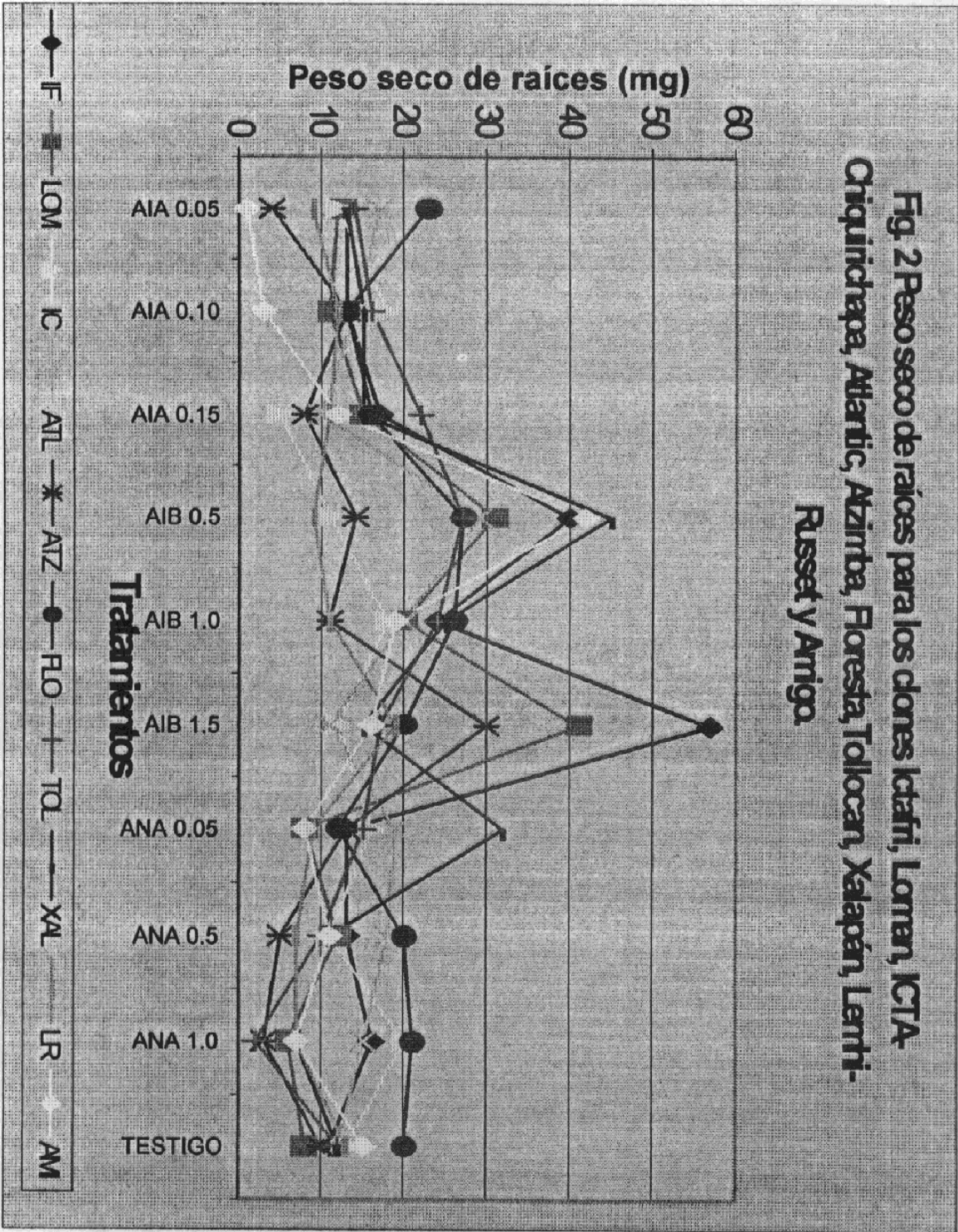


Fig. 2 Peso seco de raíces para los dones Icafrí, Loman, ICA, Criquindapa, Atlántic, Aziriba, Floresta, Tollocan, Xalapan, Lerthi-Russet y Amigo.

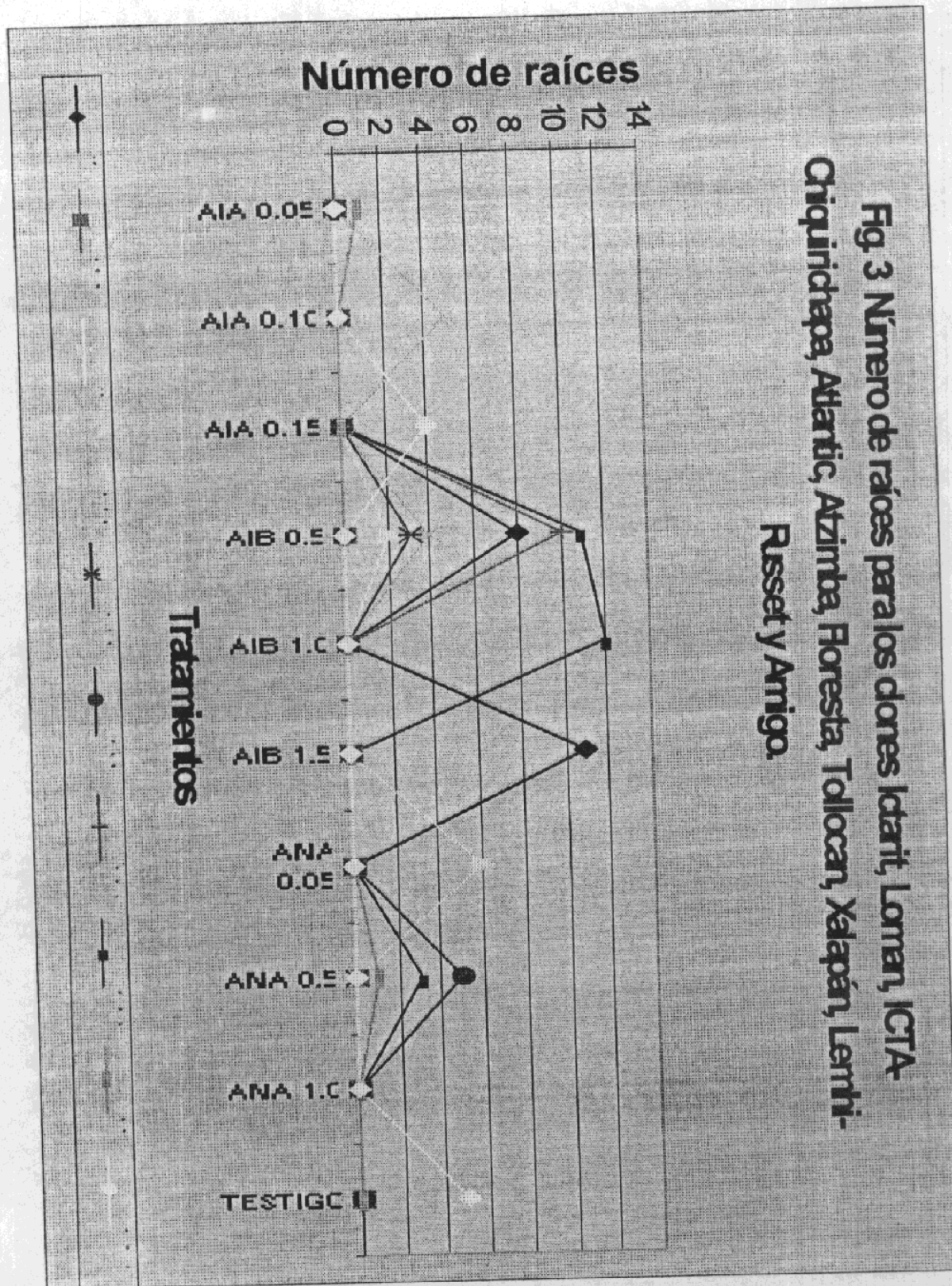
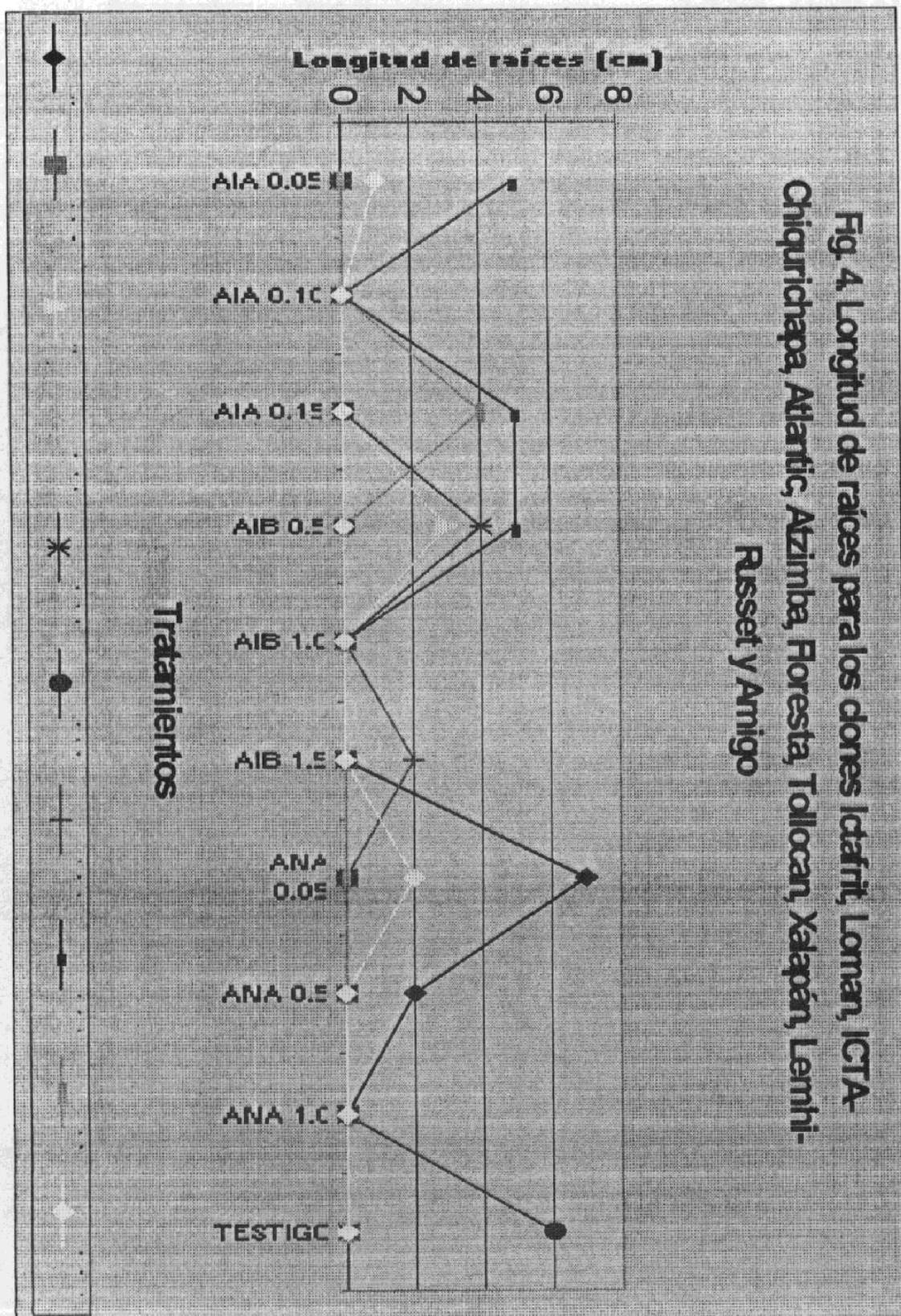


Fig. 3 Número de raíces para los clones Ictatit, Loman, ICTA-Criquirichapa, Atlantic, Atzimba, Foresta, Tollocan, Xalapa, Lemhi-Russet y Amigo.

Fig. 4. Longitud de raíces para los clones Idafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlarttic, Azimiba, Foresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Amigo



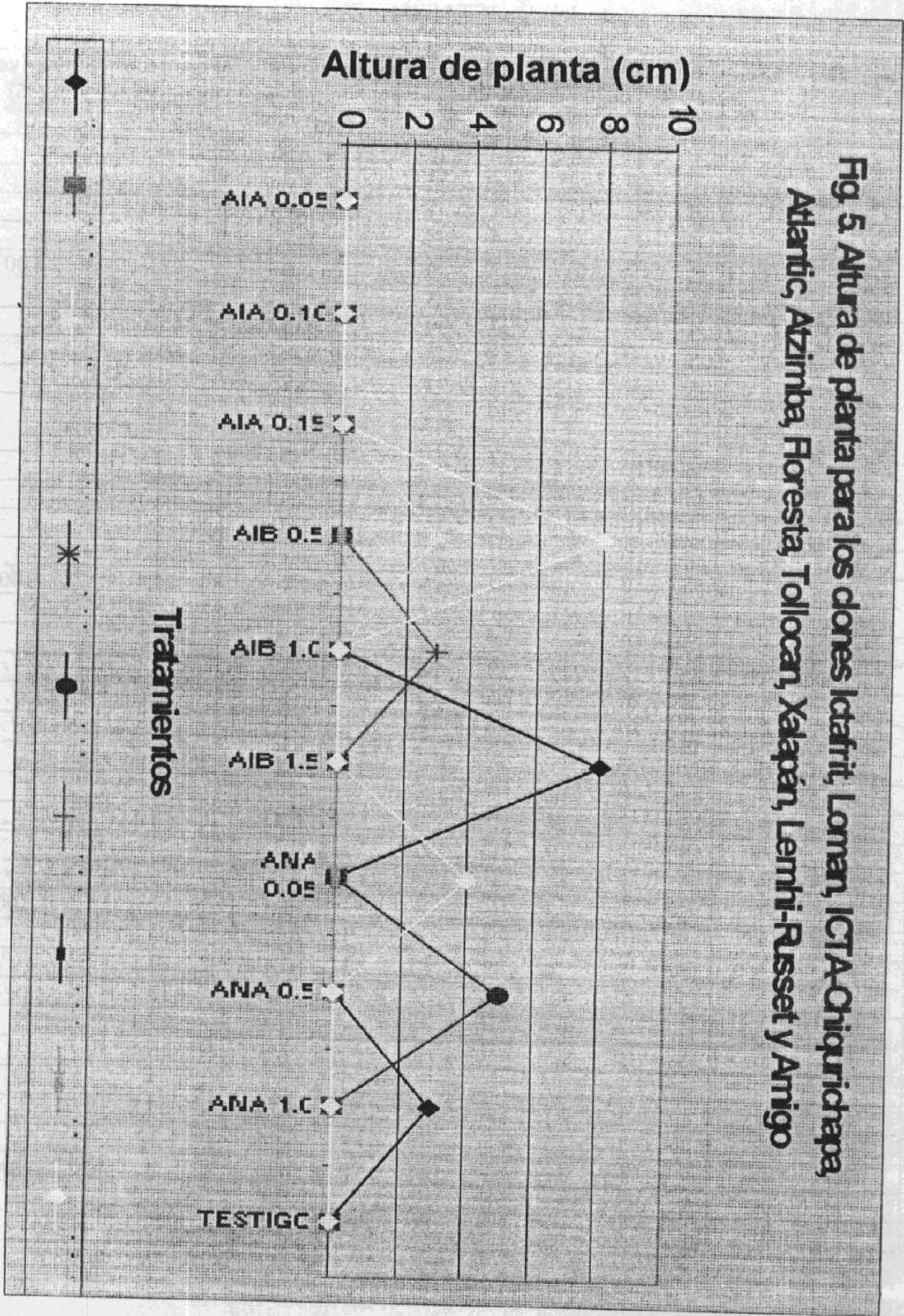


Fig. 5. Altura de planta para los clones Idafrit, Loman, ICTA-Chiquirichapa, Atlántic, Atzimba, Floresta, Tollocan, Xalapán, Lemhi-Russet y Arrigo

Cuadro 27A. Datos originales del experimento del clon ICTAFRIT.

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	10.7	9	7.56	14.3	
2	AIA	0.05	9.2	9	5.06	12.7	
3	AIA	0.05	1.9	3	6.90	7.20	
4	AIA	0.05	6.3	5	6.50	16.6	
5	AIA	0.05	9.6	9	5.07	17.7	100
6	AIA	0.05	5.4	5	4.8	11.6	
7	AIA	0.05	8.2	9	5.53	15.1	
8	AIA	0.05	11.8	6	5.5	15.6	
9	AIA	0.05	5.2	3	5.75	5.3	
10	AIA	0.05	3.2	3	5.53	8.5	
1	AIA	0.10	6.4	7	7.3	13.9	
2	AIA	0.10	4.8	11	7.13	15.3	
3	AIA	0.10	5.4	8	8.18	12.4	
4	AIA	0.10	9.2	10	6.40	16.3	
5	AIA	0.10	7.3	7	5.65	14.4	100
6	AIA	0.10	6.1	5	5.43	11.7	
7	AIA	0.10	5.7	5	5.55	7.1	
8	AIA	0.10	6.3	4	4.96	10.5	
9	AIA	0.10	7.4	4	4.60	5.4	
10	AIA	0.10	4.6	5	5.47	11.6	
1	AIA	0.15	7.2	5	6.7	8.6	
2	AIA	0.15	7.4	11	6.43	18.4	
3	AIA	0.15	4.9	6	4.48	7.6	
4	AIA	0.15	8.3	13	5.73	16.6	
5	AIA	0.15	9.2	8	6.4	11.6	100
6	AIA	0.15	8.2	9	6.96	15.2	
7	AIA	0.15	5.6	13	6.4	19.5	
8	AIA	0.15	4.8	9	7.63	33.1	
9	AIA	0.15	6.7	9	6.2	27.1	
10	AIA	0.15	8.3	5	7.0	16.1	
1	AIB	0.5	7.7	9	6.17	42.8	
2	AIB	0.5	7.5	13	5.26	32	
3	AIB	0.5	6.9	11	5.86	38.1	100
4	AIB	0.5	5.4	7	5.4	33.7	
5	AIB	0.5	7.5	5	3.7	48.9	

6	AIB	0.5	8.2	8	5.6	72.1	
7	AIB	0.5	5.7	5	5.7	21.9	
8	AIB	0.5	7.3	8	6.06	39	
9	AIB	0.5	10.2	9	9.40	52.4	
10	AIB	0.5	5.2	5	3.2	14.1	
1	AIB	1	3.5	6	3.23	8	
2	AIB	1	3.1	2	1.8	4	
3	AIB	1	4.2	4	2.56	23.9	
4	AIB	1	5.5	5	4.33	26.8	
5	AIB	1	8.3	9	3.90	77.1	90
6	AIB	1	3.2	4	2.73	16.1	
7	AIB	1	3.7	5	2.55	20.4	
8	AIB	1	2.9	3	3.17	20.5	
9	AIB	1	2.5	4	3.25	17.9	
10	AIB	1	4.1	5	2.15	28	
1	AIB	1.5	5.6	13	4.9	51.7	
2	AIB	1.5	9.5	7	4.8	35.1	
3	AIB	1.5	8.7	18	5.65	52.5	
4	AIB	1.5	6.2	12	5.6	57	
5	AIB	1.5	7.3	9	5.15	51.9	100
6	AIB	1.5	10.4	8	4.75	63.9	
7	AIB	1.5	9.8	11	4.75	52.7	
8	AIB	1.5	5.7	7	5.5	46	
9	AIB	1.5	5.6	12	5.93	103.5	
10	AIB	1.5	11.2	9	4.76	55.3	
1	ANA	0.05	5.2	4	8.10	19.1	
2	ANA	0.05	4.3	6	6.43	22.2	
3	ANA	0.05	6.3	6	7.10	11.8	
4	ANA	0.05	6.6	4	6.57	7.7	
5	ANA	0.05	5.8	5	7.37	7.6	100
6	ANA	0.05	9.3	8	5.60	7.5	
7	ANA	0.05	9.2	6	7.37	6.1	
8	ANA	0.05	5.8	4	6.36	9	
9	ANA	0.05	7.4	5	6.12	10	
10	ANA	0.05	7.2	5	9.10	11.5	
1	ANA	0.5	4.3	8	2.64	47.6	
2	ANA	0.5	3.1	14	3.96	42.5	
3	ANA	0.5	3.9	10	4.17	20	90
4	ANA	0.5	3.10	2	4.5	13.7	
5	ANA	0.5	3	2	1.45	7.1	
6	ANA	0.5	1.8	0	0	0	

7	ANA	0.5	2.1	0	0	0	
8	ANA	0.5	2.3	1	1.8	1.2	
9	ANA	0.5	2.2	0	0	0	
10	ANA	0.5	2.3	2	1.5	2.7	
1	ANA	1	4.6	13	3.86	48.1	
2	ANA	1	2.8	3	2.55	30.3	
3	ANA	1	2.9	5	2.36	19.1	
4	ANA	1	2.3	0	0	0	
5	ANA	1	2.8	3	1.97	15.3	90
6	ANA	1	2.7	0	0	0	
7	ANA	1	3.7	5	2.23	31.6	
8	ANA	1	2.8	0	0	0	
9	ANA	1	2.7	3	1.4	12.7	
10	ANA	1	3	2	1.6	5.5	
1	TESTIGO	0	2.3	3	8.06	13.5	
2	TESTIGO	0	2.7	3	4.43	13.9	
3	TESTIGO	0	4.3	4	6.13	9.9	
4	TESTIGO	0	5.8	4	7.33	8.9	
5	TESTIGO	0	4.7	6	8.47	13.2	90
6	TESTIGO	0	3.7	5	5.4	11.6	
7	TESTIGO	0	4.2	3	5.83	15.5	
8	TESTIGO	0	2.8	3	7.65	8.9	
9	TESTIGO	0	3.5	3	4.22	9.4	
10	TESTIGO	0	2.6	4	6.55	8.7	

Cuadro 28A Datos originales del experimento del clon Loman.

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	4.5	5	6.47	9.4	
2	AIA	0.05	4.9	4	7.3	8.9	
3	AIA	0.05	8.7	4	5.43	24.5	
4	AIA	0.05	4.7	3	5.3	7.4	
5	AIA	0.05	6.2	3	4.9	6.7	100
6	AIA	0.05	12.2	6	4.67	44.4	
7	AIA	0.05	2.8	3	4.85	4	
8	AIA	0.05	3.2	1	3.7	2.5	
9	AIA	0.05	2.2	2	3	3.6	
10	AIA	0.05	4.3	4	6.9	7.8	
1	AIA	0.10	6.2	6	5.37	17	
2	AIA	0.10	4.8	3	5.07	6.1	
3	AIA	0.10	3.3	7	4.45	10.1	
4	AIA	0.10	8.2	10	4.1	10.9	
5	AIA	0.10	3.5	4	3.47	8.8	100
6	AIA	0.10	6.7	6	6	12.5	
7	AIA	0.10	4.3	7	4.23	13.6	
8	AIA	0.10	4.2	3	4.5	9.7	
9	AIA	0.10	5.1	8	3.53	12.7	
10	AIA	0.10	11.2	4	4.77	7.8	
1	AIA	0.15	4.2	4	5.37	19.9	
2	AIA	0.15	3.8	2	5.8	6.2	
3	AIA	0.15	5.1	3	6.56	20.5	
4	AIA	0.15	6.3	5	5.83	15.6	
5	AIA	0.15	7.1	3	3.73	8.1	100
6	AIA	0.15	3.3	3	4.83	6.3	
7	AIA	0.15	7.7	2	5.9	11.6	
8	AIA	0.15	6.8	4	5	9.2	
9	AIA	0.15	9.9	5	6.67	45.4	
10	AIA	0.15	6.5	2	4.23	6.8	
1	AIB	0.5	7.1	7	4.5	58.4	
2	AIB	0.5	8.2	4	4.67	31.8	
3	AIB	0.5	7.3	9	4.3	35.1	
4	AIB	0.5	7.2	7	4.37	38.8	
5	AIB	0.5	10.7	8	4.23	40	100

6	AIB	0.5	8.8	6	4.54	38.3	
7	AIB	0.5	13.5	5	4.66	35.1	
8	AIB	0.5	6.5	4	3.85	14.4	
9	AIB	0.5	2.7	4	1.73	6.5	
10	AIB	0.5	5.3	2	4.45	12.8	
1	AIB	1	10.4	14	4.17	36.5	
2	AIB	1	10.2	8	4.33	42.4	
3	AIB	1	4	3	2.15	17	
4	AIB	1	2.8	2	3.10	14.2	
5	AIB	1	3.1	3	3.22	12	100
6	AIB	1	7.2	2	3.43	21.3	
7	AIB	1	2.9	2	1.3	5.4	
8	AIB	1	10.2	3	3.1	23.1	
9	AIB	1	3.7	3	1.16	11.1	
10	AIB	1	3.4	2	2.13	14.2	
1	AIB	1.5	6.4	11	5.37	51.6	
2	AIB	1.5	5.1	14	3.87	67.2	
3	AIB	1.5	7.8	21	3.97	52.1	
4	AIB	1.5	5.6	7	2.8	41.7	
5	AIB	1.5	3.4	9	3.43	30	100
6	AIB	1.5	9.9	18	4.27	60.5	
7	AIB	1.5	3.2	6	3.85	22.2	
8	AIB	1.5	6.6	8	3.17	20.6	
9	AIB	1.5	3.3	7	3.68	40.2	
10	AIB	1.5	5.6	6	4.56	19.6	
1	ANA	0.05	4.7	8	4.53	4.3	
2	ANA	0.05	4.9	4	5.17	11	
3	ANA	0.05	7.1	6	5.90	9.1	
4	ANA	0.05	6.2	5	5.33	5.6	
5	ANA	0.05	7.2	7	5.57	12.2	100
6	ANA	0.05	3.8	7	5.45	10.7	
7	ANA	0.05	8.2	5	5.6	8.6	
8	ANA	0.05	6.2	8	5.54	6.5	
9	ANA	0.05	9.1	5	4.7	4.3	
10	ANA	0.05	4.1	3	3.4	7	
1	ANA	0.5	3.4	4	3.76	36.2	
2	ANA	0.5	5.8	3	2.55	25.9	
3	ANA	0.5	1.4	0	0	0	
4	ANA	0.5	3.7	0	0	0	
5	ANA	0.5	4.2	7	1.65	17.9	100
6	ANA	0.5	3.2	3	1.3	10.8	

7	ANA	0.5	2.3	2	1.25	4.8	
8	ANA	0.5	2.2	1	2.4	4.2	
9	ANA	0.5	2.3	2	2.15	8.4	
10	ANA	0.5	3.6	4	1.8	12.4	
1	ANA	1	5.6	7	3.53	51.6	
2	ANA	1	3.4	2	0.45	2.2	
3	ANA	1	3.6	2	0.85	2.7	
4	ANA	1	2.7	0	0	0	
5	ANA	1	2.4	0	0	0	100
6	ANA	1	3.7	0	0	0	
7	ANA	1	2.6	2	1.35	1.8	
8	ANA	1	3.1	0	0	0	
9	ANA	1	3.3	2	1.15	4.7	
10	ANA	1	2.5	0	0	0	
1	TESTIGO	0	3.2	5	5.03	6.6	
2	TESTIGO	0	4.5	6	5.5	8.3	
3	TESTIGO	0	5.1	6	5.63	11.8	
4	TESTIGO	0	4.7	4	4.63	15.7	
5	TESTIGO	0	3.2	0	0	0	100
6	TESTIGO	0	4.3	2	5.65	2.1	
7	TESTIGO	0	8.9	10	0	19.2	
8	TESTIGO	0	2.8	0	5.43	0	
9	TESTIGO	0	3.5	6	5.34	8.9	
10	TESTIGO	0	3.1	7		9.4	

Cuadro 29A. Datos originales del experimento del clon ICTA-Chiquirichapa

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	4.6	16	7.3	39.5	
2	AIA	0.05	4.8	4	6.43	11.5	
3	AIA	0.05	2.4	2	1.45	0.5	
4	AIA	0.05	3.6	2	3.1	3.3	
5	AIA	0.05	2.1	3	3.95	1.5	80
6	AIA	0.05	4.8	12	6.47	37.1	
7	AIA	0.05	2.3	4	4.6	7.6	
8	AIA	0.05	4.2	2	4	7.5	
9	AIA	0.05	3.4	2	4.05	4.9	
10	AIA	0.05	2.7	4	5.9	7.4	
1	AIA	0.10	2.3	2	4.75	5.8	
2	AIA	0.10	2.7	1	5.3	2.3	
3	AIA	0.10	2.1	1	4.1	0.9	
4	AIA	0.10	3.4	2	5.35	6.4	
5	AIA	0.10	2.1	1	6.3	2.4	90
6	AIA	0.10	3.2	1	3.1	1.1	
7	AIA	0.10	4.8	10	7	23.3	
8	AIA	0.10	4.1	4	5.65	13.8	
9	AIA	0.10	7.6	7	7.63	55.1	
10	AIA	0.10	4.8	16	7.46	64.4	
1	AIA	0.15	2.2	0	0	0	
2	AIA	0.15	2.3	0	0	0	
3	AIA	0.15	1.8	2	3.56	5.1	
4	AIA	0.15	2.3	2	2.5	2.9	
5	AIA	0.15	1.4	6	4	10.7	70
6	AIA	0.15	2.2	1	5.2	9	
7	AIA	0.15	5.7	4	6.1	8.4	
8	AIA	0.15	5.3	3	5.8	11.5	
9	AIA	0.15	2.1	0	0	0	
10	AIA	0.15	1.7	0	0	0	
1	AIB	0.5	4.6	3	3.6	30.2	
2	AIB	0.5	3.1	1	6.2	10.5	
3	AIB	0.5	1.6	0	0	0	100
4	AIB	0.5	2.2	1	0.8	0.7	
5	AIB	0.5	2.1	3	1.25	2.6	

6	AIB	0.5	4.4	2	3.5	20.6	
7	AIB	0.5	3.3	3	2.84	2.2	100
8	AIB	0.5	2.4	2	3.15	19.8	
9	AIB	0.5	2.9	3	3.60	9.8	
10	AIB	0.5	3.1	2	4.8	10.1	
1	AIB	1	2.4	1	4.1	2.1	
2	AIB	1	3.2	4	4.30	16.2	
3	AIB	1	1.4	1	2.2	2.3	
4	AIB	1	1.3	3	4.1	6	
5	AIB	1	4.1	2	1.7	0.5	100
6	AIB	1	3.2	3	4.3	14.5	
7	AIB	1	2.7	1	3	7.6	
8	AIB	1	3.8	6	4.1	21.4	
9	AIB	1	5.1	16	4.06	30.9	
10	AIB	1	6.8	12	4.7	76.1	
1	AIB	1.5	2.8	0	0	0	
2	AIB	1.5	2.3	0	0	0	
3	AIB	1.5	8.4	15	3.53	36.6	
4	AIB	1.5	3.7	2	3.2	4.3	
5	AIB	1.5	4.3	2	3.15	18.2	90
6	AIB	1.5	2.8	0	0	0	
7	AIB	1.5	6.5	1	6.2	15.3	
8	AIB	1.5	6.8	2	6.7	26	
9	AIB	1.5	1.8	0	0	0	
10	AIB	1.5	2.6	1	3.6	23	
1	ANA	0.05	5.3	7	6.8	12.3	
2	ANA	0.05	3.1	6	5.83	12.5	
3	ANA	0.05	7.8	4	5.27	14.7	
4	ANA	0.05	3.4	11	9.63	23.9	
5	ANA	0.05	3.1	3	7.3	11.6	90
6	ANA	0.05	4.3	3	5.9	9	
7	ANA	0.05	5.2	5	6.5	15.8	
8	ANA	0.05	4.3	9	8.63	17.5	
9	ANA	0.05	5.7	8	7.3	28.8	
10	ANA	0.05	6.7	4	5.13	12.4	
1	ANA	0.5	1.6	0	0	0	
2	ANA	0.5	3.3	2	1.85	9.5	
3	ANA	0.5	5.8	2	3.4	20.4	
4	ANA	0.5	2.9	2	4.25	16.3	70
5	ANA	0.5	2.8	0	0	0	
6	ANA	0.5	1.6	0	0	0	

7	ANA	0.5	3.2	2	2.25	2	
8	ANA	0.5	2.1	2	1.55	5.8	
9	ANA	0.5	1.9	1	1.9	5.1	
10	ANA	0.5	2.9	2	2.15	51.7	
1	ANA	1	5.1	10	3.3	62.3	
2	ANA	1	1.7	2	1.85	9.7	
3	ANA	1	2.2	0	0	0	
4	ANA	1	2	2	1.9	19.6	
5	ANA	1	2.3	1	1.2	21.4	60
6	ANA	1	2.5	0	0	0	
7	ANA	1	4.2	6	2.97	52.8	
8	ANA	1	1.9	0	0	0	
9	ANA	1	6.1	1	3.84	22.6	
10	ANA	1	5.2	2	1.78	6.9	
1	TESTIGO	0	4.7	6	5.27	11.6	
2	TESTIGO	0	2.3	2	5.15	6.3	
3	TESTIGO	0	4.8	2	4.8	6.2	
4	TESTIGO	0	6.6	2	5.06	7.7	
5	TESTIGO	0	4.1	7	9.9	15.7	90
6	TESTIGO	0	3.1	2	9.55	6.7	
7	TESTIGO	0	3.7	6	5.6	14.2	
8	TESTIGO	0	3.9	9	6.83	31.9	
9	TESTIGO	0	-	-	-	-	
10	TESTIGO	0	-	-	-	-	

Cuadro 30A. Datos originales del experimento del clon Floresta.

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	9.4	10	3.9	16.1	
2	AIA	0.05	8.2	11	3.1	52.6	
3	AIA	0.05	10.3	9	3.9	20.9	
4	AIA	0.05	8.1	6	6.17	9.1	
5	AIA	0.05	3.2	2	5.25	3.4	90
6	AIA	0.05	11.3	7	4.75	14.7	
7	AIA	0.05	7.5	6	7.03	16.4	
8	AIA	0.05	5.4	2	6.5	21	
9	AIA	0.05	6.9	9	6.03	42.9	
10	AIA	0.05	10.6	7	4.6	28.2	
1	AIA	0.10	2.1	1	6.2	9.2	
2	AIA	0.10	2.2	0	0	0	
3	AIA	0.10	6.6	1	6.8	15.5	
4	AIA	0.10	1.9	2	3.4	3	
5	AIA	0.10	3.3	0	0	0	90
6	AIA	0.10	8.8	2	4.95	16.5	
7	AIA	0.10	5.7	9	7.1	18.6	
8	AIA	0.10	8.1	8	5.05	20.8	
9	AIA	0.10	8.5	8	6.37	26.9	
10	AIA	0.10	5.6	8	6.2	20.9	
1	AIA	0.15	6.4	7	7.85	11.9	
2	AIA	0.15	2.1	3	5	2.7	
3	AIA	0.15	5.8	2	6.5	10.6	
4	AIA	0.15	4.7	2	5.8	21.1	
5	AIA	0.15	5.7	2	4.15	18.5	70
6	AIA	0.15	7.2	11	5.97	14.3	
7	AIA	0.15	8.4	6	6.9	22.6	
8	AIA	0.15	9.1	10	5.45	19.3	
9	AIA	0.15	4	3	5.37	20	
10	AIA	0.15	5.4	10	6.15	19.5	
1	AIB	0.5	2.4	1	1.69	12.2	
2	AIB	0.5	2.1	1	1.2	11.3	
3	AIB	0.5	4.3	3	2.85	10.1	100
4	AIB	0.5	4.3	1	7.6	17	
5	AIB	0.5	5.8	2	4.45	15	

6	AIB	0.5	6.7	17	4.7	40.3	
7	AIB	0.5	8.7	15	5.2	35.7	
8	AIB	0.5	9.3	11	5.13	30.1	100
9	AIB	0.5	9.1	13	5.85	31.3	
10	AIB	0.5	11.3	9	4.45	62.1	
1	AIB	1	1.7	0	0	0	
2	AIB	1	1.3	0	0	0	
3	AIB	1	3	2	6.45	40.1	
4	AIB	1	4.8	3	3.55	22.7	
5	AIB	1	8.4	14	5.37	26.4	100
6	AIB	1	4.7	2	6.7	27.1	
7	AIB	1	2.4	0	0	0	
8	AIB	1	4.5	11	3.1	40.5	
9	AIB	1	4.8	13	2.3	50.3	
10	AIB	1	7.2	16	3.2	52.9	
1	AIB	1.5	9.1	3	4.15	26	
2	AIB	1.5	4	1	6.6	20.2	
3	AIB	1.5	5.5	2	5.3	14.8	
4	AIB	1.5	2.3	0	0	0	
5	AIB	1.5	5.9	2	6.25	22.3	100
6	AIB	1.5	6.5	5	4.23	26.6	
7	AIB	1.5	10.9	7	4.23	26.2	
8	AIB	1.5	8.6	6	4.4	19.7	
9	AIB	1.5	10.6	2	5.5	22.6	
10	AIB	1.5	5.6	7	4	20.5	
1	ANA	0.05	2.5	0	0	0	
2	ANA	0.05	1.6	0	0	0	
3	ANA	0.05	2	0	0	0	
4	ANA	0.05	1.5	0	0	0	
5	ANA	0.05	2	5	2.65	3.7	90
6	ANA	0.05	2.6	7	2.10	13.9	
7	ANA	0.05	2.7	1	2.4	14.5	
8	ANA	0.05	2.2	12	2.5	20.4	
9	ANA	0.05	2.3	9	3.07	35.3	
10	ANA	0.05	5.1	10	2.63	36.6	
1	ANA	0.5	1.9	0	0	0	
2	ANA	0.5	2.5	0	0	0	
3	ANA	0.5	1.6	0	0	0	100
4	ANA	0.5	3.2	1	7	0	
5	ANA	0.5	5.4	7	6.5	22.2	
6	ANA	0.5	6.5	8	7.1	24	

7	ANA	0.5	6.3	8	5.57	26.5	
8	ANA	0.5	5.6	7	5.4	36.6	
9	ANA	0.5	9.6	11	6.1	35.3	
10	ANA	0.5	7.2	8	6	36.5	
1	ANA	1	2.6	0	0	0	
2	ANA	1	2.4	0	0	0	
3	ANA	1	2.5	1	2.3	0	
4	ANA	1	2.1	4	2.6	0	
5	ANA	1	5.8	1	7.2	44.4	100
6	ANA	1	8.4	5	3.86	47	
7	ANA	1	2	12	2.45	42.7	
8	ANA	1	5.3	11	8	19.6	
9	ANA	1	6.6	12	7.5	40.2	
10	ANA	1	4.8	2	3.77	13.3	
1	TESTIGO	0	2.5	2	5.85	11.8	
2	TESTIGO	0	3.2	2	5.3	4.9	
3	TESTIGO	0	2.2	0	0	0	
4	TESTIGO	0	8.8	1	7.5	13.7	
5	TESTIGO	0	9.6	7	5.85	27.4	100
6	TESTIGO	0	3.6	2	6.83	17	
7	TESTIGO	0	7.4	4	6.37	24.9	
8	TESTIGO	0	6.8	2	5	26.5	
9	TESTIGO	0	4.5	6	8.35	41.2	
10	TESTIGO	0	7.9	7	8.5	35.6	

Cuadro 31A. Datos originales del experimento del clon Atlantic.

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	2	1	8.2	4.8	
2	AIA	0.05	2.1	2	6.6	11.6	
3	AIA	0.05	2.9	2	4.25	6.7	
4	AIA	0.05	7.1	6	4.5	7.9	
5	AIA	0.05	6.6	11	5.8	63.3	100
6	AIA	0.05	2.7	3	4.13	8.9	
7	AIA	0.05	4.6	5	3.9	26.5	
8	AIA	0.05	6.9	3	5.5	11.4	
9	AIA	0.05	5.1	4	4.93	15.7	
10	AIA	0.05	7.1	8	4.2	18	
1	AIA	0.10	6.4	6	4.83	15.8	
2	AIA	0.10	5	10	4.6	12.3	
3	AIA	0.10	4.1	7	5.53	27.6	
4	AIA	0.10	2.2	1	8.5	12.5	
5	AIA	0.10	4.5	10	5.7	17.1	90
6	AIA	0.10	4.6	4	3.8	8.6	
7	AIA	0.10	7.4	2	6.53	12.7	
8	AIA	0.10	5.4	6	4.83	15.9	
9	AIA	0.10	6.5	3	4.57	16.6	
10	AIA	0.10	5.1	1	7.6	4.6	
1	AIA	0.15	5.6	1	8.2	6.1	
2	AIA	0.15	1.8	1	4.3	3.9	
3	AIA	0.15	2.4	1	5.3	5.2	
4	AIA	0.15	5.7	8	4.65	16.2	
5	AIA	0.15	6.4	6	4.87	12	100
6	AIA	0.15	7.1	2	5.3	12.5	
7	AIA	0.15	2.1	4	3.93	5.5	
8	AIA	0.15	8.7	4	4.53	11.2	
9	AIA	0.15	8	4	5.2	14.8	
10	AIA	0.15	7.6	1	7.8	10	
1	AIB	0.5	3.7	2	4.6	10.6	
2	AIB	0.5	4.5	2	4.55	11.8	
3	AIB	0.5	2.6	4	8.1	11.8	100
4	AIB	0.5	4.6	3	8.15	20	
5	AIB	0.5	7.1	4	4.57	20.4	

6	AIB	0.5	5.2	4	3.86	29.7	
7	AIB	0.5	4.2	4	4.2	18.5	
8	AIB	0.5	4.9	4	3.7	98.2	100
9	AIB	0.5	6.7	6	3.53	42.5	
10	AIB	0.5	7.6	7	3.75	29.5	
1	AIB	1	4.6	2	4.5	14.2	
2	AIB	1	2.2	2	2.3	1	
3	AIB	1	4.2	4	3.23	4.8	
4	AIB	1	5.6	13	2.17	14.8	
5	AIB	1	3.7	2	3.25	14.4	100
6	AIB	1	4.5	10	1.83	16.8	
7	AIB	1	4.9	7	1.77	15.2	
8	AIB	1	3.7	10	2.23	19.8	
9	AIB	1	8.1	6	4.17	56.3	
10	AIB	1	6.6	9	2.47	42.4	
1	AIB	1.5	1.8	0	0	0	
2	AIB	1.5	5	3	6.57	16	
3	AIB	1.5	8.2	5	3.9	10.9	
4	AIB	1.5	2.5	1	6	6.2	
5	AIB	1.5	10.4	3	6.07	9.3	100
6	AIB	1.5	11.5	5	4.63	14.7	
7	AIB	1.5	5.3	4	4.83	20.2	
8	AIB	1.5	7.3	4	5.27	10.4	
9	AIB	1.5	5.1	6	5.43	13	
10	AIB	1.5	7.1	5	5.15	13.7	
1	ANA	0.05	2.8	5	2.9	22	
2	ANA	0.05	3.8	4	4.17	10.5	
3	ANA	0.05	6.1	1	4.6	22.7	
4	ANA	0.05	4.6	3	2.95	28	
5	ANA	0.05	2.5	2	1.87	10.3	90
6	ANA	0.05	5.3	8	1.93	26.4	
7	ANA	0.05	3	2	3.6	19.8	
8	ANA	0.05	2.7	6	4.1	24.7	
9	ANA	0.05	3.6	2	2.83	10	
10	ANA	0.05	3.5	2	4.15	14.7	
1	ANA	0.5	4.1	2	4.9	17.2	
2	ANA	0.5	1.6	1	2.8	0.9	
3	ANA	0.5	1.8	2	5.8	2.4	100
4	ANA	0.5	6.9	3	4.75	19.8	
5	ANA	0.5	3.5	1	7.2	7.3	
6	ANA	0.5	9.4	2	5.35	24.9	

7	ANA	0.5	8.3	2	5.8	19.7	
8	ANA	0.5	4.8	6	5.5	35.3	
9	ANA	0.5	8	6	5.37	25.6	
10	ANA	0.5	5.7	2	4.17	27.4	
1	ANA	1	1.4	0	0	0	
2	ANA	1	4.7	2	4.95	24.4	
3	ANA	1	3.1	5	2.07	14.9	
4	ANA	1	2.3	2	2.6	7.3	
5	ANA	1	2.1	2	2.35	11.7	100
6	ANA	1	1.4	2	2.57	14	
7	ANA	1	4.2	2	2.05	26.8	
8	ANA	1	3.4	15	2.13	20.1	
9	ANA	1	4.3	2	2.45	28	
10	ANA	1	1.4	0	0	0	
1	TESTIGO	0	6.5	6	4.77	14.5	
2	TESTIGO	0	2.5	2	5.3	12.7	
3	TESTIGO	0	3.6	3	3.5	7.4	
4	TESTIGO	0	4.2	1	7.4	9.3	
5	TESTIGO	0	3.8	0	0	0	80
6	TESTIGO	0	10.4	5	4.05	19.6	
7	TESTIGO	0	9	4	6.53	18.7	
8	TESTIGO	0	5.3	3	8.9	13.7	
9	TESTIGO	0	5.9	4	7	19.1	
10	TESTIGO	0	1.4	5	4.2	6.1	

Cuadro 32A. Datos originales del experimento del clon Atzimba.

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	9.6	4	5.13	3.5	
2	AIA	0.05	10.8	4	5.07	5.4	
3	AIA	0.05	7.6	5	6.2	4	
4	AIA	0.05	6.8	4	4.84	4.9	
5	AIA	0.05	8.7	4	5.37	3.8	100
6	AIA	0.05	8.3	4	4.43	3.5	
7	AIA	0.05	7.8	5	5.25	6.1	
8	AIA	0.05	9.1	3	4.83	7.3	
9	AIA	0.05	3.8	2	5.8	3.5	
10	AIA	0.05	4.2	3	2.94	2.6	
1	AIA	0.10	12.4	6	5.2	21.8	
2	AIA	0.10	6.2	5	4.96	19.3	
3	AIA	0.10	4.8	4	5.11	12.8	
4	AIA	0.10	7.2	2	4.87	2	
5	AIA	0.10	4.9	4	5.7	16.9	90
6	AIA	0.10	9.2	3	5.73	3.8	
7	AIA	0.10	8.7	4	4.88	13.2	
8	AIA	0.10	7.3	3	8.23	5.9	
9	AIA	0.10	7.5	4	8.72	15.7	
10	AIA	0.10	8.6	4	4.73	18	
1	AIA	0.15	2.6	0	0	0	
2	AIA	0.15	8.1	2	4.93	11.5	
3	AIA	0.15	3.1	4	8.1	11.7	
4	AIA	0.15	3.4	4	6.1	12.5	
5	AIA	0.15	3	3	7.1	9.6	100
6	AIA	0.15	2.4	0	0	0	
7	AIA	0.15	2.9	4	6.42	11.2	
8	AIA	0.15	3.4	5	5.23	7.1	
9	AIA	0.15	4.1	4	4.86	8.9	
10	AIA	0.15	5.2	3	5.76	4.9	
1	AIB	0.5	2.9	0	0	0	
2	AIB	0.5	7.8	3	5.65	15.6	
3	AIB	0.5	3.3	4	4.86	17.4	100
4	AIB	0.5	4.7	3	3.76	13.1	
5	AIB	0.5	4.4	3	6.3	14.9	

6	AIB	0.5	6.2	3	5.15	30.1	
7	AIB	0.5	5.6	2	5.06	12.3	100
8	AIB	0.5	2.3	0	0	0	
9	AIB	0.5	8.2	5	4.45	13.9	
10	AIB	0.5	5.1	7	5.15	18	
1	AIB	1	2.7	1	2.2	5	
2	AIB	1	6.1	1	6.5	10.6	
3	AIB	1	4.5	5	2.35	20.6	
4	AIB	1	2.5	3	1.9	1.3	
5	AIB	1	2.7	9	2.1	12.7	100
6	AIB	1	5.4	3	3.3	25.9	
7	AIB	1	2.7	4	3.35	5.1	
8	AIB	1	2.8	1	4.1	4.3	
9	AIB	1	5.2	4	3.37	27.2	
10	AIB	1	2.4	0	0	0	
1	AIB	1.5	7.1	12	3.93	39.5	
2	AIB	1.5	4.1	3	3.23	46.7	
3	AIB	1.5	4.9	2	3.8	12.7	
4	AIB	1.5	7.8	17	4.27	70.4	
5	AIB	1.5	4.6	3	3.7	15.5	100
6	AIB	1.5	6.9	2	3.73	12.3	
7	AIB	1.5	5.4	9	3.95	15.8	
8	AIB	1.5	4.7	7	3.10	29.2	
9	AIB	1.5	7.6	1	3.8	38.6	
10	AIB	1.5	6	3	3.15	16.4	
1	ANA	0.05	9.2	5	7.15	25.6	
2	ANA	0.05	5.3	4	5.47	14.5	
3	ANA	0.05	4.1	6	8.63	7.1	
4	ANA	0.05	7.5	3	3.40	4.5	
5	ANA	0.05	10.5	3	4.77	9.6	100
6	ANA	0.05	10.1	6	4.43	13.6	
7	ANA	0.05	7.9	6	5.73	21	
8	ANA	0.05	2.5	2	5.75	4.6	
9	ANA	0.05	12.9	6	4.76	13.4	
10	ANA	0.05	5.7	3	6.47	14.8	
1	ANA	0.5	1.1	1	0.9	1.2	
2	ANA	0.5	2.1	3	1.13	1.6	
3	ANA	0.5	3.3	2	0.85	3.4	90
4	ANA	0.5	5.3	5	1.17	11.3	
5	ANA	0.5	5.2	3	1.83	8.9	
6	ANA	0.5	3.9	13	0.4	8.4	

7	ANA	0.5	1.6	0	0	0	
8	ANA	0.5	2.4	10	1.3	11.2	
9	ANA	0.5	2.7	0	0	0	
10	ANA	0.5	1.6	0	0	0	
1	ANA	1	1.5	8	0.47	6.8	
2	ANA	1	1.7	0	0	0	
3	ANA	1	1.5	2	0.75	3	
4	ANA	1	3.2	2	0.64	1.4	
5	ANA	1	1.3	0	0	0	80
6	ANA	1	2	2	1.05	2.6	
7	ANA	1	1.5	2	0.87	1.9	
8	ANA	1	1.2	2	0.51	2.6	
9	ANA	1	1.8	2	0.55	3.1	
10	ANA	1	1.7	3	0.68	8.4	
1	TESTIGO	0	4.8	4	5.38	6.3	
2	TESTIGO	0	5.2	6	6.5	13.5	
3	TESTIGO	0	6.4	4	8.37	14.8	
4	TESTIGO	0	2.9	4	6.43	3.7	
5	TESTIGO	0	3.6	7	7.27	7.1	90
6	TESTIGO	0	11.5	8	4.2	16.7	
7	TESTIGO	0	2.5	4	4.85	6.6	
8	TESTIGO	0	5.03	5	7.03	8.9	
9	TESTIGO	0	13.1	3	6.63	11	
10	TESTIGO	0		8	5.1	12.7	

Cuadro 33 A. Datos originales del experimento del clon Tollocan

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	2.6	5	5.9	15.4	
2	AIA	0.05	3.8	5	6.5	18	
3	AIA	0.05	4.3	4	6.95	14.3	
4	AIA	0.05	1.8	3	5.6	9.1	
5	AIA	0.05	1.7	5	8	12.2	100
6	AIA	0.05	4	7	6.3	18.1	
7	AIA	0.05	5.5	6	5.93	17.8	
8	AIA	0.05	6.3	7	5.5	13.9	
9	AIA	0.05	2	6	7.17	12.7	
10	AIA	0.05	5.2	3	6.93	13.3	
1	AIA	0.10	5.5	6	6.57	26.3	
2	AIA	0.10	3.4	6	6.53	12.3	
3	AIA	0.10	2.9	2	6.4	6.2	
4	AIA	0.10	3.7	5	7.93	20.6	
5	AIA	0.10	4	5	7.45	10.8	100
6	AIA	0.10	5.3	4	6.15	23.7	
7	AIA	0.10	3.4	10	6.2	12	
8	AIA	0.10	2.8	6	8	14	
9	AIA	0.10	4	3	8.5	17.7	
10	AIA	0.10	3.9	6	8.1	12.7	
1	AIA	0.15	2.7	8	7.33	27.6	
2	AIA	0.15	1.5	9	8.72	22.6	
3	AIA	0.15	4.2	3	8.55	29.1	
4	AIA	0.15	1.2	2	8.90	23.5	
5	AIA	0.15	2.9	11	6.33	15	80
6	AIA	0.15	4.4	2	8.5	17.5	
7	AIA	0.15	3.8	4	6.43	26.1	
8	AIA	0.15	2	3	7.77	26.9	
9	AIA	0.15	1.5	2	8.43	28	
10	AIA	0.15	1.6	0	0	0	
1	AIB	0.5	2.3	7	6.15	20.2	
2	AIB	0.5	2.5	11	5.8	25	
3	AIB	0.5	2.4	10	6.95	23.6	100
4	AIB	0.5	2.7	9	7.77	32.8	
5	AIB	0.5	1.9	8	6.75	23.2	

6	AIB	0.5	2.2	10	6	23.1	
7	AIB	0.5	4.5	9	6.10	31.3	
8	AIB	0.5	2.1	12	7.8	26.1	
9	AIB	0.5	2.7	13	6.93	32.8	
10	AIB	0.5	2.5	14	2.7	30.7	
1	AIB	1	2.4	3	3.25	14.4	
2	AIB	1	2.1	22	1.5	35.6	
3	AIB	1	3.5	2	1.8	14.7	
4	AIB	1	2.5	2	3.3	14.1	
5	AIB	1	3.4	4	6.55	28.9	90
6	AIB	1	2	12	1.45	33	
7	AIB	1	4.9	18	4.7	34.1	
8	AIB	1	2.4	14	3.75	19.2	
9	AIB	1	2.3	7	3.2	23.8	
10	AIB	1	4.1	3	3.45	19.6	
1	AIB	1.5	1.9	3	1.50	4.1	
2	AIB	1.5	3.5	3	1.8	6.2	
3	AIB	1.5	1.7	15	1.85	41.9	
4	AIB	1.5	2.3	2	2.2	5.2	
5	AIB	1.5	2.1	2	2.15	14.4	80
6	AIB	1.5	2.7	7	2.25	22.9	
7	AIB	1.5	1.8	5	1.4	9.1	
8	AIB	1.5	2	11	1.75	23.8	
9	AIB	1.5	2.2	3	2	6.1	
10	AIB	1.5	4.8	16	2.55	36.8	
1	ANA	0.05	4.2	5	7.15	29.4	
2	ANA	0.05	1.8	4	4.2	9	
3	ANA	0.05	1.6	6	5.45	17.3	
4	ANA	0.05	4.5	2	7.45	13.3	
5	ANA	0.05	5.3	3	5.95	14.1	100
6	ANA	0.05	6.4	2	5.67	12.6	
7	ANA	0.05	1.7	4	4.45	8.6	
8	ANA	0.05	2.6	2	5.35	18.6	
9	ANA	0.05	5.3	2	5.25	17.4	
10	ANA	0.05	2.5	4	4.5	9.7	
1	ANA	0.5	1.5	2	1.73	9.3	
2	ANA	0.5	4.3	2	3.2	1.4	
3	ANA	0.5	2.3	2	1.30	16.7	70
4	ANA	0.5	1.8	3	1.45	2.1	
5	ANA	0.5	1.6	2	1.80	10.3	
6	ANA	0.5	1.7	3	1.90	1.6	

7	ANA	0.5	1.4	2	1.6	17	
8	ANA	0.5	1.3	2	1.5	7.4	
9	ANA	0.5	1.4	2	1.55	13.3	
10	ANA	0.5	1.5	2	1.45	11.7	
1	ANA	1	1.3	2	1.15	1.4	
2	ANA	1	1.2	3	0.8	1.5	
3	ANA	1	1.4	2	0.95	1.3	
4	ANA	1	1.3	1	1.1	4.2	
5	ANA	1	0.8	2	1.1	2.5	50
6	ANA	1	1.1	2	1.3	3.4	
7	ANA	1	0.7	0	0	0	
8	ANA	1	0.9	0	0	0	
9	ANA	1	1.2	2	1.15	7.3	
10	ANA	1	1.2	2	0.85	2.4	
1	TESTIGO	0	2.3	2	6.9	7	
2	TESTIGO	0	1.8	5	7.73	15.8	
3	TESTIGO	0	2.4	7	5.2	8.8	
4	TESTIGO	0	1.9	2	9.5	7.9	
5	TESTIGO	0	2.8	4	4.35	16.4	100
6	TESTIGO	0	2.4	7	8.33	22	
7	TESTIGO	0	3.2	7	6.2	14.5	
8	TESTIGO	0	3.4	5	7.87	9	
9	TESTIGO	0	1.9	4	7.45	9.6	
10	TESTIGO	0	4.9	7	3.95	10.2	

Cuadro 34 A. Datos originales del experimento del clon Amigo.

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	1.5	0	0	0	
2	AIA	0.05	4.4	2	2.2	3.6	
3	AIA	0.05	6.5	2	2.45	3.2	
4	AIA	0.05	1.4	0	0	0	
5	AIA	0.05	1.6	0	0	0	50
6	AIA	0.05	2.6	3	2.65	4.1	
7	AIA	0.05	1.7	0	0	0	
8	AIA	0.05	2.3	0	0	0	
9	AIA	0.05	4.2	2	2.53	2.9	
10	AIA	0.05	1.4	0	0	0	
1	AIA	0.10	2.3	3	3.7	1.1	
2	AIA	0.10	1.6	2	5.45	2.1	
3	AIA	0.10	3	3	2.8	3.2	
4	AIA	0.10	3.5	2	2.65	3.3	
5	AIA	0.10	5.2	2	4.3	2.6	40
6	AIA	0.10	2.9	3	2.75	2.9	
7	AIA	0.10	2.4	3	3.35	7.6	
8	AIA	0.10	4	2	3.25	2.1	
9	AIA	0.10	2.3	2	4.8	3.7	
10	AIA	0.10	4.5	2	4.35	5.8	
1	AIA	0.15	4.4	2	4.55	5.4	
2	AIA	0.15	7.5	2	4.95	5.3	
3	AIA	0.15	6.1	2	5.65	10	60
4	AIA	0.15	1.6	2	6.35	14.7	
5	AIA	0.15	3.5	8	1.7	18.6	
6	AIA	0.15	3.4	5	4	9.6	
7	AIA	0.15	5.2	7	4.35	14.6	
8	AIA	0.15	3.2	4	3.6	9.9	
9	AIA	0.15	3	5	2.9	24.3	
10	AIA	0.15	3.1	3	4.25	4.8	
1	AIB	0.5	8	9	3.2	21.1	
2	AIB	0.5	6.5	8	3	22.4	
3	AIB	0.5	9.5	11	3.4	35.4	100
4	AIB	0.5	8.4	12	4.5	109.7	
5	AIB	0.5	7.9	7	4.2	35.6	

6	AIB	0.5	5.7	11	2.828.9	28.9	
7	AIB	0.5	11.1	8	3.529.3	29.3	
8	AIB	0.5	5.9	10	2.759.1	59.1	
9	AIB	0.5	8.3	7	3.535.3	35.3	
10	AIB	0.5	8.7	8	7.2	31.8	
1	AIB	1	2	2	1.85	2.7	
2	AIB	1	1.3	2	2.25	2.50	
3	AIB	1	7.2	2	3.3	15.7	
4	AIB	1	4.5	2	3	15	
5	AIB	1	3.3	3	1.75	7.9	90
6	AIB	1	2.5	3	2.55	10.2	
7	AIB	1	6	2	2.6	18	
8	AIB	1	8.1	7	2.5	22.2	
9	AIB	1	5.6	8	3.75	77	
10	AIB	1	3.5	3	2.65	19.5	
1	AIB	1.5	3.8	3	2.35	6.9	
2	AIB	1.5	1.4	3	1.55	4.6	
3	AIB	1.5	1.5	3	1.75	4	
4	AIB	1.5	7	5	3.50	33.7	
5	AIB	1.5	2	3	1.37	4.9	80
6	AIB	1.5	4.2	2	1.94	46.1	
7	AIB	1.5	3.5	2	1.9	13	
8	AIB	1.5	2.3	3	1.48	5.1	
9	AIB	1.5	6.8	4	3.3	27.6	
10	AIB	1.5	3.7	3	2.5	13.2	
1	ANA	0.05	6.3	3	3.25	8.1	
2	ANA	0.05	2.4	0	0	7.5	
3	ANA	0.05	6.1	3	2.9	0	
4	ANA	0.05	1.3	0	0	0	
5	ANA	0.05	9.5	2	3.5	13	80
6	ANA	0.05	3.4	3	3.1	8.4	
7	ANA	0.05	1.5	0	0	0	
8	ANA	0.05	3.8	3	3.4	34	
9	ANA	0.05	1.6	0	0	0	
10	ANA	0.05	3.9	4	3.7	9.7	
1	ANA	0.5	3	7	2.1	23.2	
2	ANA	0.5	2.2	2	0.9	15	
3	ANA	0.5	1.4	1	1.1	17	70
4	ANA	0.5	1.6	0	0	0	
5	ANA	0.5	1.6	2	0.9	18.5	
6	ANA	0.5	1.5	0	0	0	

7	ANA	0.5	1.7	4	0.6	10.8	
8	ANA	0.5	2.2	3	2	12.4	
9	ANA	0.5	1.3	0	0	0	
10	ANA	0.5	1.7	6	0.5	17.9	
1	ANA	1	1.9	2	1.1	10.4	
2	ANA	1	1.2	1	0.7	8.8	
3	ANA	1	1.1	1	0.9	9.8	
4	ANA	1	2.7	6	2.3	11.6	
5	ANA	1	1.6	2	2.1	9.7	70
6	ANA	1	1.3	2	0.8	10	
7	ANA	1	1.6	0	0	0	
8	ANA	1	1.5	2	0.7	7.2	
9	ANA	1	1.4	1	0.4	6.7	
10	ANA	1	2.1	0	0	0	
1	TESTIGO	0	6.3	5	5.75	6	
2	TESTIGO	0	3.2	6	2.93	8	
3	TESTIGO	0	3.1	5	3	61	
4	TESTIGO	0	4.2	4	4.5	13.3	
5	TESTIGO	0	3.3	3	6.1	4.1	70
6	TESTIGO	0	3.2	2	5.65	10.7	
7	TESTIGO	0	5.1	5	4.25	11.8	
8	TESTIGO	0	4.6	9	3.75	9.4	
9	TESTIGO	0	4	4	4.85	19.8	
10	TESTIGO	0		8	3.85	7.7	

Cuadro 35 A. Datos originales del experimento del clon Xalapán

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	9.7	7	4.43	20.7	
2	AIA	0.05	5	5	5.95	13.6	
3	AIA	0.05	9.6	4	3.9	10.2	
4	AIA	0.05	6.3	3	3	10	
5	AIA	0.05	5	4	6.05	11	100
6	AIA	0.05	6.9	3	3.97	14.3	
7	AIA	0.05	9.6	6	3.57	13	
8	AIA	0.05	9.5	2	8.65	14.5	
9	AIA	0.05	12.5	5	4.2	12.9	
10	AIA	0.05	4.9	4	6.7	9.5	
1	AIA	0.10	6.1	5	4.35	34.7	
2	AIA	0.10	4.4	6	5.6	7.3	
3	AIA	0.10	7.3	3	4	8	
4	AIA	0.10	4.2	4	4.95	15.8	
5	AIA	0.10	3.1	8	4.3	6.3	100
6	AIA	0.10	6.5	4	4.75	22	
7	AIA	0.10	3.8	6	8.25	11.5	
8	AIA	0.10	3.5	5	3.75	21.8	
9	AIA	0.10	6.8	3	4.9	8.4	
10	AIA	0.10	5	5	10	14	
1	AIA	0.15	9.2	6	2.6	12.7	
2	AIA	0.15	6.6	4	4.63	21	
3	AIA	0.15	7.8	2	7.3	17.3	
4	AIA	0.15	7.2	2	5.1	15.7	
5	AIA	0.15	4.7	2	3.37	25	100
6	AIA	0.15	3.6	4	3.33	11.3	
7	AIA	0.15	8.1	5	6.1	11.5	
8	AIA	0.15	3.9	3	7.25	18.4	
9	AIA	0.15	7.6	4	6.75	10	
10	AIA	0.15	6.9	3	3.7	8.5	
1	AIB	0.5	8.1	7	4.85	106.8	
2	AIB	0.5	8.5	6	6.05	80.6	
3	AIB	0.5	11.5	8	3.5	18.2	100
4	AIB	0.5	9.1	19	5.2	26.7	
5	AIB	0.5	8.9	20	5.95	32.1	

6	AIB	0.5	9.7	9	5.43	24.5	
7	AIB	0.5	5.1	3	3.95	13.6	100
8	AIB	0.5	7	16	5.35	28	
9	AIB	0.5	7.2	10	5	91.2	
10	AIB	0.5	7.9	8	4.95	24.4	
1	AIB	1	6.8	33	3.75	40.4	
2	AIB	1	3.7	8	3.5	31.6	
3	AIB	1	8.6	1	5.3	17.1	
4	AIB	1	9.5	14	3.5	26.7	
5	AIB	1	6.5	7	4.15	21.3	100
6	AIB	1	6.8	11	4.6	25.3	
7	AIB	1	8.5	14	5.6	28.2	
8	AIB	1	9.2	12	4.9	19.3	
9	AIB	1	10.6	24	4.8	21	
10	AIB	1	4.7	11	4.9	30.4	
1	AIB	1.5	8.2	5	4.45	23	
2	AIB	1.5	4.7	4	4.75	15.2	
3	AIB	1.5	6.5	4	4.15	19.6	
4	AIB	1.5	7.4	2	4.83	9.7	
5	AIB	1.5	7.7	7	4.8	15.2	100
6	AIB	1.5	7.2	3	4.25	7.1	
7	AIB	1.5	5.7	8	4.55	10.7	
8	AIB	1.5	6.2	6	4	12.3	
9	AIB	1.5	6.4	4	3.65	21.6	
10	AIB	1.5	5.2	4	4.6	14.3	
1	ANA	0.05	4.5	2	5.35	8.8	
2	ANA	0.05	6.2	2	3.95	15.1	
3	ANA	0.05	8.1	4	3	15.6	
4	ANA	0.05	9	3	7.4	66.9	
5	ANA	0.05	8.2	3	2.75	80.8	80
6	ANA	0.05	7.8	2	33	31.1	
7	ANA	0.05	4.2	2	2.8	62.2	
8	ANA	0.05	7.4	3	4.1	12.2	
9	ANA	0.05	4.2	1	5.5	8	
10	ANA	0.05	5.5	2	4.2	15.1	
1	ANA	0.5	3.1	2	1.7	6.6	
2	ANA	0.5	2	4	1.4	5.6	
3	ANA	0.5	3	3	2.6	12.4	90
4	ANA	0.5	3.5	2	1.2	13.3	
5	ANA	0.5	2.6	3	1.85	12	
6	ANA	0.5	5.3	3	1.1	11.7	

7	ANA	0.5	2.9	4	2.9	18.2	
8	ANA	0.5	4.6	5	2.55	20.6	
9	ANA	0.5	3.5	2	2.1	16.6	
10	ANA	0.5	3.1	2	3.8	5.4	
1	ANA	1	3.2	3	2.55	6.5	
2	ANA	1	3.3	2	4.7	18.8	
3	ANA	1	5	4	3.6	11.4	
4	ANA	1	1.6	1	4.2	7.8	
5	ANA	1	2.5	1	2.9	5.7	100
6	ANA	1	1.4	2	4.1	6.3	
7	ANA	1	1.7	2	3.45	5.5	
8	ANA	1	1.5	0	0	0	
9	ANA	1	1.6	0	0	0	
10	ANA	1	3.2	2	2.45	8.2	
1	TESTIGO	0	1.6	0	0	0	
2	TESTIGO	0	4	4	3.5	23.8	
3	TESTIGO	0	5.1	3	3.35	10.4	
4	TESTIGO	0	2.8	3	5.03	9	
5	TESTIGO	0	4.7	5	4.5	14.3	80
6	TESTIGO	0	7.4	4	4.35	20.3	
7	TESTIGO	0	6.7	5	8.34	18.7	
8	TESTIGO	0	4.1	4	8.34	18.7	
9	TESTIGO	0	3.4	3	3.25	7.3	
10	TESTIGO	0	5.9	1	3.10	3.5	

Cuadro 36 A. Datos originales del experimento del clon Lemhi-Russet.

Repetición	Regulador	Nivel (mg/l)	Altura de Planta (cm)	Número de raíces	Longitud de raíces (cm)	Peso seco de raíces (mg)	Sobrevivencia (%)
1	AIA	0.05	2.1	0	0	0	
2	AIA	0.05	1.7	0	0	0	
3	AIA	0.05	1.9	0	0	0	
4	AIA	0.05	2	1	7.4	7.8	
5	AIA	0.05	1.8	1	7.1	9.3	100
6	AIA	0.05	2.2	1	6.4	11.9	
7	AIA	0.05	4.1	2	4.25	10.8	
8	AIA	0.05	2.7	1	8.3	23.6	
9	AIA	0.05	3.5	4	5.75	22.6	
10	AIA	0.05	2.4	0	0	0	
1	AIA	0.10	2.2	0	0	0	
2	AIA	0.10	1.6	4	3.65	4.6	
3	AIA	0.10	3.2	1	4.8	5.2	
4	AIA	0.10	3.3	1	5.8	13	
5	AIA	0.10	2.3	1	5.9	12.6	100
6	AIA	0.10	4.9	1	5.6	14	
7	AIA	0.10	4.4	1	6.3	9.3	
8	AIA	0.10	2.6	2	6.35	10.8	
9	AIA	0.10	7.1	5	6.80	42.6	
10	AIA	0.10	1.4	1	5.5	3	
1	AIA	0.15	1.9	0	0	0	
2	AIA	0.15	2.1	0	0	0	
3	AIA	0.15	1.7	1	3.6	1.1	
4	AIA	0.15	2.3	2	0.9	12.3	
5	AIA	0.15	3.4	1	7.5	14.4	80
6	AIA	0.15	2.1	1	6.9	14.3	
7	AIA	0.15	1.9	2	5.5	13	
8	AIA	0.15	2.8	1	5.9	14.2	
9	AIA	0.15	5.5	2	4.75	16.7	
10	AIA	0.15	3.6	5	4.83	27.6	
1	AIB	0.5	1.6	0	0	0	
2	AIB	0.5	2.1	0	0	0	
3	AIB	0.5	2	1	1.2	1.4	100
4	AIB	0.5	3.7	2	1.6	1.9	
5	AIB	0.5	1.9	0	0	0	

6	AIB	0.5	7.7	2	4.45	16.1	
7	AIB	0.5	2.8	3	2.37	12.7	
8	AIB	0.5	2.1	1	5.2	14.4	100
9	AIB	0.5	7.3	2	5.1	20.9	
10	AIB	0.5	3.9	2	5.05	17.8	
1	AIB	1	1.6	0	0	0	
2	AIB	1	1.8	1	4.7	14.2	
3	AIB	1	3.1	1	1.8	6.6	
4	AIB	1	1.2	3	3.1	8.7	
5	AIB	1	4.3	1	4.9	20.7	
6	AIB	1	2.3	1	3.8	9.4	100
7	AIB	1	3.8	3	4.6	17.8	
8	AIB	1	2.1	2	2.65	11	
9	AIB	1	4.1	0	0	0	
10	AIB	1	4.3	3	2.7	22.2	
1	AIB	1.5	2.1	2	3.95	8.2	
2	AIB	1.5	3.5	4	5.9	21.3	
3	AIB	1.5	4.8	3	2.46	34	
4	AIB	1.5	5	4	7	8.9	
5	AIB	1.5	4.2	8	3.68	66.2	100
6	AIB	1.5	2.7	3	4.47	12.7	
7	AIB	1.5	7.2	3	8.15	14.3	
8	AIB	1.5	7.6	5	4.7	8.4	
9	AIB	1.5	2.6	3	5.75	10.8	
10	AIB	1.5	4.5	3	5.67	5	
1	ANA	0.05	2.9	2	4.65	13.3	
2	ANA	0.05	2.3	1	4.7	3	
3	ANA	0.05	3.2	3	2.35	18.3	
4	ANA	0.05	3.4	2	4.75	7.9	
5	ANA	0.05	1.6	1	3.8	12.6	100
6	ANA	0.05	2.7	3	4.1	16.4	
7	ANA	0.05	1.7	2	3.2	7.1	
8	ANA	0.05	1.5	1	2.6	7.7	
9	ANA	0.05	2.2	1	2.5	3.1	
10	ANA	0.05	1.8	0	0	0	
1	ANA	0.5	2.7	1	3.5	13.4	
2	ANA	0.5	1.8	1	3.1	10.2	
3	ANA	0.5	1.4	0	0	0	50
4	ANA	0.5	1.9	1	2.1	1.8	
5	ANA	0.5	1.6	0	0	0	

6	ANA	0.5	2.1	2	2.05	10.2	
7	ANA	0.5	2.3	1	3.1	23.1	
8	ANA	0.5	1.5	1	4.3	9.8	
9	ANA	0.5	1.4	3	5.3	5.8	
10	ANA	0.5	4.1	0	0	0	
1	ANA	1	2.5	0	0	0	
2	ANA	1	1.8	0	0	0	
3	ANA	1	1.5	0	0	0	
4	ANA	1	1.4	1	2.5	3.4	
5	ANA	1	2.1	3	2.85	7.6	70
6	ANA	1	4.1	3	4.8	19.3	
7	ANA	1	2.4	1	3.2	12.4	
8	ANA	1	1.9	1	4.4	15.7	
9	ANA	1	2.1	1	4	4.5	
10	ANA	1	1.8	2	2.3	11.1	
1	TESTIGO	0	3.3	4	4.7	16.7	
2	TESTIGO	0	4.4	3	5.6	10.4	
3	TESTIGO	0	7	4	6.55	10.8	
4	TESTIGO	0	2.2	3	6.5	14.1	
5	TESTIGO	0	4.7	6	6.65	19.3	100
6	TESTIGO	0	3.2	5	5.45	18.5	
7	TESTIGO	0	8.2	5	3.95	10.3	
8	TESTIGO	0	2.6	4	7.1	7.1	
9	TESTIGO	0	3.5	6	4.75	11.3	
10	TESTIGO	0	7.8	4	6	13.8	



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EFECTO DE 3 AUXINAS SOBRE EL ENRAIZAMIENTO in vitro DE
10 CLONES DE PAPA (Solanum tuberosum L.)"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: ERICK EDMUNDO BOLAÑOS LORENZANA

CARNET No: 9210043

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Estuardo Roca Canet
Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez Vásquez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha
cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía
de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


Ing. Agr. Domingo Amador Pérez
A S E S O R


Ing. Agr. Héctor Alfredo Sagastume Mena
A S E S O R


Ing. Agr. Ariel Abderramán Ortiz López
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S



Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O

cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AO/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01001 GUATEMALA. C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: liusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>