

**COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO E INCIDENCIA
VIRAL ENTRE ESQUEJES DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) OBTENIDOS *IN*
VITRO Y ESQUEJES PROVENIENTES DE PLANTACIONES COMERCIALES,
EN LA REGION HUETAR NORTE.**

DAVID CAMBRONERO HERRERA

Trabajo de Tesis presentado a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar al grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

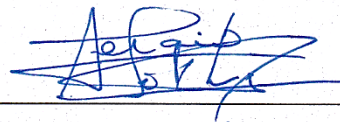
2012

**COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO E INCIDENCIA
VIRAL ENTRE ESQUEJES DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) OBTENIDOS
IN VITRO Y ESQUEJES PROVENIENTES DE PLANTACIONES
COMERCIALES, EN LA REGION HUETAR NORTE.**

DAVID CAMBRONERO HERRERA

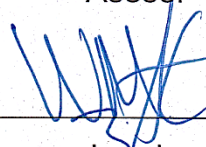
Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador

Ing. Agr. Sergio Torres Portugal. M.Sc.



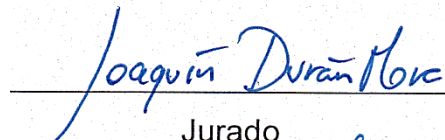
Asesor

Ing. Biot. Wayner Montero Carmona. M.Sc



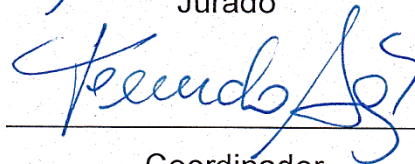
Jurado

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora. M.Sc.



Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez. M.AE.



Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey. M.Sc.



Director

Escuela de Agronomía

DEDICATORIA

- A Dios porque sin el nada hubiese sido posible.
- A mis padres por el esfuerzo y apoyo en todo momento.
- A todos los que me brindaron su apoyo durante todo el proceso

AGRADECIMIENTOS

- A mi familia por la paciencia mostrada durante mis años de carrera universitaria
- Al Ing. Sergio Torres por su apoyo y dedicación en esta investigación
- A Margareth Rodríguez por estar conmigo siempre, dándome su apoyo y cariño.
- Al personal del Laboratorio de Biotecnología de Plantas Tropicales del Tecnológico por la ayuda brindada durante todo el proceso.

A todos, muchas gracias!

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
1.2 Hipótesis Técnica	2
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades.	3
2.2 Importancia Económica.....	3
2.3 Usos	4
2.4 Descripción botánica.....	5
2.5 Crecimiento Vegetativo.	6
2.6 Ecología.....	7
2.7 Aspectos Productivos.	8
2.7.1 Preparación del suelo.	8
2.7.2 Material de siembra	8
2.7.3 Densidad de siembra.....	9
2.7.4 Época de siembra.....	9

2.8 Manejo Agronómico.....	10
2.8.1 Fertilización.....	10
2.8.2 Plagas y enfermedades.	11
2.8.3 Otros agentes patógenos: Fitoplasmas.	13
2.8.4 Problemas Virales.....	14
2.9 Técnicas para limpieza viral.....	16
2.9.1 Resistencia varietal.....	16
2.9.2 Cultivo <i>in vitro</i>	17
2.9.2.1 Cultivo de meristemas.	17
3 MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Localización del estudio.....	21
3.2 Manejo del ensayo.	21
3.3 Material de siembra	21
3.3.1 Esquejes procedentes de plantas <i>in vitro</i>	22
3.3.1.1 Aclimatización.....	22
3.3.1.2 Producción de plantas madre en invernadero	23
3.3.2 Esquejes procedentes de material de campo	24
3.4 Siembra del material en el campo.	24
3.5 Manejo del cultivo.....	26
3.5.1 Tratamientos a evaluar.	27
3.5.2 Variables de respuesta.	27
3.5.2.1 Variables de crecimiento	27
3.5.2.2 Variables de rendimiento	28
3.5.3 Otras variables.....	28

3.5.1	Descripción del área experimental	29
3.5.1	Muestreos	30
3.6	Análisis de datos	31
3.6.1	Diseño experimental	31
3.6.2	Modelo experimental.....	31
3.6.3	Fuentes de variación.....	32
4	ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION	33
4.1	Crecimiento Vegetativo.	33
4.1.1	Peso seco de hoja	34
4.1.2	Peso seco de tallo.....	38
4.1.3	Peso seco de raíz	40
4.1.4	Curva de crecimiento del peso seco total	43
4.2	Incidencia Viral.....	47
4.3	Efecto de la malla antiáfidos.....	48
4.4	Rendimiento.	52
5	CONCLUSIONES.	57
6	RECOMENDACIONES.....	58
7	BIBLIOGRAFIA	59
8	ANEXOS.....	69

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1.	Principales agentes plagas del cultivo de camote	12
2.	Principales enfermedades que afectan el cultivo de camote.....	13
3.	Algunos de los virus que afectan el cultivo de camote	15
4.	Manejo agronómico de camote durante la etapa de ensayo en campo. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.	26
5.	Fuentes de variación y grados de libertad del error	32
6.	Resumen de estadísticas de rendimiento para mercado local de los materiales convencional e <i>in vitro</i> . Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.....	53
7.	Resumen de estadísticas de rendimiento para industria de los materiales convencional e <i>in vitro</i> . Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.....	54

INDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Vitroplantas en túneles de aclimatización en el invernadero del Laboratorio de Biotecnología de Plantas Tropicales del Instituto Tecnológico de Costa Rica sede San Carlos. 2011.	23
2.	Siembra (A), crecimiento (B), selección (C) y traslado (D) del material desarrollado a partir de plantas obtenidas <i>in vitro</i> , en el invernadero del Instituto Tecnológico de Costa Rica sede San Carlos, 2012.	24
3.	Distribución de los tratamientos en el campo (A) y muestra del tratamiento cubierto con malla antiáfidos (B). Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.	25
4.	Descripción del área experimental y distribución de los tratamientos. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012	29
5.	Descripción de la parcela útil para la evaluación de crecimiento vegetativo y rendimiento comercial. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012	30
6.	Peso seco de hoja de plantas de camote obtenidos de semilla convencional e <i>in vitro</i> . Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	34

7.	Tasa de crecimiento de peso seco de hoja (g/día) del material de camote <i>in vitro</i> y Convencional a partir de los 15 dds. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	36
8.	Peso seco tallo de plantas de camote obtenidos de semilla convencional e <i>in vitro</i> . Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	39
9.	Peso seco de raíces tuberosas de plantas de camote obtenidas de semilla convencional e <i>in vitro</i> . Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	40
10.	Tasa de crecimiento del peso seco de la raíz tuberosa (g/día) de los materiales de camote <i>in vitro</i> y convencional. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	41
11.	Evolución del crecimiento de la raíz tuberosa del material <i>in vitro</i> de camote a los 15 (A), 30 (B) y 45 (C) 60 (D), 75 (E), y 90 (F) días después de siembra. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.	43
12.	Curva de crecimiento del peso seco total de las plantas de camote obtenidas de material <i>in vitro</i> y del material Convencional. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	44
13.	Porcentaje de distribución del peso seco del tallo, hoja y raíz con respecto al peso seco total de las plantas obtenidas del material convencional. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	45

14.	Porcentaje de distribución del peso seco del tallo, hoja y raíz con respecto al peso seco total de las plantas obtenidas del material <i>in vitro</i> . Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	46
15.	Desarrollo de malezas sobre las parcelas del tratamiento <i>in vitro</i> cubierto con malla antiáfidos. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.	49
16.	Daños ocasionados por insectos defoliadores sobre el follaje del camote. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012. A. Hoja perforada por el ataque de <i>Spodoptera sp</i> . B. Larva de <i>Spodoptera sp</i> cubierta con micelio del hongo entomopatógeno <i>Beauveria bassiana</i> .	51
17.	Tamaño mínimo de tubérculos de camote para comercializar en el mercado local como producto fresco o a nivel industrial para ser procesado A. Tubérculo para mercado local. B. Tubérculo para mercado industrial. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.	52
18.	Tubérculos que no clasifican para el mercado local por daños físicos. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012	54

INDICE DE CUADROS DE ANEXOS

Cuadro	Título	Página
A 1.	Análisis de Varianza para la variable peso seco de hoja particionado por días después de siembra (dds) en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.....	69
A 2.	Análisis de Varianza para la variable peso seco de tallo particionado por días después de siembra (dds) en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.....	72
A 3.	Análisis de Varianza para la variable peso seco de raíz tuberosa particionado por días después de siembra (dds) en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.....	75
A 4.	Análisis de Varianza para la variable peso fresco de raíz tuberosa en la evaluación del rendimiento de dos materiales de siembra de camote.....	78
A 5.	Prueba de bondad de ajuste para la variable peso seco de hoja en la evaluación de dos materiales de siembra de camote	79
A 6.	Prueba de bondad de ajuste para la variable peso seco de tallo en la evaluación de dos materiales de siembra de camote	80
A 7.	Prueba de bondad de ajuste para la variable peso seco de la raíz tuberosa en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.	81

A 8.	Datos de tubérculos que clasifican para el proceso industrial obtenidos de la semilla convencional de una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012	82
A 9.	Datos de tubérculos que clasifican para el proceso industrial obtenidos de la semilla <i>in vitro</i> de una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012	83
A 10.	Datos del rendimiento para el mercado local de la semilla convencional de una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.....	84
A 11.	Datos del rendimiento para el mercado local de la semilla <i>in vitro</i> de una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.....	85
A 12.	Datos del muestreo de grosor (en mm) de los esquejes del material obtenido <i>in vitro</i> y el material obtenido del campo (convencional). Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.....	86

INDICE DE FIGURAS DE ANEXOS

Figura	Título	Página
A 1.	Variación de la temperatura diurna de 7 am a 6 pm en °C desde la primer semana de siembra. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.....	87
A 2.	Datos de precipitación en mm desde los primeros siete días después de siembra. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.....	87

RESUMEN

Se evaluó la biomasa de hoja, tallo y raíz durante el ciclo de cultivo, así como el rendimiento a los 105 días después de la siembra y la incidencia viral a la siembra y a la cosecha en esquejes de material de camote que fueron obtenidos de material de campo (convencional) y esquejes obtenidos de vitro plantas libres de virus. Además se evaluó el efecto de la malla antiáfidos sobre el material *in vitro* para la obtención de semilla limpia en campo. La investigación se llevó a cabo en Finca La Esmeralda del Instituto Tecnológico de Costa Rica en San Carlos. Para las variables de hoja, tallo y raíz las plantas procedentes de esquejes del material *in vitro* superó estadísticamente en cantidad de peso seco al material de campo. La variable de rendimiento fue evaluada en dos categorías, mercado local e industria (pelado). El material *in vitro* superó estadísticamente en rendimiento al material convencional al obtener 34,24 y 43,31 ton/ha respectivamente contra 22,89 y 27,43 ton/ha del material convencional en el mismo orden. La incidencia viral fue evaluada mediante la prueba NCM-ELISA resultando que ambos materiales no presentaron infección viral mientras que el efecto de la malla antiáfidos sobre el material *in vitro* no fue el esperado por dificultades de manejo al presentarse una competencia con malezas y al sufrir un ataque por *Spodoptera* sp. Se concluye que el uso de esquejes de vitro plantas libres de virus produce plantas con un mejor crecimiento y con un mayor rendimiento que el uso de esquejes de plantaciones convencionales.

Palabras Clave: Camote, esquejes, crecimiento, rendimiento, convencional, *in vitro*.

ABSTRACT

Leaf, stem and root biomass during crop cycle, yield at 105 days after planting and virus incidence during planting and harvesting were evaluated in cuttings from field plants (conventional planting material) and from virus free *in vitro* plants. In addition, anti-aphid net laid 50 cm above the sweet potato virus free cuttings were evaluated in order to get clean planting material from production field. This research was done at La Esmeralda farm in the Tecnológico de Costa Rica, campus San Carlos. According to the results, cuttings from virus free *in vitro* plants had higher yield on leaf; stem and root dry weight than cuttings from conventional planting material and the difference between both treatments were statistically significant. Besides that, the yield was evaluated according to local market quality and industrial use (peeled). Plants from virus free cutting showed higher yield for local market and industrial use (34, 24 ton/ha and 43, 31 ton/ha respectively) than conventional cuttings (22, 89 and 27, 43 ton/ha, respectively). According to the NCM-ELISA test, plants from both treatments were virus free. Finally, anti-aphid net treatment could not be evaluated because there were weed and pest problems (*Spodoptera* sp) which affected the plant growth. The main conclusion of this work was using planting material from virus free *in vitro* plants produced plants with a better growth and yield than those from conventional plant cuttings.

Key Words: Sweet potato, cuttings, growth, yield, conventional, *in vitro*

1 INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batatas*) es un cultivo que por sus características, ha generado un interés creciente en el mundo de la agricultura. Es un cultivo típico de los pequeños campesinos, los cuales lo cultivan en terrenos por lo general marginales obteniendo, por ende, bajos rendimientos. La producción está concentrada en aquellos países donde el ingreso per cápita es bajo, por lo que la implementación de este cultivo tiende a mejorar los ingresos y la seguridad alimentaria (Montes *et al.*, 2010).

El rendimiento promedio de este cultivo a nivel mundial oscila entre 10 a 15 t/ha. Esta variación puede ser atribuida al cultivar utilizado, a la región, al manejo agronómico y a la incidencia de patógenos, principalmente los virus. Este último punto es un aspecto al cual se le ha dado mucha importancia a través de los años, ya que se ha reportado datos de disminución del rendimiento de hasta un 80% del total de la producción por incidencia viral. Debido a esto surge la necesidad de implementar alternativas para la producción con material libre de virus, generalmente esquejes, ya que es el principal método de propagación del camote. La utilización de cultivares resistentes y la tecnología basada en la limpieza viral por medio de cultivo de meristemos, son algunas alternativas con las cuales se puede mejorar los rendimientos y la calidad del camote (CIP 1999).

Este ensayo surge con la necesidad de validar el uso de semilla libre de enfermedades como alternativa para mejorar la producción y el rendimiento del camote.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Comparar el comportamiento agronómico e incidencia viral entre esquejes de camote (*Ipomoea batatas*) obtenidos *in vitro* y esquejes provenientes de plantaciones comerciales (convencional).

1.1.2 Objetivos específicos

1. Comparar el crecimiento de plantas de camote provenientes de esquejes obtenidos de plantas *in vitro* libres de virus y de esquejes obtenidos de material convencional.
2. Evaluar el rendimiento total y comercial de ambos materiales.
3. Determinar la incidencia viral en ambos materiales.
4. Evaluar el efecto de la malla antiáfidos sobre la incidencia viral y el desarrollo de plantas de camote para la obtención de semilla vegetativa libre de virus.

1.2 Hipótesis Técnica

Las plantas de camote desarrolladas a partir de esquejes de plantas *in vitro* por cultivo de meristemos, presentarán un mayor crecimiento y rendimiento que las plantas obtenidas de material de campo.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

El camote (*Ipomoea batatas*) es una de las ocho especies de la sección batatas, perteneciente a la familia Convolvulaceae, el cual presenta raíces engrosadas de alto valor nutritivo, siendo catalogado como el quinto alimento más importante después del arroz, trigo, maíz y yuca (Linares *et al.*, 2008).

Es originario de Centro y Sur América siendo una de las especies hortícolas más cultivadas a nivel mundial, con un área aproximada de siembra de 8.618.866 ha y una producción anual de más de 133 millones de toneladas; siendo China el mayor productor con un total de 85,2 millones de toneladas (FAOSTAT 2008 citado por Montes *et al.*, 2010).

2.2 Importancia Económica

El camote pertenece al grupo de las raíces y tubérculos tropicales, los cuales son fuente importante de la alimentación de muchos campesinos y además son una excelente alternativa de diversificación agrícola para la agricultura tropical costarricense, debido a que las raíces y tubérculos tropicales son cultivos no tradicionales de exportación. A pesar que la exportación es una muy buena alternativa, el principal mercado del camote es el nacional. El consumo nacional del camote ha decrecido en los últimos años. Del 2001 al 2004, el consumo pasó de 1431 a 1050 ton, pero el precio tanto al productor como en la feria del agricultor se ha incrementado. En el caso del precio al productor pasó de ₡ 96 a ₡113 y al consumidor de ₡290 a ₡485 (PIMA 2012). En cuanto a las exportaciones, éstas pasaron de 18,23 ton a 244,08 ton en un período de 5 años (1999 a 2003), mientras que el valor de las exportaciones en ese período pasó de

US\$ 11.000 a más de US\$ 176.000. Los principales mercados de exportación son Canadá, Holanda y Reino Unido (PROCOMER 2012).

En Costa Rica, el camote se cultiva principalmente en la región Huetar Norte, Huetar Atlántica y el Valle Central. De acuerdo al MAG (2007), en la región Huetar Norte hay 118 productores, con un área de 137,9 ha de camote, siendo el cantón de San Carlos (64,2 ha) el que tiene la mayor extensión, otros cantones con áreas importantes son San Ramón (Peñas Blancas) y Los Chiles, 27 y 23 ha respectivamente. El rendimiento promedio es de 8,4 t/ha.

2.3 Usos

El camote es considerado como uno de los cultivos tradicionales más antiguos y valiosos ya que es sembrado especialmente en países en vías de desarrollo gracias a, su fácil propagación, tolerancia a altas temperaturas, baja fertilidad del suelo y sequía (CIP 1999; Linares *et al.* 2008; Nelson y Elevitch 2010).

Es una fuente de energía, gracias a su alto contenido de almidón, así como fuente importante de vitamina A, expresada como beta caroteno, y vitamina C (Linares *et al.* 2008), las cuales son consideradas como antioxidantes que eliminan los radicales libres del cuerpo; estos están asociados a enfermedades del corazón, diabetes y cáncer de colon (Reardor y Troxler s.f.). Es calificado nutricionalmente mejor que la papa y contiene además fibras suaves que favorecen la digestión, por lo que puede ser un suplemento importante en la dieta diaria (Reyes y Lavín 2005).

Además de su utilización como alimento fresco, el camote tiene otros usos, como por ejemplo, la fabricación de bebidas alcohólicas por su alto contenido de azúcar; de la misma manera ciertas partes de la planta como las hojas pueden ser

utilizadas para la fabricación de productos calmantes del asma, laxantes entre otros (Linares *et al.*, 2008). La producción animal no se escapa de los beneficios del camote, ya que tanto las hojas como los tallos son utilizados para la alimentación de éstos, como los cerdos en la etapa de engorde (Nelson y Elevitch 2010).

2.4 Descripción botánica

El camote es una planta herbácea y perenne, aunque se cultiva como una planta anual por medio de raíces reservantes o esquejes (Huamán 1992). Presenta un hábito de crecimiento rastrero generalmente, aunque también puede ser erecto o semi erecto (Nelson y Elevitch, 2010).

Produce raíces fibrosas las cuales cumplen el papel de todo sistema radical, sostener la planta, absorber agua y nutrientes. En las raíces reservantes, las cuales son gruesas, carnosas y no lignificadas, se almacenan productos de síntesis, especialmente carbohidratos, las cuales representan la parte que es cosechada y consumida de diversas formas (Reyes y Lavín 2005).

Las hojas son simples, alternas insertadas aisladamente en el tallo, carecen de vaina y presentan un peciolo largo de hasta 20 cm (INFOAGRO s.f.). Dependiendo del cultivar el borde de las láminas de las hojas puede ser entero, lobulado o dentado, mientras que puede presentar perfiles redondeados, reniformes (en forma de riñón), cordados (en forma de corazón), triangulares, lobulados y casi divididos. Su color puede variar entre verde amarillento, verde o con cierta pigmentación morada en cierta parte de la hoja o toda ella dependiendo de la variedad (Huaman, 1992).

El tamaño de la hoja depende de la longitud de la guía, la variedad y la fertilidad del suelo y por lo general alcanza tamaños entre los 5 y 15 cm en su diámetro más ancho (Montaldo 1991).

Los tallos varían entre cultivares y pueden ser cilíndricos o aristados, lisos o con lenticelas. Pueden ser de color verde o morado oscuro casi negro (León 2000).

Las flores por su parte se encuentran agrupadas en una inflorescencia del tipo cima bípara, con raquis de 5 a 20 cm (INFOAGRO s.f., Montaldo 1991). Se abren por la mañana y se cierran en la tarde del mismo día. Las anteras por su parte se abren la víspera de la antesis, pero el polen no se desprende sino hasta después de abierta la flor (León 2000). Además las variedades de camote difieren en su hábito de floración ya que bajo condiciones normales en el campo, algunos cultivares no florecen, otros producen muy pocas flores y otros florecen muy profusamente (Huamán 1992). El fruto es una capsula indehiscente que puede contener una o dos semillas (IICA 1989).

2.5 Crecimiento Vegetativo

El crecimiento de la mayoría de las plantas sigue un patrón de crecimiento similar, generalmente sigmoideo. Se inicia con un crecimiento relativamente bajo que posteriormente se incrementa conforme las plantas crecen (fase exponencial), culminando con una disminución en los incrementos, llamada fase de senescencia (Fargas, 1986 citado por Souza, 1995).

Un estudio realizado por Austin *et al.*, (1970), citados por Souza (1995) en donde evaluaron el crecimiento y desarrollo de cuatro cultivares de camote con hábitos de crecimiento y forma diferentes determinaron que el modelo de crecimiento fue bastante similar. Notaron diferencias significativas en la tasa de

crecimiento durante las diferentes épocas de evaluación y entre los cultivares evaluados. Así mismo determinaron que la formación de tubérculos no retarda el crecimiento de la parte aérea y muestra un patrón de crecimiento lineal.

De la misma manera Rodríguez y Villanueva (1954) citados por este mismo autor, definieron la iniciación de las raíces tuberosas a los 45 días después de siembra (dds) y determinaron que durante las primeras etapas de cultivo la tasa de crecimiento fue mayor en las partes aéreas que en las raíces tuberosas.

Casseres (1986) definió las etapas fenológicas del cultivo en tres; la fase vegetativa que se desarrolla los primeros 65 días de cultivo. La fase de floración está dada a los 73 dds mientras que la época de cosecha a los 132 días. Además estableció que las mismas pueden variar en cantidad de días dependiendo del cultivar.

2.6 Ecología

Según IICA (1989) el camote es una planta sumamente adaptable en cuanto a las condiciones climáticas ya que es cultivada tanto en climas templados, con veranos cálidos, como en zonas tropicales y ecuatoriales.

Sierra *et al.*, (2005), mencionan que el cultivo requiere temperaturas cálidas que oscilen entre los 20 y 30°C y que además se puede adaptar a zonas que se encuentren entre los 300 y 1000 m.s.n.m. Lo que si representa cierto cuidado es en cuanto a los excesos de humedad ya que el cultivo no lo tolera, especialmente las zonas donde se producen anegamientos. En las zonas donde la precipitación anual promedio se encuentre entre los 500 y 1800 mm, el cultivo se desarrolla de una manera adecuada.

Loebenstein y Thottappilly (2009) por su parte, establecen que el camote al poseer un sistema radicular profundo y ramificado, le permite explorar un

volumen de suelo considerado y por ende obtener agua de zonas más profundas en comparación con otras verduras. El mismo menciona que con un régimen de lluvias de 500 mm distribuidos uniformemente durante todo el ciclo son suficientes para obtener rendimientos muy elevados.

2.7 Aspectos Productivos

2.7.1 Preparación del suelo

Según Olson *et al.*, (2010), el desarrollo del cultivo se da mejor cuando el sitio de la siembra es preparado con dos o tres semanas de anticipación. Esto porque el arado permite la incorporación y descomposición de residuos así como controlar la población de ciertos nematodos.

Una vez rastreado e incorporados los abonos, se recomienda el pase de un arado a 30 cm y dos pases de rastra, para facilitar el crecimiento vegetativo y el engrosamiento de los tubérculos. El terreno de siembra debe ser preparado en lomillos triangulares de 90 cm de ancho, 35 cm de altura y 95 cm entre hileras. Se recomienda no realizar labores muy profundas puesto que tiende a producir raíces largas y estrechadas (INFOAGRO s.f.; Sierra *et al.* 2005).

2.7.2 Material de siembra

Puede ser reproducido tanto sexual como asexualmente, siendo esta última la de mayor uso. La reproducción sexual por semillas, según Casseres (1981) y Folquer (1978) es utilizada básicamente para realizar mejoramiento genético.

La reproducción asexual es el sistema de propagación más utilizado en este cultivo, siendo las guías o bejucos (esquejes) el material más recomendable puesto que tiene menor posibilidad de portar enfermedades (Folquer 1978).

El tamaño del esqueje varía entre los 20 a 30 cm y es recomendable siempre dejar de dos a tres hojas para mantener la actividad fotosintética y por ende producción de asimilados que favorecerán el desarrollo del mismo (Nelson y Elevitch 2010). Además de la reproducción por esquejes, el camote puede ser reproducido mediante técnicas de laboratorio, específicamente cultivo *in vitro* de ápices y meristemos, embriogénesis somática, organogénesis y cultivo de anteras (Roca y Mroginski 1991).

2.7.3 Densidad de siembra

Según Sierra *et al.*, (2005) la densidad de siembra recomendada es de 44.444 plantas por hectárea. Casseres (1981) establece por su parte que el distanciamiento entre lomillos puede variar entre los 0,90 a 1,5 m, dependiendo del tipo de suelo y equipo disponible, y la distancia entre plantas desde 0,30 a 0,70 m. Este mismo autor recomienda el espaciamento corto para variedades de poco desarrollo o en climas cálidos a templados, donde el desarrollo vegetativo no es abundante.

Nelson y Elevitch (2010) recomiendan distanciar las hileras a 1,2 m mientras que las plantas en un rango de 0,25 a 0,30 m para lo cual se necesitarían aproximadamente 32.300 esquejes por hectárea si el distanciamiento fuese 0,25 m por 1,20 m y 26.900 esquejes si fuese de 0,30 m por 1,20 m.

2.7.4 Época de siembra

El cultivo puede ser sembrado tanto en época lluviosa (Mayo a Octubre), como en época seca (Noviembre a Abril) siempre y cuando se suplan los requerimientos de agua mediante riegos (Casseres 1981). En Costa Rica, específicamente en la zona Norte se siembra durante todo el año (MAG 2007).

2.8 Manejo Agronómico

2.8.1 Fertilización

Según Onwueme y Charles (1994), el camote responde bien a la fertilización, sobre todo si el terreno de siembra ha sido cultivado previamente. Mencionan que el tipo de fertilizante a utilizar así como la dosis, dependen del tipo de suelo, el medio ambiente así como a la variedad utilizada.

El cultivo se desarrolla en suelos que presenten un pH entre 5,0 y 6,8, sin embargo el valor deseado para un adecuado desarrollo va de 5,8 a 6,0 (Montes y Criswell 2009; Coolong *et al.*, 2008).

Según Dondo (2008) y Sierra *et al.*, (2005), los suelos ricos en materia orgánica con mucho nitrógeno, no suelen ser los más adecuados puesto que las plantas se van en vicio y las raíces no engruesan adecuadamente, siendo más importante la disponibilidad de potasio.

Lebot (2009) menciona que el potasio es un elemento requerido para el desarrollo de la raíz de almacenamiento y dosis altas de nitrógeno producirían, por el contrario, un efecto adverso en el desarrollo de esta, si el nivel de potasio se encuentra bajo.

La absorción de potasio en este cultivo es dos veces mayor que el del nitrógeno y cinco veces que la del fósforo, ya que este elemento cumple un papel significativo en la síntesis de almidones durante la formación de la raíz de almacenamiento. (Lebot 2009).

Por su parte la relación Potasio/Nitrógeno afecta el contenido de agua, la tasa de respiración y por ende la formación del camote, produciendo un aumento

en la velocidad de translocación de fotosintatos desde las hojas hasta las raíces. (Lebot 2009).

Una proporción de Potasio/Nitrógeno alta, genera un mayor contenido de agua por lo que se aumenta la tasa respiratoria en la raíz de almacenamiento. Altos niveles de potasio se asocian con la producción de proteína, dando como resultado un crecimiento significativo de la raíz. Caso contrario ocurre en suelos secos, compactados, anegados o con altos niveles de nitrógeno los cuales inhiben el crecimiento radicular (Lebot 2009; Onwueme y Charles 1994).

Para el caso de los elementos menores Lebot (2009) establece que cuando se encuentran en el suelo en niveles críticos y no sean suplidos, las deficiencias se hacen extremadamente notorias en el cultivo.

2.8.2 Plagas y enfermedades

Los agentes patógenos interfieren en la productividad del cultivo, ya que al afectar la planta disminuyen su capacidad fisiológica, reduciendo los ingresos económicos tanto por bajos rendimientos como por calidad de los productos. En los Cuadros 1 y 2 se muestran los principales agentes de plaga y enfermedades respectivamente que atacan este cultivo

Cuadro 1. Principales agentes plagas del cultivo de camote

Plagas	
Agente	Daño
<i>Agriotes lineatus</i>	Galerías y perforaciones en las raíces.
<i>Phyllophaga</i> spp	Igual que gusano alambre ya que se alimenta directamente de la raíz reservante
<i>Physomerus grossipes</i>	Ninfas y adultos perforan los tallos y chupan la savia lo que provoca marchitamiento y retrasa el crecimiento.
<i>Spodoptera eridania</i>	Consumen el tejido de la hoja dejando solo las venas
<i>Aphis gossypi</i>	Succionan la savia de los brotes en crecimiento. Hay reducción del vigor.
<i>Bemisia tabaci</i>	Altas poblaciones causan amarillamiento y necrosis. Transmiten virus
<i>Aspidomorpha</i> spp	Se alimentan de las hojas

Fuente: Ames de Ichochea (1997)

Cuadro 2. Principales enfermedades que afectan el cultivo de camote

Enfermedades	
<i>Streptomyces ipomoea</i>	Lesión tipo "sarna" en las raíces reservantes. Grietas.
<i>Erwinia chrysanthemi</i>	Lesiones húmedas, necróticas de color pardo o negro sobre tallos y peciolo
<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Brotes enfermos se marchitan, base acuosa y de color parda amarillenta. No hay desarrollo radicular
<i>Sclerotium rolfsii</i>	Marchites súbita de los brotes. Infección cerca del punto donde emergen.
<i>Alternaria</i> spp.	Lesiones necróticas de color pardo, anillos concéntricos y márgenes bien definidos en hojas viejas
<i>Cercospora ipomoea</i>	Lesiones circulares o angulares a veces delimitadas por las nervaduras, de color pardo uniforme o con el centro claro y los bordes oscuros.
<i>Fusarium</i> sp.	Estancamiento en el desarrollo de los vástagos, abscisión foliar, floración prematura, raíces más pequeñas y agrietadas.

Fuente: Clark y Moyer (1991)

2.8.3 Otros agentes patógenos: Fitoplasmas

Los fitoplasmas están definidos como patógenos morfológicamente variables de la clase de los Mollicutes que se desarrollan como parásitos generalmente en los tejidos conductores de la planta, específicamente el floema y se podrían ubicar de manera intermedia entre las bacterias y los virus. Se ha determinado que pueden infectar gran cantidad de plantas presentando síntomas muy variables entre los cuales se podrían establecer el desarrollo de flores con pérdida de los pigmentos normales, esterilidad, retraso general en el crecimiento, clorosis, necrosis, hojas pequeñas, entre otras (Lee *et al.*, 2000; Bos, 1957 citados por Wang y Valkonen 2007). Person *et al.*, 1984, citados por este mismo

autor establecen que en el cultivo del camote se pueden generar pérdidas del rendimiento de hasta un 50% por efecto de los fitoplasmas.

La utilización de material de propagación libre de este tipo de enfermedades es de suma importancia sobre todo en aquellos cultivos que se reproducen de manera vegetativa ya que el material infectado puede transmitir la enfermedad (Wang y Valkonen 2007).

2.8.4 Problemas Virales

Las enfermedades virales son uno de los principales inconvenientes que presenta el productor de camote ya que se refleja en una disminución del rendimiento, a veces hasta de un 80%, y en la calidad de las raíces (Loebenstein *et al.*, 2004; Clark y Moyer 1998, citados por Valverde *et al.*, 2007). La transmisión se puede dar por la utilización de material de propagación contaminado, como los esquejes, así como por la transmisión por vectores como los áfidos o mosca blanca (Gutiérrez *et al.*, 2002).

Se han identificado aproximadamente 20 virus que afectan el cultivo del camote alrededor del mundo dentro de los cuales se pueden mencionar el virus del moteado plumoso de la batata (SPFMV), el virus del enanismo clorótico del camote (SPCSV), virus G del camote (SPVG), el virus del moteado suave del camote (SPMMV), virus de la mancha clorótica del camote (SPCFV), virus latente del camote (SPLV), virus del mosaico del pepino (CMV) entre otros (Fuglie 2007 citado por Tesfaye *et al.*, 2011).

Varios son los síntomas que se pueden presentar en una planta infectada por virus los cuales varían de acuerdo al tipo de virus. El estudio realizado por Valverde y Moreira (2004) demostró que los principales síntomas encontrados en el 90 % de las plantaciones de camote a nivel nacional son clorosis, enanismo y moteados cloróticos provocados por el virus del moteado plumoso del camote

(SPFMV), virus del enanismo clorótico del camote (SPCSV) y virus del enrollamiento de la hoja del camote (SPLCV) (Cuadro 3).

Cuadro 3.Algunos de los virus que afectan el cultivo de camote

Virus	Nombre	Trasmisión	Síntomas
SPFMV	Virus del moteado plumoso	Áfidos	Patrón clorótico irregular asociado con la nervadura central de las hoja viejas principalmente . Manchas cloróticas
SPVMV	Virus del mosaico de las nervaduras	Áfidos	Clorosis generalizada con mosaico difuso en áreas intervenales. Enanismo
SPMMV	Virus del moteado suave del camote	Mosca blanca	Moteado, enanismo
SPYDM	Virus del enanismo amarillo del camote	Mosca blanca y mecánica	Moteado, enanismo y clorosis
SPLCV	Virus del enrollamiento de la hoja del camote	Mosca blanca	Enrollamiento de las hojas y borde arrugado
SPCFV	Virus de la mancha clorotica del camote	Mosca blanca e injertos	Enanismo, distorción de las hojas, aclaramiento de las nervaduras y mosaico clorótico.
SPCSV	Virus del enanismo clorótico del camote	Mosca blanca	Manchas cloróticas amarillentas en las hojas medias o bajas.

Fuente: Clark y Moyer (1991)

Según Loebenstein y Thottappilly (2009) y Kreuze (2007) los problemas más severos se presentan por SPCSV, el cual es transmitido por mosca blanca (Kreuze *et al.*, 2000; Abad y Moyer 1992; Moyer y Salazar 1989, citados por Valverde y Moreira 2004), y puede reducir los rendimientos hasta en un 40%.

Los primeros mencionan que el problema se da cuando este virus rompe la resistencia natural de la planta y permite la entrada de otros virus. La principal enfermedad generada por esta causa se denomina enfermedad viral del camote

(SPVD), la cual se produce por una coinfección entre SPCSV y SPFMV, y puede provocar disminución del rendimiento del 70 al 100%. Los principales síntomas de esta infección según Gutiérrez *et al.* (2002) y Gibson *et al.*, (1998), son el mosaico clorótico en la hoja así como la reducción y deformación de la misma, además del retraso en el crecimiento.

2.9 Técnicas para limpieza viral

Según Tairo *et al.*, 2005 citados por Mervat y Ashoub (2009), aunque el cultivo de camote presente tantas bondades, la producción a nivel mundial se ve limitada por la incidencia viral, por lo cual se deben utilizar ciertas alternativas, con el fin de disminuir el impacto en la producción. Algunas de estas técnicas, mencionadas por Roca y Mroginski (1991), son la resistencia varietal, cultivo *in vitro* y la utilización de técnicas de injertación *in vivo*.

2.9.1 Resistencia varietal

Clark y Moyer (1991) citados por Valverde *et al.*, (2007), mencionan que la resistencia es una de las alternativas viables para disminuir la incidencia de virus sobre la plantación ya que, entre otras cosas, representa un gasto menos elevado para el productor. Generalmente descartan plantas que son sensibles ante la presión viral en cierta zona y se enfocan en aquellas que presentan cierta resistencia (signos leves) y que además mantuvieron rendimientos elevados. Sin embargo, según Valverde *et al.*, (2007), el inicio de estudios sobre esta alternativa es sumamente reciente, por lo que se encuentran pocos registros documentados. Por ejemplo menciona que los pocos estudios, que se han realizado, han sido para disminuir la incidencia de SPFMV, por la característica particular del virus de encontrarse distribuido en muchas zonas del planeta. Variedades peruanas que presentaron cierto grado de resistencia en su país de origen, resultaron ser

susceptibles en el este de África. (Mwanga *et al.*, 2002; Gibson *et al.*, 1998; Karyeija *et al.*, 1998b; Mwanga *et al.*, 1991, citados por Valverde *et al.*, 2007).

El inconveniente de esta técnica es que puede tardar muchos años para identificar una variedad que sea realmente resistente. Las técnicas utilizadas conllevan largos periodos de tiempo, por lo que puede tardar varios años para incorporar el grado de resistencia en una variedad deseada. Hasta la fecha se ha identificado pocas fuentes de resistencia en el germoplasma de la planta de camote es por esto que esta técnica no se observa con un futuro muy prometedor (Clark *et al.*, 2003).

2.9.2 Cultivo *in vitro*

El camote se propaga vegetativamente lo que favorece la transmisión de enfermedades causadas por hongos, bacterias, levaduras y virus, los cuales afectan el crecimiento y la producción. Para la eliminación de estos patógenos, se utiliza la técnica de cultivo *in vitro* de meristemos (Roca y Mroginski 1991).

Las plantas cuando van a ser introducidas a un medio de cultivo *in vitro* deben ser previamente seleccionadas por sus características agronómicas, posteriormente éstas deben ser desinfectadas para evitar contaminar el medio de cultivo y provocar la muerte de la planta (Hudson y Kester 1989).

Para la selección del explante a utilizar se debe definir el objetivo del trabajo, si es la producción de plantas libres de virus, el tejido a utilizar sería el meristemo (Hudson y Kester 1989).

2.9.2.1 Cultivo de meristemos

El cultivo de meristemos es una técnica que se utilizó por primera vez hace más de 70 años (Morel y Martin 1960 citados por Doods *et al.*, s. f.) debido a que

los tejidos meristemáticos muchas veces se encuentran libres de virus, ya que se encuentran aislados de los conductos vasculares de la planta, siendo esta la principal vía de translocación de los virus. Debido a ello es posible generar una planta no infectada mediante el método de cultivo de meristemos *in vitro* (Panta y Golmirzaie 2001).

Lizárraga *et al.*, (1990), establecen que el aislamiento de la zona meristemática en condiciones asépticas y su cultivo en un medio nutritivo, favorece el desarrollo de plántulas de una manera similar a la que realizaría la planta.

El cultivo de meristemos ha sido utilizado con diferentes objetivos, entre ellos la rápida clonación de material deseable (micro propagación), conservación de germoplasma a bajas temperaturas o crio conservación y para la obtención de plantas libres de virus (Conci s.f.).

Mervat y Ashoub (2009) en su estudio realizado sobre la utilidad de la termoterapia y las puntas meristemáticas sobre la infección viral en el camote, determinaron que de 65 plantas utilizadas infectadas con el virus SPFMV, 62 resultaron libres del virus.

Estos resultados según lo expresado por Conci (s. f.) fueron no solo el resultado de la termoterapia, sino también de las técnicas utilizadas para la desinfección del material, factores como el medio de cultivo, el estado fisiológico del explante, la concentración de hormonas endógenas del explante, las contaminaciones internas o externas durante el proceso así como el tamaño y la localización del mismo, entre otros factores que pueden dañar el material si no son tomados en cuenta.

Un estudio realizado por Oliveira *et al.*, (1991) en cinco variedades propagadas convencionalmente y por medio de cultivo de meristemos,

determinaron que las plantas propagadas llegaron a obtener rendimientos superiores de hasta un 47%, específicamente en el cultivar “Estrada de Ferro”. Por su parte el cultivar “Jacaré” multiplicado *in vitro* presentó un 33% más de raíces comerciales que el mismo cultivar propagado convencionalmente.

En Estados Unidos esta técnica es ampliamente utilizada y es una herramienta indispensable para la producción de material de siembra de alta calidad y libre de virus con el único fin de beneficiar al productor nacional (Clark y Hoy 2006).

Sin embargo existen resultados donde la utilización de material libre de virus no ha significado en un mejor rendimiento. Un estudio realizado por Sulbarán *et al.*, (2008) en donde se compararon dos cultivares de camote mediante dos tipos de propagación, esquejes obtenidos en campo y plántulas provenientes de material *in vitro*, se obtuvieron diferencias en la variable peso de raíz para el tipo de propagación por esquejes del cultivar Topera, a los 60 y 120 días, de 60,78 y 263,9 g/planta. Igualmente el contenido de materia seca fue superior en el uso de esquejes ya que se obtuvo un 19,12% en comparación con las plántulas que fue tan solo de 13,10%.

Over de Linden y Elliot (1987) citados por Roca y Mroginski (1991) determinaron en una comparación entre el cultivo de meristemas y cultivo de puntas de brotes, que la eliminación de síntomas incidencia viral se dio en el tratamiento que utilizó puntas de brotes cuyos explantes fueron tratados con la máxima exposición de temperatura según los rangos utilizados.

Un estudio realizado por Zúñiga (2009) donde evaluó dos variedades de camote (criollo y exportación) y dos métodos de propagación (convencional e *in vitro*) utilizando la parte media o apical del esqueje, se determinó que para la variable peso fresco de la parte aérea fue significativamente mayor en el material

criollo con método de propagación convencional, mientras que para el material de exportación no hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en la Finca La Esmeralda perteneciente al Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en la localidad de Santa Clara en el distrito de Florencia, perteneciente al Cantón de San Carlos y a la provincia de Alajuela. La misma se encuentra a 10° 22' 48'' Latitud Norte y 84° 31' 36'' Longitud oeste y está a una altura de 200 m. s. n. m.

Las condiciones climatológicas que predominan en este lugar son de 30°C de temperatura máxima promedio y 21°C la mínima; la temperatura promedio oscila los 25°C. Presenta además una precipitación promedio anual de 3300 mm y una humedad relativa promedio de 84%.

3.2 Manejo del ensayo

El ensayo se desarrolló en dos etapas, la primera consistió en la obtención de los esquejes tanto del material *in vitro* como del material convencional. Para el caso de las plantas *in vitro* estas fueron aclimatadas y posteriormente sembradas en un invernadero para desarrollar las plantas madres, de las cuales se obtuvieron los esquejes. La segunda etapa fue la siembra de los dos materiales en el campo.

3.3 Material de siembra

Para el material de siembra procedente del agricultor o convencional se utilizaron esquejes apicales de 0,25 m de largo y con un diámetro aproximado de 5 mm. Para el caso los esquejes obtenidos del material *in vitro* no fue posible alcanzar esta dimensión de grosor deseada, ya que el material luego de mas de tres meses de desarrollo en invernadero alcanzó un grosor promedio de 3,84 mm.

3.3.1 Esquejes procedentes de plantas *in vitro*

Para la producción de estos esquejes, se extrajeron meristemas con uno o dos primordios foliares, los cuales se establecieron en un medio Murashige y Skoog (1962). Posteriormente se utilizó la metodología desarrollada por Salas (2009). Para la confirmación de que el material se encontraba libre de virus luego de ser cultivado *in vitro*, el mismo fue indexado, utilizando el protocolo NCM - ELISA (CIPs.f)¹.

3.3.1.1 Aclimatización

Una vez listo el material *in vitro*, fue trasladado a túneles del área de aclimatización del Laboratorio Biotecnología de Plantas por un período de 45 días hasta lograr el endurecimiento adecuado del tallo. Las vitro plantas fueron colocadas en un sustrato de suelo y fibra de coco (en relación 1:1) en bandejas de estereofón de 200 huecos. (Figura 1).

El manejo agronómico consistió en riegos diarios de 30 segundos cada dos horas, esto durante las primeras dos semanas. A partir de la tercera semana el tiempo de riego aumentó a un minuto con el mismo lapso de tiempo entre riegos.

Se realizaron además aplicaciones semanales de Bayfolan® (2 ml/L) y una sola aplicación de Benomil (Benlate ® 2 g/L) y Deltametrina (Decis ® 2,3 ml/L al momento de la siembra.

¹ CIP (Centro Internacional de la Papa), s.f. NCM –Elisa Kit: Forsweetpotato virus detection.



Figura 1. Vitro plantas en túneles de aclimatización en el invernadero del Laboratorio de Biotecnología de Plantas Tropicales del Instituto Tecnológico de Costa Rica sede San Carlos. 2011.

3.3.1.2 Producción de plantas madre en invernadero

Transcurrido el período de aclimatación, el material fue trasplantado al invernadero cerrado con malla antiáfidos, donde se acondicionaron camas con suelo, previamente desinfectado con TCMTB (Butrol®) y Foxim (Volaton®) como sustrato

Las plantas fueron sembradas a 0,15 m entre hilera y 0,15 m entre planta, dando 0,10 m de distancia entre la primer hilera y el borde de la cama, con lo cual se obtuvo un total de 240 plantas por cama (Figura 2).

El manejo de riego se dio a un minuto cada hora programados por medio de un timer iniciando con el primero a las 7 de la mañana y concluyendo a las 3 de la tarde. Para la fertilización se realizaron aplicaciones semanales vía foliar de Bayfolan ® (2 ml/L).



Figura 2. Siembra (A), crecimiento (B), selección (C) y traslado (D) del material desarrollado a partir de plantas obtenidas *in vitro*, en el invernadero del Instituto Tecnológico de Costa Rica sede San Carlos, 2012.

3.3.2 Esquejes procedentes de material de campo

Los esquejes del material de campo fueron obtenidos de una parcela establecida en Finca La Esmeralda, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, destinada para la extracción de la semilla necesaria para realizar este ensayo y con cinco meses de desarrollo.

3.4 Siembra del material en el campo

La siembra se realizó el mismo día en que fueron obtenidos los esquejes. La distancia entre plantas fue de 0,25m a doble fila por surco, mientras que la de las hileras fue de 1,5 m (52.800 esquejes por hectárea) teniendo así 100 plantas por repetición.

Para realizar la siembra directa, se hizo una abertura en el suelo, de manera tal que facilitara la colocación del esqueje de la forma más horizontal posible esto para exponer la mayor cantidad de yemas al contacto con el suelo.

Además de realizar la siembra tradicional, se utilizó el método de siembra tipo túnel, para evaluar los esquejes de propagación *in vitro* utilizando malla antiáfidos. La altura del túnel fue de 1m y abarcó las tres camas establecidas por parcela (Figura 3).



Figura 3. Distribución de los tratamientos en el campo (A) y muestra del tratamiento cubierto con malla antiáfidos (B). Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.

3.5 Manejo del cultivo

El manejo agronómico que se le dio al material una vez trasplantado al campo y durante todo el ciclo del cultivo se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Manejo agronómico de camote durante la etapa de ensayo en campo. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.

Época de aplicación	Producto	Dosis
Siembra	Carbofuran (Furadan ®)	2g/esqueje
15 dds	Amino Ca ®	1L/ha
	Bayfolan ®	1,5L/ha
21 dds	10-30-10	200 Kg/ha
35 dds	Amino Ca ®	1 L/ha
	Bayfolan ®	1,5L/ha
	Extracto de semilla de cítricos (Kilol ®)	1 L/ha
42 dds	15-3-31	200 Kg/ha
49 dds	Amino Ca ®	1,5 L/ha
	Flocoumafen(Storm ®)	1 Kg/ha
70 dds	K -fol ®	2 Kg/ha
	Dimetoato + Cipermetrina (Tigre ®)	1L/ha
	Amino Ca ®	1,5L/ha

Además de las labores descritas anteriormente, se realizó un control de malezas previo a la siembra con el herbicida de control pre emergente

Pendimetalina (Prowl ® 1,5 L/ha) y Paraquat (Gramoxone ® 2 L/ha) para el control pos emergente de malezas.

3.5.1 Tratamientos a evaluar

Los tratamientos que fueron evaluados a nivel de campo son los descritos a continuación:

1. Tratamiento 1: correspondió a los esquejes obtenidos del material convencional derivadas de plantas que se encontraban en el campo
2. Tratamiento 2: esquejes obtenidos de plantas derivadas de cultivo *in vitro* de meristemas de camote.
3. Tratamiento 3: fueron los esquejes obtenidos de plantas derivadas de cultivo *in vitro* de meristemas de camote y cubiertas con malla antiáfidos a nivel de campo.

3.5.2 Variables de respuesta

3.5.2.1 Variables de crecimiento

- Peso fresco.

Se obtuvo el peso fresco de la parte aérea (hojas, tallos, flor) y de las raíces (verdaderas y de almacenamiento), para lo cual se utilizó una balanza granataria generando los datos el mismo día de la obtención de la muestra.

- Peso seco.

Se determinó el peso seco de la parte aérea (hojas, tallos, flor) y de las raíces (verdaderas y de almacenamiento). El material fue envuelto en papel periódico y puesto en la estufa durante 48 horas a 60° C y posteriormente fue pesado en una balanza granataria.

3.5.2.2 Variables de rendimiento

- Raíces tuberosas

Se obtuvieron 50 plantas por tratamiento al final del ciclo de cultivo para evaluar el número y peso total de raíces tuberosas, además se hizo la clasificación de acuerdo al tipo de mercado destino ya fuese para comercializar a nivel de mercado local o para ser procesadas para exportación, en raíces comerciales y de rechazo.

3.5.3 Otras variables

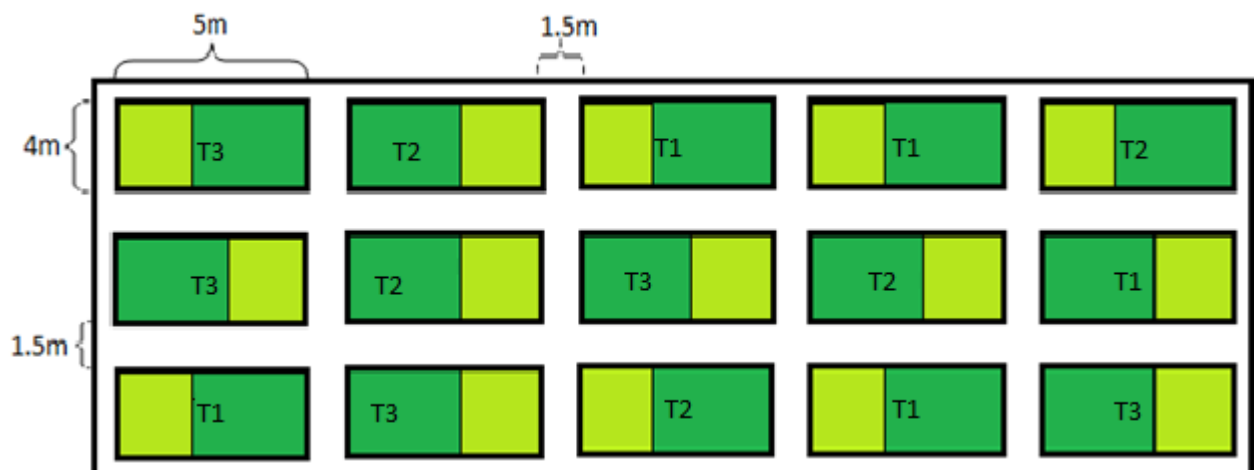
- Incidencia viral

Para la determinación de la incidencia viral, se realizaron dos evaluaciones, una al momento de la siembra del material *in vitro* en las camas del invernadero y otra al final del ciclo de cultivo (120 días aproximadamente) para todos los tratamientos. Esta medición fue llevada a cabo por medio de la técnica de NCM-ELISA, desarrollada por el CIP (Centro Internacional de la Papa), la cual se efectuó en el Laboratorio de Biotecnología de Plantas Tropicales del Tecnológico de Costa Rica. Para este análisis se seleccionó un tallo al azar, el cual fue dividido en tres secciones, basal media y apical, de donde se tomó una muestra de tejido de 1 cm de diámetro.

3.5.1 Descripción del área experimental

El tamaño de cada parcela fue de 4m de ancho y 5 m de largo lo que generó un área de 20 m². Al ser tres tratamientos con cinco repeticiones, se abarcaron 300 m² para el establecimiento de las mismas, y 390 m² para definir el área experimental total incluyendo el distanciamiento entre cada repetición de 1,5 m.

El área experimental constó de un total de 15 parcelas, las cuales estaban divididas en dos, para evaluar las variables de crecimiento en una parte y las variables de rendimiento en otra (Figura 4).



Donde:

- = Área de la parcela dedica al estudio de las variables de crecimiento
- = Área de la parcela dedicada al estudio de las variables de rendimiento.

Figura 4. Descripción del área experimental y distribución de los tratamientos.
Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

La sección de parcela destinada a la evaluación de rendimiento fue un área de 8 m², menor que la destinada para evaluar crecimiento que fue de 12 m², debido a que había limitada disponibilidad de semilla y por el hecho de que, para esta variable, fue necesario únicamente un muestreo al final del ciclo de cultivo. La ubicación de esta área de muestreo se definió aleatoriamente (Figura 5).

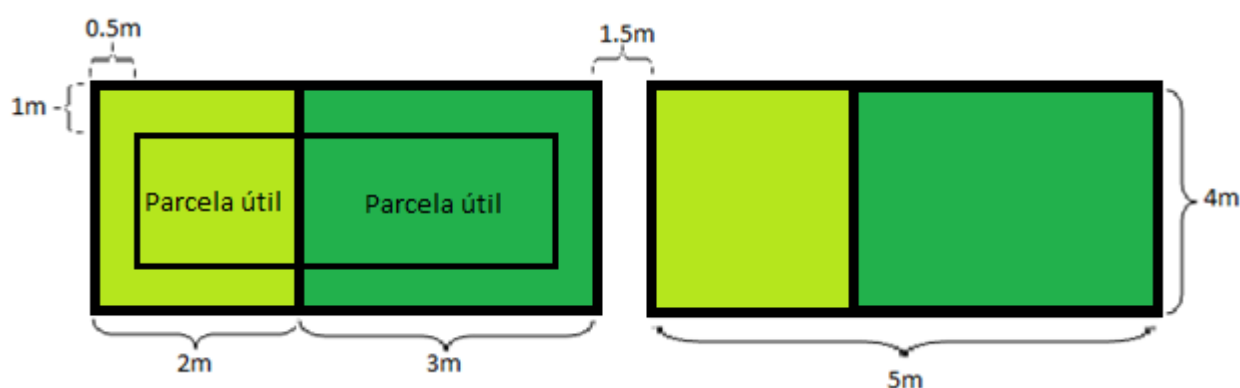


Figura 5. Descripción de la parcela útil para la evaluación de crecimiento vegetativo y rendimiento comercial. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

3.5.1 Muestreos

Los muestreos se realizaron cada 15 días, para las evaluaciones de las variables de crecimiento. La evaluación del rendimiento en cuanto al número de raíces comerciales se llevó a cabo hasta el final del ciclo de cultivo en el área de la parcela destinada para tal efecto.

Para las variables de crecimiento, se seleccionaron dos plantas al azar por parcela de un total de 27 plantas que componían la parcela útil; por lo cual se obtuvieron 10 plantas por tratamiento por muestreo.

Para evaluar el rendimiento se seleccionaron 10 plantas por repetición, para completar un total de 50 plantas por tratamiento. La parcela útil del área destinada para el rendimiento contaba con 21 plantas en total.

3.6 Análisis de datos

Por medio de la prueba de bondad de ajuste (Kolmogorov) se comprobó la normalidad de los datos como prueba a priori. Para el análisis de las variables de respuesta se recurrió a la estadística descriptiva. Los promedios de los tratamientos fueron evaluados mediante un análisis de varianza (ANDEVA). Como el análisis demostró diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se realizó una prueba de medias Tukey ($\alpha=0,05$).

3.6.1 Diseño experimental

El diseño utilizado fue completamente al azar con muestreo de tres tratamientos (Convencional, *in vitro* y malla) y cinco repeticiones, para un total de 15 unidades experimentales.

3.6.2 Modelo experimental

Para este diseño experimental se estableció el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ij} + \gamma_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Observación (Cada subparcela)

μ = Media general

T_i = Efecto del i – ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

γ_{ijk} = Error muestral

3.6.3 Fuentes de variación

Las fuentes de variación utilizadas para la interpretación del ANDEVA se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Fuentes de variación y grados de libertad del error

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamientos	2
Error	12
Error Muestral	15
Total	29

4 ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Crecimiento Vegetativo

Según Lallana y Lallana (2004), el crecimiento vegetativo está definido por el incremento irreversible de volumen de una célula, tejido, órgano o individuo generalmente acompañado de un aumento de masa. Su análisis es una herramienta utilizada en áreas como el fitomejoramiento, la fisiología de los cultivos y en la ecología de las plantas (Poorter y Garnier 1996 citados por Criollo y García 2009).

La importancia del crecimiento vegetativo radica en que por medio de su análisis se puede tener un estimado sobre el comportamiento productivo de las plantas, además permite cuantificar la duración del ciclo del cultivo, definición de estados fenológicos y estados de desarrollo así como la distribución de los asimilados en los diferentes órganos. Se puede además, manejar aspectos productivos como la fertilización, riego, prácticas sanitarias, podas, orientación del cultivo y densidad de siembra, entre otros (Azofeifa y Moreira 2004 citados Criollo y García 2009).

El crecimiento vegetativo se puede expresar mediante el aumento de volumen, de peso húmedo o de peso seco, o variaciones de longitud o diámetro, en caso de que se tratase del tronco de un árbol o un fruto. Pero la variable más utilizada es la de peso seco, ya que éste parámetro elimina la presencia de agua, factor que puede dar un valor aparente, y con el inconveniente de que es un método destructivo del tejido u órgano, por lo que al realizar una medición a través del tiempo se deben realizar sobre plantas diferentes (Azofeifa y Moreira 2004 citados por Criollo y García 2009).

4.1.1 Peso seco de hoja

La Figura 6 presenta la curva de peso seco o biomasa de la hoja durante el ciclo del cultivo (105 días). En ambos casos, la curva presenta la misma tendencia, la cual consiste en un crecimiento exponencial que va de los 0 a los 30 (dds). Posteriormente, mantuvieron una tendencia lineal y a los 60 dds ambos tratamientos alcanzan el máximo peso seco foliar, luego ésta tiende a descender. Durante los primeros 30 días los datos son muy similares en ambos tratamientos; sin embargo, a partir de los 45 dds se observa un mayor peso seco de biomasa foliar en plantas provenientes de esquejes de plantas *in vitro* versus plantas provenientes de esquejes de material que fue sembrado previamente en el campo o convencional (28,57 g, y 23,56 g respectivamente).

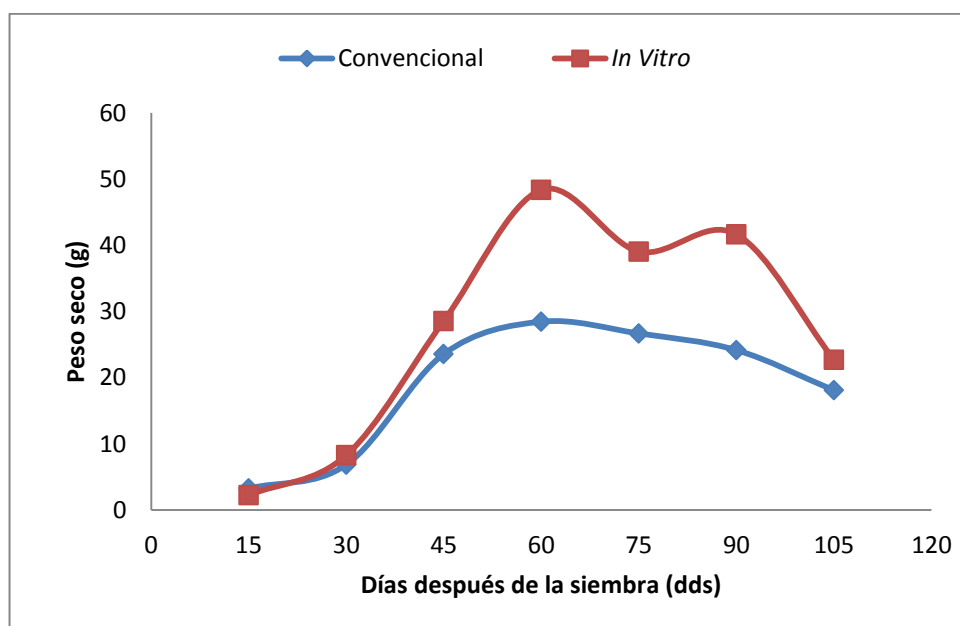


Figura 6. Peso seco de hoja de plantas de camote obtenidos de semilla convencional e *in vitro*. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

A los 60 dds se alcanzó la mayor acumulación de biomasa foliar en ambos tratamientos (48,37 g para el material *in vitro* y 28,45 g el convencional).

Es importante mencionar que aunque la mayor tasa de crecimiento para ambos materiales se dio entre los 30 y 45 dds, es a los 60 dds donde el primero obtiene una mayor diferencia de peso seco de hoja con respecto al segundo (19,9g). Este resultado se debe a que las plantas provenientes de material *in vitro* obtuvieron una ganancia de peso seco de 1,32 g/día durante el periodo de 45 a 60 dds, el cual es superior a las plantas provenientes de esquejes convencionales (de 0,32 g/día)(Figura 7).

Para los siguientes muestreos, la diferencia de peso seco de hoja entre los materiales se mantuvo. Sin embargo, a partir de los 60 dds, la curva mostró un descenso en la acumulación de biomasa foliar, el material *in vitro* presentó una mayor pérdida de peso por día con respecto al material convencional, ya que, como se muestra en la Figura 7, entre los 60 a 75 dds y los 90 a 105 dds la biomasa foliar del material *in vitro* fue de -0,62 y -1,26 g/día respectivamente mientras que el material convencional decreció -0,12 y -0,40 g/día.

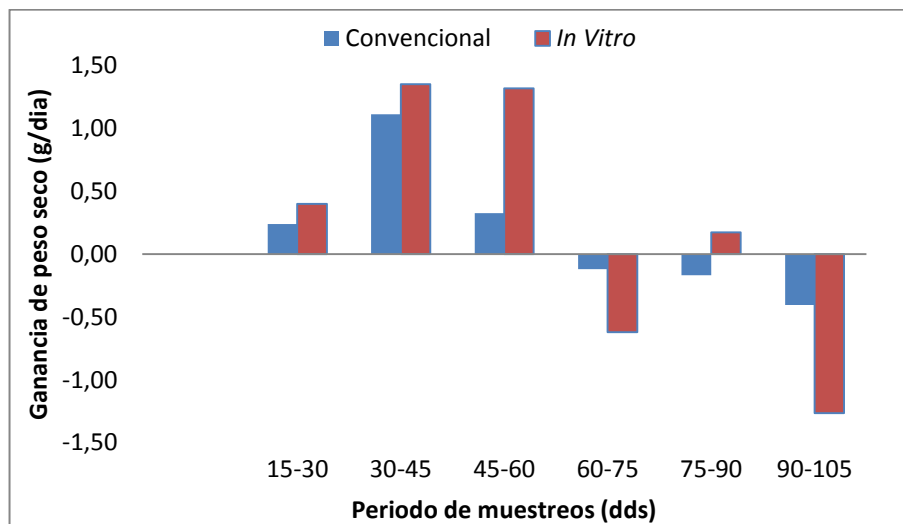


Figura 7. Tasa de crecimiento de peso seco de hoja (g/día) del material de camote *in vitro* y Convencional a partir de los 15 dds. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

Se logró determinar que las diferencias de peso entre ambos materiales a los 30, 45 y 105 dds no fue estadísticamente significativa al obtener un $p\text{-valor} \geq 0,05$ y con un grado de significancia del 95%. Sin embargo, para los 15, 60, 75 y 90 dds la diferencia entre los tratamientos si fue estadísticamente significativa al obtener un $p\text{-valor} \leq 0,05$ (Cuadro A1).

Estas diferencias de crecimiento entre tratamientos pueden haber sido causadas por las variables ambientales. Las figuras A1 y A2 muestran las variaciones de temperatura y humedad durante el período en que se llevó a cabo la investigación. Los datos de temperatura muestran un comportamiento dentro de los rangos de crecimiento normal para el cultivo esto porque según Lardizabal (2007); Sierra *et al.*, (2005) y Folquer (1978) el cultivo del camote necesita temperaturas que oscilen entre los 20°C y 30°C durante la época de desarrollo para alcanzar un óptimo rendimiento.

Los datos de precipitación muestran que durante el primer mes de desarrollo del cultivo, la variación de la misma tuvo una tendencia a disminuir. En este período la planta se encontraba en proceso de desarrollo; siendo el material *in vitro*, quien tuvo una tasa de crecimiento mayor que el material convencional, acumulando por ende mayor cantidad de biomasa foliar y de manera más rápida. Para el mes siguiente, este material produjo la mayor cantidad de biomasa foliar, coincidiendo con la menor disponibilidad de agua durante todo el ensayo. Esta condición pudo haber provocado mayor estrés en el material, ya que al poseer más cantidad de hojas, posiblemente su tasa de transpiración aumentó y por ende, la demanda hídrica también. Taiz y Zenger (2002), mencionan que el crecimiento acelerado de las plantas, principalmente de sus hojas, puede afectar negativamente su disponibilidad de agua, por lo que la planta ha desarrollado mecanismos de defensa para evitar condiciones de estrés cuando la disponibilidad de este recurso se encuentre limitada.

Uno de estos mecanismos consiste en la caída de las hojas, esto con el fin de disminuir la pérdida de agua por transpiración. Sin embargo, este comportamiento se da en períodos de días o semanas, como menciona este mismo autor, condición que podría explicar el comportamiento de la biomasa foliar mostrado en la Figura 6 en donde a partir de los 60 dds se inició un descenso en la curva, consecuencia quizás de esa pérdida de humedad del suelo. A los 75 dds, se produjo un repunte en la acumulación de biomasa de las plantas provenientes de esquejes *in vitro*, motivado posiblemente por el aumento de la precipitación en los días previos (Figura A2). Para los siguientes muestreos continuó la disminución en el peso seco de las hojas, esto justificado por el período natural de senescencia de toda planta.

Otra de las variables que pudo haber influido en los resultados obtenidos fue error experimental, expresado en el método de muestreo, ya que al ser

destrutivo y extraer la planta de la parcela, se pudo generar una competencia no uniforme, al permitirle a ciertas plantas obtener mayor radiación que otras, provocando así, un posible mayor crecimiento y desarrollo con respecto a las demás. Rodríguez y Leihner (2006) establecieron que, a pesar de que este método destructivo es simple por la técnica y equipo utilizado, demanda una gran cantidad de trabajo y una de sus mayores desventajas es la utilización de pocas y diferentes plantas en cada fecha de muestreo con lo cual no se corrige la representatividad de la muestra.

4.1.2 Peso seco de tallo

La Figura 8 muestra la curva de crecimiento de peso seco del tallo durante los 105 días de ciclo de cultivo del camote para este ensayo. La curva presentó una tendencia lineal para ambos materiales, los cuales durante los primeros 45 dds presentaron un crecimiento similar. A partir de este momento comenzó a generarse una diferencia de peso seco a favor del material *in vitro*, comportamiento de superioridad que se mantuvo hasta el último muestreo (105 dds).

La mayor diferencia entre ambos materiales, al igual que sucedió con el peso seco de la hoja, se presentó a los 60 y 90 dds. A los 60 dds el material convencional obtuvo un peso de 23,11 g mientras que el material *in vitro* alcanzó un peso de 45,26 g. Esto representó una pérdida de un 95,8% en el peso seco del tallo al comparar ambos materiales. A los 90 dds se observa el mismo comportamiento, donde el material convencional presentó una menor acumulación de biomasa, con respecto al material *in vitro* (38,20 g y 63,49 g respectivamente), dándose una diferencia a favor del material *in vitro* de un 66.20%.

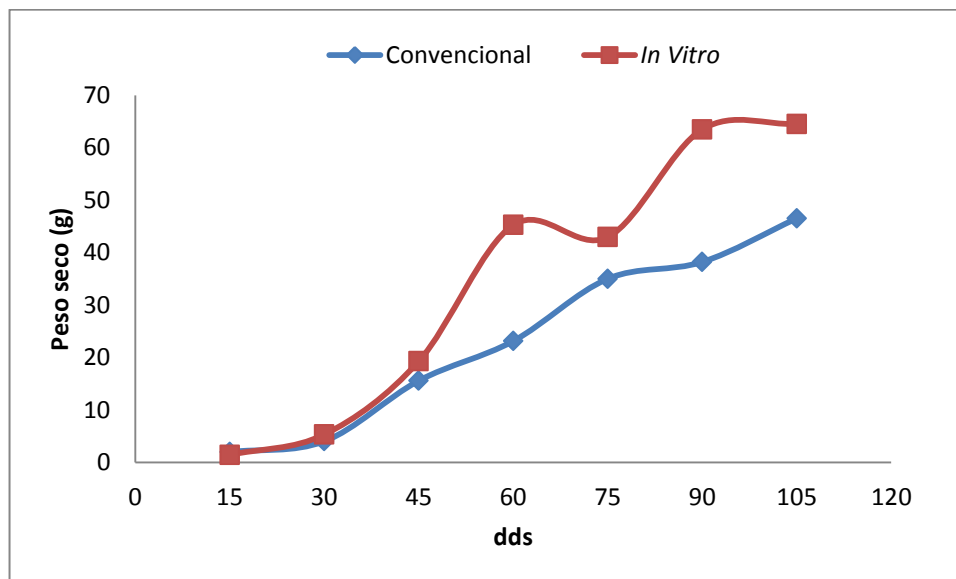


Figura 8. Peso seco tallo de plantas de camote obtenidos de semilla convencional e *in vitro*. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

El ANOVA estableció que durante los primeros 15 días de desarrollo, el tratamiento convencional fue el que presentó mayor peso seco de tallo (1,69 g), esto posiblemente explicado por la diferencia de grosor de tallos que se generó durante el período de siembra ya que, como se muestra en el Cuadro A12, el grosor del esqueje del material convencional (5,18 mm) casi duplicó al material *in vitro* (3,85 mm). Sin embargo para el siguiente muestreo a los 30 días se nota ya una diferencia estadísticamente significativa de 1,29 g en favor del material *in vitro*.

A los 60 y 90 dds, la diferencia es estadísticamente significativa (p-valor $\leq 0,05$) mientras que para los 75 y 105 dds el tratamiento *in vitro* presenta un mayor peso que el convencional, pero esta diferencia no tiene significancia estadística (p-valor $\geq 0,05$) para considerar al primero mas eficiente que el segundo (Cuadro A2).

4.1.3 Peso seco de raíz

El comportamiento del peso seco de la raíz tuberosa de los materiales *in vitro* y convencional, se presenta en la Figura 9. Ésta muestra una tendencia lineal, en donde ambos materiales presentaron un crecimiento similar durante los primeros 45 dds. A partir de este período se observa una mayor producción de materia seca en las raíces de plantas provenientes de esquejes de material *in vitro* que en plantas provenientes de esquejes convencionales, diferencia que se mantuvo durante todos los demás muestreos, logrando alcanzar a los 105 dds, un peso seco total de raíz tuberosa de 175,66 g mientras que el material convencional acumuló 116,47g. Esto representa un incremento en el peso seco de raíz de 50% a favor del material *in vitro*.

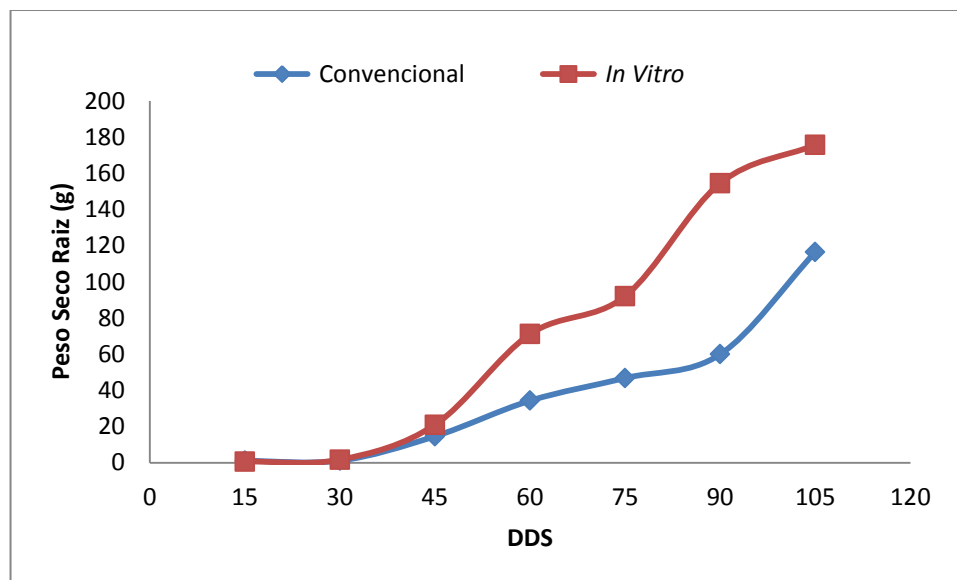


Figura 9. Peso seco de raíces tuberosas de plantas de camote obtenidas de semilla convencional e *in vitro*. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

La diferencia de crecimiento mostrada entre ambos tratamientos se puede apreciar también por medio de la Figura 10, ya que muestra la tasa de crecimiento diario de peso seco de raíz tuberosa de cada material y en ella se puede observar como, a partir de los 30 días, el material *in vitro* tuvo una mayor ganancia de peso. Entre los 45 y 60 dds este material presentó una ganancia considerable de casi 3,5 g/día y aunque disminuyó durante el siguiente muestreo, entre los 75 y 90 dds volvió a incrementar su acumulación de materia seca por día en 4 g aproximadamente, siendo este, el período de mayor acumulación de peso seco del material durante el ciclo de cultivo.

El material convencional por su parte mantuvo una ganancia de peso diaria muy similar y constante desde los 30 hasta los 90 dds (0,98 g/día aproximadamente), y fue a partir de este momento donde incrementó de manera significativa la acumulación de materia seca en la raíz llegando a obtener 3,7 g de biomasa tuberosa por día.

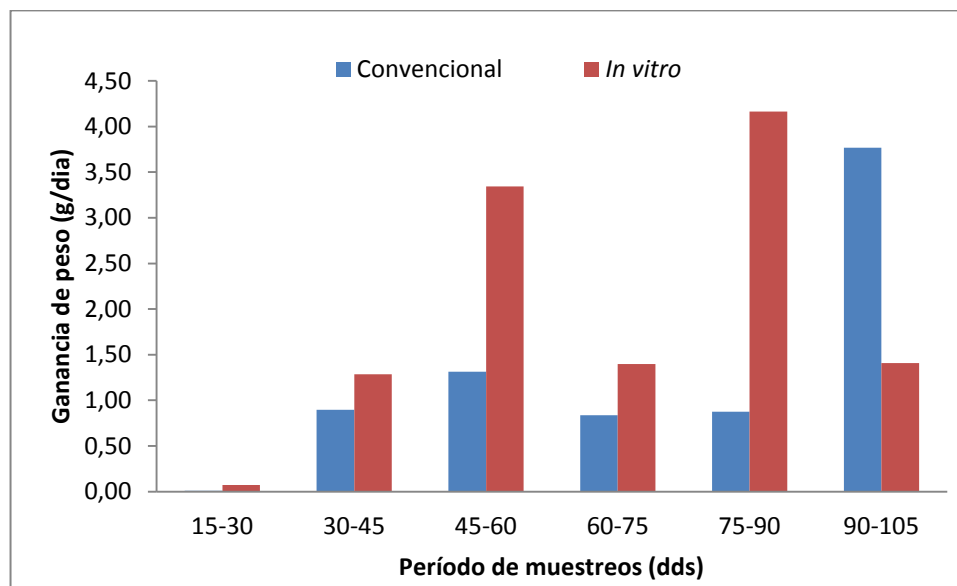


Figura 10. Tasa de crecimiento del peso seco de la raíz tuberosa (g/día) de los materiales de camote *in vitro* y convencional. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

Durante los primeros 30 días de desarrollo de raíz no existieron diferencias de peso seco que fuesen significativas entre los materiales evaluados ($p\text{-valor} \geq 0,05$). Sin embargo, a partir de los 45 hasta los 105 dds, el peso seco de las raíces del material *in vitro* si fue significativamente superior a las del material convencional ($p\text{-valor} \leq 0,05$).

El proceso de la fotosíntesis, según Taiz y Zeiger (2002); Gliessman 2002; Salisbury y Ross (2000); Guardiola y Garcia (1990), es el mecanismo por el cual las plantas mediante sus hojas capturan la energía solar transformándola en energía química mediante la oxidación de los azúcares. Es por medio de la anatomía y los movimientos de los cloroplastos y las hojas, que estas controlan el aprovechamiento de la luz durante la fotosíntesis. Entre mayor sea la cantidad de hojas en la estructura de una planta mayor es la oportunidad que tiene de absorber CO_2 del ambiente, así como de movilizar el agua del suelo por el flujo generado por el proceso de transpiración a través de la apertura estomática. Estos factores, sumados a la captura de luz solar, provocan la producción de fotosintatos los cuales se componen principalmente de glucosa la cual es la fuente energética requerida por la planta para su crecimiento y su metabolismo.

Es por esto que la mayor producción de biomasa foliar por parte del material *in vitro*, es uno de los factores que podrían explicar los resultados obtenidos en cuanto a producción de biomasa radical, esto por lo mencionado anteriormente sobre la fabricación de asimilados que en su efecto fueron traslocados por la planta para el llenado del tubérculo. De la misma manera el proceso fisiológico de estrés que experimentó este material y la caída de las hojas pudo también haber favorecido el llenado del tubérculo esto porque la planta al momento de perder las hojas, traslocó los foto asimilados hacia las raíces. En la Figura 11 se puede observar el desarrollo tuberoso que presentó el material *in vitro* desde los 15 hasta los 90 dds.



Figura 11. Evolución del crecimiento de la raíz tuberosa del material *in vitro* de camote a los 15 (A), 30 (B), 45 (C), 60 (D), 75 (E), y 90 (F) días después de siembra. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.

4.1.4 Curva de crecimiento del peso seco total

La Figura 12 muestra la curva de crecimiento de peso seco total para el tratamiento convencional e *in vitro* y en ella se puede observar que ambos materiales presentaron una tendencia de crecimiento similar, pero cuantitativamente diferente.

Un estudio realizado por Escobar (1975) en Turrialba, donde se comparó el crecimiento y desarrollo del camote como monocultivo y en asociación, se muestra una tendencia de crecimiento similar a la generada en este ensayo, en donde los primeros días del ciclo del cultivo el material mostró una tendencia cuadrática, seguido de una tendencia lineal. Entre los 60 y 75 dds se observa un

descenso en la curva del crecimiento, la cual pudo haber sido causada por la escasa precipitación o bien por problemas de muestreo.

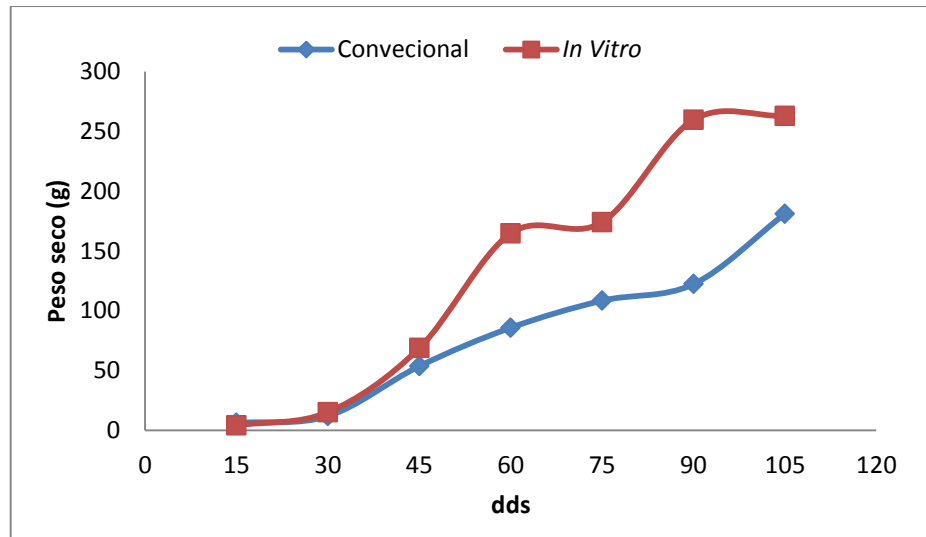


Figura 12. Curva de crecimiento del peso seco total de las plantas de camote obtenidas de material *in vitro* y del material Convencional. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

Es importante destacar también la similitud de la curva con el comportamiento mostrado por la acumulación del peso seco de la raíz de ambos materiales, tendencia que se podría explicar con el hecho de que, como se muestra en las Figuras 13 y 14, a partir de los 30 dds, inició el desarrollo tuberoso en ambos materiales (Figura 11), por lo que el porcentaje de distribución del peso seco de cada variable (hoja, tallo y raíz) con respecto al peso seco total de la planta, comenzó a concentrarse en la raíz, mientras que el porcentaje de distribución del peso seco de la biomasa foliar comenzó a descender a partir del mismo momento que inició el llenado del tubérculo.

Las Figuras 13 y 14 muestran como a los 15 dds el peso seco de las hojas representa más del 50% del peso seco total de la planta en ambos materiales. A partir de los 30 dds se inició la acumulación de materia seca en la zona radical,

por lo que en ambos materiales comenzaron a incrementar el porcentaje de materia seca radical y a descender el de hoja. Esto hizo suponer que la planta a partir de los 30 dds después de siembra concentró la producción de fotoasimilados en el proceso de llenado del tubérculo. Ambas figuras muestran un comportamiento muy similar, y cómo la relación de peso seco del tallo mantiene un comportamiento muy constante a lo largo del ciclo del cultivo manteniendo una proporción de un 30% aproximadamente con respecto al peso seco total de la planta.

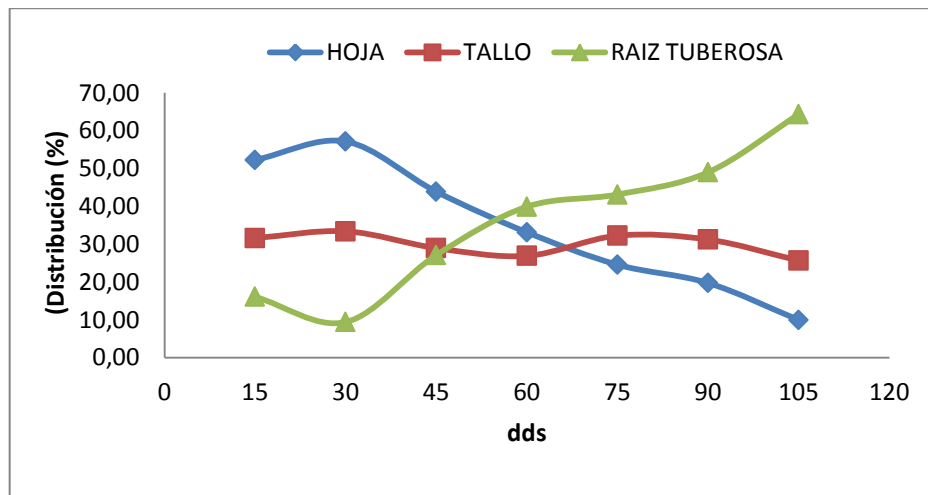


Figura 13. Porcentaje de distribución del peso seco del tallo, hoja y raíz con respecto al peso seco total de las plantas obtenidas del material convencional. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

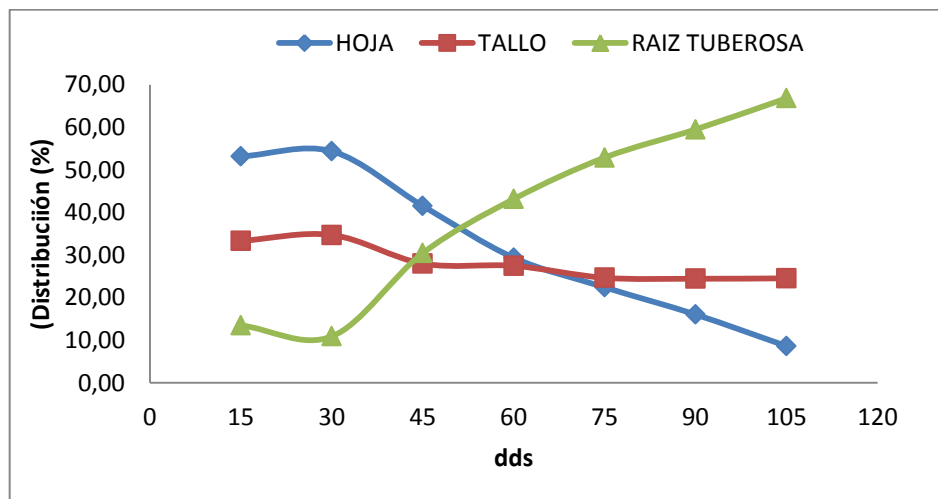


Figura14. Porcentaje de distribución del peso seco del tallo, hoja y raíz con respecto al peso seco total de las plantas obtenidas del material *in vitro*. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

La interpretación de este comportamiento de los materiales se considera de mucha importancia ya que a partir de su análisis se puede tomar una decisión en cuanto al manejo agronómico del cultivo para alcanzar un óptimo rendimiento. Las dos figuras muestran como a partir de los 30 dds la planta inició el llenado del tubérculo, situación que conduciría a la decisión de implementar un programa de fertilización enfocado en el llenado del mismo, es decir fertilizantes a base de potasio y boro.

El potasio desempeña un papel importante en la formación y llenado de los frutos en las plantas. Una de sus funciones es la regulación del potencial osmótico de las células vegetales; también es identificado como activador de ciertas enzimas implicadas en la respiración y la fotosíntesis. La formación de azúcares y almidón es quizás la causa más importante del porque este elemento es utilizado en las etapas fenológicas de llenado del fruto en cualquier cultivo. El

boro por su parte cumple la función del transporte de estos azúcares producidos (Taiz y Zeiger 2002).

De la misma manera, se podría establecer un programa de manejo para el control de plagas y enfermedades que afecten el desarrollo de la raíz de almacenamiento en etapas tempranas, ya que en la mayoría de los casos se maneja un desarrollo a partir de los 60 dds.

4.2 Incidencia Viral

Los resultados obtenidos mediante la prueba NCM-ELISA durante el desarrollo de esta investigación, indicaron que ambos materiales se encontraban libres de los virus SPVG (Virus G del camote), SPFMV (Virus del moteado plumoso), SPMMV (Virus del moteado suave del camote), SPLV (Virus latente del camote), SPMSV (Virus del moteado suave del camote), SPCa-LV (Caulimo virus del camote), C-6 (Virus C-6 del camote), CMV (Virus del mosaico del pepino), SPCFV (Virus de las manchas clorótica del camote), SPCSV (Virus del enanismo clorótico del camote) antes de la siembra y que se mantuvieron así durante el desarrollo de este experimento. Aunque Bryan *et al.*, (1992), mencionan que una de las principales causas de la reducción en los rendimientos del camote se debe a la acumulación de virus, también aducen a las mutaciones como una posible causa, entre otras.

La mutación más frecuente que presenta el cultivo del camote es, según Clark y Moyer (1991), la que afecta el color de la cáscara y de la pulpa de las raíces de almacenamiento, de los vástagos, peciolos o nervaduras y; también afecta la forma de la hoja. Establecen que la incidencia más alta se da en las raíces de almacenamiento, por lo que utilizar este medio como semilla para la producción de plantas podría afectar los rendimientos del cultivo. Cabe mencionar que parte de las plantas madres utilizadas para la obtención de

esquejes de campo en esta investigación se originaron tanto de la propagación por medio de esquejes como de raíces de almacenamiento por lo que no se podría descartar la posibilidad de que este sea uno de los factores influyentes en los resultados obtenidos.

La menor acumulación de materia seca por parte del material convencional con respecto al *in vitro* no pueden ser analizados desde la perspectiva de incidencia viral, sino que se debe tomar en cuenta otros posibles factores influyentes en estos rendimientos, como por ejemplo el efecto de las mutaciones u otros agentes patógenos como fitoplasmas. Al ser el camote un cultivo que se propaga vegetativamente, éste se encuentra propenso a la infección por agentes patogénicos (bacterias, hongos, virus, fitoplasmas, etc.), plagas o bien por degeneración del potencial genético del material de siembra. El conjunto de todos estos factores pudieron haber influido en estos resultados. No obstante, los efectos observados en este trabajo demuestran que el uso de esquejes provenientes de material *in vitro* produce plantas con una mayor biomasa y por ende con un mayor rendimiento. Finalmente, se recomendaría realizar una investigación enfocada en el análisis de estos posibles factores en relación a la disminución del rendimiento del cultivo.

4.3 Efecto de la malla antiáfidos

El material *in vitro* que fue cubierto con malla antiáfidos presentó un pobre desarrollo vegetativo. Varios factores pudieron haber influido para que se dieran estos resultados; entre ellos el desarrollo excesivo de malezas, las cuales generaron un efecto de competencia con el cultivo dificultando así su desarrollo. Previo a la siembra se realizó una aplicación de herbicida quemante Gramoxone ® (Paraquat) junto con un pre emergente Prowl ® (Pendimetalina), pero debido a las labores de traslado de semilla dentro de las parcelas al momento de la siembra y el acto mecánico mismo de la siembra del material, se

rompió el sello del pre emergente en el suelo, permitiendo así una rápida germinación y desarrollo de las malezas (Figura 15).



Figura15. Desarrollo de malezas sobre las parcelas del tratamiento *in vitro* cubierto con malla antiáfidos. Finca La Esmeralda. Santa Clara, San Carlos. 2012.

Marcano *et al.*, (1994), reportaron una disminución de un 30% en los rendimientos del cultivo debido a problemas con malezas. Además determinaron que el período crítico de competencia para las raíces de reserva se genera los primeros 30 días, en los cuales se puede producir una reducción del rendimiento en un 10%. Además, el follaje, presenta un período crítico por competencia con malezas a los 45 días después de siembra, en el cual se puede dar una reducción de casi el 7%.

Generalmente a partir de los 60 dds las malezas no ocasionan mayor problema al cultivo, ya que su gran cantidad de follaje realiza una cobertura del suelo impidiendo la penetración de la luz, lo que dificulta el desarrollo adecuado de las mismas. Sin embargo para este ensayo, la altura de las cubiertas de malla

fue un factor limitante a la hora de poder realizar un manejo adecuado, debido a que se dificultó el ingreso a las áreas de estudio para realizar un control manual.

Dentro de las principales malezas encontradas están coyolillo (*Cyperus rotundus*), arrozillo (*Echinochloa colonum*), piñita (*Murdania nudiflora*), caminadora (*Rottboellia conchinchinensis*), pata de gallina (*Digitaria sanguinalis*) entre otras.

Otro de los factores importantes que perjudicaron el desarrollo adecuado del cultivo, fue un ataque de gusanos cortadores como se puede apreciar en la Figura 16. La principal limitante de este problema fue la defoliación casi completa del material, imposibilitando a la planta de realizar el proceso normal de fotosíntesis.

El control de esta plaga estuvo limitado por la dificultad a la hora de la aplicación del insecticida correspondiente, ya que la misma tuvo que realizarse desde fuera y sobre la malla y con el inconveniente de que, por el ancho de la cubierta, no fue posible aplicar en las partes centrales de la parcela. Cabe mencionar que dentro de las casas de mallas, en estado avanzado de infestación de larvas, se dio un control biológico natural por parte del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* el cual contribuyó de cierta manera a disminuir las poblaciones del insecto.

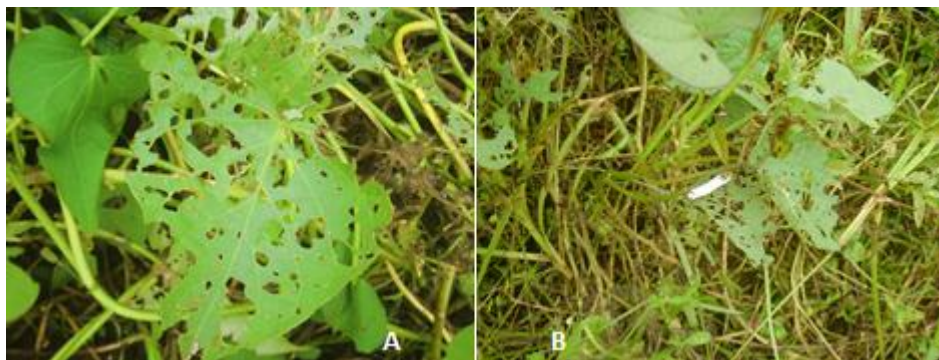


Figura 16. Daños ocasionados por insectos defoliadores sobre el follaje del camote. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012. A. Hoja perforada por el ataque de *Spodoptera sp.* B. Larva de *Spodoptera sp* cubierta con micelio del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana*.

Cisneros (s.f.) menciona que la mayoría de las plantas poseen la capacidad de soportar cierto grado de daño de defoliación sin ver reducida su capacidad de producción, pero esto depende del grado de daño y de la etapa de desarrollo del cultivo en que se produzca. Aduce que un ataque temprano severo puede retrasar el desarrollo, así mismo este mismo daño, pero en la etapa de floración, formación de botones o fructificación puede afectar la producción provocando la caída de los órganos mencionados. Una defoliación tardía no tendría mayor impacto sobre la producción del fruto o del tubérculo. Para este caso, sin embargo, lo que interesó fue el desarrollo adecuado de la planta para obtener semilla vegetativa, por lo que el ataque indistintamente del momento en que se generó, fue significativo para los intereses de la investigación.

4.4 Rendimiento

La evaluación del rendimiento se dio basada en dos diferentes mercados de comercialización para el tubérculo, ya fuese si se tratase para consumo fresco en el mercado local, o para ser procesada a nivel industrial como parte del proceso de exportación.

Para esto se establecieron varios criterios de clasificación como lo fue la forma entera del mismo, la consistencia firme, libre de humedad externa, así como de pudriciones causadas por hongos y bacterias, daño mecánico ocasionado por ratas o cicatrices y raspaduras ocasionadas por insectos (Figura 17).

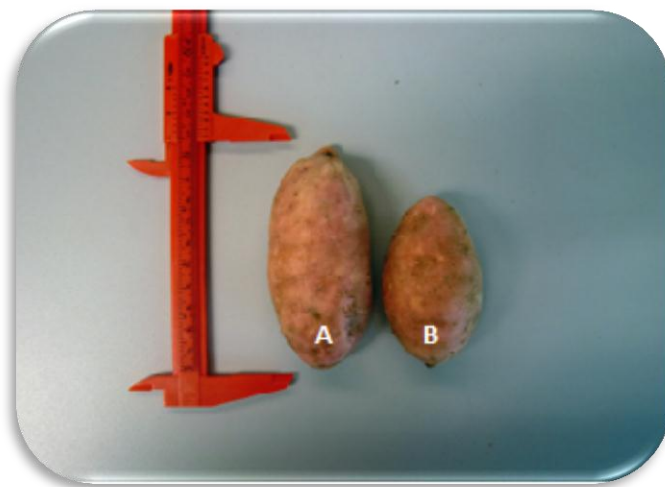


Figura17. Tamaño mínimo de tubérculos de camote para comercializar en el mercado local como producto fresco o a nivel industrial para ser procesado A. Tubérculo para mercado local. B. Tubérculo para mercado industrial. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.

Para mercado local del material convencional se obtuvieron, como se muestra en el cuadro 6; 313 tubérculos de un total de 50 plantas muestreadas y con un peso de 0,55 kg/planta. De este total fueron clasificados 150 tubérculos (47,9% del total) los cuales cumplían con las características deseadas para su comercialización, generando un peso de 0,43 kg/planta, o sea un 78,18% de rendimiento de acuerdo al peso total de tubérculos obtenidos. Este porcentaje de rendimiento mostrado se traduce en 22.890 Kg/ha (22,8 ton/ha) de material comercial, referenciado a una densidad de siembra de 52.800 plantas por hectárea.

Para el caso del material *in vitro*, se obtuvo una menor cantidad de raíces tuberosas (307), pero con un peso por planta mayor al obtenido con el material convencional, ya que fue de 0,84 kg/planta; de los cuales, 0,65 kg/planta correspondieron al peso de las raíces clasificadas de carácter comercial. Esto representó un 77,38% del peso total de raíces obtenidas, generando un rendimiento de 34.241 Kg/ha (34,24 ton/ha) igualmente con una densidad de siembra de 52.800 plantas por hectárea.

Cuadro 6. Resumen de estadísticas de rendimiento para mercado local de los materiales convencional e *in vitro*. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012.

Tratamiento	Total	Peso (Kg/p)	Mercado Local	Peso (Kg/p)	Mercado Local (%)	Rechazo	Peso (kg/p)	Rechazo (%)	Rendimiento ton/ha
Convencional	313	0,55	150	0,43	78,18	163	0,12	21,80	22,89
In Vitro	307	0,84	179	0,65	77,38	128	0,20	23,45	34,24

Para el caso del proceso de industria del camote, el aprovechamiento es mayor ya que la selección es menos rigurosa comparada con la selección de raíz para mercado local. El proceso de pelado permite aprovechar aquellos tubérculos

que por algún daño son rechazados para consumo fresco, es por esto que se obtienen rendimientos más elevados (Figura 18)



Figura18. Tubérculos que no clasifican para el mercado local por daños físicos. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

De las raíces obtenidas del tratamiento convencional, para este mercado, se lograron seleccionar un total de 208 tubérculos con un peso de 0,52 kg/planta, lo que representa un 93,69% del peso de raíz total obtenido. Estos valores generan, como se muestra en el Cuadro 7, un rendimiento total de 27.434 Kg/ha (27,43 ton/ha).

Por otra parte en el mismo cuadro se puede observar que del material *in vitro*, de los 307 tubérculos totales obtenidos, 248 clasificaron para poder ser procesados con un peso de 0,82 Kg/planta. Este valor representa un 96,77% del peso total de raíces tanto de rechazo como deseable para la industria. Estos datos representados en kg/ha dan un valor de 43.315, o bien 43,3 toneladas/ha.

Cuadro 7. Resumen de estadísticas de rendimiento para industria de los materiales convencional e *in vitro*. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

Tratamiento	Total	Peso (Kg/p)	Industria	Peso (Kg/p)	Industria (%)	Rechazo	Peso (Kg/p)	Rechazo (%)	Rendimiento Ton/ha
Convencional	313	0,55	208	0,52	93,69	105	0,03	6,31	27,43
In Vitro	307	0,84	248	0,82	96,77	59	0,02	3,23	43,31

De acuerdo a Rojas (2012)² el rendimiento durante el proceso de pelado del camote oscila en un rango entre el 43 y 52% del peso total que ingresa al proceso. Este porcentaje varía de acuerdo a la calidad del tubérculo, ya que entre más dañado se encuentre, mayor es la profundidad del corte a la hora de pelarlo, por lo que se pierde casi la mitad del mismo en este proceso. En el Cuadro A4 se puede apreciar que la diferencia de rendimiento total entre ambos materiales fue estadísticamente significativa ($p\text{-valor} < 0,05$).

Un estudio realizado por Lewthwaite *et al.*, (2011), en donde investigaron el efecto de la cantidad de ciclos de la semilla de camote sobre el rendimiento de dos clones “Beauregard” y “Owairaka Red”, determinaron que los rendimientos del cultivo, de acuerdo al número de raíces por planta, disminuyeron significativamente esto según el período de exposición en el campo de los materiales. Por otro lado Okpul *et al.*, (2011) citados por este mismo autor, al comparar 14 cultivares desarrollados por medio *in vitro* contra material obtenido del campo, determinaron que las respuestas a la infección viral son de acuerdo al cultivar. Entre los materiales evaluados observaron que el cultivar “Beauregard” obtenido de material *in vitro* tuvo el mayor aumento en la producción de raíces de almacenamiento (148%), mientras que “Wanum” mostró la mayor pérdida de rendimiento, al disminuir un 23%.

Al seleccionar en campo material que visualmente se encuentra sano y es altamente productivo, según Wallace (2003) a través de estudios realizados sobre el rendimiento, se siguen mostrando disminuciones en el rendimiento. Menciona que el cultivar “Centennial” ha presentado a lo largo de 35 años pérdidas en el rendimiento de aproximadamente 46%.

² Rojas, E. 2012. Comercialización del camote (Comunicación personal). San Carlos, Alajuela, CR. Grupo PCI Rojas.

La principal razón que se ha manejado a través de los años sobre este comportamiento es que la causa se debe a la infección por virus o mutaciones, sin embargo debido a la inconsistencia de resultados, los científicos han comenzado a investigar sobre el efecto de algunas bacterias y fitoplasmas sobre el rendimiento del cultivo (Wallace 2003).

Los resultados obtenidos en esta investigación ponen en evidencia las manifestaciones dadas por estos autores, ya que las diferencias de rendimientos mostradas a favor del material *in vitro*, no pueden ser atribuidas específicamente a la incidencia viral, ya que como se analizó anteriormente, ambos materiales resultaron libre de estos. Ello invita a realizar un estudio sobre la incidencia de otros factores como lo serían los efectos por mutaciones, o bien sea por fitoplasmas u otros agentes patógenos como los posibles responsables de la disminución tanto en crecimiento como en rendimiento del material de campo.

5 CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos bajos las condiciones en que se realizó la investigación se concluye que:

1. Las plantas de camote desarrolladas a partir de esquejes obtenidos de material *in vitro* presentaron una mayor producción de biomasa en sus hojas, tallos y raíces tuberosas.
2. La acumulación de materia seca en las raíces tuberosas de ambos materiales inició a los 30 días después de la siembra.
3. A los 60 días después de siembra, el peso seco de la raíz tuberosa en ambos materiales tuvo el mayor porcentaje de distribución de materia seca con respecto al total del peso seco de la planta al representar un 40% del total.
4. El mayor rendimiento para mercado local e industrial en toneladas por hectárea fue para las plantas obtenidas a partir de esquejes provenientes de material *in vitro* al producir 34,24 y 43,31 respectivamente.
5. Tanto el material obtenido de esquejes procedentes de plantas *in vitro* como el material obtenido de plantas de campo no presentaron incidencia viral, de acuerdo a los virus testados con la prueba NCN-ELISA.
6. La utilización de malla antiáfidos como alternativa para la obtención de semilla libre de virus desarrollada en el campo se presenta como una opción poco viable por la dificultad en el control de las malezas, de las plagas y enfermedades.

6 RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos bajos las condiciones en que se realizó la investigación se recomienda:

1. Para el caso de la utilización de la malla antiáfidos para la creación de una cubierta sobre las plantas obtenidas a partir de esquejes de material *in vitro*, aumentar la altura de las mismas, esto para facilitar el manejo, sobre todo para realizar un adecuado control de las malezas pos emergentes que puedan competir con el cultivo. Además realizar una adecuada desinfección del suelo en el área donde se vaya a implementar esta metodología.
2. Incrementar el número de plantas muestreadas por repetición o aumentar el número de repeticiones por tratamiento a la hora de evaluar el crecimiento de plantas de camote esto con el fin de corregir las variaciones naturales y garantizar así la representatividad de la población muestreada.
3. Continuar la evaluación del material obtenido de plantas *in vitro* con el fin de determinar el momento de inicio de la disminución en el rendimiento.
4. Realizar una curva de absorción de nutrientes para el material de camote desarrollado a partir de esquejes obtenidos de plantas *in vitro*.

7 BIBLIOGRAFIA

- Ames de Ichochea, T.1997. Sweetpotato: major pests, diseases, and nutritional disorders. (en línea). CIP (Centro Internacional de la Papa). Consultado 9 mayo 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=iye3nMg0vX4C&printsec=frontcover&hl=es&source=google_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Bryan, A.; Pesic-Van Esbroeck, Z.; Scheltheis, J.; Pecota, K.; Swallow, W.; Yencho, G. 2003. Cultivar decline in sweetpotato: I. Impact of micropropagation on yield storage. North Carolina State University. J. Amer Soc. Hort. Sci. 128: 846-855.
- Casseres, E. 1981. Producción de Hortalizas. 3 ed. San José, CR. IICA. 387 p.
- Casseres, E. 1986. Papa, yuca y camote: cultivo y aprovechamiento. Santiago, Chile. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. P. 40-50.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, PE). 1999. La batata en cifras: producción, utilización, consumo, alimentación. (en línea). Consultado 15 mayo 2011. Disponible en: <http://www.cipotato.org/publications/pdf/005519.pdf>
- Cisneros, F. s. f. Las relaciones entre las plagas y las plantas: Formas en que las plagas dañan los cultivos. (en línea). Consultado 17 oct 2012, Disponible en: [http://www.agrifoodgateway.com/drupal/sites/default/files/Las relaciones entre las plagas y las plantas.pdf](http://www.agrifoodgateway.com/drupal/sites/default/files/Las%20relaciones%20entre%20las%20plagas%20y%20las%20plantas.pdf)
- Clark, C.; LaBonte, R.; Valverde, R.; Hoy, M.; Lotrakul, P.; Kokkinos, C.; McGregor, C. 2003. Technology to improve the quality of Sweet Potato "Seed". (en línea). Louisiana Agriculture Vol 46 N° 4. Consultado 6 mayo 2011,

Disponible en: <http://www.lsuagcenter.com/NR/rdonlyres/BD5AC9B2-37DD-4712-8E4E-9A0AEF868AF3/13714/2003fall.pdf>

Clark, A. y Hoy, W. 2006. Effects of common viruses on yield and quality of Beauregard sweetpotato in Louisiana. Plant Dis. 90:83-88.

Clark, C. A. y Moyer, J. W. 1991. Compendio de enfermedades de la Batata (Camote, Boniato). Lima, Perú. CIP. 98p.

Conci, V. C. s. f. Obtención de plantas libres de virus. (en línea). Consultado 7 junio 2011. Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/150427.pdf>

Coolong, T.; Jones, T.; Masabni, J.; Strang, J. 2008. Vegetable Production Guide for Commercial Growers. (en línea). Kentucky State University. Consultado 18 mayo 2011. Disponible en: http://www.agmrc.org/media/cms/id36_E930CB5F68E0E.pdf

Criollo, H; García, J. 2009. Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero. (en línea). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. Vol 3 N°2. Consultado 9 octubre 2012. Disponible en: http://virtual.uptc.edu.co/revistas/index.php/ciencias_horticolos/article/view/776

Dondo, G. 2008. El cultivo de la batata (en línea). Buenos Aires, Argentina. Universidad Nacional Entre Ríos: Facultad de Ciencias Agropecuarias. Consultado 15 mayo 2011. Disponible en: <http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/horticultura/batata.doc>

- Doods, J. H.; Lizárraga, R.; Griffiths, H.; Slack, S. A. s. f. Methods of Virus Eradication. (en línea). Lima, Perú. Consultado 7 junio 2011. Disponible en: <http://sweetpotatoknowledge.org/crop-management/diseases/viruses/Methods%20of%20Virus%20Eradication.pdf>
- Escobar, R. 1975. Análisis del crecimiento y rendimiento del camote en monocultivo y en asociación con frijol, maíz y yuca. Tesis Mag. Sc. San José. UCR- CATIE. 101 p.
- Folquer, F. 1978. La Batata (Camote): Estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires, Arg. Editorial Hemisferio Sur. IICA – CIDA. 152 p.
- Gibson, R. W.; Mpembe, I.; Alicai, T.; Carey, E. E.; Mwanga, R. O. M.; Seal, S. E. ; Vetten, H. J. 1998. Symptoms, etiology and serological analysis of sweet potato virus disease in Uganda. Plant Pathology 47, 95-102.
- Gliessman, S. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. (en línea). Consultado 4 junio 2012. Disponible en: <http://books.google.co.cr/books?id=rnqan8BOVNAC&pg=PA33&dq=fotosintesis&hl=es&sa=X&ei=4CiTUJWJFYuk8QSujoDICw&ved=0CEIQ6AEwCA#v=onepage&q=fotosintesis&f=false>
- Guardiola, J; García, A. 1990. Fisiología Vegetal 1: Nutrición y Transporte. Editorial Síntesis. Madrid, España. 440p.
- Gutiérrez, D. L.; Fuentes, S.; Salazar, L. F. 2002. Sweetpotato Virus Disease (SPVD): Distribution, Incidence, and Effect on Sweetpotato Yield in Peru. Plant Dis 87:297-302.
- Huamán, Z. 1992. Botánica Sistemática y Morfología de la Planta de Batata o Camote. CIP. Lima Perú. Boletín de Información Técnica.

- Hudson, H. y Kester, D. 1989. Propagación de plantas: principios y prácticas. México, Compañía Editorial Continental. 760p
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 1989. Compendio de Agronomía Tropical. San José, CR. 693p
- INFOAGRO, s. f. El cultivo de la Batata. (en línea). Consultado 3 mayo 2011. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/batata.htm>
- Kreuze, J. 2007. Fighting virus disease in Sweetpotato. (en línea). CIP (Centro Internacional de la Papa). Consultado 4 junio 2011. Disponible en: <http://sweetpotatoknowledge.org/crop-management/diseases/viruses/Fighting%20Vrus%20disease%20in%20Sweetpotato.pdf/view>
- Lallana, V; Lallana, M. 2004. Unidad temática 7: Crecimiento. (en línea). Consultado 9 octubre 2012. Disponible en: http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/WEBFV_2010/matdid/UT7.pdf
- Lardizabal, R. 2007. Manual de producción: El cultivo del camote. (en línea). Consultado 24 octubre 2012. Disponible en: [http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Hortofruticola/OtraInfo/Manuales/Manual_Producc_Camote\(EDA\).pdf](http://www.sag.gob.hn/files/Infoagro/Cadenas%20Agro/Hortofruticola/OtraInfo/Manuales/Manual_Producc_Camote(EDA).pdf)
- Lebot, V. 2009. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. (en línea). Consultado 19 mayo 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=rFwyrKRSMUMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3 ed. San José. CR. Agroamerica IICA. 522 p.
- Lewthwaite, S.L; Fletcher, P.J.; Fletcher, D.J.; Triggs, C.M. 2011. Cultivar decline in sweetpotato (*Ipomoea batatas*). (en línea) New Zelandia Plant Protection 64:160-167. Consultado 1 noviembre 2012. Disponible en: http://www.nzpps.org/journal/64/nzpp_641600.pdf
- Linares, E.; Bye, R.; Ramírez D.; Pereda, R. 2008. El camote. CONABIO. Biodiversitas 81:11-15.
- Lizárraga, R.; Panta, A.; Espinoza, N.; Doods, J. H. 1990. Cultivo de tejidos de *Ipomoea batatas*: Micropropagación y Conservación. (en línea). Lima, Perú. Consultado 6 junio 2011. Disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABJ701.pdf
- Loebenstein, G.; Thottappilly, G. 2009. Sweetpotato. (en línea). Consultado 15 mayo 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=5Wu-4sqzOD8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR). 2007. Informe Censos Raíces Tropicales, Piña, Plátano, Papaya y Mamón Chino. (en línea). Consultado 5 noviembre 2012. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00034.pdf>
- Marcano, J; Colmenarez, O; Paredes, F. 1994. Periodo crítico de competencia por maleza en el cultivo de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam) cultivar UCV-7. (en línea). Bioagro 6(3):86-94. Consultado 17 noviembre 2012. Disponible en:

[http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev6\(3\)/4.%20Per%C3%ADodo%20cr%C3%ADtico.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev6(3)/4.%20Per%C3%ADodo%20cr%C3%ADtico.pdf)

- Mervat, M. M. y Ashoub, A. 2009. Utility of Thermotherapy and Meristem Tip for Freeing Sweetpotato from Viral Infection. Australian Journal of Basic Applied Sciences, 3(1): 153-159.
- Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. (en línea). San José. IICA. Consultado 18 mayo 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=XCBSQplbTNwC&pg=PA13&dq=raices+y+tuberculos&hl=es&ei=grvaTd__D4XtrAeB0HyBQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=5&ved=0CEEQ6AEwBA#v=onepage&q=raices%20y%20tuberculos&f=false
- Montes, J. E.; Criswell, J. 2009. Sweet Potato Production. (en línea). Oklahoma State University. Consultado 17 mayo 2011. Disponible en: <http://pods.dasnr.okstate.edu/docushare/dsweb/Get/Document-1098/F-6022web.pdf>
- Montes, A.; Oropeza, R.; Díaz, C.; Rodríguez, E.; Arias, J. 2010. Composición mineral y comparación de raíces reservantes de variedades de batatas (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivadas en la isla de La Palma, España. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 1 (1): 001-019.
- Murashige, T; Skoog, F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with Tabaco cultures. Physiol Plant 15: 473-497
- Nelson, S. C. ; Elevitch, C. R. 2010. Farm and forestry production and marketing profile for sweetpotato (*Ipomoea batatas*). (en línea) In Specialty crops for Pacific Island agroforestry. Consultado 19 mayo 2011. Disponible en: http://agroforestry.net/scps/Sweetpotato_specialty_crop.pdf

- Onwueme, I. C.; Charles, W. 1994. Tropical root and tuber crops: production, perspectives and future prospects. (en línea). FAO. Consultado 10 mayo 2011. Disponible en: http://books.google.com/books?id=vHprLAOIokYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Oliveira, S.; Da Silva, A.; Pereira, O. 1991. Efeito da multiplicação vegetativa *In vitro* na produtividade da batata-doce (*Ipomoea batatas* L. Lam.). (en línea). Rev. Bras. Fisiol. Vegetal 3(1): 47-52. Consultado 8 mayo 2011. Disponible en: <http://www.cnpdia.embrapa.br/rbfv/pdfs/v3n1p47.pdf>
- Olson, S. M.; Lamberts, M. L.; Stall W. M.; Zhang, S.; Webb. 2010. Sweetpotato Production in Florida. University of Florida. (en línea). Consultado 9 mayo 2011. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/cv136>
- Panta, A. y Golmirzaie, A. 2001. Producción de Tubérculos-Semillas de Papa: Cultivo de tejidos para la eliminación de patógenos con fines de producción de semilla de papa. (en línea). Lima. Manual de Capacitación. Consultado 7 junio 2011. Disponible en: <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaCBasicos/PapaSemilla.pdf>
- PIMA (Programa Integral de Mercadeo Agropecuario, CR.). 2012. Camote. (en línea). Consultado 5 noviembre 2012. Disponible en: <http://www.pima.go.cr/Docs/CAMOTE.htm>
- PROCOMER (Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica) 2012. (en línea). Consultado 5 noviembre 2012. Disponible en: <http://www.procomer.com>
- Reardor, J.; Troxler, S. s. f. Camotes. (en línea) North Carolina Department of Agriculture and Consumer Services: Food and Drug Protection Division.

Consultado 16 mayo 2011. Disponible en:
<http://www.ncagr.gov/fooddrug/espanol/documents/Camotes.pdf>

Reyes, M; Lavín, A. 2005. Camote: Un cultivo para el secano costero de la provincia de Cauquenes. (en línea) INIA – RAIHUEN (Instituto de Investigaciones Agropecuarias Centro Regional de Investigación RAIHUEN, CL). Consultado 16 mayo 2011. Disponible en:
<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR32846.pdf>

Roca, W. y Mroginski, L. 1991. Cultivo de tejidos en la agricultura. Fundamentos y aplicaciones. CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). Cali. Colombia. 970 p.

Rodríguez, W; Leihner, D. 2006. Análisis de Crecimiento Vegetal. 1 ed. Editorial Universidad de Costa Rica, San José.

Salas, M. 2009. Propagación clonal *in vitro* de camote (*Ipomoea batatas*). Tesis Lic. Ing. Agr. San Carlos, Costa Rica. ITCR. 66 p.

Salisbury, F; Ross, C. 2000. Fisiología de las plantas: Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Paraninfo, 460 p.

Sierra, E.; Cruz, J.; Casaca J. D. 2005. El cultivo del Camote (*Ipomoea batatas*). (en línea). Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales, Zamorano. Honduras. Consultado 25 mayo 2011. Disponible en:
<http://www.zamorano.edu/gamis/hortalizas/camote.pdf>

Souza, V. 1995. Evaluación del comportamiento de Caupi (*Vigna unguiculata* (L) Walp) y Camote (*Ipomoea batatas* (L) Lam) en asociación y monocultivo, bajo diferentes arreglos espaciales y dos densidades de siembra. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 111p

- Sulbarán, L.; Gonzales, C.; Areque, H.; Verde, O.; Lapp, A. 2008. Efecto de dos tipos de propagación asexual sobre el rendimiento de dos cultivares de Batata (*Ipomoea batatas* L). (en línea). Rev. Unell. Cienc. Tec. 26: 6-13. Consultado 8 mayo 2011. Disponible en: <http://150.187.77.69/revistas/index.php/rucyt/article/viewFile/114/125>
- Taiz, L; Zeiger, E. 2002. Fisiología Vegetal. 3 ed. Sinauer Associates. Inc. Publishers. Universidad Jaume. Sunderland, USA.
- Tesfaye, T.; Feyissa, T.; Abraham, A. 2011. Survey and serological detection of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) viruses in Ethiopia. Journal of Applied Biosciences 41: 2746 – 2756.
- Valverde, R.; Clark, C.; Valkonen, J. 2007. Viruses and Virus Disease Complexes of Sweetpotato. (en línea). Global Science Books. Louisiana State University Agricultural Center. Consultado 2 jun 2011. Disponible en: http://www.lsu.edu/ppcp/faculty_staff/clark/Valverde%20et%20al%20SPVrev%2007.pdf
- Valverde, R.; Moreira, M. 2004. Identificación de virus en el cultivo de camote (*Ipomoea batatas*) en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 15 (01): 01-07.
- Wallace, H. 2003. The effects of mutations and viruses on yield and quality of sweetpotato, *Ipomoea batatas* (L.) lam. (en línea). Consultado 5 noviembre 2012. Disponible en: http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-0401103-121512/unrestricted/Carroll_thesis.pdf
- Wang, Q.; Valkonen, J. 2007. Efficient elimination of sweetpotato Little leaf phytoplasma from sweetpotato by cryotherapy of shoot tips. Plant Pathology. Vol 57. 2: 338-347 p.

Zúñiga, J. D. 2009. Efecto de dos métodos de propagación asexual y posición del esqueje, sobre el rendimiento de dos genotipos de camote (*Ipomoea batatas*). Tesis Lic. Ing. Agr. San José, Costa Rica. UCR. 58p.

8 ANEXOS

Cuadro A 1. Análisis de Varianza para la variable peso seco de hoja particionado por días después de siembra (dds) en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.

Análisis de la varianza

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15,00	PESO SECO HOJA	20	0,85	0,64	22,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	4,98	1	4,98	13,08	0,0068
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	11,95	10	1,19	3,14	0,0592
Error	3,05	8	0,38		
Total	19,97	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,63631

Error: 0,3807 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
IN VITRO	2,26	10	0,20 A
CONVENCIONAL	3,25	10	0,20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30,00	PESO SECO HOJA	20	0,71	0,31	27,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	10,27	1	10,27	2,32	0,1659
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	76,47	10	7,65	1,73	0,2243
Error	35,34	8	4,42		
Total	122,08	19			

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
45,00	PESO SECO HOJA	20	0,48	0,00	24,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	125,35	1	125,35	3,16	0,1132
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	163,99	10	16,40	0,41	0,9041
Error	317,03	8	39,63		
Total	606,38	19			

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60,00	PESO SECO HOJA	20	0,78	0,47	31,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	1983,43	1	1983,43	13,99	0,0057
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	1964,21	10	196,42	1,39	0,3287
Error	1134,25	8	141,78		
Total	5081,89	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=12,27891

Error: 141,7810 gl: 8

TRATAMIENTO Medias n E.E.

CONVENCIONAL 28,45 10 3,77 A

IN VITRO 48,37 10 3,77 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
75,00	PESO SECO HOJA	20	0,84	0,61	21,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	765,95	1	765,95	15,30	0,0045
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	1272,39	10	127,24	2,54	0,0997
Error	400,47	8	50,06		
Total	2438,81	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,29608

Error: 50,0585 gl: 8

TRATAMIENTO Medias n E.E.

CONVENCIONAL 26,67 10 2,24 A

IN VITRO 39,05 10 2,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90,00	PESO SECO HOJA	20	0,91	0,79	20,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	1532,30	1	1532,30	33,67	0,0004
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	2181,01	10	218,10	4,79	0,0181
Error	364,10	8	45,51		
Total	4077,41	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,95693

Error: 45,5128 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	24,15	10	2,13 A
IN VITRO	41,66	10	2,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
105,00	PESO SECO HOJA	20	0,67	0,22	35,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	106,08	1	106,08	2,01	0,1936
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	756,85	10	75,68	1,44	0,3100
Error	421,29	8	52,66		
Total	1284,21	19			

Cuadro A 2. Análisis de Varianza para la variable peso seco de tallo particionado por días después de siembra (dds) en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.

Análisis de la varianza

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15,00	PESO SECO TALLO	20	0,75	0,40	25,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	1,53	1	1,53	8,27	0,0206
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	2,86	10	0,29	1,54	0,2763
Error	1,48	8	0,19		
Total	5,88	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,44419

Error: 0,1855 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
IN VITRO	1,42	10	0,14 A
CONVENCIONAL	1,97	10	0,14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30,00	PESO SECO TALLO	20	0,79	0,51	24,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	8,26	1	8,26	6,19	0,0377
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	32,43	10	3,24	2,43	0,1106
Error	10,67	8	1,33		
Total	51,36	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,19116

Error: 1,3343 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	4,00	10	0,37 A
IN VITRO	5,29	10	0,37 B

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
45,00	PESO SECO TALLO	20	0,50	0,00	30,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	68,64	1	68,64	2,49	0,1531
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	152,16	10	15,22	0,55	0,8130
Error	220,42	8	27,55		
Total	441,22	19			

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60,00	PESO SECO TALLO	20	0,82	0,56	31,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	2451,56	1	2451,56	21,49	0,0017
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	1600,30	10	160,03	1,40	0,3224
Error	912,83	8	114,10		
Total	4964,69	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=11,01539

Error: 114,1032 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	23,11	10	3,38 A
IN VITRO	45,26	10	3,38 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
75,00	PESO SECO TALLO	20	0,57	0,00	32,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	315,62	1	315,62	1,99	0,1961
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	1372,53	10	137,25	0,87	0,5932
Error	1269,18	8	158,65		
Total	2957,32	19			

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90,00	PESO SECO TALLO	20	0,86	0,67	27,74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	3197,92	1	3197,92	16,07	0,0039
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	6784,25	10	678,43	3,41	0,0476
Error	1591,94	8	198,99		
Total	11574,11	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=14,54683

Error: 198,9919 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	38,20	10	4,46 A
IN VITRO	63,49	10	4,46 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
105,00	PESO SECO TALLO	20	0,72	0,32	27,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	1622,88	1	1622,88	6,99	0,0295
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	3051,69	10	305,17	1,32	0,3559
Error	1856,28	8	232,04		
Total	6530,85	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=15,70826

Error: 232,0355 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	
CONVENCIONAL	46,52	10	4,82	A
IN VITRO	64,53	10	4,82	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Cuadro A 3. Análisis de Varianza para la variable peso seco de raíz tuberosa particionado por días después de siembra (dds) en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.

Análisis de la varianza

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
15,00	PESO SECO RAIZ	20	0,51	0,00	68,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	0,92	1	0,92	3,15	0,1138
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	1,53	10	0,15	0,53	0,8318
Error	2,34	8	0,29		
Total	4,79	19			

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
30,00	PESO SECO RAIZ	20	0,44	0,00	69,94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	1,42	1	1,42	1,49	0,2574
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	4,68	10	0,47	0,49	0,8560
Error	7,64	8	0,96		
Total	13,74	19			

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
45,00	PESO SECO RAIZ	20	0,78	0,48	27,83

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	204,35	1	204,35	8,35	0,0202
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	500,21	10	50,02	2,04	0,1614
Error	195,68	8	24,46		
Total	900,25	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=5,10013

Error: 24,4603 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	14,58	10	1,56 A
IN VITRO	20,97	10	1,56 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
60,00	PESO SECO RAIZ	20	0,83	0,59	29,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	6786,30	1	6786,30	28,08	0,0007
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	2385,31	10	238,53	0,99	0,5175
Error	1933,11	8	241,64		
Total	11104,72	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,03003

Error: 241,6391 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	34,27	10	4,92 A
IN VITRO	71,11	10	4,92 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
75,00	PESO SECO RAIZ	20	0,66	0,18	41,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	10250,03	1	10250,03	12,59	0,0075
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	2120,11	10	212,01	0,26	0,9747
Error	6510,81	8	813,85		
Total	18880,95	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=29,41868

Error: 813,8508 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	46,79	10	9,02 A
IN VITRO	92,07	10	9,02 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
90,00	PESO SECO RAIZ	20	0,91	0,78	24,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	44739,18	1	44739,18	64,75	<0,0001
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	10075,11	10	1007,51	1,46	0,3028
Error	5527,48	8	690,94		
Total	60341,77	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=27,10626

Error: 690,9356 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	59,94	10	8,31 A
IN VITRO	154,54	10	8,31 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

DDS	Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
105,00	PESO SECO RAIZ	20	0,75	0,41	28,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
TRATAMIENTO	17520,24	1	17520,24	10,36	0,0123
REPETICION*TRATAMIENTO>PLA..	23339,09	10	2333,91	1,38	0,3306
Error	13529,00	8	1691,13		
Total	54388,33	19			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=42,40711

Error: 1691,1252 gl: 8

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
CONVENCIONAL	116,47	10	13,00 A
IN VITRO	175,66	10	13,00 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Cuadro A 4. Análisis de Varianza para la variable peso fresco de raíz tuberosa en la evaluación del rendimiento de dos materiales de siembra de camote.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso Raiz	100	0,26	0,25	35,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	2132271,65	1	2132271,65	33,81	<0,0001
Error	6181234,31	98	63073,82		
Total	8313505,96	99			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=99,83904

Error: 63073,8194 gl: 98

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Convencional	552,47	50	35,52	A
In Vitro	844,51	50	35,52	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Cuadro A5. Prueba de bondad de ajuste para la variable peso seco de hoja en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.

Prueba de bondad de ajuste (Kolmogorov)

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
15,00	RDUO PESO SECO HOJA	Normal(0,0,6716)	0,00	0,67	20	0,14	0,8465

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
30,00	RDUO PESO SECO HOJA	Normal(0,4,2709)	0,00	4,27	20	0,18	0,5553

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
45,00	RDUO PESO SECO HOJA	Normal(0,14,6151)	0,00	14,62	20	0,16	0,6872

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
60,00	RDUO PESO SECO HOJA	Normal(0,114,3815)	0,00	114,38	20	0,16	0,6699

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
75,00	RDUO PESO SECO HOJA	Normal(0,81,6953)	0,00	81,70	20	0,12	0,9284

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
90,00	RDUO PESO SECO HOJA	Normal(0,113,6524)	0,00	113,65	20	0,12	0,9407

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
105,00	RDUO PESO SECO HOJA	Normal(0,53,3497)	0,00	53,35	20	0,13	0,8864

Cuadro A6. Prueba de bondad de ajuste para la variable peso seco de tallo en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.

Prueba de bondad de ajuste (Kolmogorov)

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
15,00	RDUO PESO SECO TALLO	Normal(0,0,1)	0,00	0,08	20	0,22	0,2998

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
30,00	RDUO PESO SECO TALLO	Normal(0,0,5618)	0,00	0,56	20	0,16	0,6802

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
45,00	RDUO PESO SECO TALLO	Normal(0,11,6008)	0,00	11,60	20	0,13	0,9093

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
60,00	RDUO PESO SECO TALLO	Normal(0,48,0435)	0,00	48,04	20	0,26	0,1274

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
75,00	RDUO PESO SECO TALLO	Normal(0,66,7988)	0,00	66,80	20	0,20	0,4004

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
90,00	RDUO PESO SECO TALLO	Normal(0,83,7861)	0,00	83,79	20	0,12	0,9229

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
105,00	RDUO PESO SECO TALLO	Normal(0,97,6991)	0,00	97,70	20	0,13	0,9063

Cuadro A 7. Prueba de bondad de ajuste para la variable peso seco de la raíz tuberosa en la evaluación de dos materiales de siembra de camote.

Prueba de bondad de ajuste (Kolmogorov)

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
15,00	RDUO PESO SECO RAIZ	Normal(0,0,1229)	0,00	0,12	20	0,19	0,4792

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
30,00	RDUO PESO SECO RAIZ	Normal(0,0,4022)	0,00	0,40	20	0,18	0,5318

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
45,00	RDUO PESO SECO RAIZ	Normal(0,10,2991)	0,00	10,30	20	0,21	0,3256

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
60,00	RDUO PESO SECO RAIZ	Normal(0,101,7428)	0,00	101,74	20	0,15	0,7774

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
75,00	RDUO PESO SECO RAIZ	Normal(0,342,674)	0,00	342,67	20	0,21	0,3186

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
90,00	RDUO PESO SECO RAIZ	Normal(0,290,9202)	0,00	290,92	20	0,17	0,5809

DDS	Variable	Ajuste	media	varianza	n	Estadístico D	p-valor
105,00	RDUO PESO SECO RAIZ	Normal(0,712,0527)	0,00	712,05	20	0,30	0,0531

Cuadro A8. Datos de tubérculos que clasifican para el proceso industrial obtenidos de la semilla convencionalde una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

CONVENCIONAL					
REPETICION	MUESTRA	RAIZ INDUSTRIAL	PESO (g)	RECHAZO	PESO (g)
REPETICION 1	1	6	555,8	1	11,2
	2	4	696,2	1	18,3
	3	4	663,8	3	35,7
	4	4	353,5	2	57,1
	5	5	409,9	4	74,3
	6	7	907,8	2	32,7
	7	6	570,1	3	58,5
	8	6	498,8	5	54,2
	9	4	370,4	0	0
	10	3	630,9	0	0
REPETICION 2	11	6	555,8	1	11,2
	12	4	696,2	1	18,3
	13	4	663,8	3	35,7
	14	4	353,5	2	57,1
	15	5	409,9	4	74,3
	16	7	907,8	2	32,7
	17	6	570,1	3	58,5
	18	6	498,8	5	54,2
	19	4	370,4	0	0
	20	3	630,9	0	0
REPETICION 3	21	4	701,8	1	36,2
	22	1	61,5	5	100,9
	23	1	269,5	1	6,4
	24	3	399,2	2	34,3
	25	4	529,1	0	0
	26	9	941,5	2	18
	27	7	904,6	0	0
	28	2	293,1	2	53,5
	29	4	611,5	2	29,9
	30	4	551,4	0	0
REPETICION 4	31	2	195,7	6	112,2
	32	7	803,2	1	30,7
	33	5	769,6	3	74,5
	34	4	545,6	2	49,4
	35	4	434,5	3	21,7
	36	4	416,8	3	28,2
	37	3	459,3	2	27,1
	38	2	183,7	4	43
	39	4	294,7	3	80,7
	40	2	219,6	0	0
REPETICION 5	41	5	517,2	8	147,1
	42	4	890,7	1	17,8
	43	3	282,6	2	26,3
	44	4	876,1	0	0
	45	4	415,8	1	13
	46	4	390,2	1	11,8
	47	2	399,5	1	21
	48	3	310,9	0	0
	49	2	378,5	4	30
	50	3	519,1	3	44,7

Cuadro A9. Datos de tubérculos que clasifican para el proceso industrial obtenidos de la semilla *in vitro* de una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

IN VITRO					
REPETICION	MUESTRA	RAIZ INDUSTRIAL	PESO (g)	RECHAZO	PESO (g)
REPETICION 1	1	4	988,9	0	0
	2	6	1016,1	3	65,5
	3	5	1232,5	0	0
	4	5	686,3	2	49,9
	5	10	1042,1	0	0
	6	6	474,9	4	95,5
	7	3	470,9	1	66,7
	8	6	1046,2	0	0
	9	8	710,5	0	0
	10	5	637,8	3	30,3
REPETICION 2	11	5	1183,3	0	0
	12	4	324,4	2	41,5
	13	5	849,3	0	0
	14	5	1075,2	2	18,2
	15	5	739,4	0	0
	16	4	905,5	0	0
	17	4	619,4	0	0
	18	4	1115,4	1	28,5
	19	8	1590,9	0	0
	20	5	1193,7	0	0
REPETICION 3	21	5	1034,9	1	13
	22	10	1449,6	0	0
	23	3	1067,8	1	4,4
	24	6	1328,3	5	60,6
	25	9	814,4	0	0
	26	3	886,3	3	48,2
	27	5	550	0	0
	28	3	512,2	2	40,7
	29	4	912,5	1	19,8
	30	6	791,5	2	74,5
REPETICION 4	31	4	865,9	0	0
	32	3	204	1	54,7
	33	4	479,4	5	78
	34	4	778,6	1	26,5
	35	3	697,8	1	11,7
	36	4	598,7	1	28
	37	7	976	1	28,9
	38	7	641	3	52,9
	39	4	1159,4	0	0
	40	8	690,1	1	4,9
REPETICION 5	41	4	728,2	2	48
	42	3	329,9	3	140,2
	43	5	803,5	0	0
	44	4	721,3	1	10
	45	7	1085	3	64
	46	2	637,6	1	38,4
	47	4	681,1	0	0
	48	2	244,3	1	42,1
	49	2	554	0	0
	50	6	737,1	1	76,9

Cuadro A10. Datos del rendimiento para el mercado local de la semilla convencional de una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

CONVENCIONAL					
	MUESTRA	MERCADO LOCAL	PESO (g)	RECHAZO	PESO (g)
REPETICION 1	1	4	402,72	3	163,72
	2	3	595,92	1	100,02
	3	2	103,02	5	588,22
	4	3	315,72	3	97,42
	5	4	363,32	5	120,32
	6	5	818,22	4	105,02
	7	5	520,02	4	106,52
	8	4	380,52	8	163,22
	9	2	307,12	2	66,12
	10	3	620,42	0	0
REPETICION 2	11	5	643,42	5	116,72
	12	4	453,12	3	59,42
	13	3	704,02	6	295,02
	14	3	429,82	4	147,12
	15	4	360,62	1	38,72
	16	2	177,52	4	99,52
	17	3	367,52	4	424,22
	18	2	284,62	5	540,72
	19	5	492,12	0	0
	20	5	390,02	3	100,52
REPETICION 3	21	4	687,22	1	37,92
	22	0	0	7	154,42
	23	1	270,02	1	9,32
	24	1	275,82	4	158,32
	25	2	292,02	2	233,12
	26	7	839,92	4	99,62
	27	6	897,12	0	0
	28	2	292,32	2	55,22
	29	3	562,52	3	76,72
	30	3	510,82	1	40,22
REPETICION 4	31	1	126,42	7	182,72
	32	4	659,52	4	172,72
	33	3	584,02	5	252,52
	34	4	541,92	2	51,42
	35	2	385,82	4	70,32
	36	3	386,82	4	57,52
	37	1	367,42	4	120,62
	38	1	137,92	5	90,82
	39	2	189,52	5	185,92
	40	2	220,22	0	0
REPETICION 5	41	4	457,82	9	200,62
	42	3	825,22	2	80,62
	43	2	249,52	3	61,12
	44	3	820,02	1	53,52
	45	3	380,62	2	46,62
	46	3	361,62	2	41,52
	47	2	397,52	1	23,62
	48	2	255,52	1	56,62
	49	2	377,12	4	32,12
	50	3	516,52	3	46,42

Cuadro A11. Datos del rendimiento para el mercado local de la semilla *in vitro* de una muestra de 50 plantas. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

IN VITRO					
	MUESTRA	MERCADO LOCAL	PESO (g)	RECHAZO	PESO (g)
REPETICION 1	1	4	983,56	0	0
	2	4	877,96	5	207,56
	3	4	1146,76	2	86,56
	4	4	649,26	3	93,86
	5	7	888,06	3	156,26
	6	4	308,46	6	271,06
	7	2	365,36	2	181,06
	8	4	893,86	2	156,36
	9	3	459,86	5	259,46
	10	4	596,86	4	79,76
REPETICION 2	11	5	1124,26	0	0
	12	1	182,56	5	193,56
	13	2	354,06	3	499,26
	14	3	391,86	4	707,56
	15	5	738,96	0	0
	16	1	116,06	3	795,46
	17	2	494,86	2	135,16
	18	4	1112,96	1	36,36
	19	8	1581,26	0	0
	20	4	963,06	1	234,46
REPETICION 3	21	3	497,96	3	554,86
	22	9	1192,56	1	247,56
	23	1	493,26	3	586,76
	24	3	458,06	7	918,96
	25	6	580,16	3	239,96
	26	3	875,06	3	54,46
	27	5	550,66	0	0
	28	3	503,76	2	47,06
	29	3	869,66	2	67,46
	30	4	713,06	4	145,26
REPETICION 4	31	3	826,66	1	48,16
	32	1	137,56	3	133,26
	33	2	242,06	7	309,76
	34	4	778,66	1	33,56
	35	1	271,86	3	425,26
	36	3	530,86	2	91,26
	37	7	965,86	1	33,76
	38	6	548,36	4	139,26
	39	4	1158,56	0	0
	40	6	518,26	3	170,26
REPETICION 5	41	3	697,96	3	86,56
	42	1	200,56	5	266,76
	43	4	750,86	1	60,26
	44	3	650,86	2	80,46
	45	4	615,26	6	532,86
	46	2	635,06	1	46,06
	47	3	595,46	1	86,46
	48	0	0	3	283,06
	49	2	552,56	0	0
	50	5	686,36	2	115,36

Cuadro A12. Datos del muestreo de grosor (en mm) de los esquejes del material obtenido *in vitro* y el material obtenido del campo (convencional). Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

Muestra	<i>In Vitro</i>					Convencional				
	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5	Rep 1	Rep 2	Rep 3	Rep 4	Rep 5
1	3,300	3,200	2,800	3,800	2,650	6,100	5,100	5,100	4,900	4,150
2	4,100	2,650	3,150	3,100	3,900	4,100	6,800	5,300	5,800	4,300
3	3,900	3,500	4,650	5,800	4,400	5,800	6,100	5,600	5,800	3,700
4	3,800	4,400	3,650	5,700	4,100	7,400	5,300	5,100	4,900	4,600
5	3,800	3,500	4,400	5,100	3,200	5,500	4,700	6,100	5,150	5,100
6	3,750	3,400	4,100	5,850	3,300	4,600	5,100	4,200	4,000	5,100
7	3,100	3,400	3,900	4,100	4,400	5,600	4,800	5,250	4,900	4,900
8	3,900	6,500	5,000	3,900	4,500	5,550	6,100	4,100	5,100	5,400
9	2,600	3,850	3,400	3,100	3,100	5,300	6,400	4,500	4,700	5,500
10	4,100	4,100	2,900	3,200	2,400	5,800	5,500	5,900	4,000	4,400
Promedio	3,848					5,184				

*Datos tomados con un vernier con una desviación estándar de $\pm 0,025$ mm

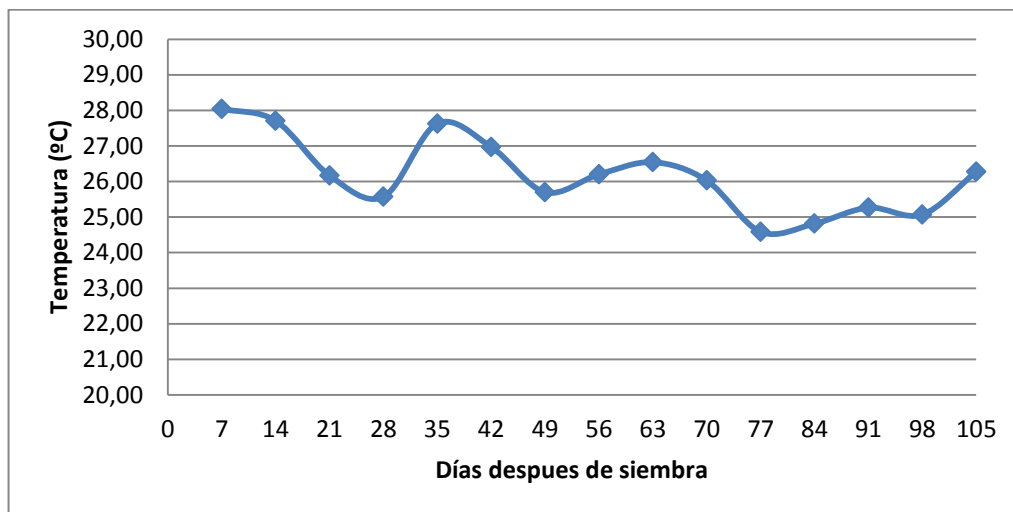


Figura A1. Variación de la temperatura diurna de 7 am a 6 pm en °C desde la primer semana de siembra. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012

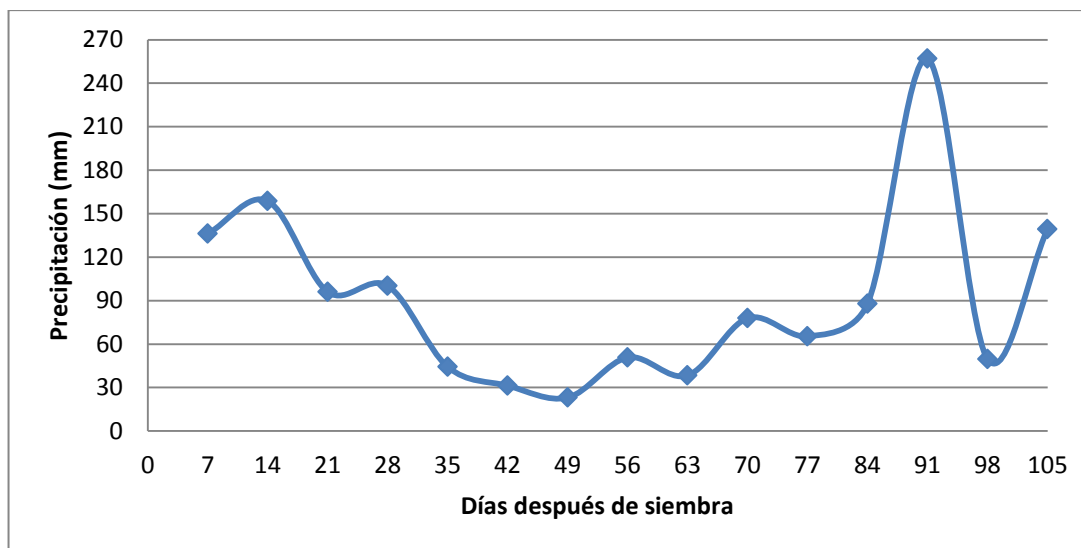


Figura A 2. Datos de precipitación en mm desde los primeros siete días después de siembra. Finca La Esmeralda, Santa Clara, San Carlos. 2012