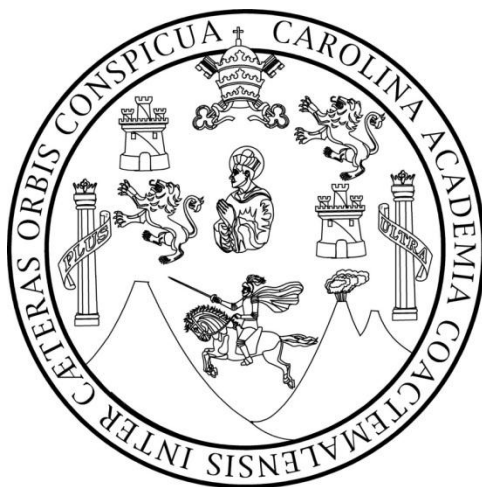


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS  
CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN  
AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**EFFECTO DE TRES DOSIS DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) Y TRES  
CONCENTRACIONES DE SALES, SOBRE EL ENRAIZAMIENTO  
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MICRO-ESQUEJES DE DOS  
VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN CONDICIONES DE  
INVERNADERO.**

**FREDY ALBERTO OCHOA BARRIOS**

**ASESOR**

**ING. AGR. ENMANUEL VELÁSQUEZ ANZUETO.**

***“Id y enseñad a todos”***

**San Marcos 2014**

## INDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>5</b>
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>IV. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PAPA EN EL MUNDO.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE (<i>Solanum tuberosum</i>.L.).....</b>	<b>9</b>
4.2.1 <i>Solanum tuberosum</i> .....	10
<b>4.3 HABITO DE CRECIMIENTO: .....</b>	<b>10</b>
4.3.1 Raíces: .....	10
4.3.2 Tallos: .....	10
4.3.3 Hojas: .....	11
4.3.4 Inflorescencia: .....	11
4.3.5 Fruto, semilla: .....	11
4.3.6 Tubérculo:.....	12
<b>4.4 SITUACION ACTUAL EN LA PRODUCCION DE PAPA A PARTIR DE MICROESQUEJES .....</b>	<b>12</b>
4.4.1 La Micropropagación Masiva: .....	12
4.4.2 Protocolo de micropropagación de papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.).....	12
<b>4.5 TRASPASO DESDE EL MEDIO NUTRITIVO AL SUELO.....</b>	<b>13</b>
<b>4.6 RAZONES POR LAS CUALES LA MICROPROPAGACION CONVENCIONAL TIENE ALTOS COSTOS DE PRODUCCIÓN. ....</b>	<b>15</b>
<b>4.7 ACLIMATACION.....</b>	<b>16</b>
4.7.1 Técnicas de aclimatización: .....	16
4.7.2 Un Método utilizado para la aclimatización de plántulas: .....	17
<b>4.8 INSTALACIONES UTILIZADAS EN LA ACLIMATIZACION .....</b>	<b>17</b>
4.8.1 Invernaderos o invernáculos: .....	17
<b>4.9 MEDIOS PARA ENRAIZAMIENTO:.....</b>	<b>17</b>
4.9.1 Sustratos: .....	18
4.9.1.1 Propiedades de los sustratos: .....	18
4.9.2 Sphagnum turba y otras formas de turba:.....	19
4.9.3 Germinating mix: .....	19
4.9.4 Growing Mix 2: .....	19
4.9.5 Growing Mix Custom .....	19

<b>4. 10 MEDIO DE CULTIVO</b> .....	<b>19</b>
4.10.1 Murashige & Skoog (MS) .....	19
4.10.2 Ácido Indolbutírico (AIB).....	20
<b>V. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>20</b>
<b>5.1 INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS</b> .....	<b>20</b>
5.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA. ....	20
5.1.2 EXTENSIÓN.....	21
5.1.3 VÍAS DE ACCESO. ....	21
5.1.4 CLIMA.....	21
5.1.4.1 Altitud:.....	21
5.1.4.2 Temperatura: .....	21
5.1.4.3 Precipitación pluvial.....	21
5.1.4.4 Humedad relativa: .....	21
5.1.4.5 Vientos:.....	21
5.1.4.6 Zona de vida: .....	21
5.1.4.7 Clasificación climática: .....	22
<b>5.2 REFERENCIAS DE OTROS ESTUDIOS RELACIONADOS:</b> .....	<b>22</b>
5.2.1 Producción de minitubérculos a partir de los brotes de papa-semilla ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) en diferentes combinaciones del sustrato.....	22
5.2.2 Aplicación del Sistema Autotrófico-Hidropónico SHA (Técnica Argentina), en variedades mejoradas del Ecuador, para la obtención de semilla pre-básica de papa .....	22
5.2.3 Sistema S.A.H.: una tecnología desarrollada en el laboratorio de cultivos <i>in vitro</i> de PROPAPA, es adoptada por productores de semillas de distintas regiones de Argentina.....	23
<b>VI. OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
<b>6.1 General:</b> .....	<b>24</b>
<b>6.2 Específicos:</b> .....	<b>24</b>
<b>VII. HIPÓTESIS</b> .....	<b>25</b>
<b>VIII. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>26</b>
<b>8.1 METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO 1</b> .....	<b>26</b>
8.1.1 Materiales y Métodos. ....	26
8.1.2 Variables a estudiar:.....	26
8.1.3 Materiales: .....	27
8.1.4 Diseño estadístico .....	27
<b>8.2 METODOLOGIA DEL EXPERIMENTO 2</b> .....	<b>28</b>
8.2.1 Materiales y Métodos. ....	28
8.2.2 Variables a estudiar.....	29
8.2.3 Materiales: .....	29

8.2.4	Diseño estadístico .....	30
<b>8.3</b>	<b>MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS .....</b>	<b>30</b>
8.3.1	Manejo del experimento 1 .....	30
8.3.2	Manejo del experimento 2 .....	32
<b>IX.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>34</b>
<b>9.1.</b>	<b>EXPERIMENTO 1 .....</b>	<b>34</b>
9.1.1.	Variedad Lóman (L).....	34
9.1.2.	Variedad Atlantic (A) .....	41
<b>9. 2</b>	<b>EXPERIMENTO 2 .....</b>	<b>51</b>
9.2.1	Variedad Loman (L).....	51
9.2.2	Variedad Atlantic (A) .....	52
<b>X.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>XI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>XII.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>56</b>
<b>XIII.</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>58</b>
<b>XIV.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>62</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>No. De Cuadro</b>	<b>Titulo</b>	<b>Página</b>
Cuadro 1.	Composición del tubérculo de papa .....	12
Cuadro 2.	Planificación del experimento 1 .....	28
Cuadro 3.	Interacción de los factores a evaluar (Bandejas plásticas) .....	28
Cuadro 4.	Identificación de los tratamientos evaluados en el experimento 2 .....	30
Cuadro 5.	Identificación de los tratamientos evaluados en el experimento 1 .....	34
Cuadro 6.	Comparación de medias, para la variable longitud de plántula (mm) .....	35
Cuadro 7.	Comparación de medias, para la variable número de entrenudos .....	37
Cuadro 8.	Comparación de medias para la variable número de raíces de la variedad Lóman. ....	38
Cuadro 9.	Comparación de medias, para la variable longitud de raíz más larga de la variedad Lóman. ....	40
Cuadro 10.	Comparación de medias, para la variable crecimiento longitud de plántula (en mm.) .....	42
Cuadro 11	Comparación de medias, para la variable número de entrenudos .....	43
Cuadro 12.	Comparación de medias del factor sustratos, para la variable número de raíces. ....	45
Cuadro 13.	Comparación de medias, para la variable longitud de raíz más larga .....	46
Cuadro 14.	Resumen de las variables de los diferentes tratamientos, para la variedad Lóman....	48
Cuadro 15.	Resumen de las variables de los diferentes tratamientos, para la variedad Atlantic ..	48
Cuadro 16	Presenta resultados del análisis estadístico para el diseño bloques al azar con plántulas provenientes de las diferentes interacciones de sales y fitohormonas, que se evaluaron en el experimento 1 .....	52
Cuadro 17.	Presenta resultados del análisis estadístico para el diseño bloques al azar con plántulas provenientes de las diferentes interacciones de sales y fitohormonas, que se evaluaron en el experimento 1 .....	53

## INDICE DE FIGURAS

No. De Figura	Titulo	Página
Figura 1.	Efecto de los diferentes tratamientos de la micro propagación de papa variedad Lóman en condiciones de cuarto de crecimiento e invernadero, para la variable crecimiento longitud de plántulas .....	35
Figura 2.	Efecto de los diferentes tratamientos de micro propagación de papa variedad Lóman en condiciones de cuarto de crecimiento e invernadero, para el variable número de entrenudos .....	36
Figura 3.	Resultados de la prueba de comparación de medias para la variable número de raíces, de la variedad Lóman .....	38
Figura 4.	Resultados, para la variable longitud de raíz más larga, de la variedad Lóman .....	39
Figura 5.	Porcentaje de sobrevivencia de plántulas .....	40
Figura 6.	En la variedad Atlantic los resultados longitud de plantas a partir de micro esquejes presentaron diferencias significativas, con todos los tratamientos que tienen interacción; respecto al testigo, que no tiene ninguna aplicación .....	41
Figura 7.	Efecto de los diferentes tratamientos de micro propagación de papa variedad Lóman en condiciones de cuarto de crecimiento e invernadero, para el variable número de entrenudos .....	43
Figura 8.	Se encontró diferencia significativa para los diferentes tratamientos con interacciones sales/fitohormonas con respecto al testigo.....	44
Figura 9.	Resultados de la variable raíz más larga. Se encontró diferencia significativa para los diferentes tratamientos con interacciones sales/fitohormonas con respecto al testigo .....	46
Figura 10.	Efecto de tres dosis de sales y tres concentraciones de fitohormonas sobre la micro propagación de papa variedad Atlantic, para la variable porcentaje de sobrevivencia de plántulas .....	47
Figura 11.	Efecto de las interacciones de fitohormonas y sales, numero de mini tubérculos/planta para la variedad Loman .....	51
Figura 12.	Efecto de las interacciones de fitohormonas y sales,número de mini tubérculos/planta para la variedad Atlantic .....	52

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

<b>No. De Figura</b>	<b>Titulo</b>	<b>Página</b>
Fotografía 1.	Microesquejes dentro del cuarto de crecimiento de tejidos.....	63
Fotografía 2.	Invernadero para la ejecucion del experimento número uno.....	63
Fotografía 3.	Llenado de bandejas.....	63
Fotografía 4.	Ejecucion del primer experimento.....	63
Fotografía 5.	Lavado de raices .....	64
Fotografía 6.	Cortes de entrenudos de las vitro plantas.....	64
Fotografía 7.	Limpieza y preparacion del invernadero.....	64
Fotografía 8.	Siembra de los micro esquejes conseguidos por el experimento numero 1.....	64
Fotografía 9.	Selección de plantulas para la toma de las diferentes variableas respuesta.....	65
Fotografía 10.	Diferencias de una variedad con otra .....	65
Fotografía 11.	Proceso que llevo las plantulas para el crecimiento , experimento 2 .....	65
Fotografía 12.	Aplicación el fertilizante diluido como parte del manejo agronomico.....	65
Fotografía 13.	Toma de datos para la ubicación de las plantulas.....	66
Fotografía 14.	Aplicación de riego por goteo .....	66

**TÍTULO**  
**EFFECTO DE TRES DOSIS DE ACIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) Y TRES  
CONCENTRACIONES DE SALES, SOBRE EL ENRAIZAMIENTO  
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MICRO-ESQUEJES DE DOS  
VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) EN CONDICIONES DE  
INVERNADERO.**

**EFFECT OF THREE DOSES OF INDOLEBUTYRIC ACID (IBA) AND THREE  
SALTS ENZYMES ON ROOTING, GROWING AND YIELDING IN TWO POTATO  
CULTIVARS, BASED UNDER GREENHOUSE CULTIVATION.**

**RESUMEN**

El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- ha desarrollado y generado tecnologías para la producción de papa, tanto para producción de papa para consumo, como también para la producción de semilla de alta calidad. En los últimos años, ha perfeccionado técnicas avanzadas en producción de semilla, usando el sistema in vitro, invernadero, campo pero con un costo elevado.

Con el propósito de, optimizar el sistema de micropropagación, trasplante y adaptación en el invernadero de vitroplantas de papa destinadas para la producción de tubérculo-semilla, se planteó esta investigación la cual, se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Labor Ovalle, dividiéndolo en dos experimentos; el primero consistió en la evaluación de hormonas de crecimiento; tres dosis de ácido indolbutírico y tres concentraciones de sales en dos variedades de papa Lóman y Atlantic, utilizando un diseño estadístico al irrestricto al azar, evaluando la respuesta de los microesquejes sembrados directamente sobre sustratos en invernadero comparados con un testigo, Las variables evaluadas fueron; porcentaje de sobrevivencia, crecimiento longitud de plántula, número de entrenudos, número de raíces y longitud de raíz más larga. El segundo experimento consistió en evaluar el rendimiento de mini tubérculos/planta, en la etapa de desarrollo del micro esqueje en invernadero, de las variedades de papa Lóman y Atlantic mediante el diseño de bloques al azar.



El objetivo del estudio fue optimizar el sistema de micropropagación, trasplante y adaptación en el invernadero de vitroplantas de papa destinadas para la producción de tubérculo-semilla.

El sistema de micropropagación por microesquejes representa una reducción de costos de Q24,171.71 en comparación con el sistema de vitroplantas, equivalente a 41%, de esta reducción el 70% fue aportado por las depreciaciones por la menor cantidad de tiempo a depreciar, pero más que todo por la no utilización de frascos gerber, con un valor de Q14,287.50. Los insumos se redujeron en Q3,920.00, los elementos y compuestos químicos en Q2,100.00 y los productos medicinales y farmacéuticos en Q1820.00.

## **TÍTULO**

**EFFECTO DE TRES DOSIS DE ACIDO INDOLBUTÍRICO (AIB) Y TRES  
CONCENTRACIONES DE SALES, SOBRE EL ENRAIZAMIENTO  
CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE MICRO-ESQUEJES DE DOS  
VARIETADES DE PAPA (*Solanum tuberosum L.*) EN CONDICIONES DE  
INVERNADERO.**

## I. INTRODUCCIÓN.

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

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 alimentaria. 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).

La producción de papa en Guatemala es de 419,249 toneladas, según datos del BANGUAT 2007 y se concentra básicamente en tres departamentos del occidente del país, siendo estos, Huehuetenango, Quetzaltenango y San Marcos, que producen el 77% de dicha producción nacional. En el caso de Huehuetenango y San Marcos la concentración de pobreza y desnutrición crónica supera las medias nacionales. Existen además diferencias significativas entre estos tres departamentos, en relación a la superficie promedio de las fincas, rendimientos y nivel organizativo de los productores.

El sector papicultor ha venido enfrentando múltiples problemas que inciden directamente en un bajo nivel de productividad, repercutiendo en la pérdida progresiva de los mercados nacionales y centroamericanos. El Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- ha desarrollado y generado tecnologías para la producción de papa, tanto para producción de papa para consumo, como también para la producción de semilla de alta calidad. En los últimos años, el ICTA, ha perfeccionado técnicas avanzadas en producción de semilla, usando el sistema in vitro, invernadero, campo. El ICTA puede producir en los laboratorios de biotecnología, hasta 50,000 plántulas, que cultivadas en los invernaderos, puede llegar a producir un mínimo de 150,000 mini tubérculos, (Calidad Pre básica). Estos mini tubérculos pueden llegar a producir en la primera generación de campo 1,500 quintales de tubérculo semilla de calidad Básica. Esta semilla en manos de grupos de productores de semilla, puede llegar a producir 10,000 quintales de semilla registrada.

En la multiplicación de plántulas in vitro de papa (micro propagación) se utilizan medios nutritivos que incluyen sacarosa y reguladores del crecimiento. Uno de los

problemas comunes en los laboratorios de cultivos in vitro comerciales y de investigación, es la contaminación del medio con microorganismos. (Liefert et al., 1992; Reed et al., 1994) Esto no solo afecta el crecimiento y la sanidad de las plántulas sino que repercute en el ya elevado costo de producción de estos laboratorios. El uso de antibióticos en el medio no ha resultado una solución práctica debido a que se han observado efectos fitotóxicos. (Lizárraga et al., 1991; Gilbert J. E et al., 1991) Kozai et al. (1992) Investigaron las condiciones ambientales dentro de los envases comúnmente utilizados en cultivos in vitro y determinaron que controlando el micro ambiente se logra favorecer el crecimiento y desarrollo de las plántulas, reducir los desórdenes fisiológicos, evitar pérdidas por contaminación y facilitar la aclimatación durante el trasplante de papa y otros cultivos, lo que llevaría a una reducción del costo de producción.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un método de propagación rápido basado en los conceptos de un cultivo autotrófico que favoreciera el crecimiento de las plántulas de papa y además, reducir al mínimo las pérdidas debido a la contaminación y el estrés del trasplante.

Para ello se obtuvo material vegetal de las variedades Loman y Atlantic de material madre existente en el laboratorio de Biotecnología del ICTA. Para su efecto el estudio se dividió en dos experimentos independientes.

**Durante el primer experimento:** Para el efecto se evaluaron tres dosis de ácido indolbutírico (AIB), y tres concentraciones de sales murashige & skoog (MS) como medio de enraizamiento y nutritivo. En la cual se realizaron cortes de entrenudos centrales de vitroplantas (propágulos) de las variedades Loman, Atlantic, las que fueron sembradas en bandejas plásticas que contienen sustrato, se combinaron adecuadamente en la metodología apropiada para poder determinar las combinaciones y resultados. Así también se llevó a cabo actividades de manejo de los propágulos como lo son: riegos, remoción de sustrato para evitar compactación, la aplicación de ácido indolbutírico y del medio nutritivo líquido (fertilización) dos aplicaciones, la primera ocho días después de la siembra y la segunda aplicación, ocho días después de la primera aplicación. Luego de establecer la siembra de la fase inicial se tomaron datos continuos correspondientes que están ligados al desarrollo y crecimiento del micro-esqueje en el que se realizó un diseño bloques irrestrictamente al azar con 10 tratamientos, 25 repeticiones por tratamiento y una planta como unidad experimental.

**Durante el segundo experimento:** Se realizó el traslado de las plantas a campo definitivo en condiciones controladas dándole el manejo agronómico respectivo,

esto se realizó con un experimento bloques al azar con 5 repeticiones 10 tratamientos y 4 explantes por (unidad experimental), luego de cumplido el ciclo del cultivo de las variedades de papa, (Loman, Atlantic) se evaluó el rendimiento de las plantas/tubérculos procedente de los propágulos.

A los datos obtenidos se aplicó análisis estadístico, (ANDEVA), para determinar el o los mejores tratamientos de acuerdo con los objetivos establecidos para el estudio, el experimento número dos se evaluó por medio de tubérculos por el sistema de micro esquejes.

En un programa de producción de semilla certificada, se requiere del uso de técnicas de micro-propagación *in vitro* para producir una gran cantidad de plántulas genéticamente idénticas y libre de enfermedades, partiendo del cultivo de meristemas o yemas. Estos procesos facilitan la obtención de plantas madres que pueden dar origen a otras libres de patógenos. Mediante las técnicas de multiplicación rápida en los invernaderos, se busca incrementar los volúmenes de tubérculos-semillas, permitiendo al agricultor el uso de material de alta calidad genética, fisiológica y sanitaria. Garantizando el verdadero potencial de las variedades comerciales y los clones avanzados del programa de mejoramiento genético (24).

El estudio evaluó la viabilidad de la micropropagación de propágulos de papa en condiciones controladas y semicontroladas (cuarto de crecimiento e invernadero respectivamente), sobre sustratos, mediante la utilización de microesquejes (explante) utilizando técnicas experimentadas en la micropropagación de plantas en condiciones *in vitro*. Para ello se obtuvo material vegetal de las variedades Loman y Atlantic de material madre existente en el laboratorio de Biotecnología del ICTA. Para su efecto el estudio se dividió en dos experimentos independientes; el primero: Para el efecto se evaluaron tres dosis de ácido indolbutírico (AIB), y tres concentraciones de sales murashige & skoog (MS) como medio de enraizamiento y nutritivo. Se realizó el traslado de las plantas a campo definitivo en condiciones controladas dándole el manejo agronómico respectivo, esto se realizó con un experimento bloques al azar con 5 repeticiones 10 tratamientos y 4 explantes por (unidad experimental), luego de cumplido el ciclo del cultivo de las variedades de papa, (Loman, Atlantic) se evaluó el rendimiento de las plantas procedente de los propágulos. El desarrollo del estudio se llevó a cabo en el Cuarto de crecimiento e invernadero del Laboratorio de Biotecnología del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), Labor Ovalle, del municipio de Olintepeque, departamento de Quetzaltenango, como parte del proyecto FONDO NACIONAL PIN 18.

El objetivo del estudio fue:

Optimizar el sistema de micropropagación, trasplante y adaptación en el invernadero de vitroplantas de papa destinadas para la producción de tubérculo-semilla.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Entre los cultivos alimenticios de importancia, la papa es un rubro prioritario en zonas de Guatemala, específicamente en el altiplano. Se propaga vegetativamente, asegurando la conservación de características varietales durante generaciones sucesivas (24). La papa es un recurso fitogenético que ha repercutido positivamente en todas las culturas de América debido a su contenido alimenticio.

Los sistemas de producción de tubérculo-semilla necesitan técnicas de micro propagación in vitro para producir gran cantidad de plántulas genéticamente idénticas, partiendo de cultivos de meristemos o yemas. Estos procesos facilitan la obtención de platas madres que pueden dar origen a otras libres de patógenos.

Según los pronósticos de la FAO, la población guatemalteca se duplicará para el año 2025, o sea que de 12 millones de habitantes que se tienen en la actualidad se pasarán a tener 24 millones. El reto que el país tendrá que enfrentar es la forma de alimentar dicha población. Una forma de solucionar este problema es el de fomentar la siembra de todos aquellos cultivos que tienen una alta productividad y que además son una buena fuente de alimento; La papa es un cultivo que reúne estas características (8).

Para el caso de Guatemala, la papa es un cultivo propio de regiones frías o templadas a altitudes de 1,500 a 3,600 msnm. Las regiones productoras se establecen en los departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, El Quiché, Chimaltenango, Guatemala, Jalapa, Alta y Baja Verapaz (9).

El cultivo de la papa representa para una gran mayoría de agricultores parte de su dieta básica, especialmente en el altiplano occidental del país. En algunos casos se ha observado que la papa es la única fuente de alimentación y que una familia de seis miembros consume diariamente 6 kilogramos. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE) de Guatemala indica que durante los años 1,988 y 1990 el suministro anual por persona según grupo de alimentos, los guatemaltecos consumieron 13.4 y 16.1 Kg/año de tubérculos, plátanos y bananos respectivamente. Dicho consumo representó el 3 y 4 % del total del alimento consumido en los años mencionados anteriormente. Se considera que el mayor porcentaje (más o menos 80 %) del consumo per cápita de este grupo de alimentos se refiere a la papa (9).

De acuerdo con “La papa en cifras”, editado por el ICTA en febrero del 2000, se establece que para 1998 en Guatemala, se plantaron aproximadamente 11,962

hectáreas, y se produjeron 296,418 toneladas métricas. Se estima que para ese año se produjo con un promedio de 24.78 t/ha. Promedio superior al estimado para Centroamérica y el Caribe, pero en el año 2007 la producción fue de 27.3 t/ha pero aún muy debajo del promedio de los productores de los países en desarrollo que el promedio de rendimiento es de 42t/h. Establecido por FAOSTAT (9).

Los sistemas actuales de producción de tubérculos-semillas, necesitan técnicas de micropropagación *in vitro* para producir una gran cantidad de plántulas genéticamente idénticas, partiendo del cultivo de meristemos o yemas. Estos procesos facilitan la obtención de plantas madres que pueden dar origen a otras libres de patógenos (25). La técnica de micropropagación ha sido un adecuado procedimiento para la producción de semilla de alta calidad, pero los costos de producción por la utilización de esta técnica han aumentado significativamente.

Las sales para el medio de cultivo, los gelificantes, el agua destilada, la cristalería necesaria e insumos para la producción de vitroplantas representan el 28% de los costos directos deducido del documento costos de producción de vitroplantas del ICTA (18).

De igual manera la energía eléctrica para la producción de dichas vitroplantas, y el aire acondicionado durante un mes que dura el proceso, representa el 12% de los costos directos (18) además, el uso de autoclave en el procedimiento de esterilización eleva aún más los costos.

En esta investigación se evaluó la producción de plantas de papa que resultaron de la siembra de microesquejes sobre sustratos, que son de fácil acceso y que los costos de producción se reducirían, paralelo al costo actual de la producción de vitroplantas.

Además, con el cambio del sistema de micropropagación se evitará el procedimiento de adaptación de plantas en el lugar de siembra, que consiste en trasplantar a sustrato las vitroplantas y adaptarlas a condiciones de invernadero por un periodo de 2 semanas.

En la actualidad pocos productores han tenido acceso a este tipo de material debido al alto precio que las plántulas tienen y al desconocimiento del manejo de vitroplantas.



### **III. JUSTIFICACIÓN.**

La micropropagación o propagación *in vitro* ofrece una solución económica al problema de la presencia de patógenos en la papa semilla. Las plántulas se pueden multiplicar un número ilimitado de veces cortándolas en fracciones y sembrando estos cortes. Con las plántulas se pueden producir pequeños tubérculos en transplantarse al terreno, donde crecen y producen papas semilla económicas y sin enfermedades. Esta técnica es muy popular y se utiliza comercialmente en muchos países en desarrollo y países en transición.

A diferencia de otros de los principales cultivos, las papas se reproducen en forma vegetativa, como clones, lo que garantiza una propagación estable, “auténtica”. Sin embargo, los tubérculos que se toman de plantas enfermas transmiten la enfermedad a las plantas que generan. Para evitarlo, el tubérculo que se usa como semilla tiene que producirse en condiciones de estricto control de las enfermedades, lo que encarece el costo del material de propagación y, de esta manera, limita su disponibilidad para los agricultores de los países en desarrollo.

Por tal motivo se hace necesario iniciar trabajos de investigación para buscar nuevas opciones que procuren la innovación del proceso y que a su vez reduzcan, significativamente los costos. En este sentido, de acuerdo con las últimas experiencias que se han tenido en países productores, inducir la autotrofia en una etapa determinada del cultivo de plantas *in vitro* puede convertirse en una buena opción tecnológica que ayude a disminuir costos y facilitar el trabajo, así como también, minimizar el uso de costosos procedimientos para garantizar la asepsia, sin comprometer la calidad de la producción de semilla.

En el presente los agricultores requieren de tecnologías que les permitan propagar materiales genéticos de un forma eficiente y eficaz, con esta técnica se pretendió ofrecer a los propagadores de papa una metodología que les permita obtener un alto porcentaje de material enraizado y de esta manera aprovechar de una forma óptima todo el material propagado.

Se ha demostrado que con el uso de auxinas es posible incrementar el porcentaje de plantas enraizadas a nivel de micropropagación, así como disminuir el tiempo en que estas se producen.

En la actualidad el costo de cada planta producida en el laboratorio de biotecnología del ICTA es de Q2.92 (\$0.37), mientras que con la implementación del sistema autotrófico de propagación se reduce significativamente el precio de vitroplantas destinadas para producción de semilla pre-básica.

Se tiene considerada una producción de 20,000 plantas en un lapso de 5 meses. La demanda anual de semilla registrada y semilla certificada es superior a 20,000 vitroplantas.

Con la ejecución del presente estudio se generó tecnología para la producción a gran escala de plantas de papa, en sustratos que se encuentran en el mercado, y permiten que los esquejes de las plántulas se comporten de una forma eficiente, tanto en cuarto de crecimiento como en invernadero. La obtención directa de esquejes *in vivo* es especialmente importante porque se reduce el tiempo de producción.

Con la ejecución de esta investigación se podrá beneficiar a varios actores del sector agrícola del país, entre ellos instituciones estatales y ONG'S encargadas de programas de alimentación, pues estas se convierten en los mayores demandantes de plántulas y tubérculos para el efecto

Por lo tanto, el presente estudio se considera como el primer paso para generar cambios en la tecnología existente y producir a gran escala semilla de papa y hacerla más accesible para los agricultores.

Se consideró de gran importancia el estudio, por encontrarse dentro de un proyecto que forma parte de las líneas de investigación de FONDO NACIONAL PIN 18, contándose con los recursos económicos, humanos y materiales necesarios para su adecuado establecimiento y manejo, además se contó con apoyo de ICTA en cuanto a infraestructura y equipo de laboratorio de Biotecnología, así como el personal encargado del mismo, por lo que la factibilidad del estudio se encontró debidamente respaldada, asegurando con ello su conducción técnica.

## **IV. MARCO TEÓRICO.**

### **4.1 ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DE LA PAPA EN EL MUNDO.**

La papa (*Solanum tuberosum.L.*), según Engel F., 1970, era conocida en América hace 10,500 años. Su domesticación surgió en fecha posterior en los altiplanos de Bolivia y Chile, junto al Lago Titicaca por los Colla (Aymara); así mismo la domesticaron los Araucanos (vivían al Sur del Río Bio Bío, Chile). En Perú, luego de cultivarla apareció la primera agroindustria americana: la elaboración de papa seca o Chuño para conservar el tubérculo. La papa, entonces, es originaria del Altiplano de América del Sur, donde se consume desde hace más de 8,000 años. Guatemala, es considerada como un centro de origen secundario (9)

### **4.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE (*Solanum tuberosum.L.*)**

Basándonos en los caracteres florales, la papa ha sido clasificada de acuerdo al siguiente sistema:

Familia: Solanaceae

Genero: Solanum

Sección: Petota

Subsección: Potatoes

Esta Sección se subdivide en series, especies, y subespecies. Todas las especies de papa, tanto cultivadas como silvestres pertenecen a la Sección Petota (15).

Hay cerca de 200 especies silvestres consideradas taxonómicamente distintas. Ellas van desde el nivel de las diploides ( $2n = 2x = 24$  cromosomas) hasta el nivel de las exaploides ( $2n = 6x = 72$  cromosomas). Todas estas especies existen solo en América: Crecen desde el sur de Estados Unidos, a través de México, América Central, los países andinos hasta el sur de Chile. Se encuentran desde el nivel del mar hasta más de 4,000 metros de altitud. Aunque la mayoría de las especies silvestres son tuberíferas, algunas no forman tubérculos (15).

Hay varios sistemas de clasificación de la papa, los cuales se basan principalmente en el número de series y especies reconocidas. Así, hay tres sistemas de clasificación de las variedades cultivadas de papa, los cuales reconocen 3, 8 ó 18 especies, según el grado de variación existente dentro de cada característica usada para distinguir una especie de la otra. De ellos, el que reconoce 8 especies cultivadas es el más universalmente utilizado (15).

La papa puede ser clasificada en niveles de ploidia, es el número de juegos (x) de cromosomas presentes en una célula vegetativa (somática). Las células vegetativas normalmente contienen como mínimo dos juegos de cromosomas. El juego de cromosomas es de,  $x = 12$ . Las células somáticas de las especies cultivadas de papa pueden variar entre el nivel diploide y pentaploide. La expresión  $2n$  simboliza el total de juegos de cromosomas y, en consecuencia, el número total de cromosomas en las células vegetativas en cualquier nivel de ploidia (15).

#### **4.2.1 Solanum tuberosum**

Sub-especie tuberosum (TUB). Tetraploide originado por la selección de formas andinas de andígena y de las formas nativas que crecen en el Sur de Chile. Es la subespecie que se siembra en todo el mundo y especialmente en los países no tropicales. Adaptada a las condiciones de foto período largo. Las variedades "Russet Burbank", Kathadin", Red Pontiac", "Bintje", King Edward" y otras son las más conocidas (15).

Sub-especie andígena (ADO). Tetraploide andino, adaptado a foto periodo corto y originado de las hibridaciones, duplicación cromosómica y selección de especies diploides cultivadas (especialmente STN) y silvestres (especialmente *S. sparsipilun*) y otras (15).

### **4.3 HABITO DE CRECIMIENTO:**

La papa es una planta herbácea. Su hábito de crecimiento cambia entre las especies y dentro de cada una. Cuando todas, o casi todas, las hojas se encuentran cerca de la base o en la base de tallos cortos, y están cerca del suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrocetado o semi arrocetado. Las especies *S. x juzepzukii*, *S. x curtilobum* y *S. Ajanhuiri*, que resisten a las heladas, se caracterizan por tener esos hábitos de crecimiento. Entre las demás especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero (tallos que crecen horizontalmente sobre el suelo), decumbente (tallos que se arrastran pero que levantan el ápice), semi erecto y erecto (15).

#### **4.3.1 Raíces:**

Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen de tubérculos, forman raíces adventicias primero en la base de cada corte y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo, ocasionalmente se forman raíces también en los estolones. En comparación con otros cultivos, la papa tiene sistema radicular débil. Por eso se necesita un suelo de muy buenas condiciones para su cultivo. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo, Las hojas aisladas, tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces, especialmente cuando han sido sometidas a tratamientos con hormonas. Esta habilidad de las diferentes partes de la planta para formar raíces es aprovechada en las técnicas de multiplicación rápida (15).

#### **4.3.2 Tallos:**

El sistema de tallos de la papa consta de, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal mientras que las

provenientes de tubérculos-semilla pueden producir tallos; laterales o ramas de los tallos principales.

Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas, pueden desarrollarse para formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y, a veces tubérculos.

Morfológicamente los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de las yemas de la parte subterránea de los tallos. La longitud de los estolones determinan los caracteres varietales importantes, estos pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal.

Morfológicamente los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón que se llama talón, y el extremo opuesto, que se llama extremo apical o distal, los ojos se distribuyen sobre la superficie siguiendo una espiral, se encuentran hacia el extremo apical y están ubicados en las axilas de hojas escamosas llamadas "cejas". Según la variedad, las cejas pueden ser elevadas, superficiales o profundas. Cada ojo contiene varias yemas. Los ojos del tubérculo corresponden morfológicamente a los nudos de los tallos; las cejas representan las hojas y las yemas del ojo representan las yemas axilares. En la mayoría de las variedades comerciales, la forma del tubérculo varía entre redonda, ovalada y oblonga. Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo. El color del brote es una característica varietal importante. Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o en el ápice, o casi totalmente coloreados. Los brotes blancos, cuando se exponen indirectamente a la luz, se tornan verdes (15).

#### **4.3.3 Hojas:**

Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo, normalmente, son compuestas, es decir, tienen un raquis central y varios folíolos; Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal, la parte del raquis debajo del par inferior de folíolos primarios se llama pecíolo (15).

#### **4.3.4 Inflorescencia:**

El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas, de esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa, las flores de la papa son bisexuales, y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo (15).

#### **4.3.5 Fruto, semilla:**

Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas, es generalmente esférico, pero algunas

variedades producen frutos ovoides o cónicos, el número de semillas por fruto llega a más de 200, según la fertilidad de cada cultivar, y también se conocen como semilla verdadera o botánica, para distinguirlas de los tubérculos-semillas o sea tubérculos utilizados para producir cosechas de papa (15).

#### 4.3.6 Tubérculo:

Un tubérculo es un tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta, posee una yema central de forma plana y circular, no posee escamas ni cualquier otra capa de protección, tampoco emite hijuelos. La reproducción de este tipo de plantas se hace por semilla, aunque también se puede hacer por plantación del mismo tubérculo. Es así como se realiza casi siempre la siembra de la papa (15).

La composición de los tubérculos es influida por el cultivar y por las condiciones de crecimiento del cultivo;

Cuadro 1.  
Composición del tubérculo de papa

Componentes	Porcentajes (%)
Humedad	63,0 - 87,0
Carbohidratos	11,5 - 28,1
Proteína	0,7 - 4,6
Grasa	Trazas - 1,0
Fibra	0,2 - 3,5
Ceniza	0,4 - 1,9

## 4.4 SITUACION ACTUAL EN LA PRODUCCION DE PAPA A PARTIR DE MICROESQUEJES

### 4.4.1 La Micropropagación Masiva:

Es una técnica de la biotecnología que se aplica a especies vegetales con el fin de obtener una población en el menor período de tiempo posible.

Se la conoce como una biotecnología de «respuesta rápida», puesto que se logran resultados en períodos de 3 a 6 meses.

### 4.4.2 Protocolo de micropropagación de papa (*Solanum tuberosum* L.)

Laboratorio de Biotecnología, ICTA, Quetzaltenango, 2004.

**ETAPA I:** Inicio del cultivo in vitro.

#### CONSERVACIÓN IN VITRO DE GERMOPLASMA

Se conserva material de las variedades de interés, en medios con compuestos de crecimiento mínimo (retardantes), Sorbitol y Acido Acetilsalicílico, para mantener el material in vitro y utilizarlo cuando sea requerido.

Se parte de las variedades de producción (tubérculo-semilla), por el programa de hortalizas, y se procede a seleccionar las plantas de las cuales se obtienen los meristemos bajo condiciones asépticas, los propágulos se colocan sobre la superficie del medio de cultivo previamente esterilizado y se trasladan al cuarto de crecimiento por 4 semanas.

Estableciendo los explantes en tubos de ensayo con el medio de cultivo, en el cuarto de crecimiento. Condiciones de incubación:  $25 \pm 2$  °C; fotoperíodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad. El medio de cultivo que se utiliza es Murashige y Skoog (MS).

**ETAPA II:** Elongación y disección de microesquejes. En esta etapa se realizará la prueba de ELISA para detección de virus:

PVX, PVY, PLRV y PVS. Todos los materiales que dan positivo a la prueba son eliminados y solamente los negativos pasan a la siguiente etapa.

**ETAPA III:** Micropropagación y enraizamiento *in vitro*.

Se subcultivan las plantas regeneradas al medio de multiplicación hasta alcanzar el volumen de plantas requerido por el Sub-programa de Hortalizas.

**ETAPA IV:** Transplante y adaptación a condiciones de invernadero.

En este periodo, las plantas permanecen por espacio de 2 a 3 semanas, después las plantas están listas para ser llevadas a túneles o casas de malla.

El tamaño óptimo de cada plántula que se obtiene en el laboratorio para iniciar esta etapa debe ser de 4 a 5 cm y con formación de 3 a 4 nudos cada una.

#### 4.5 TRASPASO DESDE EL MEDIO NUTRITIVO AL SUELO

Una planta que se ha originado *in vitro*, difiere en muchos aspectos de las que se originan *in vivo*

1. Las plantas cultivadas en tubos de ensayo tienen generalmente la cutícula (capa de cera) escasamente desarrollada, debido a la alta humedad relativa, 90-100%, que se da *in vitro*. Como consecuencia, cuando se transfiere la planta al suelo, se produce una transpiración cuticular extra, ya que la humedad del aire en las condiciones *in vivo* es más baja. Las hojas de una planta producida *in vitro*, son frecuentemente finas, blandas y fotosintéticamente poco activas, y en consecuencia mal adaptadas a las condiciones que se pueden encontrar *in vivo*. Las plantas procedentes de tubo de ensayo tienen las células empalizadas, que son las que deben utilizar la luz, más pequeñas y en menor cantidad.
2. Las raíces que se han originado *in vitro* son vulnerables y no funcionan de forma adecuada *in vivo* (no tienen o tienen pocos pelos radicales); por lo que mueren rápidamente debiendo ser sustituidas por nuevas raíces

subterráneas. Un desarrollo pobre del sistema radicular hace, que, el crecimiento *in vivo* se haga muy difícil, especialmente cuando hay una elevada transpiración. Es de vital importancia que las plantas *in vitro* pierdan la menor cantidad de agua posible, cuando pasan a condiciones *in vivo*.

Una revisión en los últimos adelantos, en la industria del cultivo de tejidos de plantas, en lo que se refiere al paso desde el tubo de ensayo al suelo, queda resumida así:

- a. La transferencia de plantas enraizadas *in vitro*, al suelo, se realiza comercialmente en unidades relativamente grandes: cuadrados de suelo, cubiertos con plástico que mantengan la unidad del aire elevada (a veces se utilizan pulverizadores). La temperatura y la irradiancia se mantienen bajas (por medio del sombreado).
- b. Los esquejes de tallo, formados *in vitro*, de algunas especies, se pueden transferir directamente a un sustrato artificial. Los laboratorios Twyford han fabricado un tipo de plato de plástico especial, que tiene 400 agujeros rellenos con un sustrato de enraizamiento; éste se expande, una vez humedecido, aprisionando el vástago. El enraizamiento en este tipo de platos tiene lugar en una cámara especial de enraizamiento, semi-estéril, en la que se mantiene elevada la humedad del aire, por medio de pulverizadores. Tan pronto como la formación de raíces es suficiente y los vástagos comienzan a crecer, los esquejes se transfieren en el plato al invernadero. Posteriormente, cada esqueje, de forma individual puede ser retirado del plato y cultivado en el suelo.
- c. La compañía Milcap France S.A. (Francia), produce un sustrato de enraizamiento sintético, que tiene una base de polipropileno (capaz de ser autoclaveada, biológicamente estable, químicamente inerte, bien aireada, con un entramado capilar). Este sustrato se encuentra en forma de copos aptos para el enraizamiento *in vitro*. Para la formación directa de raíces *in vivo*, existen también pequeños bloques, en los que se pueden colocar los esquejes directamente. Este nuevo sustrato de enraizamiento es muy adecuado para el enraizamiento de vástagos *in vitro* (copos) o también *in vivo* (bloques).
- d. McCowan (1986), ha descrito los diferentes métodos posibles de micropropagación (un campo en rápida expansión) con sistemas de trasplante tipo agujero (y tapón). También describe los criterios para un sistema óptimo ideal.
- e. En los últimos años los sistemas de producción de niebla se han generalizado mucho para la aclimatación.

Tendiendo en cuenta lo que se ha indicado anteriormente, se puede esperar que en un futuro cercano se presenten nuevos sustratos en el mercado, que permitan que los esquejes del vástago se comporten de una forma más eficiente, tanto *in vivo* como *in vitro*. La obtención directa de esquejes *in vivo* es especialmente importante, puesto que el precio de las plantas *in vitro* descenderá (el enraizado *in vitro* resulta relativamente caro), haciéndose así la multiplicación *in vitro* más popular; se necesitarán cámaras de crecimiento, especialmente equipadas para esquejes *in vivo* tratados sobre sustratos artificiales (21).



#### **4.6 RAZONES POR LAS CUALES LA MICROPROPAGACION CONVENCIONAL TIENE ALTOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.**

Las plantas micropropagadas son en general, 10 veces más caras que las plantas producidas por semillas en sistemas de producción semi-automatizada. Pero aún así hay una gran demanda en la industria agrícola de plantas micropropagadas debido a las numerosas ventajas que éstas ofrecen.

La mano de obra especializada, en los países desarrollados, llega a alcanzar hasta un 60% o más de los costos totales de producción. La mano de obra, en general, se incrementará en el futuro en cualquier parte del mundo.

Las razones por las que los costos de producción son altos incluyen:

1. El largo período de tiempo que se requiere para cada etapa del cultivo *in vitro*;
2. a veces ocurre un porcentaje relativamente alto de plantas muertas, debido a desordenes fisiológicos o a contaminaciones biológicas (bacterias u hongos) durante las sucesivas etapas del cultivo *in vitro* y debido al estrés ambiental durante la etapa de aclimatación;
3. una gran variación en tamaño de plantas y calidad de las mismas
4. costos significativos por el pago de energía eléctrica para iluminación y aire acondicionado;
5. costos significativos por el uso de azúcar, agentes gelificantes y recipientes de cultivo y sus respectivas tapas; y
6. una sobreproducción o falta de plantas en varios períodos, debido a circunstancias impredecibles.

Una razón fundamental por la que los costos de producción son altos, es la presencia de azúcar en el medio de cultivo. El crecimiento de bacterias y hongos heterotróficos se observa frecuentemente cuando el azúcar está presente en el medio. El medio de cultivo que contiene azúcar es distribuido en recipientes esterilizados con tapas bien aseguradas para evitar la entrada de hongos, bacterias e insectos. Los recipientes usados para micropropagación deben ser relativamente pequeños en tamaño (con un volumen de aire de 100-500 ml) con el fin de evitar una gran pérdida repentina de plantas *in vitro* debido a la contaminación de alguno de los explantes. Otra razón para usar recipientes pequeños es para facilitar su manipulación durante el cultivo *in vitro*.

Durante la micropropagación, la humedad relativa dentro de los recipientes es alta (95-100%) durante todo el cultivo a una temperatura constante del aire de  $\pm 25^{\circ}\text{C}$ . Esta alta humedad constante causa anomalías fisiológicas, que pueden conducir a problemas durante la etapa de aclimatación.

La concentración de etileno y compuestos tóxicos (fenoles, producto de la oxidación) que obscurecen el medio de cultivo tiende a ser más alto en aquellos recipientes con tapas muy cerradas. Estas sustancias pueden limitar el crecimiento y diferenciación de las plantas *in vitro*.

Se pueden obtener grandes beneficios mediante el desarrollo de sistemas de micropropagación desarrollados a un costo más accesible, sin el uso de azúcar y sin el uso de recipientes pequeños con tapas muy cerradas. Estos beneficios pueden obtenerse sin embargo, solo si los explantes y/o vitroplantas tienen la suficiente habilidad fotosintética para llegar a ser autotróficos. Las condiciones que se requieren para el crecimiento autotrófico de las plantas *in vitro* deberá ser establecido y adaptado de acuerdo con la especie que se trate. Es probable que una reducción del 50% en el costo promedio de la micropropagación de las plantas pueda elevar la demanda del mercado hasta 10 veces y una reducción del los costos del 90% puede elevar la demanda del mercado más de 1,000 veces, Esto significa que el uso de plantas micropropagadas podría incrementarse exponencialmente mediante la reducción de los costos, no solo en plantas hortícolas sino también en especies forestales y en otras áreas de la agricultura (6).

#### **4.7 ACLIMATACION**

“Para esta etapa existen varios nombres; adaptación, aclimatación, etc., sin embargo se usa aclimatización porque esa palabra significa especialmente la adaptación del medio ambiente artificial al medio ambiente natural” (12).

Una vez efectuada la fase de aclimatación las plantas pueden ser transportadas al invernadero, donde serán colocadas en un sustrato, proporcionándoles un buen drenaje y aireación para evitar el desarrollo de hongos y bacterias (16).

Antes de efectuar el trasplante es recomendable que el sustrato sea esterilizado en un autoclave a una temperatura de 121 °C por 30 a 60 minutos (dependiendo de la cantidad, lo cual reducirá la incidencia de patógenos, particularmente aquellos que causan la pudrición de la raíz (16).

La actividad fotosintética durante las primeras etapas de la planta bajo condiciones *in vitro* no es necesaria, ya que a la planta se le suministran los elementos básicos para su desarrollo mediante un medio nutritivo, encontrándose así en un estado heterotrófico y pasando a un estado autotrófico al ser transplantados a suelo (16).

En el invernadero se recomienda tener un estricto control fitosanitario, particularmente en aquellos casos donde el objetivo fundamental es la obtención de plantas libres de patógenos (16).

##### **4.7.1 Técnicas de aclimatización:**

Según Debergh & Zimmerman (6) “las características fisiológicas y anatómicas de plántulas micropropagadas, necesitan que sean gradualmente aclimatizadas al ambiente del invernadero o del campo”. “Ya que el medio artificial del laboratorio

es diferente al que esta en el exterior (humedad, temperatura, gases, nutrimentos, intensidad de luz)” (12). “las técnicas que son mas eficaces para la aclimatización son las que van dirigidas a lograr gradualmente los cambios de baja humedad relativa, niveles altos de luz, crecimiento autotrófico y un medio séptico” (6).

Esta técnica es muy importante para lograr que las plantas se adapten sin reducir su cantidad, ni afectar su crecimiento” (12).

#### **4.7.2 Un Método utilizado para la aclimatización de plántulas:**

“Incluye colocar las plántulas en un área encerrada que retenga el vapor de agua, cajas de humedad, o tiendas de polietileno. Métodos relativamente baratos, pero el incremento de calor y el trabajo adicional que se requiere para monitorear la perdida de agua representan una desventaja. Deben ser ventiladas durante el día para reducir el calor si las plántulas están suficientemente regadas para prevenir marchitamiento” (6).

### **4.8 INSTALACIONES UTILIZADAS EN LA ACLIMATIZACION**

#### **4.8.1 Invernaderos o invernáculos:**

“son construcciones cerradas cubiertas con materiales transparente dentro de las cuales se mantiene un clima artificial. Se originaron en los climas templados y su funcionamiento se basa en que la radiación solar pasa a través de ciertos materiales traslúcidos y calienta el aire y las superficies dentro del invernadero.

Los rayos infrarrojos no pueden pasar de regreso al exterior a través del material de la cubierta. La temperatura se acumula en el interior de la estructura y alcanza niveles muy por encima de la temperatura exterior lo cual no siempre es favorable a la producción, la calefacción adicional, la ventilación controlada y la iluminación artificial contribuyen a regular este microclima.

El invernadero ahorra agua, fertilizantes y mejora el control de plagas y enfermedades” (22).

#### **4.9 MEDIOS PARA ENRAIZAMIENTO:**

Una vez efectuada la fase de aclimatación las plantas pueden ser transplantadas al invernadero, donde serán colocadas en un sustrato, proporcionándoles un buen drenaje y aireación para evitar el desarrollo de hongos y bacterias.

Algunas mezclas de sustrato que han dado buenos resultados en varias especies (papa, clavel, violeta africana, etc.) consisten de tierra de hoja mezclada en partes iguales con materiales cuya reacción es neutra, como son la agrolita (material de origen volcánico con capacidad de absorción de agua y sin capacidad de intercambio) y la vermiculita (mineral de mica, compuesto por un silicato de hierro,

aluminio y magnesio hidratados; posee propiedades de intercambio catiónico y alta capacidad de absorción de agua).

Los sustratos pueden estar constituidos por otro tipo de materiales de sostén, como en el caso del pino, donde se utiliza para su transporte un sustrato constituido en un 70% de corteza de pino, 25% de musgo y 5% de cenizas (16).

#### 4.9.1 Sustratos:

Según Pérez (20) Un sustrato es el medio material donde se desarrolla el sistema radicular del cultivo. Se denomina sustrato a un medio sólido inerte que cumple 2 funciones esenciales:

- Anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar.
- Contener el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.

Los gránulos componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva. Se consideran buenos aquellos que permiten la presencia entre 15% y 35% de aire y entre 20% y 60% de agua en relación con el volumen total. Muchas veces es útil mezclar sustratos buscando que unos aporten lo que les falta a otros, teniendo en cuenta los aspectos siguientes:

- Retención de humedad.
- Alto porcentaje de aireación
- Físicamente estable
- Biológicamente inerte.
- Excelente drenaje
- Poseer capilaridad
- Liviano.
- De bajo costo
- Alta disponibilidad.

##### **4.9.1.1 Propiedades de los sustratos:**

- *Sustratos químicamente inertes* : Arena granítica o silícea, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- *Sustratos químicamente activos*: Turbas rubias y negras, corteza de pino, vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

Las diferencias entre ambos, están determinadas por: la capacidad de intercambio catiónico o la capacidad de almacenamiento de nutrientes por parte del sustrato.

Los primeros, actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por ello, tienen que ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los segundos, sirven de soporte a la planta y

actúan como depósito de reserva de los nutrientes, aportados mediante la fertilización. almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal (2). Los sustratos inertes deben presentar una elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible (20-30% en volumen), un tamaño de partículas que posibilite una relación aire/agua adecuada, baja densidad aparente (alta porosidad, >85%), estructura y composición estables y homogéneas, capacidad de intercambio catiónico nula o muy baja, ausencia total de elementos tóxicos, hongos o esporas, bacterias y virus fitopatógenos.

Antes de efectuar el trasplante es recomendable que el sustrato sea esterilizado en un autoclave a una temperatura de 121 °C por 30 a 60 minutos (dependiendo de la cantidad, lo cual reducirá la incidencia de patógenos, particularmente aquellos que causan la pudrición de la raíz.

#### **4.9.2 Sphagnum turba y otras formas de turba:**

Es comúnmente usado, ya que es ampliamente disponible y relativamente barato, la turba es un material orgánico estable que posee una gran cantidad de agua y aire, no se descompone rápidamente. La turba es muy ácida (pH 3,5 a 4,0) es comúnmente añadida caliza a la mezcla para equilibrar el pH. El color de turba más claro hace un mejor trabajo de proporcionar el espacio aéreo, turba más oscura tiene pocos poros grandes.

#### **4.9.3 Germinating mix:**

Mezcla compuesta por molido sphagnum turba, vermiculita, perlita componen los principales ingredientes, además de caliza dolomítica, posee características como textura fina, buen drenaje, buena capacidad de retención de agua, pH de 5.5 a 6.5 después de humedecer, es utilizado para siembra de esquejes y semillas.

#### **4.9.4 Growing Mix 2:**

Esta es una mezcla de turba sphagnum, con partículas de perlita y vermiculita gruesas, piedra caliza dolomítica, posee buen drenaje, pH de 5.5 a 6.5 después de humedecer

#### **4.9.5 Growing Mix Custom:**

Esta es una mezcla de turba sphagnum, con partículas de piedra caliza dolomítica, posee características como, textura media, buen drenaje, pH de 5.5 a 6.5 después de humedecer, es utilizado para siembra de esquejes, plantas ornamentales.

### **4. 10 MEDIO DE CULTIVO**

#### **4.10.1 Murashige & Skoog (MS)**

Es un medio de cultivo utilizado en los laboratorios para el cultivo de la planta de cultivo celular, fue inventado por científicos de plantas Toshio Murashige y Skoog

Folke K. en 1962 durante la búsqueda de Murashige para un nuevo regulador del crecimiento vegetal. Junto con sus modificaciones, que es el medio más comúnmente utilizado en cultivo de tejidos vegetales experimentos de Laboratorios.

#### **4.10.2 Ácido Indolbutírico (AIB)**

El AIB es la auxina más utilizada para este efecto por su estabilidad y poca movilidad; la otra utilizada ha sido el Ácido Naftalenacético, aunque es más móvil y por tanto menos consistente.

Las auxinas son un grupo de fitohormonas que funcionan como reguladoras del crecimiento vegetal. Esencialmente provocan la elongación de las células

Se sintetizan en las regiones meristemáticas del ápice de los tallos y se desplazan desde allí hacia otras zonas de la planta, principalmente hacia la base, estableciéndose así un gradiente de concentración. Este movimiento se realiza a través del parénquima que rodea a los haces vasculares.

La síntesis de auxinas se ha identificado en diversos organismos como plantas superiores, hongos, bacterias y algas, y casi siempre están relacionadas con etapas de intenso crecimiento.

La presencia e importancia de las hormonas vegetales se estableció por los estudios de las auxinas; sobre ellas hay una amplia y profunda información científica (mucho más de lo que hay de otras hormonas), lo que ha permitido conocer con más precisión cómo funcionan las hormonas en las plantas. Junto con las giberelinas y las citocininas, las auxinas regulan múltiples procesos fisiológicos en las plantas, aunque no son los únicos compuestos con esa capacidad.

## **V. MARCO REFERENCIAL.**

### **5.1 INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLAS.**

#### **5.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA.**

La estación experimental “Labor Ovalle” del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), se encuentra ubicada en el municipio de Olintepeque, Departamento de Quetzaltenango a 203.5 km. de la ciudad Capital, a 3.5 km. del departamento de Quetzaltenango y a 2 km. de la cabecera municipal de Olintepeque.

Se encuentra localizada en las coordenadas siguientes:.

Latitud Norte: 14°52'16" y Longitud Oeste: 91°30'52" (12).

### **5.1.2 EXTENSIÓN.**

La estación experimental “Labor Ovalle” tiene una extensión territorial de 21.02 ha. divididas en 7.81 ha. para instalaciones y 13.21 ha. para campos de investigación y producción tanto agrícola como pecuaria (12).

### **5.1.3 VÍAS DE ACCESO.**

Labor Ovalle cuenta con una vía de acceso, que la conduce al municipio de Olinstepeque, siendo esta la carretera Interamericana, que va también al municipio de San Carlos Sija. Esta vía de acceso se encuentra en buenas condiciones ya que es una carretera asfaltada la cual puede ser transitada sin ningún problema tanto en época seca como en época lluviosa (12).

### **5.1.4 CLIMA**

#### **5.1.4.1 *Altitud:***

Según la estación meteorológica Labor Ovalle, la estación experimental ICTA “Labor Ovalle” se encuentra a una altura de 2,454 metros sobre el nivel del mar, factor de vital importancia en el clima, teniendo predominancia de viento y baja temperatura en la época seca del año principalmente en los meses de noviembre y diciembre (10).

#### **5.1.4.2 *Temperatura:***

La temperatura de la región varía, dependiendo de la época del año, presentando una temperatura máxima de 22.2°C, una temperatura media de 15.1°C y una temperatura mínima de 6.8°C (10).

#### **5.1.4.3 *Precipitación pluvial:***

La precipitación pluvial anual registrada en la región varía de 2000 a 2500 mm distribuidos generalmente en los meses de abril a octubre (10).

#### **5.1.4.4 *Humedad relativa:***

El rango de humedad relativa que se encuentra en la región de la estación experimental “Labor Ovalle”, es de 70 a 75% (10).

#### **5.1.4.5 *Vientos:***

Generalmente se presentan en dirección de norte a este con una velocidad promedio de 9.5 kilómetros / hora, siendo de moderados a fuertes (10).

#### **5.1.4.6 *Zona de vida:***

Según Holdridge la zona de vida de la región se clasifica como Bosque muy Húmedo Montano Bajo Subtropical (14).

#### **5.1.4.7 Clasificación climática:**

Según Holdridge las características climáticas son del tipo semi-frío, húmedo, con invierno benigno y seco (14).

### **5.2 REFERENCIAS DE OTROS ESTUDIOS RELACIONADOS:**

#### **5.2.1 Producción de minitubérculos a partir de los brotes de papa-semilla (*Solanum tuberosum* L.) en diferentes combinaciones del sustrato.**

El trabajo se desarrolló en las dependencias de la Sección Hortícola y Exp. de la UNIFENAS (periodo del 14-05 al 11-08 de 2003), apuntando para evaluar tipos diferentes de mezclas (sustrato) para la producción de minitubérculos de papa-semilla en tres cultivares que aportan los brotes (3 x 0,5 cm): 'Asterix', 'Monalisa' y 'Ágata'.

Se concluyó que los sustratos Plantamax y Fibra de coco y los brotes originados de los cultivares Ágata y Monalisa fueron los más indicados para este tipo de propagación, con promedio de multiplicación 2 x superior en número de minitubérculos producidos con un diámetro promedio superior a los 2 cm. La tierra autoclavada sólo fue de calidad y cantidad más inferior en la producción de minitubérculos de la papa-semilla por propagación de brotes.

#### **5.2.2 Aplicación del Sistema Autotrófico-Hidropónico SHA (Técnica Argentina), en variedades mejoradas del Ecuador, para la obtención de semilla pre-básica de papa**

Este estudio se desarrolló para adaptar la técnica de producción de plántulas de papa en el sistema autotrófico hidropónico desarrollado en el INTA de Argentina al sistema de producción de semilla pre-básica de la Estación Exp. Sta. Catalina del INIAP. Con base a estudios y empleando técnicas de micropropagación en un sistema semejante a los utilizados en hidroponía, en la Estación Experimental del INTA Balcarce, se desarrolló un Sistema Autotrófico Hidropónico SHA. que utiliza contenedores desechables, turba y soluciones hidropónicas, sin agregar sucrosa ni reguladores de crecimiento. De esta manera se logró obtener plántulas autotróficas de papa con una gran capacidad de adaptación a condiciones de invernadero. El estudio se dividió en dos partes, en laboratorio se cultivaron autotróficamente segmentos uninodales provenientes de plántulas in-vitro de las variedades mejoradas I- Sta. Catalina, I- Raymipapa, I-Fripapa y la var. Superchola. Todas las variedades se adaptaron al SHA. y solo se observó diferencias significativas en la variable altura de planta en variedades del tipo *andigena*. En invernadero se evaluaron plántulas provenientes de los dos métodos de micropropagación, *in-vitro* y autotrófico en las variedades I-Fripapa y Superchola, en condiciones de cultivo semi-hidropónico. De los resultados



obtenidos se concluyó que las plántulas provenientes del método SHA rinden un 25 % más que el método *in-vitro* en rendimiento total, por planta y por tubérculo-semilla. Además en este método se producen mini-tubérculos de mayor peso promedio en todas las seis categorías, especialmente de la var. I-Fripapa. Igualmente, esta combinación presentó un alto beneficio neto de 45.76 USD/ m<sup>2</sup> frente al resto de tratamientos.

### **5.2.3 Sistema S.A.H.: una tecnología desarrollada en el laboratorio de cultivos *in vitro* de PROPAPA, es adoptada por productores de semillas de distintas regiones de Argentina.**

Hasta hace pocos años, la producción de plántulas *in vitro* en Argentina se realizaba casi exclusivamente por medio de la micropropagación, siguiendo protocolos desarrollados en la década del 70-80. Esta técnica requiere de laboratorios especialmente equipados donde se realiza la multiplicación *in vitro* de plántulas sanas bajo condiciones de asepsia en medios nutritivos con sacarosa.

En la actualidad, el productor semillerista cuenta con un sistema de producción de plántulas de fácil implementación: SAH, Sistema Autotrófico Hidropónico. Esta tecnología, desarrollada en PROPAPA, EEA INTA Balcarce, le permite producir sus propias plántulas *in vitro* sin la necesidad de sofisticado equipamiento.

En los últimos dos años, esta tecnología ha sido transferida a productores de semilla de distintas regiones de Argentina, y a diversas instituciones de América Latina. El entrenamiento se realiza, en dos etapas: la primera, consta de una parte teórica y práctica inicial en el laboratorio del PROPAPA y la segunda abarca la puesta a punto del sistema en cada establecimiento. Esto último implica el entrenamiento del personal, asesoramiento sobre el acondicionamiento adecuado de las instalaciones y desarrollo participativo de la organización de la producción.

Esta tecnología fue transferida en situaciones diversas: a asociación de productores, a empresas privadas con experiencia en cultivos *in vitro* y a productores sin experiencia en el tema.

Los que adoptaron este sistema han comprobado sus beneficios: les permitió producir una mayor cantidad de plántulas en menor tiempo, de mejor calidad fisiológica, de mayor adaptación al trasplante y a un menor costo que utilizando el sistema tradicional.

## **VI. OBJETIVOS.**

### **6.1 General:**

- Optimizar el sistema de micropropagación, trasplante y adaptación en el invernadero de vitroplantas de papa destinadas para la producción de tubérculo-semilla.

### **6.2 Específicos:**

- Evaluar el efecto tres dosis de ácido indolbutírico (IBA) y tres concentraciones de sales Murashige & skoog (MS) adicionadas al sustrato de cultivo, sobre el enraizamiento y crecimiento de dos variedades de papa para la micro propagación de vitroplantas bajo condiciones de invernadero.
- Evaluar los rendimientos en mini tubérculo/planta provenientes del micro esqueje.
- Comparar costos de producción de lotes de micro esqueje versus lotes de vitroplantas

## **VII. HIPÓTESIS**

- **Ha.1:** Al menos una de las dosis de fitohormonas y concentraciones de sales, presentará diferencias significativas en cuanto al enraizamiento y crecimiento de plántulas a través de micro esquejes.
- **Ha. 2:** Al menos uno de los tratamientos presentará diferencias significativas en cuanto al rendimiento mini tubérculo/planta.
- **Ha. 3:** Al menos uno de los tratamientos presentará diferencias significativas en cuanto a los costos de producción comparado con el sistema vitroplantas.

## **VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.**

La investigación se desarrolló por medio de la aplicación de métodos científicos aplicando procedimientos experimentales que comprendieron las siguientes actividades. Se desarrollaron dos diferentes experimentos, cada uno con su metodología específica, las cuales se detallan a continuación:

### **8.1 METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO 1**

Evaluación para el cultivo autotrófico de micro esquejes obtenidas de vitroplantas de dos variedades de papa.

#### **8.1.1 Materiales y Métodos.**

Para efectos del experimento se utilizaron tres dosis de ácido Indolbutírico (AIB), y concentraciones de sales Murashige & Skoog (MS) a través de un diseño bloques al irrestricto azar.

#### **8.1.2 Variables a estudiar:**

**Variables independientes:**

**Factor A: Dosis ácido indolbutírico (AIB)\***

- Dosis 1 0.01 mg/l.
- Dosis 2 0.05 mg/l.
- Dosis 3 0.1 mg/l.

**Factor B: Concentraciones de sales Murashige & Skoog (MS)\***

- Sales MS completas (sin dilución)
- Sales MS ½ concentración.
- Sales MS 1/3 concentración.

**\*En condiciones controladas (Invernadero)**

**Variables dependientes:**

- Porcentaje de sobrevivencia. Número de plantas vivas.
- Crecimiento Longitud de plántula.
- Número de entrenudos.
- Número de raíces.
- Enraizamiento (longitud de raíz más larga.)

### 8.1.3 Materiales:

Para ejecutar esta actividad se utilizaron los materiales siguientes:

- **Material vegetal:**

Para este estudio se utilizaron vitroplantas de papa de las variedades Lóman y Atlantic, en ensayos independientes para cada variedad. De cada vitroplanta se obtuvo de 3 a 4 microesquejes.

- **Selección del material vegetal:**

Los microesquejes se seleccionaron de la parte central de las vitroplantas debido a que presentan un crecimiento más vigoroso y uniforme. Se realizaron cortes de 3 a 4 microesquejes por vitroplanta realizando los cortes de los esquejes con instrumentos de laboratorio debidamente esterilizados.

- **Otros materiales:**

Para la ejecución de las actividades se utilizaron; mesas de concreto, anaqueles para la colocación de bandejas en invernadero y en el cuarto de crecimiento respectivamente. Equipo de laboratorio (pinzas, bisturíes, mechero de bunsen, cajas de petrí, atomizador, pizeta, pipeta, probeta), termómetro, medidor de intensidad de luz, nylon para la elaboración de microtúneles, esterilizador de suelo, carreta, cernidora, aperos de labranza, boletas de registro de datos, lápices, maskintape, navaja, regla, cámara fotográfica y reloj)

- **Recipientes de cultivo:**

Se utilizaron bandejas para pilones

- **Medios de cultivo:**

Murashige & Skoog (MS)

Ácido Indolbutírico

- **Sustratos:**

Sphagnum (Germinating mix) para la variedad Loman

Sphagnum (Mix growing 2) Para la variedad Atlantic

### 8.1.4 Diseño estadístico

El diseño experimental utilizado fue bloques al irrestricto azar con 10 tratamientos, 25 repeticiones por tratamiento y una planta como unidad experimental.

**Cuadro 2. Planificación del experimento 1:**

<b>Concentraciones</b>			
<b>Factor</b>	<b>1era.</b>	<b>2do.</b>	<b>3ero.</b>
<b>Dosis AIB</b>	<b>0.01 mg/l</b>	<b>0.05 mg/l</b>	<b>0.1 mg/l</b>
<b>Concentraciones de sales (MS)</b> $\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{2}$ , 1	$\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{2}$ , 1 con agua destilada	$\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{2}$ , 1	$\frac{1}{3}$ , $\frac{1}{2}$ , 1
<b>Testigo *</b>	<b>Sin ninguna aplicación</b>		

**Cuadro 3. Interacción de los factores a evaluar (Bandejas plásticas)**

BLOQUES IRRESTRICAMENTE AL AZAR									
0.01 mg/l. (AIB)			0.05 mg/l. (AIB)			0.10 mg/l. (AIB)			TT Testigo
1/3+ (MS)	1/2 (MS)	1 (MS)	1/3 (MS)	1/2 (MS)	1 (MS)	1/3 (MS)	1/2 (MS)	1 (MS)	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	

IBA = Acido Indolbutírico; MS = Murashige & Skoog; J = Testigo

## 8.2 METODOLOGIA DEL EXPERIMENTO 2.

Estudio de pilones de papa en desarrollo del propágulo. Evaluación en la etapa de propágulo en invernadero, con las variedades de papa Lóman y Atlantic.

### 8.2.1 Materiales y Métodos.

Para efectos del presente estudio, se desarrolló un experimento, en el cual se evaluó en la etapa de crecimiento del micro esqueje, utilizando el sustrato antes mencionado; y los medios de cultivo (MS) así como las fitohormonas (AIB) la metodología se detalla a continuación:

El ensayo se dividió en dos etapas:

Siembra de microesquejes de las variedades Lóman y Atlantic, en bandejas para producción de pilones colocadas en mesas de concreto ubicadas en el invernadero del laboratorio de Biotecnología.

Siembra al suelo de pilones en invernadero se utilizó el diseño experimental Bloques al azar.

### 8.2.2 Variables a estudiar

#### **Variables independientes:**

- Micro esquejes de papa variedades Lóman y Atlantic cultivadas en medio nutritivo.

#### **Variables dependientes:**

- Rendimiento en cantidad de mini tubérculos por planta.

### 8.2.3 Materiales:

Los materiales usados en este estudio fueron:

- **Material vegetal:**

Para este estudio se utilizaron micro esquejes de papa (*Solanum tuberosum*, L.) variedades Lóman y Atlantic cultivadas en medio nutritivo.

- **Selección del material vegetal:**

Los brotes se seleccionaron de la zona central de las vitroplantas debido a que son más vigorosas y uniformes. Se realizaron cortes de 3 a 4 esquejes por vitroplanta realizando los cortes de los esquejes con instrumentos de laboratorio, pinzas y bisturíes debidamente esterilizados, para el caso de las vitroplantas se obtuvieron de material propagado en el laboratorio de Biotecnología).

- **Otros materiales:**

Para la ejecución de las actividades se utilizaron;

Mesas de concreto para la colocación de bandejas en invernadero, equipo de laboratorio (pinzas, bisturíes, cajas de petrí, atomizador, pizeta, pipeta, probeta), termómetro, nylon para la elaboración de microtúneles, carreta, herramientas de labranza, productos fitosanitarios, mochila de asperjar, sistema de riego por goteo, boletas de registro de datos, lápices, maskintape, navaja, regla, cámara fotográfica, reloj, cinta métrica, estacas y pita plástica.

- **Recipientes de cultivo:**

Se utilizaron bandejas de polietileno que comúnmente son usadas para producción de pilones de 200 celdas cada una.

- **Sustratos:**  
Sphagnum (Germinating mix) Loman  
Sphagnum (Growing mix 2) Atlantic

#### 8.2.4 Diseño estadístico

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar para cada variedad de papa con 5 repeticiones 10 tratamientos y 4 explantes por (unidad experimental), luego de cumplido el ciclo del cultivo de las variedades de papa, (Loman, Atlantic) se evaluó el rendimiento de las plantas procedente de los propágulos.

El diseño estadístico utilizado fue el mismo para cada variedad (Loman y Atlantic).

**Cuadro 4. Identificación de los tratamientos evaluados en el experimento 2**

TRATAMIENTOS											
BLOQUES AL AZAR											
REPETICIONES	I	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	TT
	II	T9	T7	T1	T6	T2	T8	T4	TT	T5	T3
	III	T8	TT	T5	T6	T1	T2	T9	T3	T4	T7
	IV	T4	T8	T6	T5	T3	TT	T7	T2	T9	T1
	V	T1	TT	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2

### 8.3 MANEJO DE LOS EXPERIMENTOS

Para la adecuada ejecución de la actividad se realizaron las siguientes actividades:

#### Actividades generales:

#### 8.3.1 Manejo del experimento 1

##### *Paso No. 1 Preparación de sustrato:*

- Preparación de sustratos: Sphagnum (Germinating mix) para la variedad Loman, Sphagnum (Growing mix 2) para la variedad Atlantic.



- Se procedió a cernir los sustratos a utilizar.
- Tipo de contenedor utilizado: Se utilizaron bandejas plásticas piloneras.
- Las bandejas fueron ubicadas en mesas de concreto a un metro de altura dentro del invernadero (Las instalaciones del invernadero están construidas de tal manera que permiten la exclusión de vectores y plagas, la entrada a las instalaciones se realizó por un área de desinfección corporal y del calzado).
- Una plántula por orificio de la bandeja.
- Número de plántulas por bandeja: 250 plántulas.

***Paso No. 2 Procedimiento de transplante a las bandejas de plástico:***

- Se quitó el parafilm de las tapaderas de las magentas o contenedores de plástico que contenían las plántulas.
- Se desinfectaron las manos con alcohol.
- Se procedió a quitar el agar de las raíces de las plántulas, con el cuidado de no dañarlas por la manipulación.
- Al quitarles completamente el agar a las raíces, se remojaron las plántulas en un recipiente con agua (conforme se hacían los cortes de los esquejes) para evitar que se deshidrataran.
- Se cortaron de 3 a 4 esquejes por plántulas, utilizando únicamente los esquejes centrales debido a la concentración hormonal, durante la actividad se flameo los instrumentos (pinzas y bisturíes) con alcohol absoluto.
- Se utilizó en método de inmersión de los esquejes de las dos variedades de papa, de las diferentes dosis de la fitohormona, durante 30 minutos.
- Se procedió a sembrar los esquejes teniendo el cuidado de colocar el esqueje de manera que el entrenudo quedara ubicado hacia arriba.
- Las bandejas fueron ubicadas en mesas de concreto a un metro de altura dentro del invernadero; y en anaqueles dentro del cuarto de crecimiento.

### ***Paso No. 3 Riego y fertilización:***

- Se establecieron 3 riegos por semana, a razón de 2 ml. por planta con la ayuda de un beacker y una pipeta. La aplicación fue directa al sustrato para evitar que gotas provocaran daño en las plántulas.
- La fertilización se realizó a los 8 días después de la siembra, la primera aplicación de medio líquido (Solución nutritiva sin sacarosa ni reguladores de crecimiento, medio MS líquido) a razón de 5ml de medio nutritivo por planta. Con las diferentes concentraciones de sales. La segunda aplicación a los 8 días de la primera aplicación. La aplicación del medio líquido se hizo en la base de las plántulas sobre el sustrato.

### ***Paso No. 4 Cobertura y protección de las plantas:***

- Las bandejas fueron cubiertas en horas en las cuales la temperatura descendió, en caso de los esquejes que fueron sembrados para cumplir con el segundo experimento fueron cubiertos por medio de microtúneles elaborados con alambre galvanizado utilizando nylon transparente.

## **8.3.2 Manejo del experimento 2**

### ***Paso No. 1 Multiplicación de plántulas:***

- La siembra de propágulo en etapa de desarrollo consistió en sembrar esquejes de las dos variedades provenientes de plántulas sembradas en el primer experimento debido a que estas plántulas ya están adaptadas a las condiciones de invernadero.

### ***Paso No. 2 Manejo agronómico del cultivo en invernadero:***

- La preparación del suelo, debido a que es muy importante para el buen desarrollo del cultivo, consistió en un picado profundo de 0.30 m., el cual se realizó con la ayuda de un azadón y para la extracción de residuos de maleza y tubérculos de papa, se removió con la ayuda de un rastrillo.
- La siembra se realizó manualmente en un arreglo topológico 0.15 m. entre posturas y 0.35 m. entre surcos. Debido a que se utilizó el sistema de riego por goteo, se sembraron 4 plantas por repetición y se estableció un distanciamiento de 0.20 m. entre repetición, teniendo un área total de 7 m<sup>2</sup>. El distanciamiento corresponde a recomendación de siembra para la producción de semilla pre-básica del ICTA.
- El control de malezas se realizó mediante limpiezas continuas la primera se realizó a los 15 días de la siembra, consistió en un raspado con azadón, la segunda limpieza se realizó a los 35 días de la siembra y se aprovechó para realizar una calza alta, con la cual se eliminaron malezas y se evitó que los tubérculos salieran a la superficie y se expusieran a los rayos del sol.

- Se aplicó riego por goteo (T-tape, modelo 310-15-680, lt/hr/100m. 055 bar, con goteros a cada 15 cm.) se estableció un plan de riego de 3 veces por semana a razón de 30 minutos por riego.
- Se aplicó fertilización, a razón de 26 gramos (0.026 kg) de fórmula hakaphos violeta 13-40-13 por media bomba de 16 litros, como fórmula de enraizamiento a los 7 días de la siembra, con una frecuencia de 2 aplicaciones por semana. Se aplicó fertilización líquida a partir de los 21 días de la siembra utilizando un complemento de fórmula 18-18-23+EM. con una dosis de 26 gramos (0.026 kg) por media bomba de 16 litros, el cual fue aplicado dos veces por semana hasta 10 días antes de la cosecha.
- Se realizaron aplicaciones de fungicidas en forma preventiva para evitar el ataque del mal del talluelo se realizó una aplicación semanal de Miragefe 75wp  $\frac{1}{2}$  sobre por  $\frac{1}{2}$  bomba de 16 lt. se hicieron aplicaciones al suelo desde el primer día de siembra hasta 10 días antes de la cosecha. También se aplicó  $\frac{1}{2}$  medida Bayer de Curzate por  $\frac{1}{2}$  bomba de 16lt. a razón de una aplicación por semana desde la primera semana de siembra hasta 10 días antes del corte del follaje para el control de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).
- La defoliación se llevó a cabo a los 90 días después del trasplante tomando en cuenta que las dos variedades alcanzaron su madurez fisiológica en ese tiempo.
- La cosecha se realizó manualmente con la ayuda de una pala de mano a los 10 días después de la defoliación.
- Se tomaron las plantas de cada unidad experimental de las variedades en estudio para la medición de la variable tubérculos por planta, obteniendo en este caso semilla genética o pre-básica.

## IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ➤ Presentación de resultados

#### 9.1. EXPERIMENTO 1

**Cuadro 5. Identificación de los tratamientos evaluados en el experimento 1**

<b>T1</b>	=	0.01 mg/l. (AIB)	+	1/3 (MS)
<b>T2</b>	=	0.01 mg/l. (AIB)	+	½ (MS)
<b>T3</b>	=	0.01 mg/l. (AIB)	+	1 (MS)
<b>T4</b>	=	0.05 mg/l. (AIB)	+	1/3 (MS)
<b>T5</b>	=	0.05 mg/l. (AIB)	+	½ (MS)
<b>T6</b>	=	0.05 mg/l. (AIB)	+	1 (MS)
<b>T7</b>	=	0.10 mg/l. (AIB)	+	1/3 (MS)
<b>T8</b>	=	0.10 mg/l. (AIB)	+	½ (MS)
<b>T9</b>	=	0.10 mg/l. (AIB)	+	1 (MS)
<b>TT</b>	=	Testigo (Sin AIB)		(sin MS)

En el cuadro 4 se observa, cada uno de los tratamientos que fue identificado de acuerdo con la interacciones, primero las diferentes dosis de Ácido Indolbutírico (AIB) y segundo las diferentes concentraciones de sales Murashige y Skoog (MS). Los cuadros de resultados presentados, contienen los datos de los tratamientos conformados por las diferentes, interacciones (AIB) y (MS).

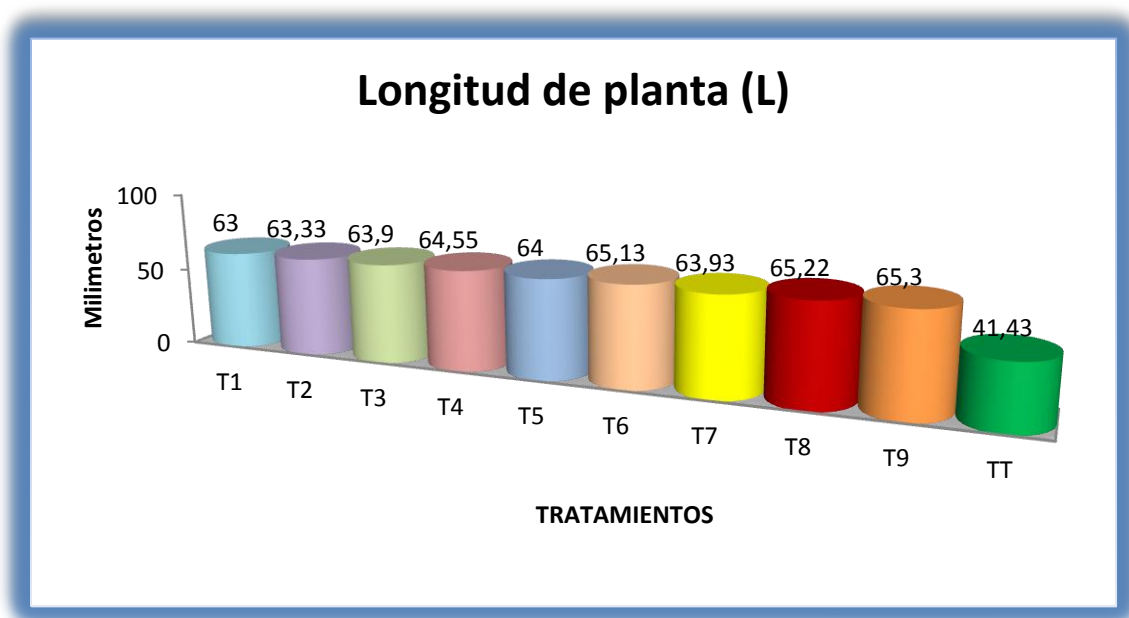
##### 9.1.1. Variedad Lóman (L)

Al finalizar la actividad se efectuó la evaluación de las variables de respuesta.

- Variable: Longitud de planta

En la variedad Loman los resultados longitud de plantas a partir de micro esquejes presentaron diferencias significativas, con respecto al testigo, que no tiene ninguna aplicación.

**Figura 1.** Efecto de los diferentes tratamientos de la micro propagación de papa variedad Lóman en condiciones de cuarto de crecimiento e invernadero, para la variable crecimiento longitud de plántulas, Quetzaltenango, Guatemala



**Cuadro 6.** Comparación de medias, para la variable longitud de plántula (mm).

Tratamiento	Crecimiento (L) 31 días después de la siembra (mm)	
	Promedio	TUKEY
T9	65.3	A
T8	65.22	A
T6	65.13	A
T4	64.55	A
T5	64.00	A
T7	63.93	A
T3	63.90	A
T2	63.33	A
T1	63.00	A
TT	41.43	J
Tukey	2.77	

Prueba de Tukey (0,05).

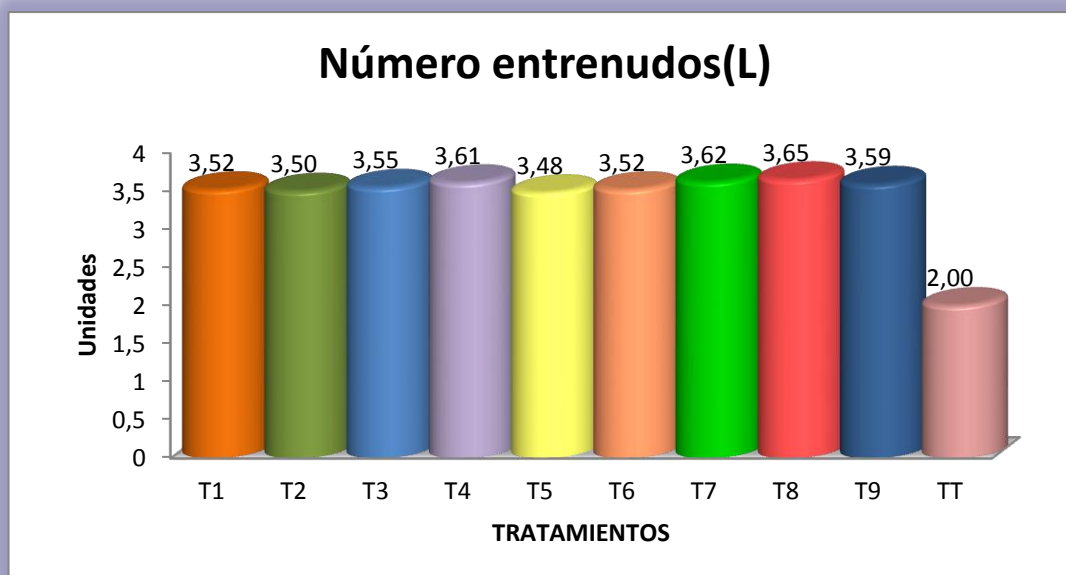
En el **cuadro 6** Se presentan las medias de los valores para crecimiento de plántulas, en donde se forman diferentes grupos. De acuerdo a los datos obtenidos y los análisis estadísticos realizados se determinó que entre los tratamientos donde se evaluó la interacción de sales y fitohormonas de crecimiento no existen diferencias significativas, mientras que entre los tratamientos (T9, T8, T6, T5, T7 T3, T4, T2, T1) y el testigo (TT) si existe diferencia significativa, todos los resultados demostrados estadísticamente, por lo que se establece que si existe efecto para la variable estudiada con la aplicación de los tratamientos.

Estos resultados indican que, cualquiera de los tratamientos en donde interactuaron las sales (MS) y fitohormonas (AIB), es válido para inducir crecimiento en micro esquejes provenientes de vitro plantas teniendo promedios desde los (63.00 a 65.30 mm) respectivamente, teniendo un tamaño óptimo, siendo este entre los 50 a 60 mm antes de la etapa de aclimatación según el protocolo de micro propagación del laboratorio del laboratorio de biotecnología del ICTA. Incluso pudiendo acortar el tiempo para llegar a este crecimiento.

- Variable: Número de entrenudos (L)

En la variedad Loman, con respecto a número de entrenudo, se ve el efecto que causa las interacciones de sales y fitohormonas,

**Figura 2** Efecto de los diferentes tratamientos de micro propagación de papa variedad Lóman en condiciones de cuarto de crecimiento e invernadero, para el variable número de entrenudos, Quetzaltenango, Guatemala



**Cuadro 7.** Comparación de medias, para la variable número de entrenudos.

Tratamiento	Número de entrenudos (L)	
	Promedio	TUKEY
T8	3.65	A
T7	3.62	A
T4	3,61	A
T9	3.59	A
T3	3.55	A
T6	3.52	A
T1	3.52	A
T2	3.5	A
T5	3.48	A
TT	2	J
Tukey	5.75	

Prueba de Tukey (0,05).

En **cuadro 7** se muestra dos grupos, uno con rangos desde 3.48 hasta los 3.65 entrenudos/planta, este grupo es donde hay interacciones de fitohormonas y sales; y el otro grupo con promedio de 2 entrenudos/plántula, que es el testigo (TT) en donde se evidencia que existe diferencia significativa entre estos grupos.

El grupo donde manifiesta mejores resultados sugiere que, se mantienen dentro del rango de número de entrenudos ideales a la etapa de aclimatación que es de 3 a 4 entrenudos/plántula, pues resisten al cambio de condiciones climáticas y sobreviven en un 100 %, según protocolo de micro propagación del laboratorio de Biotecnología del ICTA.

- Variable: Número de raíces (L).

En la variable, número de raíces, se ve influenciado por la interacción de dosis de ácido indolbutírico, y las diferentes concentraciones de sales Murashige y Skoog

**Figura 3.** Resultados de la prueba de comparación de medias para la variable número de raíces, de la variedad Lóman. Quetzaltenango



**Cuadro 8.** Comparación de medias para la variable número de raíces de la variedad Lóman.

Tratamiento	Número de raíces L	
	Promedio	TUKEY
T7	6.50	A
T9	6.40	A
T8	6.40	A
T6	6.30	A
T4	6.30	A
T3	6.20	A
T2	6.20	A
T5	6.10	A
T1	6.10	A
TT	3.30	J
Tukey 20.22		

Prueba de Tukey (0,05).

En el **cuadro 8** se presentan las medias de los valores para número de raíces, en donde se forman dos diferentes grupos. De acuerdo a los datos obtenidos y los análisis estadísticos realizados se determinó que entre los tratamientos donde se evaluó la interacción de sales y fitohormonas de crecimiento no existen diferencias significativas, mientras que entre los tratamientos (T7, T9, T8, T6, T4, T3, T2, T5,



T1) y el testigo (TT) si existe diferencia significativa, todos los resultados demostrados estadísticamente, por lo que se establece que si existe efecto para la variable estudiada.

Estos resultados proponen que, cualquiera de los tratamientos en donde interactuaron las sales (MS) y fitohormonas (AIB), es válido para inducir número de raíces provenientes de vitro plantas teniendo promedios desde los (6.10 a 6.50 ) se ha constatado que en evaluaciones anteriores que el número de raíces por el método tradicional por (vitro plantas) se han obtenido resultados de 6 a 7 raíces por planta.

- Variable: Longitud de raíz más larga.

Para la variable, longitud de raíz más larga, se observa una influencia en las diferentes interacciones de Sales y fitohormonas con relación a testigo

**Figura 4.** Resultados, para la variable longitud de raíz más larga, de la variedad Lóman.



**Cuadro 9.** Comparación de medias, para la variable longitud de raíz más larga de la variedad Lóman.

TRATAMIENTO	Longitud de raíz más larga L (mm)	
	Promedio	TUKEY
T9	76	A
T6	75	A
T7	74	A
T5	74	A
T4	74	A
T8	73	A
T3	73	A
T2	72	A
T1	72	A
TT	41	J
<b>TUKEY 5.06</b>		

Prueba de Tukey (0,05).

El **cuadro 9** expresa los resultados de cada uno de los tratamientos, se observa que los mejores resultados lo proporcionaron los tratamientos con interacciones evaluadas (T9, T6, T7, T5, T4, T8, T3, T2, T1) promedios aproximado de raíz de 76 a 72 milímetros que conforman el grupo A. demostrando que existe diferencia significativa con respecto al testigo que fue el único que no tiene interacción con alguna variable de estudio.

- Variable: Porcentaje de sobrevivencia de plántulas.

**Figura 5.** Porcentaje de sobrevivencia de plántulas,



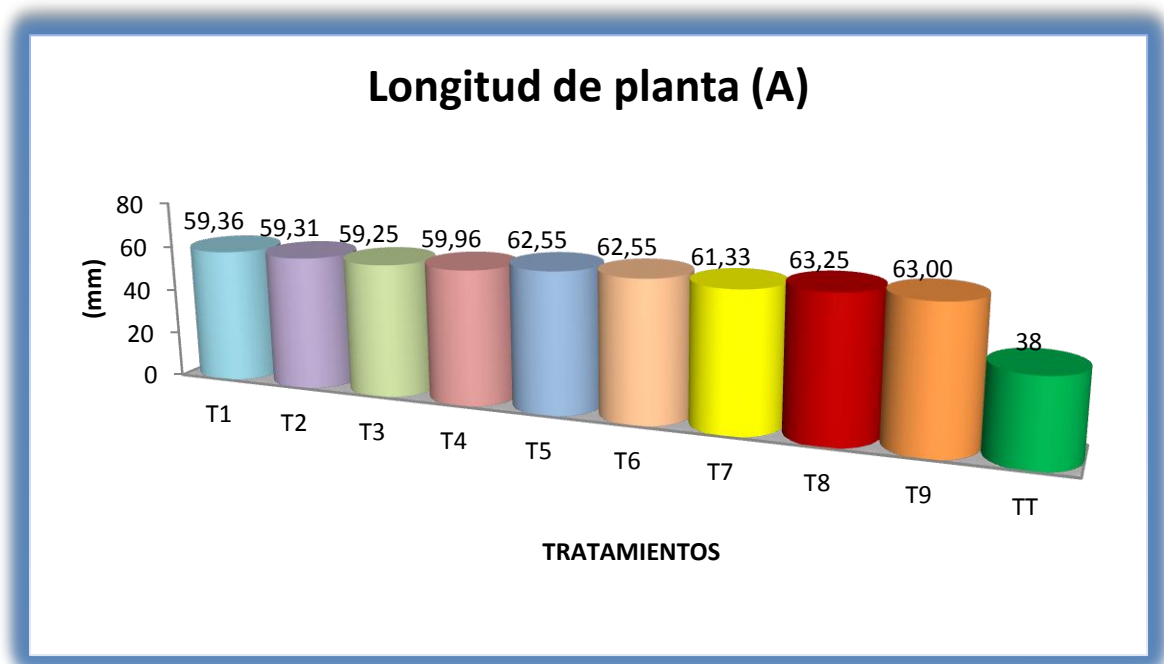
La **figura 5**, Muestra que se presentó un 100 % de sobrevivencia en todos los tratamientos ubicados en el cuarto de crecimiento. Se puede observar que los micro esquejes obtenidos de las vitro plantas, es buen material resistente ya que todos los tratamientos sobrevivieron.

### 9.1.2. Variedad Atlantic (A)

Al finalizar la actividad se efectuó la evaluación de las variables de respuesta.

- Variable: Longitud de planta (mm)

**Figura 6.** En la variedad Atlantic los resultados longitud de plantas a partir de micro esquejes presentaron diferencias significativas, con todos los tratamientos que tienen interacción; respecto al testigo.



**Cuadro 10.** Comparación de medias, para la variable crecimiento longitud de plántula (en mm.)

Tratamiento	Crecimiento (A) 31 días después de la siembra (mm)	
	Promedio	TUKEY
<b>T8</b>	63.25	A
<b>T9</b>	63.00	A
<b>T6</b>	62.55	A
<b>T5</b>	62.55	A
<b>T7</b>	61.33	A
<b>T4</b>	59.96	A
<b>T1</b>	59.36	A
<b>T2</b>	59.31	A
<b>T3</b>	59.25	A
<b>TT</b>	38.00	J
Tukey 3.38		

Prueba de Tukey (0,05).

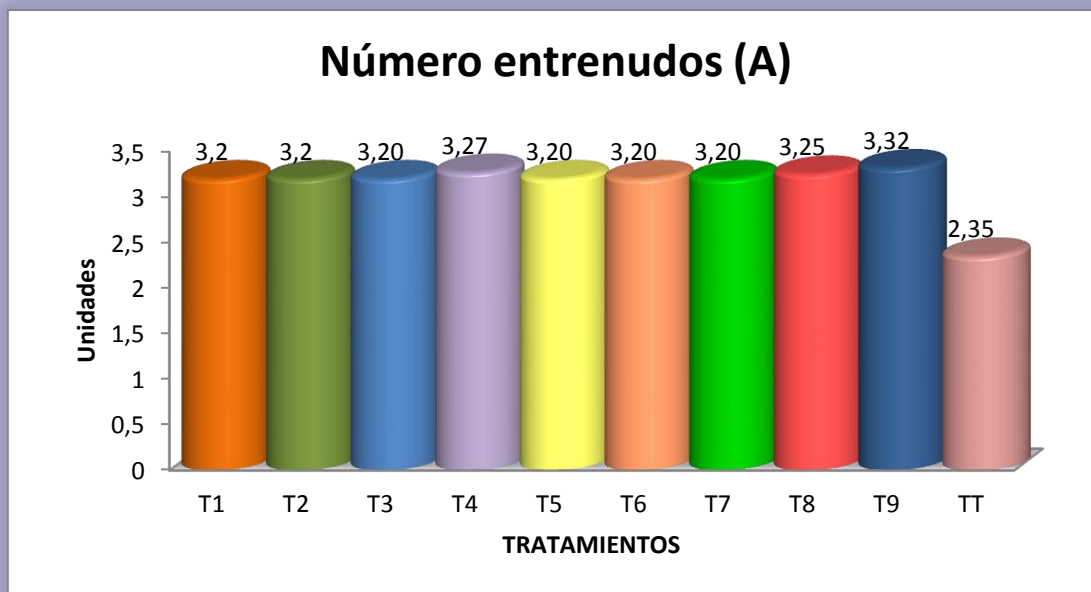
En el **cuadro 10** se presentan las medias de los valores para crecimiento de plántulas, en donde se forman diferentes grupos. De acuerdo a los datos obtenidos y los análisis estadísticos realizados se determinó que entre los tratamientos donde se evaluó la interacción de sales y fitohormonas de crecimiento no existen diferencias significativas, mientras que entre los tratamientos (T8, T9, T6, T5, T7 T4, T1, T2, T3) y el testigo (TT) si existe diferencia significativa, todos los resultados demostrados estadísticamente, por lo que se establece que si existe efecto para la variable estudiada.

Con estos resultados cualquiera de los tratamientos en donde interactuaron las sales (MS) y fitohormonas (AIB), es válido para inducir crecimiento en micro esquejes provenientes de vitro plantas teniendo promedios desde los (59.25 a 63.25 mm) respectivamente, teniendo un tamaño óptimo, siendo este entre los 50 a 60 mm antes de la etapa de aclimatación según el protocolo de micro propagación del laboratorio del laboratorio de biotecnología del ICTA. Incluso pudiendo acortar el tiempo para llegar a este crecimiento.

- Variable: Número de entrenudos.

Para la variedad Atlantic, con respecto a número de entrenudos, se ve el efecto que causa las interacciones de sales y fitohormonas,

**Figura 7.** Efecto de los diferentes tratamientos de micro propagación de papa variedad Lóman en condiciones de cuarto de crecimiento e invernadero, para la variable número de entrenudos, Quetzaltenango, Guatemala



**Cuadro 11.** Comparación de medias, para la variable número de entrenudos.

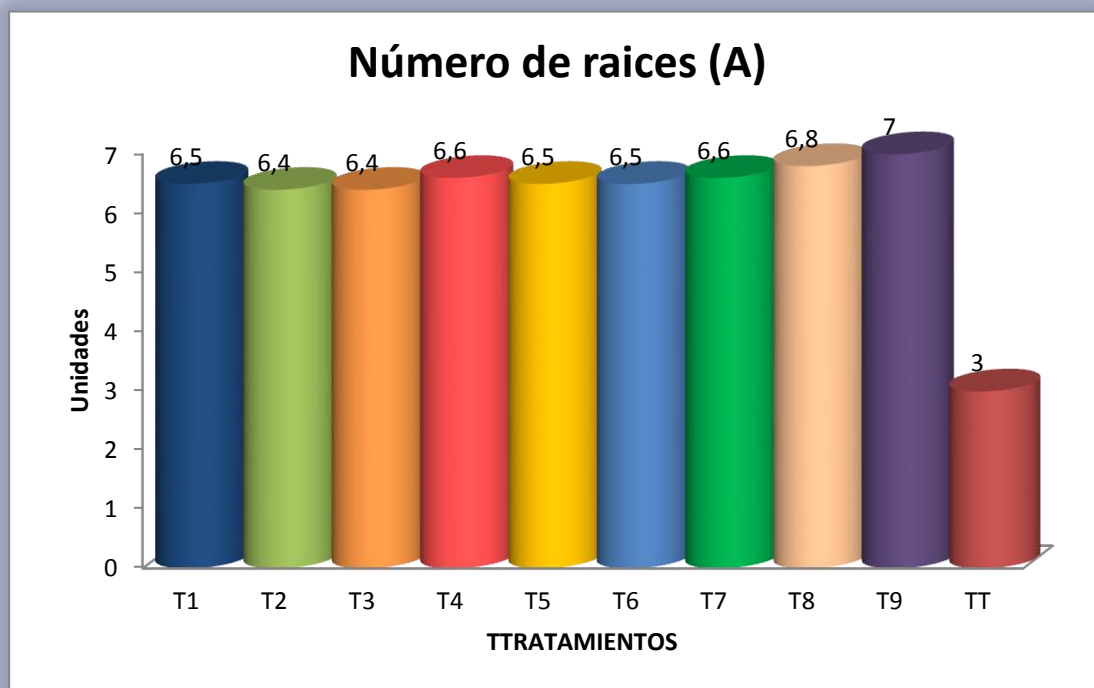
Tratamiento	Número de entrenudos (A)	
	Promedio	TUKEY
T9	3.32	A
T4	3.27	A
T8	3.25	A
T7	3.20	A
T6	3.20	A
T5	3.20	A
T3	3.20	A
T2	3.20	A
T1	3.20	A
TT	2.35	J
Tukey	3.90	

En **cuadro 11** se muestra dos grupos, uno con rangos desde 3.20 hasta los 3.32 entrenudos/planta, este grupo es donde hay interacciones de fitohormonas y sales; y el otro grupo con promedio de 2.35 entrenudos/plántula, que es el testigo (TT) en donde se evidencia que existe diferencia significativa entre estos grupos.

El grupo donde manifiesta mejores resultados sugiere que, se mantienen dentro del rango de número de entrenudos ideales a la etapa de aclimatación que es de 3 a 4 entrenudos/plántula, pues resisten al cambio de condiciones climáticas y sobreviven en un 100 %, según protocolo de micro propagación del laboratorio de Biotecnología del ICTA.

- Variable: Número de raíces

**Figura 8.** Se encontró diferencia significativa para los diferentes tratamientos con interacciones sales/fitohormonas con respecto al testigo.



**Cuadro 12.** Comparación de medias del factor sustratos, para la variable número de raíces.

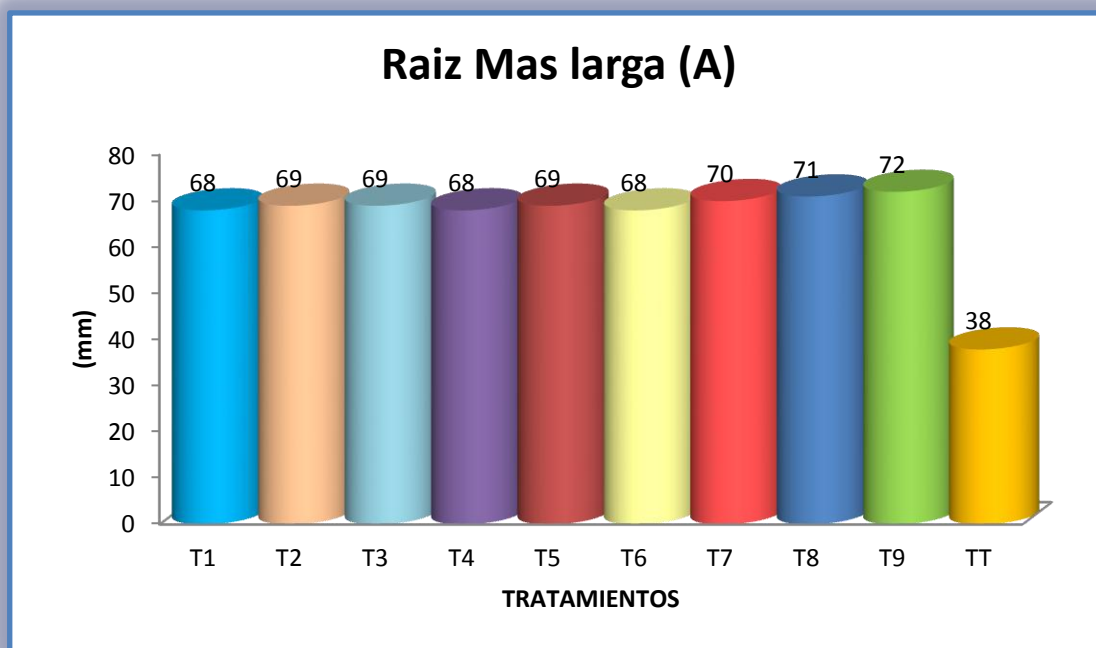
Tratamiento	Número de raíces (A)	
	Promedio	TUKEY
T9	7.00	A
T8	6.80	A
T7	6.60	A
T4	6.60	A
T6	6.50	A
T5		A
T1	6.50	A
T3	6.40	A
T2	6.40	A
TT	3.00	J
Tukey 18.62		

En el **cuadro 12** se presentan las medias de los valores para número de raíces, en donde se forman dos diferentes grupos. De acuerdo a los datos obtenidos y los análisis estadísticos realizados se determinó que entre los tratamientos donde se evaluó la interacción de sales y fitohormonas de crecimiento y el testigo (TT) existe diferencia significativa, todos los resultados demostrados estadísticamente, por lo que se establece que si existe efecto para la variable estudiada con la aplicación de los tratamientos.

Estos resultados sugieren que, cualquiera de los tratamientos en donde interactuaron las sales (MS) y fitohormonas (AIB), es válido para inducir número de raíces provenientes de vitro plantas teniendo promedios desde los (6.40 a 7.00 ) se ha constatado que en evaluaciones anteriores que el número de raíces por el método tradicional por (vitro plantas) se han obtenido resultados de 6 a 7 raíces por planta.

- Variable: Longitud de raíz más larga.

**Figura 9. Resultados de la variable raíz mas larga** Se encontró diferencia significativa para los diferentes tratamientos con interacciones sales/fitohormonas con respecto al testigo.



**Cuadro 13.** Comparación de medias, para la variable longitud de raíz más larga.

TRATAMIENTO	Longitud de raíz más larga A (mm)	
	Promedio	TUKEY
T9	72	A
T8	71	A
T7	70	A
T5	69	A
T3	69	A
T2	69	A
T6	68	A
T4	68	A
T1	68	A
TT	38	J
TUKEY 6.42		



El **cuadro 13** expresa los resultados de cada uno de los tratamientos, se observa que los mejores resultados lo proporcionaron los tratamientos con interacciones evaluadas (T9, T6, T7, T5, T3, T2, T6, T4, T1) promedios aproximado de raíz de 72 a 68 milímetros que conforman el grupo A. demostrando que existe diferencia significativa con respecto al testigo que fue el único que no tiene interacción con alguna variable de estudio.

Variable: Porcentaje de sobrevivencia.

**Figura 10.** Efecto de tres dosis de sales y tres concentraciones de fitohormonas sobre la micro propagación de papa variedad Atlantic, para la variable Porcentaje de Sobrevivencia de plántulas, Quetzaltenango, Guatemala.



Muestra que se presentó un 100 % de sobrevivencia en todos los tratamientos ubicados en el cuarto de crecimiento. Se puede observar que los micro esquejes obtenidos de las vitro plantas, es buen material resistente ya que todos los tratamientos sobrevivieron.

➤ **Discusión de resultados**

**Cuadro 14.** Resumen de las variables de los diferentes tratamientos, para la variedad Lóman. Quetzaltenango, Guatemala.

Variedad	Tratamiento	Crecimiento (mm)	Numero de entrenudos	Numero de Raíces	Raíz más Larga (mm)	Sobrevivencia (Porcentaje)
Loman	T1	63.00	3.52	6.10	72	100
	T2	63.33	3.50	6.20	72	100
	T3	63.90	3.55	6.20	73	100
	T4	64.55	3.61	6.30	74	100
	T5	64.00	3.48	6.10	74	100
	T6	65.13	3.52	6.30	75	100
	T7	63.93	3.62	6.50	74	100
	T8	65.22	3.65	6.40	73	100
	T9	65.30	3.59	6.40	76	100
	TT	41.43	2.00	3.30	41	100

**Cuadro 15.** Resumen de las variables de los diferentes tratamientos, para la variedad Atlantic. Quetzaltenango, Guatemala.

Variedad	Tratamiento	Crecimiento (mm)	Numero de entrenudos	Numero de Raíces	Raíz mas Larga (mm)	Sobrevivencia (Porcentaje)
Atlantic	T1	59.36	3.2	6.5	68	100
	T2	59.31	3.2	6.4	69	100
	T3	59.25	3.2	6.4	69	100
	T4	59.96	3.27	6.6	68	100
	T5	62.55	3.2	6.5	69	100
	T6	62.55	3.2	6.5	68	100
	T7	61.33	3.2	6.6	70	100
	T8	63.25	3.25	6.8	71	100
	T9	63.00	3.32	7	72	100
	TT	38	2.35	3	38	100

En los **cuadros 14 y 15** se presentan los resultados de las variedades Loman y Atlantic, se puede observar que el tratamiento donde hay interacciones de Sales Murashige y Skoog y Acido Indolbutírico no existe diferencia significativa pero no así en comparativa con el testigo que no tiene interacciones de sales y de fitohormonas.

La variable crecimiento expresado en número de entrenudos para las dos variedades mostró diferencias en los tratamientos, el crecimiento expresado en longitud de plántula también estos factores influyeron en la variable número de entrenudos. Al respecto Pierik y Steegamans (21) señalan que, de forma general la luz blanca inhibe la formación de raíces adventicias y promueve la formación de vástagos adventicios. Las plántulas obtenidas autotróficamente (invernadero) presentaron un aspecto morfológico distinto a las obtenidas *in vitro* (vitroplantas), estas mostraron mayor altura, un tallo menos erecto, una coloración más clara, menor número de entrenudos, menor número de raíces, pero con hojas más anchas que las producidas *in vitro*. La diferencia entre plántulas autotróficas y las heterotróficas, es que las primeras realizan completamente el proceso de fotosíntesis, mientras que las heterotróficas realizan solo parcialmente este proceso, por lo que requieren de una fuente de carbono sintetizado en forma de sacarosa. La exposición a los patógenos y gérmenes del ambiente proporciona a las plántulas tolerancia a estos factores, además las plántulas cuentan con estomas funcionales y presentan cera en la cutícula, que son cualidades que proporcionan a la plántula mayor capacidad de sobrevivencia al trasplante, Valenzuela (26).

Las ventajas que tiene el sistema de propagación *ex vitro* respecto al sistema de propagación *in vitro* se basan principalmente en que se pueden utilizar materiales e insumos accesibles; la reducción de tiempo para la producción de plántulas, en que se facilita unir la fase de multiplicación y adaptación a condiciones *ex vitro* lo que contribuye a que el sistema resulte práctico y de bajo costo para la producción de plántulas, de la misma forma que lo manifiestan; Rigato, S. *et al.* (23), el substrato económico y el uso de bajas cantidades de una simple solución de medio nutritivo y de fitohormonas sumado a la disminución de posibles pérdidas por contaminación y a la vez se disminuye de shock al trasplante cuando pasan al invernadero.

De acuerdo con el análisis comparativo de costos, las plántulas producidas por el sistema de microesquejes sembrados directamente sobre sustratos en invernadero disminuyen los costos aproximadamente en un 41% Mejía (18) con lo cual potencialmente se elevaría la demanda de tubérculo semilla de manera significativa, ya que se sabe que uno de los factores limitantes para la adquisición de semilla de calidad certificada producida por el ICTA, es el costo de la misma, ya

que los productores de papa prefieren adquirir semilla de los centros de acopio que en realidad es papa para consumo. Según Debergh & Zimmerman. (6) es probable que una reducción en el 50% en el costo promedio de la micropropagación de las plantas pueda elevar la demanda 10 veces. De acuerdo con los costos establecidos para vitroplantas de papa en el ICTA, Mejía (18) El costo por plántula *in vitro* es de Q3.10 (\$ 0.37) mientras que con la siembra de esquejes en invernadero, directo a sustrato, se reduce a Q2.06 (\$0.246). Además el tiempo de producción de plántulas con el sistema de microesquejes se reduce de 5 meses a 4, de acuerdo con lo anterior, Debergh & Zimmerman, (6) indican que una de las razones por las cuales el costo de vitroplantas es alto, es por el largo período de tiempo que se requiere para cada etapa de cultivo *in vitro*. Tomando como sustento este factor se procedió a la ejecución del experimento 2, utilizando todos los tratamientos con las diferentes interacciones de Sales y fitohormonas, y un testigo en el que no hay interacciones de sales y fitohormonas.

Otro factor que induce la variación es la posición del microesqueje a lo largo de la plántula del cual proviene el entrenudo, ya que los entrenudos provenientes de la parte superior de las plántulas presentan menor vigor en crecimiento respecto a los obtenidos de los entrenudos de las partes medias, esto se atribuye a la concentración hormonal, que varía de menor a mayor conforme se desciende del ápice de la planta, de acuerdo con lo anterior Pierik (21), señala que en algunas plantas cualquier segmento de un órgano cualquiera tiene aproximadamente la misma capacidad regenerativa, si existen diferencias, pueden ser explicadas generalmente por el hecho de que en la hoja (o tallo), hay tejidos de diferentes edades. Por otro lado, también se han encontrado grandes diferencias, según las zonas, en capacidad de regeneración de algunos órganos: Por ejemplo el tallo floral de la bienal lunaria, se pueden encontrar dos gradientes de regeneración (uno de formación de raíces y otro de formación de vástagos).

El sistema de micropropagación por microesquejes representa una reducción de costos de Q24,171.71 en comparación con el sistema de vitroplantas, equivalente a 41%, de esta reducción el 70% fue aportado por las depreciaciones por la menor cantidad de tiempo a depreciar, pero más que todo por la no utilización de frascos gerber, con un valor de Q14,287.50. Los insumos se redujeron en Q3,920.00, los elementos y compuestos químicos en Q2,100.00 y los productos medicinales y farmacéuticos en Q1820.00.

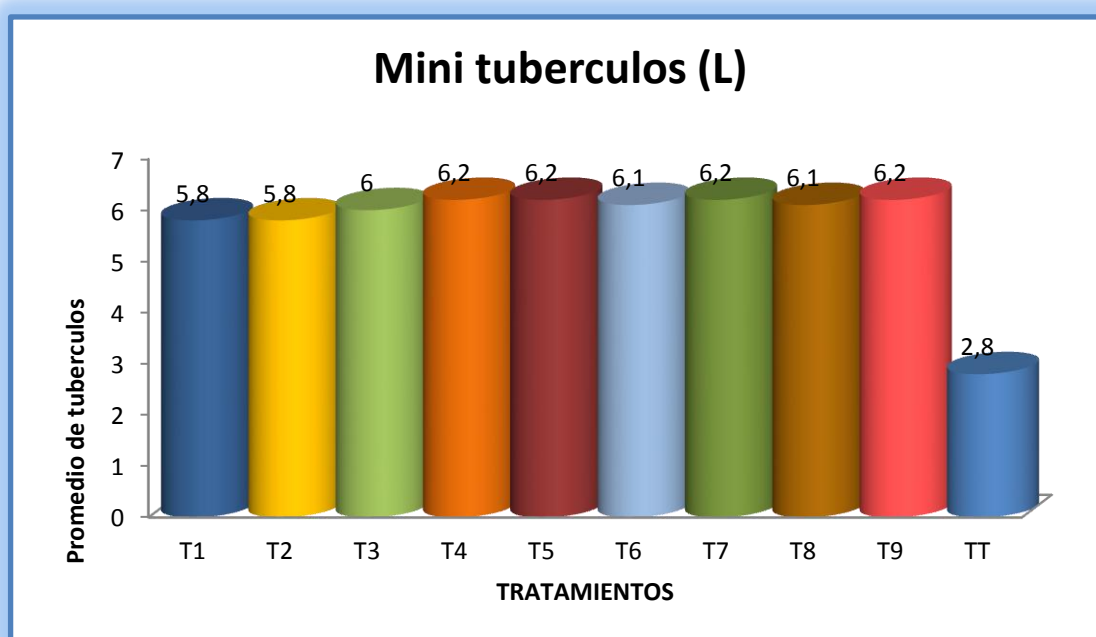
Los precios para la semilla de la calidad del agricultor varían de acuerdo a la oferta y la demanda, producto de la estacionalidad del cultivo, donde los más altos precios ocurren en los meses de diciembre a mayo, y los más bajos de junio a octubre; mientras que los precios de la calidad certificada son más estables, pero superiores en casi el doble.

## 9. 2 EXPERIMENTO 2

### 9.2.1 Variedad Loman (L)

Variable: Rendimiento de mini tubérculos por planta

**Figura 11.** Efecto de las interacciones de fitohormonas y sales, así como el testigo que no contiene ninguna interacción, numero de mini tubérculos/planta para la variedad Loman. Se aprecia que no existe una diferencia significativa al cinco por ciento en el rendimiento tubérculo/planta en los tratamiento donde hay algún tipo de interacción de fitohormonas y sales no así en el caso del testigo.



En el cuadro **Cuadro 16** se presentan resultados del análisis estadístico realizado al numero de minituberculos provenientes de las diferentes interacciones de sales y fitohormonas, que se evaluaron en el experimento 1, se aprecia que existe

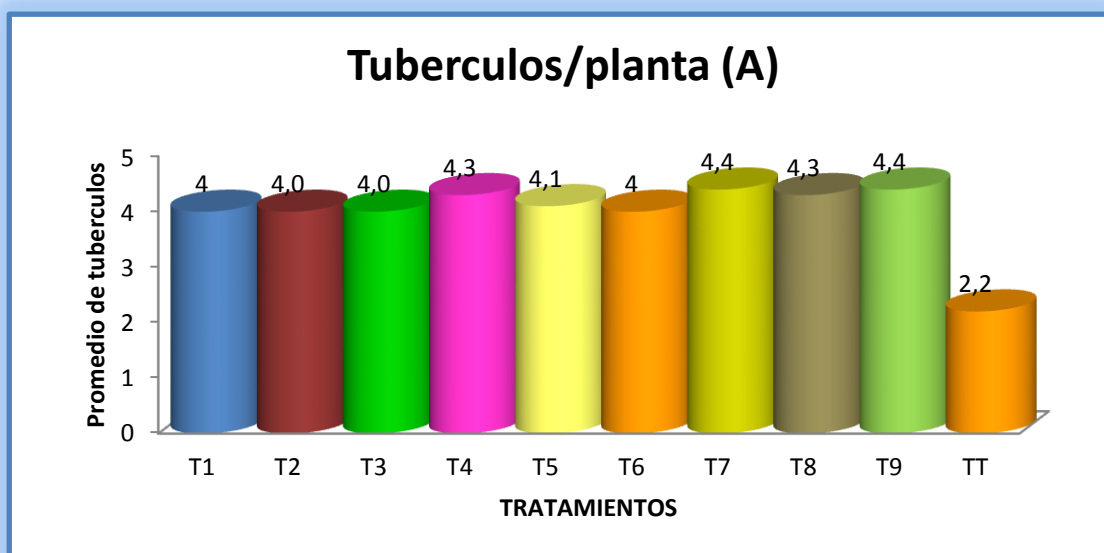
diferencia significativa con los tratamientos (T9, T7, T5, T4, T8, T6, T3, T2, T1) con respecto al testigo que no tiene ningún tipo de interacción.

Tratamiento	Número de mini tubérculos m para la variedad (L)	
	Promedio	TUKEY
T9	6.20	A
T7	6.20	A
T5	6.20	A
T4	6.20	A
T8	6.10	A
T6	6.10	A
T3	6.00	A
T2	5.80	A
T1	5.80	A
TT	2.80	J
Tukey	6.58	

### 9.2.2 Variedad Atlantic (A)

Variable: Rendimiento de mini tubérculos por planta

**Figura 12.** Efecto de las interacciones de fitohormonas y sales, así como el testigo que no contiene ninguna interacción, número de mini tubérculos/planta para la variedad Atlantic.



**Cuadro 17.** Presenta resultados del análisis estadístico para las parcelas bloques al azar con plántulas provenientes de las diferentes interacciones de sales y fitohormonas, que se evaluaron en el experimento 1, se aprecia que existió diferencia significativa con los tratamientos (T9, T7, T8, T4, T5, T6, T3, T2, T1) con respecto al testigo (TT) que no tiene ningún tipo de interacción.

Tratamiento	Número de mini tubérculos para la variedad (A)	
	Promedio	TUKEY
T9	4.40	A
T7	4.40	A
T8	4.30	A
T4	4.30	A
T5	4.10	A
T6	4.00	A
T3	4.00	A
T2	4.00	A
T1	4.00	A
TT	2.00	J
Tukey 10.56		

## X. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados, las interacciones estimulan el enraizamiento y crecimiento en los micro esquejes, por lo que se acepta la Hipotesis 1.
- Se evidencia estadísticamente que donde existe interacción de fitohormonas y sales, presentan diferencias significativas con respecto al número de tubérculos/planta, por lo que se acepta la Hipotesis 2.
- Se encontró que la producción de plántulas a través del sistema de microesquejes reduce los costos en un 41%, comparado con el sistema de vitroplantas, por lo que se acepta la Hipotesis 3.
- Según los resultados, entre las interacciones evaluadas, el tratamiento T1 es el más económico ya que tiene las dosis más diluidas (IBA) y menor concentración de sales (MS) .



## **XI. RECOMENDACIONES**

- Considerar esta investigación como base para buscar un incremento en la producción de mini tubérculos mediante la implementación de posibles mejoras en el sistema.

## XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Agromonte, D. Daniels, D. Jiménez, F. Pérez, J. Pérez, M. (2008). **Efecto del tipo de iluminación en la micropropagación de la papa (*Solanum tuberosum* L.)** Santa Clara, Cuba. 72 p. pp. 1-6.
2. Ansorena-Miner, J. 1994. **Sustratos**: Propiedades y caracterización. Ediciones, Mundi-Prensa, España. 172 p. pp. 72-74
3. Burés, S. (1997). **Sustratos**. Agrotecnia. Madrid, España: 339 pp. pp 10-12
4. Brenes, A. (2000). **Introgression of late blight resistance from *Solanum* wild species into *S. tuberosum* breeding lines**. Thesis. Ph. D Tübingen University. Von, Germany. 191 p. pp. 56
5. Del Cid, A. (1998). **Artículo sobre: El cultivo de la papa**. Revista mensual de Agricultura año 1, No. 10. Guatemala: Editorial IMPRESS, S.A. (p. 47)
6. Debergh & Zimmerman, R. (1995) **Micropropagation: Technology and application**, edición limitada, 198 p. pp. 68-69.
7. Ezeta, F. N. (1991). **La competitividad en el cultivo de papa en Latinoamérica y el Caribe: implicaciones y retos inmediatos**. Lima, Perú. Centro Internacional de la papa, CIP. sf. 41 p. pp. 8.
8. FAO. (1995). **La papa en la década de 1990. Situación y perspectivas de la economía de la papa a nivel mundial**. (Roma, Italia.) 22 p.
9. Franco R. J. (2002). **El cultivo de la papa en Guatemala**. Guatemala. Primera edición, 52p. pp 16.
10. INSIVUMEH (2007). **Estación meteorológica**, Labor Ovalle, ICTA, (Quetzaltenango, Guatemala.) 25 p.
11. ICTA 2002 INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. Región IV. Sub-área de Hortalizas. **Catálogo de variedades de papa**. Guatemala: ICTA. 33 p.
12. ICTA, 1995-1997. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS ICTA Y VOLUNTARIOS JAPONESES EN COOPERACION TECNICA CON EL EXTRANJERO (JOVC). (1995-1997). **Informe Final**. Guatemala: ICTA- JOVC 83 p.
13. Hartmann, HT; Kester. (1982). **Propagación de plantas. Principios y prácticas**. Compañía Edit. Continental, S.A. de C.V., México. 760 p. pp. 58
14. Holdrige, L. R. (1947). **Mapa de zona de vida de Quetzaltenango** [en línea]. Consultado el 20 de diciembre de 2007. Disponible en: <http://216.230.137.149/sig/DINFO%20DISPONIBLE/cARCHIVOS%20DE%20INFO/C3Jpg%20DEPARTAMENTAL/IMAGENES%20DEPTALES/San%20Marcos/zonas%20de%20vida%20de%20holdridge.jpg>
15. Huamán, Z. (1986). **Botánica sistemática y morfología de la papa**. 2da ed. Revisada. Lima, Centro Internacional de la Papa. 22pp. pp. 8-13.
16. Hurtado y Merino. (1986). **Cultivo de tejidos vegetales**. 2da ed. Revisada. Lima, Centro Internacional de la Papa. 58 p. pp. 28
17. Izquierdo, J.A., López. F. (2003). **Análisis e interpretación estadística de la experimentación In vitro**. (Palmira, Colombia.) 15 p.
18. Mejía, G. (2006). **Costo de producción de plantas de papa in vitro**. Quetzaltenango, Guatemala. ICTA. 4 p.

19. Montaldo, A. (1984). **Cultivo y mejoramiento de la papa**. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 706pp.
20. Pérez, J. (ed.). (1998). **Propagación y mejora genética de plantas por biotecnología**. (volumen 1). Cuba: Instituto Biotecnología de las plantas.
21. Pierik. (1996). **Cultivo *in vitro* de las plantas superiores**. 2da ed. 250pp.
22. Revista Agricultura de las Américas. (2001). **Artículo Invernaderos para diversos climas**. Extracto y adaptación parcial del libro “Cultivos bajo condiciones forzadas, nociones generales” por el Ing. Agr. Abi Sade. Febrero 2001, año 50, No. 1. Estados Unidos: Keller International. 45 pp.
23. Rigato, S. González, A., Huarte, M. (2001). **Producción de semilla de papa a partir de dos técnicas combinadas de micropropagación para la obtención de semilla prebásica**. Revista Latinoamericana de la papa No. 1. 25 pp. 35 pp.
24. Salas, J. (1995). **Producción de semilla pre-básica de papa**. FONAIAP. Mérida, Venezuela.
25. Sandoval, JA. (1991) **Micropropagación de plátano y banano (Musa AAB, AAA) en el CATIE, TURRIALBA, CR**. CATIE. 24 p.
26. Valenzuela, L. M. (2008). **Aplicación de la biotecnología en la propagación *in vitro* de plantas**. Monterrey, México. 96 pp.

### **XIII. GLOSARIO**

**Aclimatación:** Es el proceso por el cual un organismo se adapta fisiológicamente a los cambios en su medio ambiente, que en general tienen relación directa con el clima. Se suele usar este término para referirse a procesos que ocurren durante un período de tiempo corto, como la vida de un organismo individual o grupo.

**Adaptabilidad:** Facilidad con la que un sistema o un componente puede modificarse para corregir errores, mejorar su rendimiento u otros atributos, o adaptarse a cambios del entorno.

**Asepsia:** Es la condición libre de microorganismos que producen enfermedades o infecciones.

**Autotrofia:** Capacidad de un organismo de sintetizar sus metabolitos esenciales a partir de sustancias inorgánicas. El término autótrofo procede del griego y significa que se alimenta por sí mismo. La autotrofia es el proceso por medio del cual los organismos autótrofos producen su masa celular y materia orgánica, a partir del dióxido de carbono, que es inorgánico, como única fuente de carbono, usando la luz o sustancias químicas como fuente de energía. Las plantas y otros organismos que usan la fotosíntesis son fotolitoautótrofos; las bacterias que utilizan la oxidación de compuestos inorgánicos como el anhídrido sulfuroso o compuestos ferrosos como producción de energía se llaman quimiolitoautótrofos. Los seres autótrofos son una parte esencial en la cadena alimenticia, ya que absorben la energía solar o de fuentes inorgánicas y las convierten en moléculas orgánicas que son utilizadas para desarrollar funciones biológicas como su propio crecimiento celular y la de otros seres vivos llamados heterótrofos que los utilizan como alimento.

**Balanza analítica:** Es un aparato basado en métodos mecánicos que tiene una sensibilidad de una décima de gramo.

**Cultivo aséptico:** Debido a que las células vegetales presentan largos tiempos de duplicación comparadas con las células microbianas, se hace necesario mantener los cultivos exentos de contaminación por microorganismos.

**Entrenudo:** Parte del tallo de algunas plantas comprendida entre dos nudos.

**Esquejes o gajos:** Son fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva. Pueden cortarse fragmentos de tallo e introducirlos en la tierra, para producir raíces. Las plantas enraizadas de esta manera serán idénticas a sus progenitoras, es decir, formarán con ellas un clon.

**Explante:** Son las yemas de una planta, y son aquellas que al crecer da lugar a una rama, o si es una yema apical produce el crecimiento en altura de la planta. Tienen la característica que al ser sembradas en un medio de cultivo van a dar lugar a una planta completa con mayor rapidez que otro tipo de tejido.

**Espátula:** Es un utensilio que permite tomar sustancias químicas y evita que los reactivos se contaminen.

**Esterilización:** Proceso de eliminación de toda forma de vida, incluidas las esporas. Es un término absoluto que implica pérdida de la viabilidad o eliminación de todos los microorganismos contenidos en un objeto o sustancia, acondicionado de tal modo que impida su posterior contaminación.

**Heterotrofia:** La heterotrofia es la capacidad de los animales, los hongos, y la mayoría de bacterias y protozoos, aprovechan la energía y la de la materia que contienen los organismos autótrofos, para fabricar moléculas orgánicas complejas. Los heterótrofos obtienen la energía rompiendo las moléculas de los seres autótrofos que han comido. Incluso los animales carnívoros dependen de los seres autótrofos porque la energía y su composición orgánica obtenida de sus presas procede en última instancia de los seres autótrofos que comieron sus presas.

**In vitro:** (Latín: *dentro del vidrio*) se refiere a una técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera un organismo vivo.

Reiteradamente se menciona este concepto en los reportes de biotecnología de plantas como una forma de indicar que las plantas o partes de plantas estudiadas fueron cultivadas dentro de un contenedor de vidrio, es decir, en un frasco de vidrio, en una placa Petri, en un matraz Erlenmeyer, etc. La utilización del término ayuda a entender que las plantas no fueron estudiadas en la naturaleza o en el campo, para lo cual se utiliza el término *in situ* (en el sitio).

Este concepto es flexible, ya que desde hace unas décadas en muchos casos se ha sustituido el vidrio de los utensilios de laboratorio por otros materiales igualmente eficientes, como el plástico, el polipropileno, el poliestireno, entre otros, todos total o parcialmente transparentes; cuando se utilizan contenedores de estos materiales para cultivo artificial, también se les nombra medios *in vitro*. Algunos ejemplos de estos contenedores son los frascos Magenta®, Phytakon® y PhytaTray®. Otra característica del medio *in vitro* es que se trata de contenedores cerrados que sólo permiten el paso del aire, por ejemplo: a los matraces Erlenmeyer se les coloca un tapón de algodón y gasa, o a las placas Petri se les sella con cinta autoadhesiva de PVC o con cinta Parafilm®. Una cuestión importante a tener en cuenta en la nomenclatura que se ha de aplicar a las plantas micropropagadas es que una vez que las plantas han salido de la fase *in vitro* (aclimatación y crecimiento inicial en invernadero y vivero) se dice que han entrado a la etapa *ex vitro*, *extra vitrum* o *post vitro*, y se les llama vitroplantas; no obstante cuando salen finalmente al campo o la naturaleza están nuevamente en condiciones *in situ*.

**Matraz Erlenmeyer:** Es un recipiente que permite contener sustancias o calentarlas.

**Medio de cultivo:** Combinación sólida o líquida de nutrientes y agua. Usualmente incluye sales inorgánicas, carbohidratos y vitaminas y aminoácidos. A menudo se denomina Medio Basal y puede ser suplementado con algún regulador de crecimiento y ocasionalmente con otras sustancias varias.

**Meristemo:** Región donde ocurre la mitosis, un tipo de división celular por la cual de una célula inicial se forman dos células hijas, con las mismas características y número cromosómico que la original. El meristemo es una porción de la yema que no se encuentra vascularizado, sin embargo, contiene numerosas células en continua multiplicación, las cuales si son extraídas y colocadas en un medio de cultivo adecuado, producirán una planta.

**Micropropagación:** Conjunto de técnicas y métodos de cultivo de tejidos utilizados para multiplicar plantas asexualmente en forma rápida, eficiente y en grandes cantidades. La micropropagación se utiliza para multiplicar o propagar plantas nuevas

**Microtubérculo:** Tubérculo semilla multiplicado, mantenido y comercializado "in vitro".

**Minitubérculo:** Tubérculo semilla obtenido bajo condiciones controladas "ex vitro".

**Multiplicación "ex vitro":** Multiplicación realizada en sustrato inerte o preventivamente desinfectado, bajo condiciones controladas que permitan la exclusión de vectores y plagas.

**Multiplicación "in vitro":** Multiplicación realizada con aislamiento y asepsia, bajo condiciones controladas de laboratorio.

**Pipeta:** Es un elemento de vidrio que sirve para dar volúmenes exactos, ya que lleva una escala graduada.

**Pizeta:** Es un recipiente que se utiliza para contener agua destilada.

**Potenciómetro. (Medidor de pH):** Es un aparato que permite medir que tan alcalina (básica) o ácida esta una sustancia.

**Probeta:** Es un utensilio que permite medir volúmenes están hechas normalmente de vidrio pero también las hay de plástico. Así mismo las hay de diferentes tamaños (volúmenes).

**Propágulo:** Son una modalidad de reproducción asexual en vegetales, por la que se obtienen nuevas plantas y órganos individualizados. Los tejidos de la porción

separada deben recuperar la condición de meristemas para producir todo el conjunto de órganos de la planta.

**Riego por goteo:** Es una fuente de agua a presión puntual, que moja un volumen de suelo determinado en forma directa en la zona radicular del cultivo.

**Sustrato:** Es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

**Tubérculo:** tallo subterráneo engrosado que sirve para almacenar sustancias de reserva, como la papa

**Tubérculo - semilla:** Tubérculo destinado a la plantación.

#### **XIV. ANEXOS**



## ANEXO 1



**Fotografía 1**

Esta fotografía muestra la ubicación de las bandejas con microesquejes dentro del cuarto de crecimiento de tejidos, ubicadas sobre anaqueles de madera y malla metálica



**Fotografía 2:**

El invernadero para la ejecución del experimento número uno, proporciona condiciones semicontroladas; esta conformado por, techo de fibra de vidrio y paredes con cimientos de block y cemento y estructuras de vidrio transparente



**Fotografía 3:**

Se procedió al llenado de bandejas y a sembrar los micro esquejes de las dos variedades de papa.



**Fotografía 4:**

Para la ejecución del primer experimento fue necesario humedecer el sustrato antes de la siembra.



**Fotografía 5**

Para quitar completamente el agar a las raíces de la plántulas se utilizó agua, se realizó con los dedos para evitar estrés, también se realizó una poda de raíz a las plántulas con mayor longitud.



**Fotografía 6**

Se realizó los cortes de entrenudos de las vitro plantas para su posterior siembra en las bandejas ya preparadas con sustrato .



**Fotografías 7**

Se procedió a limpieza y preparación del invernadero para la ejecución del experimento número 2



**Fotografía 8**

La fotografía muestra la siembra de los micro esquejes conseguidos por el experimento número 1 en el cual hubo 100% de sobrevivencia.





**Fotografía 9**

Al finalizar el experimento No. 1 se procedió al sacrificio de plantulas obtenidas para la toma de las diferentes variables respuesta.



**Fotografía 10**

En la fotografia se muestra las diferencias de una variedad con otra



**Fotografía 11**

La fotografía presenta el proceso que llevo las plantulas para el crecimiento como parte del experimento numero 2



**Fotografía 12**

La fotografia muestra el momento en que aplica el fertilizante diluido como parte del manejo agronomico.



**Fotografía 13**

Toma de datos para la ubicación de las plantulas conforme se realizo el sorteo de las dos variedades de papa.



**Fotografía 14**

La fotografía muestra la aplicación de riego por goteo, los riegos fueron aplicados tres veces por semana a razon de 30 minutos por aplicación

## ANEXO 2.

### Cuadro 18. COSTO DE PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE PAPA IN VITRO POR ESQUEJES En Quetzales

Lote de producción: 24,000 plantulas

Duración del proyecto: 4 meses

Ubicación: ICTA-CIAL, "Labor Ovalle", Olintepeque, Quetzaltenango.

<i>Renglón</i>	<i>descripción</i>	<i>Número</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>	<i>Sub-total</i>	<i>Costo</i>
		<i>Unidades</i>	<i>Medida</i>	<i>Unidad</i>		<i>Total</i>
<b>A</b>	<b>Costos Directos</b>			<b>Q.</b>	<b>Q.</b>	<b>Q.</b>
	<b>Mano de obra</b>					
<b>0</b>	<b>Servicios personales</b>					
011	Personal permanente	200	Horas	36.25	7250.00	
051	IGSS patronal			0.1067	740.00	
	FOPICTA			0.0964	668.77	
071	Aguinaldo			2.89	578.13	
072	Bono 14			2.89	578.13	
073	Bono vacacional			0.1041	20.83	
413	Indemnizaciones			2.89	578.13	
415	Vacaciones			2.89	578.13	10992.35
<b>035</b>	<b>A Destajo</b>					
35	Preparación, distribución y esterilización de los medios de cultivo	40	Jornales	50.00	2000.00	
035	Cultivo In vitro: Aislamiento de meristemo	81	Jornales	50.00	4050.00	
	Subcultivos, corte de microesquejes					
	micropropagación					
035	Lavado y esterilización de cristalería	13	Jornales	50.00	650.00	
035	Transplante a sustrato y cuidados culturales en invernadero (adaptación de vitroplantas	40	Jornales	50.00	2000.00	8700.00
<b>I</b>	<b>Total mano de obra</b>					<b>19692.35</b>
	<b>Insumos</b>					
261	Elementos y compuestos químicos				3900.00	
266	Productos medicinales y farmacéuticos				980.00	
	Kits de Elisa					
263	Fertilizantes				500.00	
	8 bultos de PEATMOSS					
<b>II</b>	<b>Total Insumos</b>					<b>5380.00</b>
<b>11</b>	<b>Servicios</b>					
111	Energía eléctrica				2600.00	

<b>III</b>	<b>Total servicios</b>					2600.00
<b>V(I+II+III)</b>	<b>Total costos directos</b>					<b>27672.35</b>
<b>B</b>	<b>Costos indirectos</b>					
<b>035</b>	<b>Mano de obra a destajo</b>					
035	Limpieza laboratorio	6	Jornales	50.00	300.00	300.00
<b>2</b>	<b>Materiales y suministros</b>					
243	Productos de papel o cartón				200.00	
292	Útiles de limpieza y productos sanitarios				300.00	
295	Útiles menores medico quirúrgicos y de laboratorio				500.00	
297	Útiles, accesorios y materiales eléctricos				200.00	
241	Papel de escritorio				35.00	
291	Útiles de oficina (marcadores)				80.00	1315.00
<b>11</b>	<b>Servicios</b>					
112	Agua potable				100.00	100.00
<b>831</b>	<b>Depreciaciones</b>					
	Cajas de petri de vidrio 100x15 mm				28.09	
	Erlenmeyer pirex de 1000 ml				16.98	
	Erlenmeyer Duran de vidrio 2000 ml				4.10	
	Erlenmeyer de vidrio Duran 5000 ml				10.34	
	Probetas Duran de vidrio de 25 ml				5.74	
	Termómetro de alcohol rojo de vidrio				4.06	
	Pizetas de 500 ml				2.16	
	Beacker de vidrio de 1000 ml				25.29	
	Probetas de vidrio Kimax de 1000 ml				50.16	
	Erlenmeyer de vidrio Kimax 1000 ml				2.83	
	Erlenmeyer de vidrio boca angosta				4.10	
	Erlenmeyer de vidrio boca angosta				20.66	
	Embudo de vidrio de 100 ml				0.54	
	Pipetas volumétricas de vidrio 5 ml				10.67	
	Magentas				7500.00	
	Beacker plástico con aza de 2000 ml				2.71	
	Productos de plástico				21.65	
	Embudos plásticos				0.60	
	Balón aforado tapón plástico				61.07	
	Mechero de metal BENCEU				4.01	
	Enchufador multiple color beige				1.35	
	Congelador de color blanco				108.34	
	Mesa pequeña color blanco				4.06	
	Mesa de madera de plywood				18.96	

	Edificio de una planta				3364.58	
	Construcción de complemento edificio				804.38	
	Estantes de 4 compartimientos de metal				406.78	
	Gabinete aéreo de plywood				10.84	
	Gabinete aéreo de plywood				8.13	
	Reloj de pared Orient				3.25	
	Barras mezcladoras de metal plateado				2.08	
	Estereoscopio eléctrico				46.55	
	Potenciómetro				34.37	
	Balanza analítica				124.17	
	Autoclave 203 V				387.56	
	Equipo de aire para ventilación TURBO				10.16	
	Agitador magnético				44.53	
	Ventilador de ambiente metal CARRIER				40.63	
	Cámara ambiental de metal				314.16	
	Agitador magnético PC-320				43.34	
	Aire acondicionado o ventilador				821.75	
	Cámaras de flujo laminar				1354.16	
	Destilador de agua metálico				157.57	
	Equipo medico-sanitario y de laboratorio				108.33	
	Lámparas de 4x40 de color blanco				159.23	
	Lámparas de 2x20 de color blanco				5.96	
	Timers marca Kahuamura				33.72	
	Materiales eléctricos				72.82	
	Servicios de instalaciones				45.02	
	Planos para instalación				3.58	
	Mantenimiento equipo medico y de lab.				125.00	16441.12
<b>73</b>	<b>Intereses</b>					
	21% sobre costos directos				1937.06	1937.06
	<b>Gastos de administración</b>					
	Administración				1575.00	1575.00
<b>V</b>	<b>Total costos indirectos</b>					<b>21368.83</b>
<b>VI(IV+V)</b>	<b>Costo total</b>					<b>49340.18</b>
	<b>Número de plantas In vitro producidas</b>					<b>24,000</b>
	<b>Costo en quetzales por planta in vitro</b>					<b>2.05</b>
	Tipo de cambio Q. 7.78 por 1\$EUA					

**Cuadro 19. COSTO DE PRODUCCION DE PLANTAS DE PAPA IN VITRO POR VITROPLANTAS**

**En Quetzales**

Lote de producción: 24,000 plantulas

Duración del proyecto: 5 meses

Ubicación: ICTA-CIAL, "Labor Ovalle", Olintepeque, Quetzaltenango.

<i>Renglón</i>	<i>descripción</i>	<i>Número</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>	<i>Sub-total</i>	<i>Costo</i>
		<i>Unidades</i>	<i>Medida</i>	<i>Unidad</i>		<i>Total</i>
<b>A</b>	<b>Costos directos</b>			<b>Q.</b>	<b>Q.</b>	<b>Q.</b>
	<b>Mano de obra</b>					
<b>0</b>	<b>Servicios p0ersonales</b>					
011	Personal permanente	200	Horas	36.25	7250.00	
051	IGSS patronal			0.1067	740.00	
	FOPICTA			0.0964	668.77	
071	Aguinaldo			2.89	578.13	
072	Bono 14			2.89	578.13	
073	Bono vacacional			0.1041	20.83	
413	Indemnizaciones			2.89	578.13	
415	Vacaciones			2.89	578.13	10992.35
<b>035</b>	<b>A Destajo</b>					
35	Preparación, distribución y esterilización de los medios de cultivo	40	Jornales	50.00	2000.00	
035	Cultivo In vitro: Aislamiento de meristemo	125	Jornales	50.00	5000.00	
	Subcultivos, corte de microesquejes					
	micropropagación					
035	Lavado y esterilización de cristalería	20	Jornales	50.00	1500.00	
035	Transplante a sustrato y cuidados culturales en invernadero (adaptación de vitroplantas	20	Jornales	50.00	1000.00	9500.00
<b>I</b>	<b>Total mano de obra</b>					<b>20492.35</b>
	<b>Insumos</b>					
261	Elementos y compuestos químicos				6000.00	
266	Productos medicinales y farmacéuticos				2800.00	
	Kits de Elisa					
263	Fertilizantes				500.00	
	8 bultos de PEATMOSS					
<b>II</b>	<b>Total insumos</b>					<b>9300.00</b>
<b>11</b>	<b>Servicios</b>					
111	Energía eléctrica				4000.00	
<b>III</b>	<b>Total servicios</b>					<b>4000.00</b>
<b>V(I+II+III)</b>	<b>Total costos directos</b>					<b>33792.35</b>



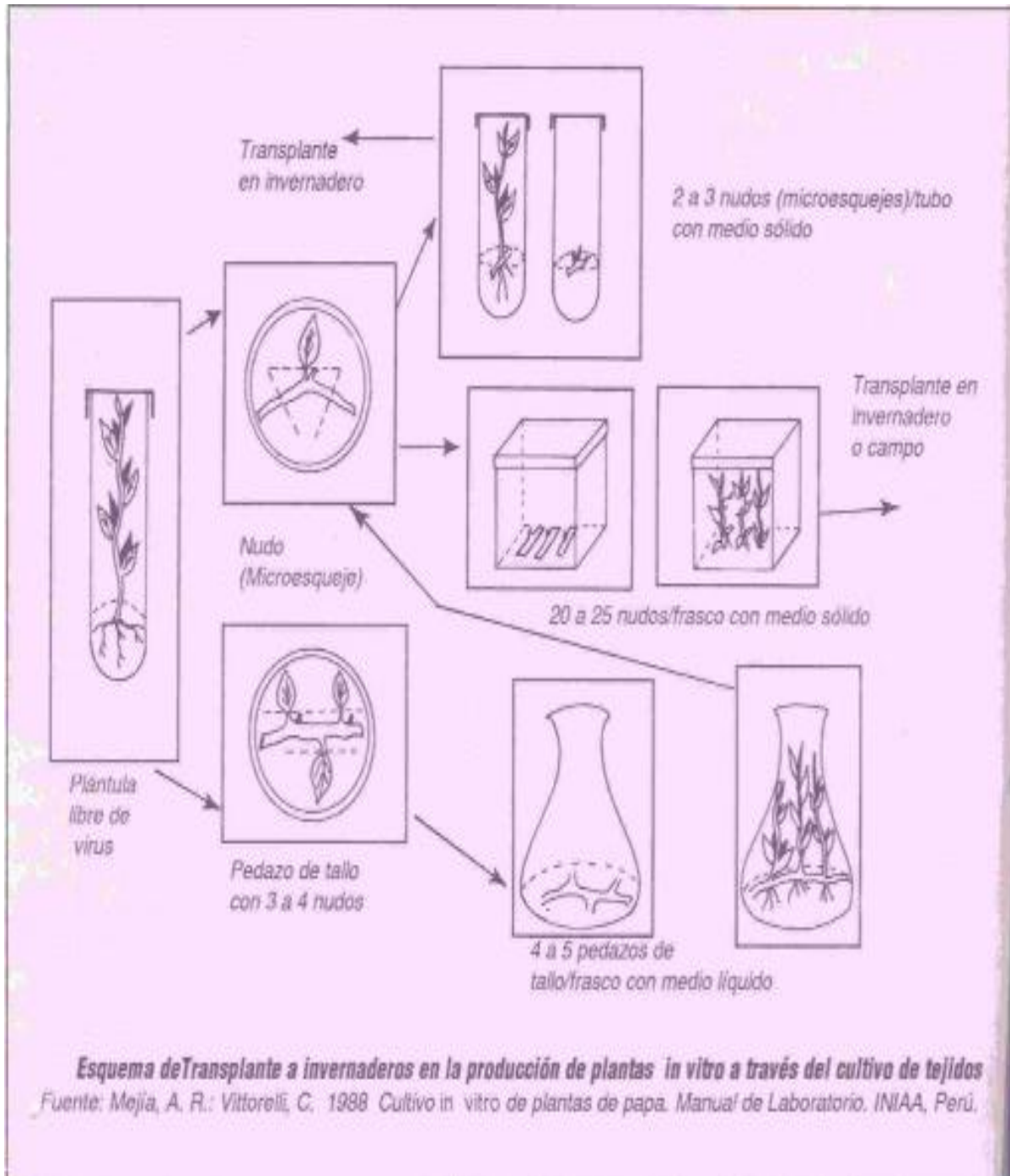
<b>B</b>	<b>Costos indirectos</b>					
<b>035</b>	<b>Mano de obra a destajo</b>					
035	Limpieza laboratorio	10	Jornales	50.00	500.00	500.00
<b>2</b>	<b>Materiales y suministros</b>					
243	Productos de papel o cartón				200.00	
292	Útiles de limpieza y productos sanitarios				300.00	
295	Útiles menores medico quirúrgicos y de laboratorio				500.00	
297	Útiles, accesorios y materiales eléctricos				200.00	
241	Papel de escritorio	1	Resma	35.00	35.00	
291	Útiles de oficina (marcadores)	2	Unidades	40.00	80.00	1315.00
<b>11</b>	<b>Servicios</b>					
112	Agua potable				100.00	100.00
<b>831</b>	<b>Depreciaciones</b>					
	Frascos Gerber				14287.50	
	Cajas de petri de vidrio 100x15 mm				43.23	
	Erlenmeyer pirex de 1000 ml				26.13	
	Erlenmeyer Duran de vidrio 2000 ml				6.30	
	Erlenmeyer de vidrio Duran 5000 ml				15.90	
	Probetas Duran de vidrio de 25 ml				7.74	
	Termómetro de alcohol rojo de vidrio				6.25	
	Pizetas de 500 ml				3.33	
	Beacker de vidrio de 1000 ml				38.91	
	Probetas de vidrio Kimax de 1000 ml				77.17	
	Erlenmeyer de vidrio Kimax 1000 ml				4.35	
	Erlenmeyer de vidrio boca angosta				6.30	
	Erlenmeyer de vidrio boca angosta				31.79	
	Embudo de vidrio de 100 ml				0.83	
	Pipetas volumétricas de vidrio 5 ml				16.41	
	Magentas				7500.00	
	Beacker plástico con aza de 2000 ml				4.17	
	Productos de plástico				33.33	
	Embudos plásticos				0.92	
	Balón aforado tapón plástico				93.96	
	Mechero de metal BENCEU				6.17	
	Enchufador múltiple color beige				2.08	
	Congelador de color blanco				166.67	
	Mesa pequeña color blanco				6.25	
	Mesa de madera de plywood				29.17	
	Edificio de una planta				3364.58	

	Construcción de complemento edificio				804.38	
	Estantes de 4 compartimientos de metal				625.83	
	Gabinete aéreo de plywood				16.67	
	Gabinete aéreo de plywood				12.50	
	Reloj de pared Orient				5.00	
	Barras mezcladoras de metal plateado				3.20	
	Estereoscopio eléctrico				71.61	
	Potenciómetro				52.88	
	Balanza analítica				191.03	
	Autoclave 203 V				596.25	
	Equipo de aire para ventilación TURBO				15.63	
	Agitador magnético				68.51	
	Ventilador de ambiente metal CARRIER				62.50	
	Cámara ambiental de metal				483.33	
	Agitador magnético PC-320				66.67	
	Aire acondicionado o ventilador				1264.17	
	Cámaras de flujo laminar				2083.33	
	Destilador de agua metálico				242.41	
	Equipo medico-sanitario y de laboratorio				166.67	
	Lámparas de 4x40 de color blanco				244.97	
	Lámparas de 2x20 de color blanco				9.17	
	Timers marca Kahuamura				51.88	
	Materiales eléctricos				112.04	
	Servicios de instalaciones				69.26	
	Planos para instalación				5.50	
	Mantenimiento equipo medico y de lab.				125.00	33273.06
<b>73</b>	<b>Intereses</b>					
	21% sobre costos directos				2956.83	2956.83
	<b>Gastos de administración</b>					
	Administración				1575.00	1575.00
<b>V</b>	<b>Total costos indirectos</b>					<b>39970.23</b>
<b>VI(IV+V)</b>	<b>Costo total</b>					<b>73512.24</b>
	<b>Número de plantas In vitro producidas</b>					<b>24000</b>
	<b>Costo en quetzales por planta In vitro</b>					<b>3.06</b>

**Nota:** Los microesquejes representan una reducción de costos de Q24,171.71 en comparación con vitropiantas, equivalente al 41%. Debido a la menor cantidad de tiempo de uso del mobiliario y equipo se redujo en un 70% los costos, esto por las depreciaciones generadas, pero una causa sobresaliente de ahorro fue no usar frascos gerber esto por un valor de Q14,287.50. Los insumos se redujeron en Q3,920.00, los elementos y compuestos químicos se redujeron en Q2,100.00 y los productos medicinales y farmacéuticos en Q1,820.00.

### ANEXO 3.

#### Proceso para producción de vitroplantas



## ANEXO 7:

### Características de las variedades sujetas a estudio:

#### VARIEDAD LOMAN

Planta con tallos y hojas de color verde oscuro. Su altura de planta varía desde 20-30 cm (3,500 msnm) a 60-65 cm (2,390 msnm). En condiciones de campo no produce flores o algunas veces pocas. La forma del tubérculo puede variar de oblongo alargado a alargado. La pulpa y piel es de color crema, susceptible a Tizón Tardío. Su ciclo vegetativo varía de 80-90 días (2,390 msnm) a 120 días (3,500 msnm). A 2,390 msnm presenta 18.8 % de sólidos y 13.2 % de almidón. De acuerdo a su uso, se caracteriza por ser excelente para papas hervidas y puré; de regular a buena para papalinas y enlatado. Presenta una textura cerosa. Los rendimientos pueden variar de 15 t/ha (3,500 msnm) a 20-30 t/ha (2,390 msnm) (Guatemala. ICTA 2002).

# LOMAN



## Características

LOMAN	Elevación *1	Elevación *
	2390msnm	3500msnm
Altura de planta (cm)	60-65	20-30
Días a floración	En condiciones de campo no produce flor	
Color de flor	En condiciones de campo no produce flor	
Días a madurez fisiológica	80-90	120
Color de piel	Crema	
Color de pulpa	Crema	
Índice de forma	0.50	0.49
Forma	Oblongo alargado	Alargado
Rendimiento (t/ha)	20-30	15
Peso específico (g/cc)	1.076	NED* 2
Porcentaje de sólidos (%)	18.8	NED* 2
Porcentaje de almidón (%)	13.2	NED* 2
Tizón tardío	Susceptible	
Uso potencial (Tabla 2)	USO 3	

\*1 Características agronómicas del cultivo a esta altura.

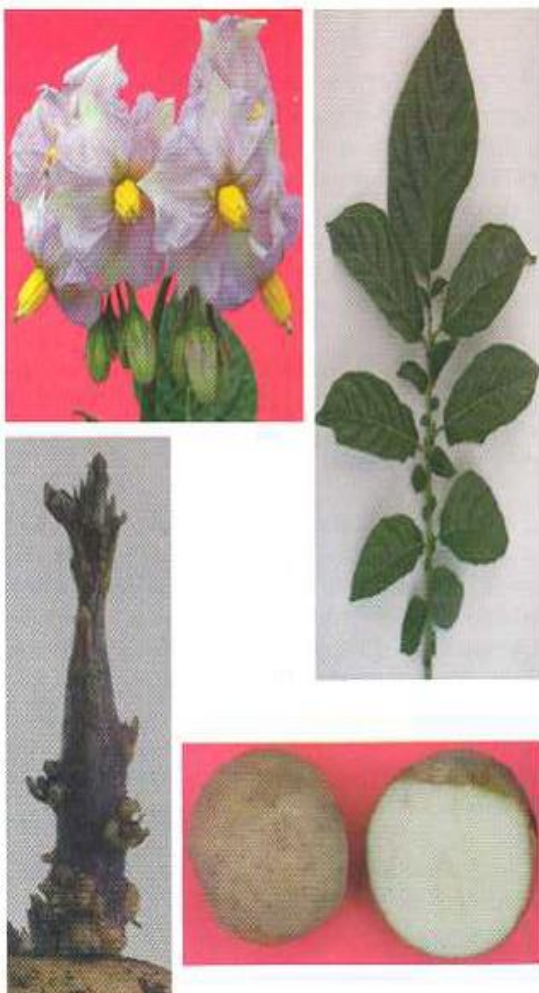
\*2 No existen datos



## VARIEDAD ATLANTIC

Introducida al país por la Empresa Productos René, S.A. y multiplicada en sus inicios por el ICTA. Es de tubérculo oblongo. Color de piel crema y pulpa blanco. Alcanza alturas de planta de 40-50 cm. (2,390 msnm). Florea a los 55- 60 días después de la siembra. El color de sus flores es lila pálido. A 2,390 msnm reporta 21.4 % de sólidos totales y 15.8 % de almidón. Es susceptible a Tizón Tardío. Uno de los atributos principales de esta variedad es su calidad industrial. Es excelente para cocinar papas horneadas, papalinas y papas fritas a la francesa. Presenta una textura harinosa, seca (Guatemala. ICTA 2002).

## ATLANTIC



## Características

<b>ATLANTIC</b>	Elevación <sup>*1</sup> <b>2390msnm</b>
Altura de planta (cm)	40-50
Días a floración	55-60
Color de flor	Lila pálido
Días a madurez fisiológica	90-100
Color de piel	Crema
Color de pulpa	Blanca
Índice de forma	0.82
Forma	Oblongo
Rendimiento (t/ha)	20-30
Peso específico (g/cc)	1.088
Porcentaje de sólidos (%)	21.4
Porcentaje de almidón (%)	15.8
Tizón tardío	Susceptible
Uso potencial (Tabla 2)	USO 4

\*1 Características agronómicas del cultivo a esta altura.