

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA
PREBÁSICA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.)**

Presentado por:

SOCORRO ERICKA FIGUEROA ESCUDERO

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRONOMO

Lima – Perú

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA
PREBÁSICA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.)

Presentado por:

SOCORRO ERICKA FIGUEROA ESCUDERO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRONOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Guillermo Aguirre Yato
PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Vidal Villagómez Castillo
PATROCINADOR

Dr. Raúl Blas Sevillano
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Gilberto Rodríguez Soto
MIEMBRO

Lima - Perú
2015

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISION DE LA LITERATURA.....	4
2.1 EL CULTIVO DEL CAMOTE (<i>Ipomoea batatas</i> L.)	4
2.1.1 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo.....	5
2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE CAMOTE EN EL PERÚ.....	6
2.3 PRINCIPALES PROBLEMAS PARA EL USO DE SEMILLA MEJORADA EN EL PERÚ.....	7
2.4 PROPAGACIÓN VEGETATIVA EN PLANTAS.....	8
2.4.1 Estructuras de propagación vegetativa en plantas vasculares.....	8
2.5 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN CAMOTE.....	10
2.5.1 Importancia de la semilla de camote.....	10
2.5.2 Semilla Básica o de Fundación.....	10
2.5.3 Multiplicación usando semilla-raíz reservante.....	11
2.6 PRODUCCIÓN DE SEMILLA-ESQUEJE EN EL INVERNADERO.....	11
2.6.1 Selección de la semilla-esqueje.....	12
2.6.2 Ventajas de la producción en invernadero.....	12
2.6.3 Inconvenientes de la producción en invernadero.....	13
2.7 SISTEMA DE SIEMBRA CONVENCIONAL.....	13
2.8 CULTIVO SIN SUELO.....	14
2.8.1 Ventajas que presenta la técnica de cultivo sin suelo.....	14
2.8.2. Hidroponía propiamente dicha.....	15
2.8.3. Cultivos en sustrato.....	15
2.8.4. Cultivo en arena.....	15
2.9. SISTEMA DE SIEMBRA HIDROPÓNICO.....	16
2.9.1. Fertirrigación.....	17
2.9.2. Fertirrigación y la Hidroponía.....	18
2.10. NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS.....	18
2.10.1 Composición de las soluciones nutritivas.....	19
2.10.2. Funciones De Los Elementos Nutritivos En Las Plantas.....	19
2.10.3. Recirculación de la solución nutritiva	20
2.11 VARIEDAD BNAS WHITE CLON 440396 CIP.....	20

III. MATERIALES Y METODOS	21
3.1. LUGAR DE CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.....	21
3.1.1 Localización del experimento.....	21
3.1.2 Ubicación Geográfica y Política.....	21
3.1.3 Características agro-climáticas.....	21
3.2. FECHA DE SIEMBRA DEL EXPERIMENTO.....	22
3.3. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	23
3.4. MATERIALES Y EQUIPOS USADOS EN EL SISTEMA CONVENCIONAL.....	24
3.5. MATERIALES Y EQUIPOS DEL SISTEMA HIDROPÓNICO.....	25
3.6. MATERIALES GENERALES PARA AMBOS SISTEMAS.....	26
3.7. FACTORES DE ESTUDIO.....	27
3.8. TRATAMIENTOS.....	27
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
3.9.1 Diseño Experimental.....	28
3.9.2 Modelo Aditivo Lineal.....	28
3.10. ANÁLISIS DEL MODELO.....	29
3.10.1. Unidad experimental.....	29
3.11. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	29
3.12. METODOLOGÍA PARA EL MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	30
 IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	 37
4.1. RENDIMIENTO DE ESQUEJES POR ÁREA (m ²).....	37
4.2. RENDIMIENTO DE ESQUEJES POR PLANTA (TAZA DE EXTRACCIÓN).....	42
4.3. RENDIMIENTO DE RAÍCES RESERVANTES.....	46
4.4. RESULTADO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN.....	52
 V. CONCLUSIONES	 57
 VI. RECOMENDACIONES	 59
 VII. BIBLIOGRAFIA	 60
 VIII. ANEXOS	 63

INDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Composición media de 100 g de materia fresca de camote.....	5
Cuadro 2. Ubicación del experimento.....	21
Cuadro 3. Características agro-climáticas del invernadero.....	22
Cuadro 4. Características del material genético.....	23
Cuadro 5. Análisis de Varianza para rendimiento de esquejes por área (m ²)....	37
Cuadro 6. Análisis de Varianza para rendimiento de esquejes por planta.....	42
Cuadro 7. Análisis de Varianza para el rendimiento de raíces reservantes, en cada sistema.....	47
Cuadro 8: Balance total de los costos de producción para el sistema de siembra hidropónico.....	53
Cuadro 9: Balance total de los costos de producción para el sistema de siembra convencional.....	54
Cuadro 10: Cuadro económico comparativo de resumen.....	55

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1: Producción Anual de Camote Peruano.....	7
Gráfico 2: Rendimiento total de esquejes cosechados por m ² , en cada sistema de producción.....	38
Gráfico 3: Número total de esquejes cosechados, en cada densidad de siembra, por m ²	40
Gráfico 4: Promedio de esquejes obtenidos en cada cosecha en los 4 tratamientos, evaluados para la variable rendimiento de esquejes por área.....	41
Gráfico 5: Promedio de la Taza de extracción de esquejes de camote, en los dos sistemas de producción, durante toda la campaña.....	43
Gráfico 6: Número de esquejes cosechados por planta, en cada factor densidad de siembra, para el análisis taza de extracción de esquejes por planta..	44
Gráfico 7: Promedio de esquejes cosechados por planta durante toda la campaña, en cada uno de los tratamientos	45
Gráfico 8: Promedio total de las raíces reservantes, obtenidos en el factor Sistemas de siembra.....	47
Gráfico 9: Promedio de raíces reservantes, obtenidas en cada densidad de siembra en el experimento.....	49
Gráfico 10: Promedio total de raíces reservantes para cada tratamiento evaluado en el experimento.....	51

INDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Rendimiento de esquejes por área, durante toda la campaña.....	64
Anexo 2: Rendimiento de esquejes por planta, durante la campaña.....	64
Anexo 3: Rendimiento de Raíces Reservantes.....	65
Anexo 4: Análisis de agua del pozo del CIP.....	66
Anexo 5: Protocolo de NCM-ELISA.....	67
Anexo 6: Membrana de Nitrocelulosa con los resultados del NCM-ELISA, para la detección de SPCSV realizado a 100 muestras de plantas de camote.....	70
Anexo 7: Total de cosechas realizadas en el Sistema Convencional.....	70
Anexo 8: Total de cosechas realizadas en el Sistema Hidropónico.....	71
Anexo 9: Hojas de cálculos de todos los costos de la producción del Sistema Convencional.....	71
Anexo 10: Hojas de cálculos de todos los costos de la producción del Sistema Hidropónico.....	77

RESUMEN

Los sistemas de siembra de camote en la mayoría de los países en desarrollo suelen ser informales. Un cultivo que predominantemente depende de la propagación vegetativa se enfrenta también a la acumulación de problemas fitosanitarios. En la mayoría de los países los esquejes de camotes se usan como semilla para la siguiente temporada. En menos casos las raíces de almacenamiento también se utilizan como una fuente de semillas.

Las raíces reservantes de camote y los esquejes de camote de son muy perecederos, por lo tanto, en la mayoría de los países africanos, no sólo la producción de semilla de calidad es importante sino también la disponibilidad de las semillas esqueje para la siguiente temporada de cultivo (Andrade et al, Gibson 2009). La producción convencional de cortes limpios libres de enfermedad de las plantas in vitro implica el uso de un invernadero a prueba de insectos y el sustrato estéril, estas limitaciones son similares a las que se presentan en la producción de semillas de papa amarilla.

Otras alternativas de producción de semilla como la aeroponía se han intentado antes (Chuquillanqui, 2007), pero el costo de producción del esqueje es demasiado alto en un cultivo como el camote, que tiene un menor valor comercial que las papas. La Hidroponía en arena fue probada como una mejor alternativa para mejorar la producción de esquejes de camote libres de enfermedades fitosanitarias en el invernadero con un costo menor en comparación con el método convencional y al método aeropónico.

En este trabajo de investigación se llevó a cabo la comparación de los dos sistemas de siembra para la producción de semilla básica de camote, el convencional y el hidropónico y también se compararon dos densidades de siembra en cada sistema.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente los seres humanos nos encontramos en una etapa crítica en cuanto a la producción de alimentos, enfrentando dos grandes problemas; la escasez de alimentos, y la seguridad alimentaria. Estos problemas traen consigo problemas económicos, sociales y culturales a nivel mundial, siendo los países más pobres los más afectados por tener que luchar contra la hambruna, siendo muchas veces víctimas de la deficiencia en la calidad de los alimentos que llegan a producir. Pero estos problemas, también lo son para los países desarrollados y en vías de desarrollo, ya que ellos son demandantes no solo de alimentos de primera necesidad, sino también de productos secundarios derivados de estos alimentos básicos. Los lugares en los cuales se producen muchos de estos alimentos, se encuentran en la zona de África, Asia y de Sudamérica (González, 2006).

La semilla es el principal insumo para desarrollar buenos cultivos, y en el caso del camote es necesario tener semilla de buena calidad, ya que se emplea en la propagación vegetativa (por medio de su raíz reservante o de los pequeños tallos llamados esquejes), una semilla que no esté en condiciones sanitarias, físicas y fisiológicas adecuadas, producirá germinación no uniforme, un pobre desarrollo de plantas con bajos rendimientos y se corre el riesgo de diseminar, involuntariamente, plagas y enfermedades, que se transmiten a través de la semilla de mala calidad (Montesdeoca, 2005).

El camote es considerado un excelente cultivo en cuanto a seguridad alimentaria porque generalmente sobrevive donde otros cultivos fracasan (como el maíz en África), es rico en carbohidratos y vitamina A y puede producir más energía comestible por hectárea por día que el trigo, arroz o yuca (Casaca, 2005). También demanda de menos trabajo que otros cultivos básicos, gracias a su tipo de propagación vegetativa y puede ser plantado a lo largo de un amplio rango de tiempo sin que haya pérdidas considerables en su rendimiento. Además es sumamente económico, por ser un cultivo barato, y de fácil adquisición por los consumidores. Por esto, es una alternativa viable, para disminuir el hambre a nivel mundial, sobre todo, en África, donde se tiene el mayor índice de hambruna a nivel mundial.

El camote es un cultivo rustico, económico, con buenas características de adaptación medioambientales, y de fácil propagación, que posee lo necesario para ser considerada como buena fuente de alimento energético. Por todo esto se ha convertido, en importante objeto de estudio y de investigación a nivel mundial (Laurie, *et al*; 2009).

A las características de este cultivo se debe complementar un manejo adecuado de riego, fertilización, control fitosanitario, entre otros pero a su vez es de gran importancia la calidad del material de propagación, que sería en este caso la semilla vegetativa, sin este factor no se obtendría altos rendimientos ni un cultivo de calidad.

Lamentablemente hoy en día, no se cuenta con productores de semilla de camote, que nos aseguren la calidad fitosanitaria del cultivo, como tampoco la calidad genética de la planta, por este motivo es necesario desarrollar métodos y sistemas de siembra en los cuales se asegure la calidad de la semilla asegurando a su vez el material de propagación. Teniendo una semilla de calidad se pueden obtener variedades mejoradas que son estas semillas de calidad desarrolladas bajo mejoras genéticas y condiciones de laboratorio y de invernadero que den una alternativa de solución a posibles limitantes de producción en diferentes condiciones y a su vez asegurando la producción de la semilla básica y prebásica de calidad.

El camote se propaga por lo general a través de la semilla vegetativa, la cual puede ser la raíz reservante o los esquejes que son llamados guías, los cuales son porciones de ramificaciones de la planta, que contienen un brote y por lo general son brotes terminales. Para lograr optimizar la producción de semilla pre básica de camote, mediante esquejes, se vienen desarrollando diferentes sistemas de producción, en las cuales se busca evaluar cuál es el sistema más eficiente, en cuanto a cantidad en producción de esquejes, manteniendo en todas estas la mejor calidad de semilla prebásica, que se encuentre completamente sana, y perseverar la información genética de la planta. (León, *et al*; 2007).

Existen diferentes sistemas de producción de semillas prebásicas en el cultivo de camote, en las que se encuentran técnicas de cultivo sin suelo, que dan como ventaja la posibilidad de controlar la calidad sanitaria, y manteniendo las características genéticas de la variedad del cultivo, dependiendo del sistema usado, permiten cosechar a tiempo sin causar daños a las plantas, incrementándose así el número de semillas-esquejes por planta, a menor costo de producción.

El sistema convencional usa un sustrato a base de suelo orgánico y musgo, el que requiere ser esterilizado antes de ser usado. Con la desaparición del bromuro de metilo, se ha hecho más difícil y más costosa la producción de material vegetal limpio en invernaderos. Esto redundaría negativamente en los costos de producción en un cultivo no tan comercial como es el camote. A raíz de este problema se han desarrollado otras alternativas más viables. Entre los nuevos sistemas de producción, como el sistema hidropónico y está llamando mucho la atención, ya que esta técnica tiene un mayor desarrollo tecnológico y asegura una producción de mayor calidad, lo cual es de gran beneficio para el sistema de producción de semilla prebásica. (Rodríguez, 2004).

Esta investigación se centra en evaluar y comparar el sistema de producción hidropónico, con el sistema convencional, y este análisis ayudaría a determinar cuál de estos sistemas es el más beneficioso para la producción de semilla-esqueje de camote como semilla prebásica.

OBJETIVOS:

1. Cuantificar y comparar la cantidad de semilla-esquejes y de raíces reservantes de camotes, obtenidos en cada sistema de siembra.
2. Evaluar la rentabilidad de cada sistema de producción de semilla-esqueje, e identificar el sistema más conveniente para la producción de semilla de calidad prebásica.

II. REVISION DE LA LITERATURA

2.1 EL CULTIVO DEL CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.)

Es una planta perteneciente a la familia *convolvulácea*, originaria de la zona tropical sudamericana. El camote es una planta herbácea de porte rastrero, perenne que se cultiva como anual. La parte que más importancia tiene es la raíz reservante, a lo que llamamos comúnmente camote. El tallo o rama es de tamaño variable, con una guía de hábito rastrero, forma cilíndrica. Puede ser glabro o pubescente su longitud es hasta de 3 m. El tallo puede ser poco o muy ramificado, presentando 1 ó 2 yemas en cada axila foliar. De esta parte de la planta se obtienen los esquejes. El sistema radicular consiste de raíces fibrosas, abundantes y ramificadas, produciendo raíces reservantes de formas y colores variados (según variedad), Estas raíces se originan de los nudos del tallo que se encuentran bajo la tierra. El peso de las raíces reservantes puede variar desde 200-300 gramos hasta 6 kilogramos (Larenas, 1994).

Este cultivo tiene múltiples aplicaciones, en la cosecha se utiliza toda la planta, como alimento para consumo humano, alimento para el ganado, materia prima, para la industria o medio de propagación uso de los esquejes semilla vegetativa. Cultivo importante con alta tolerancia al estrés biótico y abiótico. Por esta cualidad la producción es en forma natural y su costo de producción es bajo, no necesita de mucho control fitosanitario (Woolfe, 1992).

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el camote ocupa el séptimo lugar, en términos de peso de cosecha, y el cuarto lugar, en la zona tropical. Como alimento el camote, ocupa el sexto a nivel mundial. (León-Velarde y Amable, 2007). Según Taiz y Zeiger (2002), el camote es el cultivo que ocupa el quinto lugar de importancia económica, a nivel mundial.

El potencial de producción del camote puede alcanzar, según las variedades, de 24 a 36 tn/ha de raíces reservantes, y una producción de follaje entre 4.3 a 6 t/ha. Según las variedades se pueden obtener entre dos y tres cosechas al año (León *et al*; 2007).

Cuadro 1. Composición media de 100 g de materia fresca de camote

Componente	Cantidad
Humedad	70%
Carbohidratos totales	26,1 g
Proteína	1,5 g
Lípidos	0,3 g
Calcio	32 mg
Fósforo	39 mg
Hierro	0,7 mg
Fibras digeribles	3,9 g
Energía	111 kcal

Fuente: Wolfe (1992), citado por Silva y col (2004).

2.1.1 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo:

El camote es una planta tropical. Las condiciones idóneas para su cultivo son temperatura media durante el periodo de crecimiento superior a los 20° C, ambiente húmedo (80-85% HR) y buena luminosidad. La temperatura mínima de crecimiento es 12° C. Temperaturas cálidas entre 20 y 30 grados centígrados aceleran su metabolismo, pero por encima de 29 C disminuye su crecimiento. El cultivo requiere de 12 a 13 horas diarias de luz. En temperaturas menores de 20 grados centígrados o mayores de 30 grados centígrados y en alturas superiores de 1,300 msnm el ciclo se alarga hasta 140 días, a medida que se incrementa la latitud a la que es sembrada, las cosechas se retrasan hasta 150 días (Van de Fliert y Braun, 2002).

Tolera los fuertes vientos debido a su porte rastrero y a la flexibilidad de sus tallos.

Se adapta a suelos con distintas características físicas, desarrollándose mejor en los arenosos, pero pudiendo cultivarse en los arcillosos con tal de que estén bien granulados. La textura ideal es franco-arenosa, junto a una estructura granular del suelo. La planta resulta sensible a la salinidad y alcalinidad de los suelos, desarrollándose bien en un rango de pH comprendidos entre 4,5 a 7,5; siendo el pH óptimo de 5,6 a 6,6.

El cultivo de camote produce bien en suelo de secano y con riego. La pluviometría óptima fluctúa entre los 750 y 1000 mm anuales, con aproximadamente 500 mm de precipitación durante el periodo de desarrollo. Utilizando el sistema de riego se pueden implantar diversos sistemas como: goteo, gravedad, aspersión, etc. Hoy en día el riego más utilizado es el goteo ya que resulta más efectivo en la utilización del agua e inyección de fertilizantes y control de malas hierbas.

El camote es muy resistente a la sequía. En esas condiciones, el follaje permanece verde y sano aunque el crecimiento de las raíces disminuye notablemente (Larenas, et al, 1994).

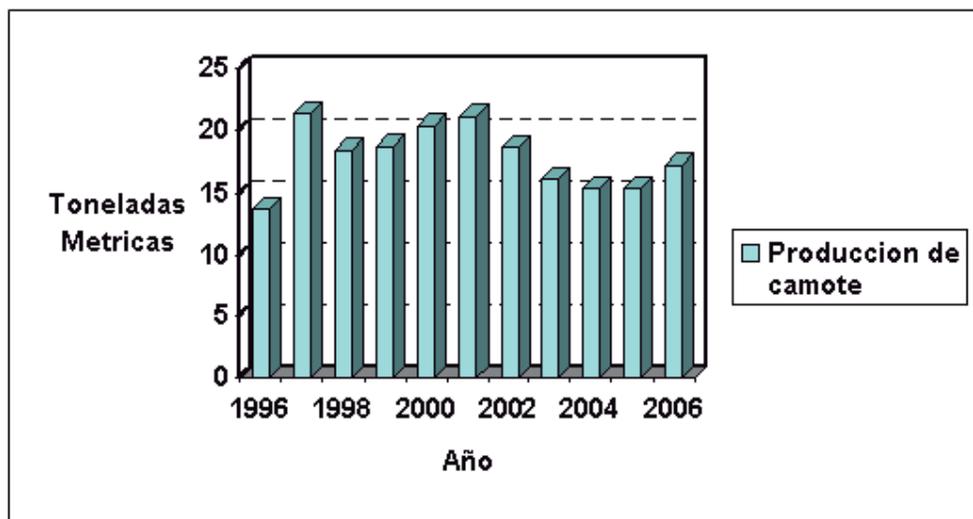
2.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE CAMOTE EN EL PERÚ

El Perú se encuentra la mayor diversidad de variedades de camote del mundo, donde crece desde hace 10 mil años, al igual que en Centroamérica. El agricultor peruano puede cultivarlo casi todos los días del año.

En el país, el camote se siembra en la costa, selva y valles interandinos ubicados entre 20 y 2000 msnm. En estos últimos años, el área sembrada con este cultivo oscila entre 12, 000 a 14,000 hectáreas (10 mil unidades agrícolas), con un volumen de producción de 190 mil a 224 mil toneladas (0.3% del valor bruto de producción agrícola) y un rendimiento promedio de 16 t/ha. Según registro de estadísticas, la mayor zona de producción de camote en el país es el departamento de Lima, en donde se concentra el 70% de la superficie cultivada; siendo las provincias de Huaral (800 ha) y Cañete (3,500 ha), las principales zonas productoras de camote; las cuales ofertan al mercado capitalino 120 mil toneladas métricas anuales. Los valles del norte chico Huacho, Barranca y Pativilca, poseen menor superficie de siembra (700 ha) y aportan alrededor 12 mil toneladas para los mercados de Lima.

Los valles costeros de Ancash, cultivan aproximadamente 1,500 hectáreas que aportan al mercado capitalino 24 mil toneladas anuales. En cambio, los valles costeros de los departamentos de Lambayeque y la Libertad registran una superficie de siembra de 2,300 ha, las cuales aportan 25 mil toneladas al mercado regional del norte. En los valles de Ica y Arequipa cultivan 1000 ha, las cuales producen 16 mil toneladas.

Gráfico 1: Producción Anual de Camote Peruano



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2004).

<http://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/01-produccion-nacional-agosto-2013.pdf>

http://inta.gob.ar/documentos/manual-tecnico-para-el-cultivo-de-batata-camote-o-boniato-en-la-provincia-de-tucuman-argentina/at_multi_download/file/Manual%20BATATA.pdf

2.3 PRINCIPALES PROBLEMAS PARA EL USO DE SEMILLA MEJORADA

EN EL PERÚ

Escasa inversión del estado en actividades de investigación y extensión agraria, compleja red institucional para la producción de semilla mejorada, concentración de las empresas privadas en la producción de semilla para los cultivos y regiones más dinámicos, costos elevados de adquisición de semilla y falta de disponibilidad de la misma en el caso de determinados cultivos, a lo que se suma la baja rentabilidad de estos, mala calidad del insumo, deficientes condiciones de producción, escasos conocimientos y recursos económicos del agricultor, como para poder usar semilla mejorada y el paquete tecnológico correspondiente, realización de actividades de investigación, de parte de instituciones internacionales, que no responden necesariamente a los intereses nacionales, etc. (Vattuone, 1995).

El camote, aun no es tomado en cuenta como un cultivo de importancia, en el país, debido a la falta de información, de sus cualidades nutricionales y el papel fundamental que podría tomar, como alimento que sustituya o complemente a otros cultivos debido a falta de ellos y al aumento de los precios, ya que el camote es un alimento bastante económico, lo cual está al alcance de toda la población peruana y del mundo.

2.4 PROPAGACIÓN VEGETATIVA EN PLANTAS

La propagación clonal o vegetativa de plantas es una producción a partir de partes vegetativas. Se utilizan tejidos vegetales que conserven la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos tallos y raíces a partir de cúmulos celulares presentes en diversos órganos. Este tipo de propagación tiene esencialmente tres variantes, que son:

- 1) La micropropagación a partir de tejidos vegetales en cultivo in vitro;
- 2) La propagación a partir de bulbos, rizomas, estolones, tubérculos o segmentos (esquejes) de las plantas que conserven la potencialidad de enraizar, y**
- 3) La propagación por injertos de segmentos de la planta sobre tallos de plantas receptoras más resistentes.

La propagación vegetativa comprende desde procedimientos sencillos, conocidos de tiempos inmemoriales por los campesinos de todo el mundo, hasta procedimientos tecnológicamente muy avanzados, basados en la tecnología del cultivo de tejidos vegetales, mediante los cuales se puede lograr la propagación masiva de plantas genéticamente homogéneas, mejoradas y libres de parásitos.

2.4.1 Estructuras de propagación vegetativa en plantas vasculares

En virtud de la capacidad de la planta para formar yemas y raíces adventicias, casi cualquiera de los órganos de una planta vascular tiene relación con su propagación vegetativa al sufrir modificaciones anatómicas y funcionales que le permiten desarrollarse en un organismo vegetal completo e independiente, con las mismas características genéticas de la planta progenitora. Las yemas, por lo general, se encuentran en las axilas de las hojas, en la porción

terminal del tallo, o bien se desarrollan en cualquier porción del tallo y dan origen a raíces adventicias.

Entre las estructuras de propagación vegetativa más comunes tenemos:

- **Propagación vegetativa por tallos y yemas:** Los tallos horizontales aéreos y subterráneos de varias especies silvestres y cultivadas se alargan y forman raíces adventicias en sus nudos.
- **Esquejes:** o gajos son fragmentos de plantas separados con una finalidad reproductiva. Pueden cortarse fragmentos de [tallos] e introducirlos en la tierra, para producir raíces. Las plantas enraizadas de esta manera serán idénticas a sus progenitoras, es decir, formarán con ellas un clon.

Pasos y criterios que se deben considerar para propagar por esquejes:

1. Seleccionar donantes vigorosos y sanos con alta cantidad de reservas alimenticias, preferentemente de un banco de plantas donantes que han crecido en condiciones de completa iluminación y que por lo tanto contienen alta cantidad de reservas alimenticias.
2. Elegir los segmentos basales o centrales de la rama, que son los que tienen más reservas alimenticias necesarias para el desarrollo de las nuevas raíces, pues de ellos se derivan las ramificaciones secundarias. Por ello no se deben elegir ramas con entrenudos muy largos o de ramas pequeñas y débiles.
3. El tamaño de los segmentos varía entre 15 y 75 cm de largo, el criterio adecuado para elegirlo depende de la especie, ya que se requiere que se incluyan por lo menos dos nudos, aunque lo recomendable es de cuatro a seis, sobre todo cuando los entrenudos son muy cortos. El diámetro de las ramas en que se realizan los cortes puede ser de 0.6 a 5 centímetros.
4. El corte basal se hace justo abajo de un nudo (sitio donde preferentemente se forman raíces adventicias) y el corte superior se realiza de 1.3 a 2.5 cm arriba del otro nudo
5. El enraizamiento de segmentos ocurre fácilmente, ya que el propio ciclo fenológico hace coincidir la producción de hormonas de crecimiento con el periodo de enraizamiento y crecimiento de yemas del segmento. Aun así, se favorece

notablemente el enraizamiento si se emplean hormonas y algunos procedimientos para asegurar el desarrollo rápido de los segmentos. El enraizamiento también se favorece colocando los segmentos a temperatura baja (5-8°C) por algunas semanas, ya que esto estimula la síntesis de hormonas en plantas que proceden de climas en los que hay una estación fría.

- **Propagación vegetativa por raíces:** Una forma extensa de propagación de las plantas se da mediante numerosos brotes que crecen de sus raíces horizontales. Tales brotes se forman sólo si la raíz es dañada, entonces los brotes se diferencian en un tejido calloso. Las raíces carnosas y aglomeradas de los camotes, las dalias y las peonías son también un medio de propagación vegetativa.

2.5 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN CAMOTE

2.5.1 Importancia de la semilla de camote:

El camote que se propaga vegetativamente, asegura la conservación de las características varietales durante generaciones, y esto es ventajoso en un programa de mejoramiento genético, y como desventaja, es que la semilla-esqueje, puede diseminar enfermedades sistémicas, si es que no se ha tenido un buen control de calidad en el sistema de producción de estos. Por esto es necesario que para este sistema de producción, se cuente con técnicas de micro propagación *in Vitro*, para que se produzcan plántulas libres de enfermedades, genéticamente idénticas, de las cuales obtendremos las plantas madres, que posteriormente darán origen a otras plantas en condiciones de buena calidad sanitaria. Así se garantiza el verdadero potencial de las variedades comerciales y los clones avanzados de los programas de mejoramiento genético (Salas, 1995). El uso de semilla de calidad de camote ha causado gran impacto en la producción en países como China y algunos países africanos.

2.5.2 Semilla Básica o de Fundación

Es la semilla obtenida como primera multiplicación, a partir de la semilla genética (resultante del mejoramiento genético, creado de la multiplicación de tejidos *in Vitro*), bajo condiciones de invernadero, producida bajo la supervisión de su fitomejorador, u otro, sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos mínimos establecidos. Es el punto

de partida para la obtención de las semillas de las demás categorías, particularmente de la registrada y/o certificada. (Vattuone, 1995)

2.5.3 Multiplicación usando semilla-raíz reservante:

La reproducción de raíces reservantes, da muy buena producción, y se realiza cuando no se dispone de cantidad de guías-esquejes suficientes. Este tipo de reproducción asexual tarda más tiempo, y para el transporte es más dificultoso por su peso, este método se recomienda cuando se quiere guardar el material para sembrarlo a la siguiente temporada. (Casaca, 2005).

Este sistema se emplea más en países de climas templados, donde la temperatura no es muy favorable para la propagación, mediante esquejes. La propagación usando raíz reservante, consiste en sembrar las raíces reservantes en semilleros con camas calientes, que mantengan una temperatura adecuada, para su prendimiento. Luego de esto se procede a cortar esquejes, que serían también material de propagación.

Este sistema también se emplea directamente en campo abierto, siendo mayor la posibilidad de pérdidas en el prendimiento de la planta, debido a la disminución de su calidad sanitaria, por estar expuesta a mayor contaminación (Van de Fliert y Braun, 2002).

2.6 PRODUCCIÓN DE SEMILLA-ESQUEJE EN EL INVERNADERO

Trabajando con material madre proveniente de cultivo in vitro, junto con las condiciones controladas en el sistema de siembra en invernadero, nos garantiza la obtención de semilla-esqueje de categoría prebásica.

La producción vegetativa de esta semilla-esqueje, nos suministra semilla-esqueje de calidad equivalente, a la categoría de fundación (Infoagro, 2010).

Comercialmente la forma más utilizada de propagación es utilizando guías o esquejes, ya sea de la parte basal, media o apical de las plantas adultas. Esta forma es la más efectiva y rápida de obtener plantas.

La multiplicación por medio de esquejes ya enraizados es el más empleado. Se realiza en invernaderos o plántales abrigados. También es común el empleo de ramas o de estaquillas herbáceas o puntas de 20 a 35 cm de longitud con tres o cuatro hojas que se trasladan sin enraizar al terreno definitivo.

En una cama de siembra con suelo completamente mullido, y debidamente desinfectado, se procede a sembrar los trozos de guías o esquejes que preferentemente contengan por lo menos 5 nudos, el mejor sistema de siembra es el acodado, enterrando la mayor cantidad de nudos pero colocando el esqueje de manera más o menos horizontal, a una profundidad de 5 a 10 cm y en sentido de la pendiente, dejando la parte apical del esqueje, que contiene dos o tres hojas afuera de la tierra para la absorción de luz y formación de foto asimilados para la emisión de raíces primarias, y preferentemente enterrando entre 3 a 4 nudos, ya que de ahí se emitirán las raíces. El espacio entre esquejes es relativo, recomendándose una distancia entre esquejes de 5 cm. (León-Velarde y Amable, 2007; Larenas, 1994).

2.6.1 Selección de la semilla-esqueje

Para seleccionar semilla, primero se identifican las plantas madres vigorosas y sanas, libres de síntomas de plagas y enfermedades principalmente virus. La mejor parte de los tallos, para usarse como semilla se encuentran en el extremo apical (25-35 cm). Esta parte se recupera más fácilmente del estrés por corte y siembra y crece más rápidamente que las partes bajas de los tallos.

Otra manera de seleccionar la semilla, es la selección positiva, que consiste en marcar las plantas más robustas, que estén sin síntomas de virus y otras enfermedades y esto hace que en la próxima generación la transmisión de virus sea muy reducida.

La producción de las semillas-esqueje prebásica de camote, de calidad se obtiene de un manejo en invernadero (Van de Fliert y Braun, 2002).

2.6.2 Ventajas de la producción en invernadero:

- Aumento de la calidad y del rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.

- Mejora del control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

2.6.3 Inconvenientes de la producción en invernadero:

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos técnicos.

2.7 SISTEMA DE SIEMBRA CONVENCIONAL

En este sistema, la fuente de soporte y de crecimiento para las plantas, es el suelo, debidamente preparado, el cual le proveerá los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Este sistema se puede realizar, en condiciones de invernadero o directamente en campo abierto.

La producción en invernadero es generalmente realizada usando un sustrato de origen vegetal (básicamente musgo, arena y humus) lo cual involucra el riesgo de infección por diferentes patógenos presentes en el sustrato. Es por este motivo que la esterilización del sustrato de este sistema es un factor limitante para una óptima producción de esquejes. Otra de las desventajas de la producción de semilla pre-básica en suelo es generalmente la baja tasa de multiplicación.

La preparación de tierra se recomienda hacerla con un mes de anticipación, para el mejor control de plagas y manejo de enfermedades del suelo, realizando medidas de control, para poder prevenir o controlar estos riesgos de infección.

En este sistema, se maneja el camote con riego simple, que comúnmente en el campo se realiza por gravedad, en el caso de invernadero es un riego con manguera, y es esporádicamente ya que, el camote no es muy demandante de agua

La fertilización se hace, en el momento que se prepara la tierra, es ahí en donde se añaden el macro y el micro nutrientes necesarios. Según Medina (1990), la dosificación más conveniente para una mayor cobertura de planta es el nivel de N-P-K de: 90-80-50 utilizando Urea 46% de N, Súper Fosfato triple de Calcio 46% de P₂O₅, y Sulfato de Potasio 50% de K₂O.

En este sistema se puede mantener el camote bajo un crecimiento rastrero, que es el más usado cuando se tiene el cultivo en campo abierto, pero es mejor llevarlo en un crecimiento con guías, en el caso de cultivo en invernadero.

Los esquejes o guías se siembran cada 15 a 20 cm. Las camas altas tienen grandes ventajas agronómicas: mejor drenaje y aireación, estando el suelo suelto para que las raíces exploren mejor.

Los riegos que se le aplican son ocasionales, según la demanda de la misma planta, siempre manteniendo el suelo en su capacidad de campo (Van de Fliert y Braun, 2002; Woolfe, 1991).

2.8 CULTIVO SIN SUELO

Los términos denominados cultivos sin suelo son bastante amplios. Incluye a todos aquellos métodos y sistemas que hacen crecer a las plantas fuera de su ambiente natural; el suelo. Por lo tanto engloba a todos los sistemas en los cuales no se usa el suelo y la clasificación de estos cultivos sin suelo se realizan en general atendiendo los criterios básicos y dentro de ellos a una serie de modificaciones y cuya aplicación genera diferentes clasificaciones (Urrestarazu, 2004), estos son:

- El medio físico donde crece la raíz de la planta que cultivamos.
- El método de suministro de la solución nutritiva.
- El método en su caso, de aireación de la disolución nutritiva.
- La existencia o no de reciclado o recuperación de la solución nutritiva.

2.8.1 Ventajas que presenta la técnica de cultivo sin suelo:

- Provee a las raíces en todo momento de un nivel de humedad constante, independiente del clima o de la etapa de crecimiento del cultivo.
- Reduce el riesgo por excesos de irrigación.
- Evita el gasto inútil de agua y fertilizantes.
- Asegura la irrigación en toda el área radicular.

- Reduce considerablemente los problemas de enfermedades producidas por patógenos del suelo.
- Aumenta los rendimientos y mejora la calidad de producción sobre todo, para producir semilla-esqueje de clase prebásica.

2.8.2. Hidroponía propiamente dicha:

Cultivo en medio exclusivamente líquido (wáter culture), o cultivo en sustrato sólido inerte y poroso (las plantas están ancladas al sustrato). Nos centraremos en este tipo de sistema hidropónico, en este caso la solución nutritiva atraviesa el sustrato de arriba abajo por percolación (sand culture) y puede ser por irrigación superficial discontinua (slop method), con recuperación de la solución nutritiva (Urrestarazu, 2004).

2.8.3. Cultivos en sustrato:

Comparando con el sistema hidropónico netamente en agua, este mantiene una mayor aireación, por lo tanto en los cultivos con sustrato son menos frecuentes los problemas de hipoxia radical. Por el contrario cuando se usan los sustratos, no existe una ilimitada disponibilidad de agua constante para las raíces, por tanto esta situación mal manejada podría disminuir o cuando menos limitar algún proceso biológico de la planta.

Para conseguir la mejor producción en los cultivos sin suelo con sustrato es necesario encontrar el punto de equilibrio entre agua-aire mediante el manejo del riego y fertirriego con la frecuencia y duración del mismo ajustada a las necesidades de las plantas y características físicas del sustrato. (Urrestarazu, 2004).

2.8.4. Cultivo en arena:

Es un sustrato muy utilizado. La ventaja principal es su bajo costo ya que es abundante, así como la posibilidad de utilizarlo durante largos periodos de tiempo, ya que no altera sus características físicas fácilmente con la edad del cultivo y permite su desinfección sin alterarse. Entre los inconvenientes esta su elevada densidad aparente y el impacto ambiental negativo cuando se extrae de playas y ramblas. (Urrestarazu, 2004).

2.9. SISTEMA DE SIEMBRA HIDROPÓNICO

La hidroponía es una técnica que permite cultivar y producir plantas sin emplear suelo o tierra y es una excelente herramienta para estudiar la nutrición mineral de los cultivos bajo condiciones controladas (Resh, 2001 y Rodríguez-Delfín; et al; 2004). Con la técnica de cultivo sin suelo se obtienen plantas de excelente calidad y sanidad, se asegura un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por unidad de área cultivada son altos, por la mayor densidad y la elevada productividad por planta (Rodríguez-Delfín et al, 2004).

En este sistema el sustrato que se utiliza, es un medio inerte, al cual se le adiciona una solución de nutrientes, que contiene los elementos vitales, para el desarrollo normal de la planta.

Hacia los años 60 - 70 como consecuencia de los diversos problemas que plantea el suelo, entre los que se destaca el difícil control hídrico nutricional y su creciente población de patógenos, la investigación de los países más avanzados técnicamente, sobre todo en el campo de la horticultura, se orientó hacia la búsqueda de sustratos que pudiesen sustituir al suelo.

Entre los sustratos más importantes, que se usan en sustitución del suelo para uso a nivel comercial, sobre todo para su uso en la horticultura, tenemos: Turba, perlita, acícula de pino, arena, grava, diversas mezclas de estos materiales, lana de roca y N.F.T. (cultivo hidropónico puro, aquel en el que se cultiva directamente en agua), todos ellos tienen un mayor o menor carácter hidropónico. (Hill et al, 1992).

Durante los años 70 en Europa tuvieron un gran desarrollo los cultivos en turba y el N.F.T. (Nutrient Film Technique). Sin embargo, ambos tipos de cultivos están siendo ahora desplazados a un segundo plano por el cultivo en lana de roca.

Como el principio de la nutrición mineral de las plantas es el mismo para un cultivo en suelo que sin suelo, es posible cultivar hidropónicamente un gran número de plantas entre ellos el camote y otros cultivos que producen raíces y tubérculos (Fernández y Rodríguez-Delfín, 1993; Rodríguez-Delfín, 1995, 1997, 2001, 2003,2004).

La primera aplicación comercial se inició durante la Segunda Guerra Mundial, ocasión en que las tropas norteamericanas solucionaron su problema de abastecimiento de verduras frescas con esta técnica de cultivo.

2.9.1. Fertirrigación

La agricultura intensiva e incluso extensiva se está polarizando hacia condiciones de cultivo cada vez más controladas, con el fin de aumentar los rendimientos. Por otra parte es necesario utilizar al máximo los recursos naturales como: fijación biológica del nitrógeno, aprovechamiento de residuos de cosecha etc. y complementar las necesidades de nutrientes de los cultivos con una aplicación adecuada de fertilizantes. Esta aplicación se debe realizar en base a un correcto diagnóstico de suelos, plantas, y aguas de riego y por otra parte, se deben utilizar las nuevas tecnologías que permitan un fraccionamiento de los fertilizantes. Es en este punto en que parte la Fertirrigación, que no es más que la aplicación de una dosis adecuada de fertilizantes mediante un riego localizado al cultivo. (Cadahía, 2005).

Estas nuevas tecnologías presentan su máxima eficacia cuando se sustituye el suelo por sustratos alternativos como hemos explicado anteriormente. Además los nuevos productos como los fertilizantes de liberación lenta, tanto orgánicos como minerales y las disoluciones concentradas fertilizantes para hacer un abonado exacto, pueden facilitar una fertilización racional que evite excesos, desequilibrios y contaminaciones (Cadahía, 2005).

Ventajas de la fertirrigación:

- Dosificación racional de fertilizantes.
- Ahorro considerable de agua, utilización de aguas de baja calidad.
- Nutrición optimizada del cultivo y aumento de rendimientos.
- Control de la contaminación.
- Mayor eficacia y rentabilidad de fertilizantes.
- Alternativas en la utilización de diversos fertilizantes: simples, complejos cristalinos y disoluciones concentradas.
- Automatización de la fertilización.
- Posibles inconvenientes:
- Coste inicial de infraestructura.
- Obturación de goteros.
- Manejo de personal especializado.

Las grandes ventajas que aporta el sistema de fertirrigación compensan sobradamente los inconvenientes citados que, por otra parte, pueden tener una solución relativamente simple. (Cadahía, 2005).

2.9.2 Fertirrigación y la Hidroponía:

El riego localizado presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional en relación a la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua, pero sobre todo la ventaja mayor está en el uso de una óptima dosificación racional de fertilizantes, es decir da la posibilidad de realizar una fertilización día a día, en función a los requerimientos fisiológicos de la planta. También se tiene la ventaja que bajo un sistema de fertirriego, se puede controlar los posibles problemas de contaminación que puedan originarse por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo o en el sustrato.

El sistema de fertirrigación es en la actualidad el método más racional para realizar una fertilización optimizada y respetando el medio ambiente dentro de la denominada agricultura sostenible. (Cadahía, 2005).

La idea básica para el estudio de la fertirrigación en diferentes sustratos parte de la hidroponía. Para conseguir que la planta tome los nutrientes de forma óptima es necesario que estos se encuentren en concentraciones y relaciones adecuadas en la disolución fertilizante. De esta forma se evitan fenómenos negativos como efectos osmóticos y antagonismos que perturban la absorción de nutrientes por la planta. (Cadahía, 2005).

2.10. NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS

Los nutrientes para las plantas en el sistema HIDROPÓNICO son suministrados en forma de soluciones nutritivas que se consiguen en el comercio agrícola. Las soluciones pueden ser preparadas por los mismos cultivadores cuando ya han adquirido experiencia en el manejo de los cultivos o tienen áreas lo suficientemente grandes como para que se justifique hacer una inversión en materias primas para su preparación. Alternativamente, si las mismas estuvieran disponibles en el comercio, es preferible comprar las soluciones concentradas, ya que en este caso sólo es necesario disolverlas en un poco de agua para aplicarlas al cultivo.

Las soluciones nutritivas concentradas contienen todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas (Eguchi, *et al*, 1996).

2.10.1 Composición de las soluciones nutritivas

La planta, además de tomar el carbono, hidrógeno y oxígeno, del aire, ellas consumen en diferentes grados de intensidad, elementos necesarios, y secundarios para su desarrollo, son:

- **MACRONUTRIENTES:** que son indispensables para la vida de las plantas y se consumen en mayores cantidades, tenemos: nitrógeno, fósforo y potasio.
- En cantidades intermedias: azufre, calcio y magnesio.
- **MICRONUTRIENTES:** elementos menores, que se requieren en cantidades muy pequeñas, tenemos: hierro, manganeso, cobre, molibdeno, zinc y boro.
- Útiles pero no indispensables para su vida: cloro, sodio, silicio.
- Innesarios para las plantas, pero necesarios para los animales que las consumen: cobalto, yodo.
- Tóxicos para el vegetal: aluminio.

Es muy importante tener en cuenta que cualquiera de los elementos antes mencionados pueden ser tóxicos para las plantas si se agregan al medio en proporciones inadecuadas, especialmente aquellos que se han denominado elementos menores (O'Sullivan *et al*; 1997).

2.10.2. Funciones de los elementos nutritivos en las Plantas

De los 16 elementos químicos considerados necesarios para el crecimiento saludable de las plantas, 13 son nutrimentos minerales. Ellos en condiciones naturales de cultivo (suelo) entran a la planta a través de las raíces. El déficit de sólo uno de ellos limita o puede disminuir los rendimientos y, por lo tanto, las utilidades para el agricultor.

La localización de los síntomas de deficiencia en las plantas se relaciona mucho con la velocidad de movilización de los nutrientes a partir de las hojas viejas hacia los puntos de crecimiento; en el caso de los elementos móviles (N, P, K) que son trasladados rápidamente, los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas. Los elementos inmóviles, como el calcio y el boro, causan síntomas de deficiencia en los puntos de crecimiento.

En algunos elementos, el grado de movilidad depende del grado de deficiencia, la especie y el nivel de nitrógeno. Hay muy poca movilidad del cobre, el zinc y el molibdeno desde las hojas viejas hacia las jóvenes, cuando las plantas están deficientes en esos elementos.

2.10.3. Recirculación de la solución nutritiva:

La recirculación de las soluciones nutritivas, es una forma de manejo ideal del agua y de los fertilizantes, que se usan en el sistema hidropónico, y que también se utiliza en el sistema de cultivo aeropónico, ya que se evita la contaminación medio ambiental, degradación del suelo y es a la vez una manera de economizar gastos en cuanto al mal uso del agua y al uso de fertilizantes, que en este caso están dosificados en las soluciones nutritivas.

En el caso hidropónico, y en el aeropónico, se maneja cada sistema con una recogida de solución a través tuberías de drenaje, por el cual se recoge la mezcla de la solución nutritiva con el agua, que ha caído del riego por aspersión en el caso del sistema Aeropónico y goteros en el sistema Hidropónico, siendo en las camas con sustrato para el sistema hidropónico, y de los contenedores cerrados en el aeropónico.

El cambio de agua con solución nutritiva del tanque de inyección de cada sistema, se va cambiando según se van evaluando ciertos parámetros, que nos van indicando el desgaste de nutrientes, y la pérdida de cantidad de agua y solución nutritiva.

Estos parámetros son: la conductividad eléctrica, y el pH de la solución-mezcla. Si los valores están por encima o debajo de los límites, se pueden hacer correcciones agregando agua, o agregando solución nutritiva, y en muchos casos también se puede agregar algún tipo de ácido, pero si los valores ya son continuamente corregidos y a la vez evaluamos el tiempo, quiere decir que el desgaste, se debe de corregir solo cambiando toda la mezcla, es decir eliminamos lo que quede de agua-solución nutritiva del tanque, y seguidamente, llenamos el tanque con agua completamente nueva y agregamos la dosis requerida de la solución nutritiva. (Resh, 2001).

2.11 VARIEDAD BNAS WHITE CLON 440396 CIP:

Esta variedad es llamada “Batata forrajera”, de procedencia de Filipinas, se desarrolla naturalmente en República Dominicana pero fue introducida desde Perú, y esta conservada en el banco de germoplasma del CIP.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.1.1 Localización del experimento

Los ensayos fueron llevados a cabo en el Centro Internacional de la Papa (CIP) Estación La Molina. La investigación fue conducida bajo ambientes protegidos (invernaderos) donde se construyó e instalo cada módulo de los dos sistemas: Convencional e Hidropónico.

3.1.2 Ubicación Geográfica y Política:

Cuadro 2: Ubicación del experimento

Lugar	Estación CIP	Latitud sur	Longitud oeste	Altitud (msnm)
Lima	La Molina	12° 4'34"	76° 56'46"	244

Fuente: Investigación propia

3.1.3 Características agro-climáticas:

- a) Temperatura promedio anual; humedad relativa y promedio de radiación fotosintética activa anual (P.A.R) que se tuvo en el invernadero:

Cuadro 3: Características agro-climáticas del invernadero:

Meses	T° prom. Inver. (C°)	H. Relativa (%)	P.A.R (E/m2 día)
Abril (2010)	20.43		
Mayo (2020)	18.7		
Junio (2010)	16.27		
Julio (2010)	17.17	75.39	134.41
Agosto (2010)	15.98	81.72	92.1
Setie (2010)	16.79	80.54	128.15
Octu (2010)	17.43	80.94	117.89
Noviem (2010)	19.34	74.85	148.7
Diciem (2010)	21.79	74.79	113.06
Enero (2011)	25.22	68.82	129.15
Febre (2011)	27.14	67.23	64.59
Marzo (2011)	25.61	65.49	49.31
Abril (2011)	23.42	72.01	30.22
Mayo (2011)	20.5	79	15.4

Fuente: Centro Internacional de la Papa.

b) No existe precipitación, por ser un ambiente de invernadero

3.2 FECHA DE SIEMBRA DEL EXPERIMENTO

- Los esquejes de camote fueron sembrados el 18 y 19 de Marzo del 2010.
- Se finalizo la parte experimental, con la cosecha el 16 y 17 de Mayo del 2011.

3.3. MATERIAL EXPERIMENTAL

Variedad BNAS WHITE-CLON 440396 CIP.

Esta variedad es llamada “Batata forrajera”, de procedencia de Filipinas, se desarrolla naturalmente en República Dominicana pero fue introducida desde Perú, y esta conservada en el banco de germoplasma del CIP. Posee las siguientes características:

Cuadro 4: Características del material genético

CARACTERISTICAS	BNAS WHITE
Adaptación (medio)	Alta
Potencial de producción de R.R (T/ha)	12
Periodo vegetativo(días)	140-150
Raíces (tipo, forma)	Cónica alargada
Color de raíz	Anaranjado claro
Forma, color de hojas y tallos	Tallo ramificado y verde claro
Tolerancia a plagas	Alta
Tolerancia a falta de agua	Mediana
Tolerancia a salinidad	Media

Fuente: León-Velarde et al., (1999).

Es de doble propósito, para consumo humano y también para forraje, con características ya señaladas como color de piel anaranjado y la pulpa anaranjado claro con un 23% de materia seca (León-Velarde y Amable 2007).

En este experimento se planteó utilizar este clon de doble propósito por ser un mejorado procedente del CIP, el cual es adaptable a las condiciones climáticas de Sudamérica y también de la región Asiática y Africana.

3.4. MATERIALES Y EQUIPOS USADOS EN EL SISTEMA CONVENCIONAL

- 2 camas para siembra, de madera con medidas de 4 m x 1 m x 0.2 m
- Arena, musgo y humus (2:1:1). Total de sustrato 1m³ aprox.
- Cámara de vapor.
- 596 esquejes de camote del clon BNAS White (clon 440396 CIP)
- Agua de pozo.
- Termómetro.
- Urea (46 % N): 500 gr
- Súper fosfato triple de Calcio. Formula química: Ca(NH₂PO₄)₂: 600 gr
 - Contenido de Fósforo (P₂O₅): 46%
 - Contenido de Calcio (CaO): 21%
- Sulfato de Potasio. Formula química: Fórmula Química: K₂SO₄: 800 gr
 - Contenido de Potasio Total (K₂O): 50%.
 - Contenido de azufre (S): 18%
- Abonos foliares como BAYFOLAN, componentes: (2 gx l⁻¹)

ANALISIS GARANTIZADO:	Porcentaje en peso/peso
Nitrógeno total (N)	11.470%
Clorhidrato de tiamina	0.004%
Fósforo (P ₂ O ₅)	8.000%
Azufre (S)	0.230%
Potasio como (K ₂ O)	6.000%
Calcio (CaO)	0.025%
Boro (B)	0.036%
Cobalto (Co)	0.002%
Cobre (Cu)	0.040%
Manganeso (Mn)	0.036%
Fierro (Fe)	0.050%
Magnesio (MgO)	0.025%
Molibdeno (Mo)	0.005%
Ácido Indol Acético	0.003%
Zinc (Zn)	0.080%

- FETRILON COMBI, Componentes: (2 gr/Lt)

Macronutrientes:

- 5,0 % Nitrógeno (N)

Micronutrientes:

- 4,0 % Manganeso (Mn),
- 4,0 % Hierro (Fe),
- 1,5 % Cobre (Cu),

- 1,5 % Cinc (Zn),
- 0,5 % Boro (B),
- 0,1 % Molibdeno (Mo),

Todos los micronutrientes metálicos se encuentran en forma quelatizada.

Nutrientes secundarios adicionales:

- 9,0 % Oxido de Magnesio (MgO)
- 3,0 % Azufre (S)

Quelativador:

EDTA (ácido etilendiaminatetracético)

- Pharmate (fungicida preventivo de amplio espectro)
- ingrediente activo: Tiabendazol

3.5. MATERIALES Y EQUIPOS DEL SISTEMA HIDROPÓNICO

- 2 camas de siembra de 4 m x 1 m x 0.2 m.
- Arena de cantera desinfectada. Total del sustrato: 1 m³ aprox.
- 596 esquejes de camote del clon mencionado en material genético.
- Tanque de inyección de 600 lts (donde se mezcla el agua con la solución nutritiva).
- Tanque de 600 lts al cual regresa la solución nutritiva después del riego por goteo.
- Tuberías de pvc para distribución y recojo del agua de riego.
- Goteros, 40 por cada cama. Total para dos camas 80 goteros.
- 40 metros de cintas de riego, en el cual se colocaron los goteros.
- Termómetro.
- Medidor de pH y medidor de conductividad eléctrica.

1. Soluciones nutritivas:

2. SOLUCIÓN A: (para 5 lts de agua volumen final)

- Nitrato de K: 13.5% N, 45% K₂O = 550 g.
- Nitrato de amonio: 33% N = 350 g
- Superfosfato triple de Ca: 45% P₂O₅ 20% Ca = 180 g

2. SOLUCIÓN B: (para 2 lts de agua volumen final)

- Sulfato de Mg 16% (MgSO₄) 220 g

- Sulfato de potasio 50 % (K₂SO₄) 120 g
- Quelato de hierro 6.0% (Fe) 17 g
- Solución de Micronutrientes 400 ml.

3.6. MATERIALES GENERALES PARA AMBOS SISTEMAS

1. Plástico negro de 8mm de pulgadas de espesor. Rollo por 50 m.
2. Baldes de plástico de 15 litros de capacidad.
3. Tijeras de podar.
4. Alambres para el guiado (twis).
5. Lejía para la desinfección de herramientas en el transplante.
6. Hipoclorito de calcio para la prevención de hongos y bacterias, como *Fusarium*, *Erwinia*, *Albugo Ipomoeae*, *Alternaria*, *Rizoctonia*, etc.
7. Insecticidas para controlar mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y Trips (*Thrips sp*).
 - CONFIDOR (IMIDACLOPRID): 1 ml/ 1 lts de agua
 - APPLAUD (BUPROFEZIN): 1 g/ 1 lt de agua
 - Aceite agrícola: 1ml/ 1 lt de agua.
 - Trampas amarillas.
8. Instrumentos de laboratorio como: probetas, beakers, guantes de látex, vasos de precipitado, frascos ámbar, pipetas, etc.
9. Pruebas SEROLOGICAS, para análisis de sanidad como NCM ELISA. Esta prueba tiene sus propios materiales que se utilizan en el laboratorio.
10. Cuadernos de notas, en donde se anotaran las mediciones diarias.
11. Termómetros en invernadero, (termómetros automáticos).
12. Ladrillos de cemento.
13. 30 metros cuadrado de espacio en invernadero con malla antiáfidos.
14. Fumigadoras, mochila de aplicación.
15. Pabilo, bolsas de plástico transparentes.
16. Papel toalla, jabón desinfectante, guantes de látex.
17. Escoba, balanza.
18. 1192 guías de bambú, de 1.20 mt.

3.7. FACTORES DE ESTUDIO

En el experimento se tuvo dos factores:

- Factor 1: sistema de siembra, con dos niveles:
 1. Sistema hidropónico (S1)
 2. Sistema convencional (S2)
- Factor 2: densidades de siembra, con dos niveles:
 1. Densidad 1: 100 plantas/m²(D1)
 2. Densidad 2: 49 plantas/m² (D2)

3.8. TRATAMIENTOS:

Los tratamientos se obtuvieron, de la combinación de los dos factores, ya mencionados obteniendo 4 tratamientos: (cada tratamiento contara con 4 repeticiones).

- S1D1
- S1D2
- S2D1
- S2D2

Esquema 1: Distribución de las cuatro camas de siembra, con sus respectivos tratamientos: (cada cuadrado es una unidad experimental).

R-I: 100 Plantas	R-I: 49 plantas	R-II: 100 plantas	R-II: 49 plantas
R-III: 49 Plantas	R-III: 100 plantas	R-IV: 49 plantas	R-IV: 100 plantas

S1: Sistema Hidropónico

S2: Sistema Convencional

D1: Densidad 1 (100 plantas/m²)

D2: Densidad 2 (49 plantas/m²)

R-I: Repetición 1.

R-II: Repetición 2.

R-III: Repetición 3

R-IV: Repetición 4.

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.9.1 Diseño Experimental

Se realizó un análisis comparativo, con el fin de evaluar qué sistema tuvo mayores ventajas en cuanto a la producción de semilla-esqueje prebásica de camote.

Se aplicó, el diseño factorial con un factor aleatorio (densidad) y un factor fijo (sistema); debido a que se necesita saber si hay un efecto de interacción entre el factor sistema de siembra (S) y el factor densidad de siembra (D)

3.9.2 Modelo Aditivo Lineal

$$Y_{ijr} = \mu + T_i + \gamma_j + E_{ijr}$$

Dónde :

$i = 1, \dots, t$

$j = 1, \dots, s$

$r = 1, \dots, r$

Y_{ijr} = Valor observado al finalizar el experimento de la unidad experimental que recibió el i -ésimo nivel del factor sistema de siembra (T), en el j -ésimo nivel del factor densidad de siembra (γ), y en la r -ésima repetición.

μ = Es el efecto de la media general

T_i = Es el efecto del i -ésimo tratamiento de nivel de sistema de siembra.

γ_j = es el efecto del j -ésimo tratamiento de nivel de densidad de siembra.

E_{ijr} = Efecto aleatorio del error experimental correspondiente al i -ésimo tratamiento sistema de siembra, del j -ésimo tratamiento densidad de siembra, en la r -ésima repetición.

t : número de niveles de sistemas de siembra.

s : número de niveles de densidad de siembra.

r : número de repeticiones para el i -ésimo nivel de sistema de siembra, en el j -ésimo nivel de densidad de siembra.

3.10. ANÁLISIS DEL MODELO

En el análisis de los efectos simples, las densidades y sistemas (por ser solo dos) son comparados con una prueba *t*- Student.

3.10.1. Unidad experimental:

La superficie de cada unidad experimental fue de 1 m² para cada tratamiento, para los tratamientos con densidad de 100 plantas por m², se tuvo un distanciamiento de 10 cm entre esquejes. Para los tratamientos con 49 plantas por m², se tuvo un distanciamiento de 14,2 cm entre esquejes.

Existían 4 unidades experimentales por cama, siendo dos camas para cada sistema. Obteniendo, 8 unidades experimentales en total por sistema y 16 unidades experimentales en todo el experimento (con las dos replicas).

3.11. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

1. Rendimiento de esquejes por área: Evaluado al final y como resultado de las distintas cosechas secuenciales ya que no se determinaban desde un principio las cosechas estas se iban programando según se veía su desarrollo foliar en el tiempo en ambos sistemas (Anexo 1). Expresado en esquejes/m².
2. Rendimiento de esquejes por planta: Evaluado al final y como resultado de las distintas cosechas secuenciales en el tiempo en ambos sistemas (Anexo 2). Expresado en esquejes por planta.
3. Rendimiento de raíces reservantes: Se cuantificó la cantidad de raíces reservantes cosechados, al finalizar el experimento (Anexo3). Expresado en número de raíces por tratamiento.
4. Costo de producción: Para cada sistema de siembra se realizó un análisis económico, para evaluar el sistema con mayor rentabilidad. La metodología que se empleó para el análisis económico, fue un análisis simple, determinando costos de inversión, precio de venta por cada esqueje, obteniendo la utilidad para cada sistema de siembra.

3.12. METODOLOGÍA PARA EL MANEJO DEL EXPERIMENTO

A. Siembra de plántulas de camote:

Se adquirieron 10 magentas con 5 plántulas de camote, provenientes del laboratorio (*in vitro*), del clon BNAS-White. En total se tuvieron 50 plántulas, que se sembraron en bandejas de plástico usando como sustrato arena de cantera. Al cabo de 6 días, con un sistema radicular desarrollado, se trasplantaron a macetas con suelo preparado (arena, musgo y humus), se dejó que crezcan por 15 días, de cada planta, se cosecho diferente cantidad de esquejes. Obteniendo finalmente 596 esquejes para sembrar en cada sistema. Un total de 1192 esquejes de camote.

B. Conducción del Sistema convencional:

1. Trasplante de esquejes:

Los esquejes de camote se trasplantaron en las camas de siembra con suelo preparado, con una mezcla formulada por el CIP, el cual contenía arena, musgo y humus, en una proporción 2:1:1. Cada cama tenía una cantidad de 1 m³ de suelo. A este suelo antes de la siembra se le incorporo una fertilización con una ley de 90kg N – 80kgP₂O₅ – 50kg K₂O, la cual es una ley modificada para el propósito de esta investigación, aumentando la dosis de nitrógeno con la finalidad de aumentar un desarrollo foliar en el cultivo.

- Urea (46% N): 189 gr para dos camas de siembra.
- Superfosfato triple de calcio (46% P₂O₅): 167,1 gr
- Sulfato de potasio (50% K₂O): 96 gr.

Este suelo preparado, se desinfecto por calor, haciendo uso de cámaras de vapor proporcionadas por el CIP.

Usamos 596 esquejes de camote de aproximadamente 20 cm. Estos esquejes fueron distribuidos en dos camas de siembra, 298 esquejes para cada cama, distribuidas en 2 tratamientos por cama con 2 repeticiones cada una, teniendo por sistema 4 tratamientos con 4 repeticiones cada una.

El distanciamiento de siembra entre esquejes fue:

10 x 10 esquejes con 10 cm de separación (bloque de 100 esquejes por m²)

7 x 7 esquejes con 14.2 cm de separación (bloque de 49 esquejes pro m²)

Esta diferencia de densidades, se realizó con el propósito de evaluar, distintas respuestas en cuanto al crecimiento. Los esquejes se sembraron enterrando un nudo en el suelo y siendo el corte del esqueje diagonal.

2. Riego en el sistema:

Para este sistema se realizó un riego simple utilizando mangueras y agua de pozo que proporcionó el CIP, para poder usar esta agua realizamos un previo análisis de agua de macro y micro nutrientes en la Universidad Agraria la Molina, ya teniendo los resultados (Anexo 4) procedimos a usarla sin ningún problema.

Se tuvo variaciones en la frecuencia del riego, debido al cambio de estaciones que se dio en el transcurso de los 14 meses que duro el experimento. Los primeros meses marzo y abril se rego de manera semanal, debido a que aún se presentaban temperaturas altas durante el día, lo que generaba un aumento en la evapotranspiración originando un posible estrés en la planta.

Los siguientes meses de mayo a setiembre se rego cada 20 días, por las bajas temperaturas, que permitían al suelo mantenerse húmedo por más tiempo.

Desde fines del mes de setiembre hasta fines de noviembre se aumentó la frecuencia de riego a cada 15 días, ya que hubo aumento de temperaturas.

Desde el mes de diciembre hasta el final del experimento en el mes de mayo, se rego una vez por semana, y en el mes de febrero se llegó a regar 2 veces por semana, debido al incremento de las temperaturas. En total se realizaron:

- Invierno (6 meses): 12 riegos de 15 minutos cada uno para las dos camas de siembra.
- Verano (8 meses): 25 riegos de 20 minutos cada uno para las dos camas de siembra.

3. Fertilización del sistema:

La fertilización se realizó según el sistema convencional, realizándose 2 fertilizaciones, en el mes de junio y a inicios del mes de setiembre; La fertilización empleada fue la misma que se utilizó en la preparación del sustrato.

C. Conducción del sistema hidropónico:

1. Trasplante de esquejes:

En este sistema, se utilizaron dos camas de las mismas características que el sistema convencional, lo que cambio fue el sustrato que se utilizó, en este caso se empleó arena fina de cantera desinfectada con agua caliente y lejía. Teniendo un volumen total de un poco más de 1m³.

Se usó como material genético la misma cantidad de esquejes de camote, que en el sistema convencional, 596 esquejes, y fueron distribuidos de la misma manera, cuatro repeticiones, con dos de 100 esquejes y dos de 49 esquejes en una cama, y dos repeticiones de 100 esquejes y dos de 49 esquejes en la otra cama de siembra.

El distanciamiento de siembra entre esqueje fue de:

10 x 10 esquejes con 10 cm de separación (bloques de 100 esquejes por m²)

7 x 7 esquejes con 14.2 cm de separación (bloques de 49 esquejes por m²).

2. Riego en el sistema:

En el sistema hidropónico, se llevó a cabo un sistema de riego por goteo simple, haciendo uso de un sistema de recirculación de nutrientes, utilizando dos tanques, el tanque de inyección, que distribuirá el riego en las dos camas, que estuvo ubicado a 1.5 m por encima de las camas de siembra, a la que se le incorporo el sistema de tuberías y mangueras con una pendiente de 0.3% con la finalidad, de que se tenga caída de agua por gravedad.

Además, se instaló un tanque de recojo, que cumplió la función de recibir los lixiviados de las camas de siembra, este tanque, estará enterrado a nivel del suelo, luego con ayuda de una

bomba, y mangueras se pasó el contenido del tanque de recojo al tanque de inyección, para un siguiente uso.

Se usó la misma solución nutritiva hasta por tres riegos, y teniendo en cuenta la medición del pH y la conductividad eléctrica de la solución. Si la conductividad eléctrica era menor a 2.0 se procedía a renovar la mezcla y el pH se mantenía en 6.5.

Dosis de solución nutritiva: La solución nutritiva A que contiene los macro elementos, y la solución nutritiva B que contiene los micro elementos, se aplicaron en una proporción de 5 ml por litro y de 2 ml por litro, respectivamente. Siendo para nuestro caso un tanque de 600 lt, una cantidad total de 3 lt de la solución A, y 1,2 lt de la solución B.

3. Solución nutritiva y manejo:

Los elementos minerales esenciales (macro nutrientes y micro nutrientes) que las plantas de camote requieren para desarrollarse, deben estar en la solución nutritiva en concentraciones adecuadas para lograr una nutrición balanceada de las plantas. Para esto se empleó la solución nutritiva formulada por el departamento de fisiología vegetal de la Universidad Agraria La Molina, exactamente hecha para el cultivo de papa, ambas soluciones (A y B) han sido preparadas para cultivar raíces y tubérculos. Trabajamos con estas soluciones nutritivas ya que no se contó con una formulación comercial, que sea exacta para la producción de camote, y también se evaluó resultados preliminares en el que se llegó a tener una buena respuesta con el cultivo de camote, haciendo uso de dichas soluciones nutritivas.

D. Manejo del experimento:

1. Podas de limpieza:

Se podó las hojas viejas y grandes en ambos sistemas, con la finalidad de producir mayor número de esquejes, evitar efecto de sombra y también para control preventivo mosca blanca en la época de verano. Se realizaron 2 podas durante toda la campaña, en el mes de setiembre del 2010 y en el mes de marzo del 2011.

2. Control cultural de plagas:

Desde el inicio del experimento, se colocaron trampas amarillas en ambos sistemas, en la parte superior de todas las camas se colgaron 3 trampas amarillas.

Este fue una buena alternativa de control para la mosca blanca y también para cierta cantidad de trips que se encontraban, solo en la época de cambio de temperaturas que fue en el mes de setiembre, en el caso de la mosca blanca si se contuvo la incidencia de daño en la temporada de invierno, que casi no se presentó, pero en la temporada de verano, que hubo un poco más incidencia de daño, nos ayudamos del control químico para eliminar la mosca blanca (*Bemisia tabasi*).

3. Control químico contra plagas:

Se realizó control químico de plagas para controlar mosca blanca (*Bemisia tabasi*), trips (*Trips spp.*) y contra una mínima presencia de ácaros de invernadero (*Poliphagotarsonemus latus*). Para este tipo de control utilizamos inhibidores de síntesis de quitina, de acción sistémica que actúan por ingestión, con la finalidad de controlar insectos picadores-chupadores. Los químicos que usamos fueron los siguientes, y en las dosis recomendadas:

- Applaud (Buprofezin): 1 mg por litro de agua.
- Confidor (Imidacloprid): 1 mg por litro de agua.
- Vertimec (Abamectina): 1 ml por litro de agua.
- Aceite agrícola como adherente: 1 ml por litro de agua.

Todos estos químicos se prepararon en una mochila de 15 litros, para aplicar a las 4 camas de cultivo. En total se realizaron 8 aplicaciones en todo el experimento.

4. Diagnóstico de virus:

Con finalidad de asegurar la sanidad esquejes de categoría pre-básica, se realizó el diagnóstico de virus de camote especialmente para el virus del enanismo clorótico del camote (SPCSV) para lo cual se realizó prueba serológica NCM ELISA.

Este análisis se realizó según protocolo de la prueba (Anexo5), tomándose para nuestro caso un total de 100 muestras de hojas de camote, tomadas al azar de las 4 camas de siembra.

Se procesaron las muestras y con la ayuda del personal de la unidad de virología del CIP, se obtuvo el resultado de 100 % negativo para la presencia de este virus (SPCSV) (Anexo 6).

Esta prueba se realizó la segunda semana del mes de agosto de 2010.

5. Cosecha de esquejes:

La cosecha de esquejes, fue la labor principal del experimento, para cada sistema se tuvo diferente cantidad de cosechas realizadas, debido a la velocidad particular de cada sistema en su crecimiento foliar. Estas cosechas se realizaron evaluando el nivel de crecimiento de las plantas de camote, cuando ya se observaban esquejes laterales de al menos 15 cm, se procedía a cosechar los esquejes que se encontraran en ese rango, a partir de los 15 cm, y también se podía tener esquejes de más de 30 cm, que provenían de las partes basales de las plantas.

Como mencione anteriormente, se tuvo diferente número de cosechas para cada sistema siendo:

- Sistema convencional: total de 12 cosechas (Anexo 7).
- Sistema hidropónico: total de 15 cosechas (anexo 8).

6. Cosecha de raíces reservantes:

Se realizó la cosecha de las raíces reservantes de ambos sistemas, al finalizar el experimento, fue solo una cosecha en la que se contabilizo cantidad de raíces reservantes en cada tratamiento, para luego sacar un total para cada sistema y densidad de siembra.

La fecha de esta cosecha fue el día: 16 de Mayo del 2011.

7. Registros de temperatura:

7.1 Registro de temperatura de sustrato: para cada sistema, se colocó un termómetro en una cama, el tipo de termómetro usado fue de pichar para tierra con material de vidrio y mercurio, con un rango de -10^0 a 50^0 grados Celsius. Se hacían mediciones de temperatura, a las 8.00 am, y al finalizar el día, a las 4.00 pm, con esto se veía, las variaciones que se daban en los sustratos según las temperaturas diarias, ya que esto determinaba que tan rápido se iba perdiendo la capacidad de campo de cada cama de siembra, con esto determinábamos las frecuencias de riego.

7.2 Registro de temperatura del invernadero: para ambos sistemas se utilizó un solo termómetro, que se colocó en una columna interna del invernadero, el tipo de termómetro que se usó fue un termómetro de máxima y mínima, con techo de material de plástico y mercurio, su rango era de -40^0 a 50^0 grados Celsius. La medición de la temperatura del invernadero era diaria, a primera hora de la mañana, en la cual teníamos la temperatura mínima del día anterior, y a las 3.00 pm, en la cual ya se tenía la temperatura máxima del día.

8. Registro de costo económico del experimento:

Con la finalidad de evaluar qué sistema de producción es el más beneficioso para la producción de semilla-esqueje de calidad pre-básica, se realizó un análisis económico de cada sistema, en este análisis se realizó un balance general del costo de producción, el costo final de cada esqueje en cada sistema, se estableció un precio de venta para el mercado externo de cada esqueje producido. Y con estos datos se procedió a determinar el ingreso, ganancia y beneficio neto de cada sistema.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RENDIMIENTO DE ESQUEJES POR ÁREA (M²)

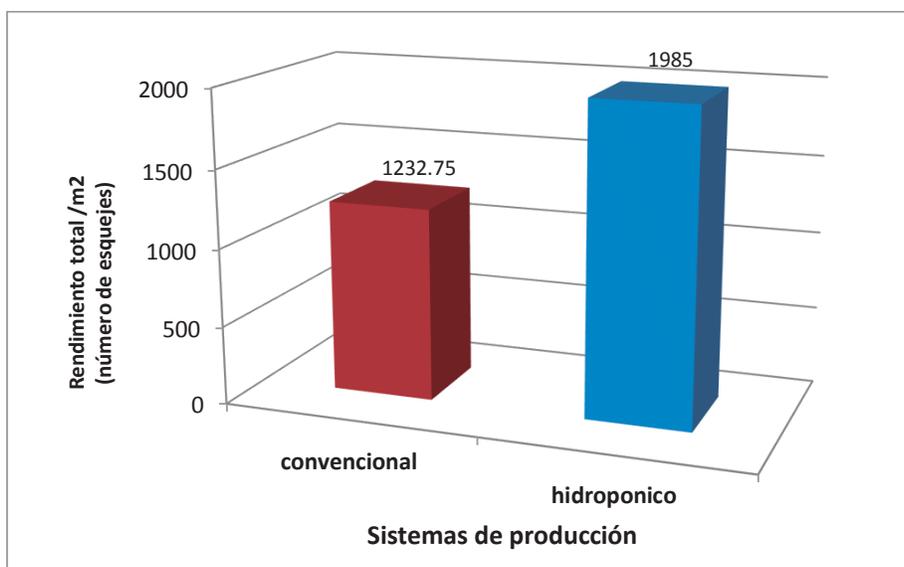
En el análisis de varianza para la variable, rendimiento de esquejes por área, (cuadro 5), realizado para dos sistemas de siembra con dos densidades, en camote, se observa que existieron diferencias altamente significativas para el factor sistema y no para la densidad de siembra, ni en la interacción sistema x densidad. El promedio general fue 16,08 esquejes/m² y el coeficiente de variación fue de 7,24% lo que resulta ser bueno para este tipo de investigación.

Cuadro 5: Análisis de Varianza para rendimiento de esquejes por área (m²)

	GL	CM	
SISTEMA	1	2263520	**
DENSIDAD	1	225	ns
SISTEMA:REP	6	55531	ns
SISTEMA:DENSIDAD	1	169	ns
ERROR	6	13559	
C.V:		7.24%	
PROMEDIO (Esquejes)		16,089	

Fuente: Investigación propia

Gráfico 2: Rendimiento total de esquejes cosechados por m², en cada Sistema de producción.



En el gráfico 2, se observa el promedio total de esquejes cosechados por m², para ambos sistemas de producción, en cada cosecha realizada.

Se observa un total de 1985 esquejes de camote por m² para el sistema de producción hidropónico, lo cual es superior a la cantidad de esquejes obtenidos bajo el sistema de producción convencional, con 1232.75 esquejes por m², esta diferencia en la cantidad de esquejes obtenidos, se debe al número total de cosechas que se tuvo para cada sistema de producción, siendo 15 cosechas para el sistema hidropónico, y solo 12 para el sistema convencional.

Esta diferencia en la cantidad de cosechas realizadas, se pudo deber a que en el sistema hidropónico tuvo un desarrollo foliar más acelerado y a la vez uniforme. Esto pudo darse a un mejor método de fertilización que se dio al sistema hidropónico mediante un tipo de fertiriego, como se mencionó en la metodología constaba de una mezcla de agua con solución nutritiva adecuada al cultivo, el cual se realizó periódicamente según la demanda del cultivo. Esta demanda del cultivo se veía reflejada cuando el sustrato del sistema había perdido gran parte de la humedad, y el área foliar de la plantación se veía con síntomas de estrés como marchitamiento y pérdida de turgencia, es en este momento que se procedía a

realizar otro riego, inmediatamente después de este las plantas recobraban fácilmente su vigorosidad y continuaban su crecimiento de manera significativa.

Por otra parte la fertilización en el sistema convencional se manejó de manera tradicional como se hace en los campos de producción, fertilizando el campo de cultivo con los fertilizantes ya mencionados bajo su ley de fertilización. Puede ser que la eficiencia en el uso de fertilizantes edáficos sea menor que el uso de fertiriego, por lo que el desarrollo foliar de las plantas fue menor que en el sistema hidropónico.

Probablemente por la constante fertilización en el sistema hidropónico se tuvo mejor respuesta en cuanto al crecimiento foliar con respecto al sistema convencional.

El crecimiento foliar que se tuvo en ambos sistemas también pudo haberse facilitado por la manera en la cual manejamos su crecimiento, ya que mantuvimos un crecimiento erguido para los dos sistemas, mediante el guiado de plantas, debido a que estas tenían un crecimiento rastrero las cuales podían llegar a crecer más de 2 m de altura. Este guiado se empezó a realizar cuando las plantas llegaron a los 30 cm de longitud. Para mantenerlas erguidas usamos los tutores de bambú, y los tuis (alambres) para fijarlas a los tutores, esto ayudo a un crecimiento uniforme y a la vez ordenado dándonos una facilidad al momento de la cosecha, y disminuyendo el riesgo de daño a los esquejes que se cosechaban y también a la misma planta que quedaba en la cama de siembra., disminuyendo de esta manera posibles daños mecánicos al momento de la cosecha y evitando también que exista un efecto de sombra entre las plantas.

Con lo que respecta a la radiación, las plantas al manejar su crecimiento de manera erguida, se evitó el efecto de sombra entre las plantas durante su desarrollo en las camas de siembra. El camote no tolera mucha sombra por lo que mantenerlas erguidas beneficio notablemente en su crecimiento, y disminuyo la competencia por luz entre las plantas, manteniéndolas en estado juvenil por un periodo prolongado (Larenas, 1994). Por esta razón también el cultivo se mantuvo produciendo follaje durante todo el tiempo del experimento, y por un periodo más prolongado de más de 14 meses, teniéndose que terminar el experimento aun teniendo las plantas con la capacidad de seguir produciendo.

El crecimiento foliar se incrementó en ambos sistemas en un periodo determinado que fue en la estación de primavera, debido al aumento de temperatura a partir del mes de septiembre del 2010 y mantuvo el incremento hasta el mes de marzo, finalizando la época de verano. En este periodo se tuvo temperaturas mayores a los 23 °C llegando hasta las 35°C dentro del invernadero, y según (Larenas, 1994), estas altas temperaturas favorecen el desarrollo foliar,

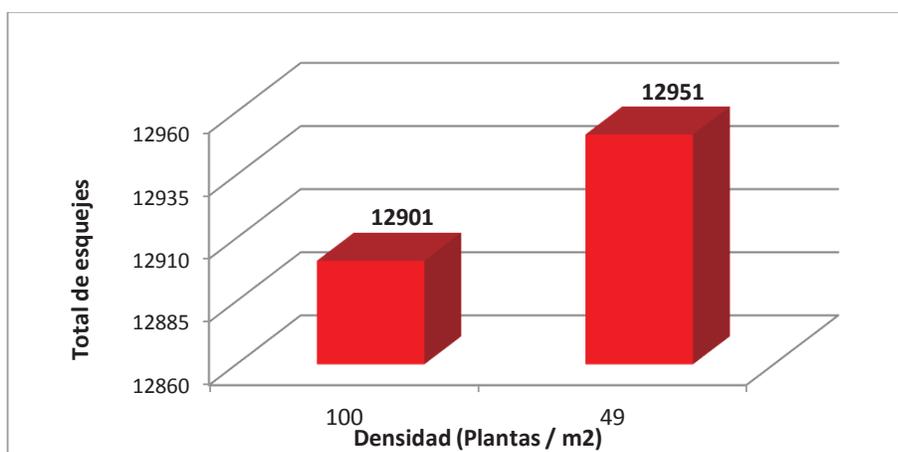
desarrollo de las raíces fibrosas que inhiben la iniciación del proceso del crecimiento de las raíces, reduciendo el rendimiento de las raíces reservantes, pero incrementando el desarrollo foliar.

No se dio floración en las plantas debido a que se mantuvo a las plantas en continuas cosechas cortando los esquejes de forma que se induzca a la producción de meristemas foliares. Esta etapa de floración que no se presentó se pudo haber restringido debido a que se mantuvo a la planta en continua etapa juvenil por el efecto de radiación y corte.

La humedad fue un factor que se manejó de manera exacta para el adecuado crecimiento foliar de las plantas, siendo para el sistema hidropónico 500 L de agua con solución nutritiva en cada riego, estando por encima del rango de humedad ya que se manejó con un sistema de filtración para tener el riego de forma recirculante y para el sistema convencional se regó con un total de 400 L de agua aproximadamente, en cada riego.

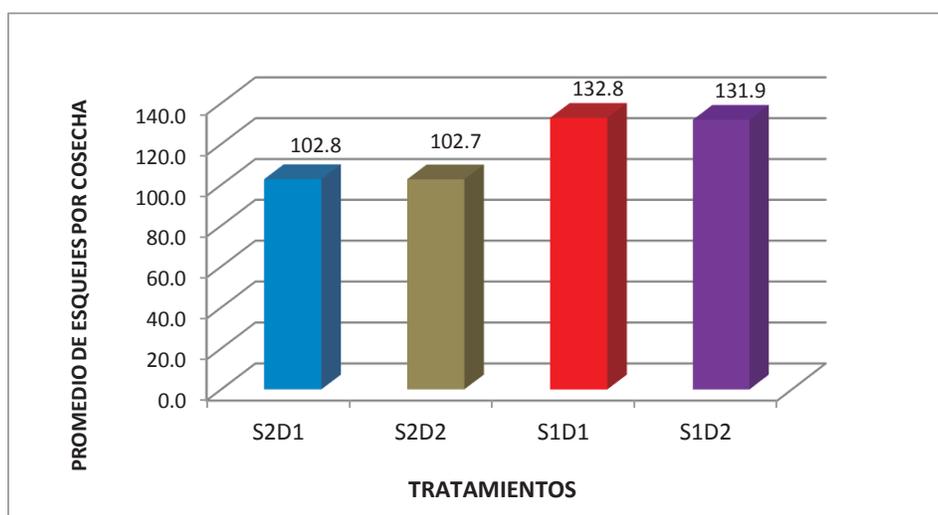
No hubo deficiencia de humedad para alguno de los sistemas por este motivo se pudo tener también un crecimiento óptimo de las plantas, aparte de ser este cultivo muy resistente a la deficiencia de agua, pero se evitó esto desde el principio ya que con estudios preliminares se observó que las plantas estresadas por deficiencia de agua, se mantenían vivas, y se veían sanas y verdes, sin embargo el crecimiento se detenía, reduciéndose el rendimiento de esquejes, lo cual no era lo conveniente para este tipo de experimento.

Gráfico 3: Número total de esquejes cosechados, en cada densidad de siembra, por m².



En el gráfico 3, se observa el total de esquejes cosechados para cada uno de los factores, densidad de siembra. Como se determinó en el análisis estadístico para el rendimiento de esquejes cosechados por área (m^2), no se obtuvo diferencias significativas, ya que como podemos ver los resultados en este gráfico, para la densidad de siembra 1 ($D1=100$ plantas/ m^2), se tiene un total de 12901 esquejes cosechados en todo el experimento, y en la $D2=49$ plantas/ m^2), se tiene un total de 12951 esquejes en toda la campaña, lo cual es ligeramente superior al número obtenido para la $D1$, esto nos indica, que la diferencia de esquejes es mínima, solo tomando en cuenta que es por m^2 por lo tanto no se toma como diferencia significativa para el rendimiento de esquejes por área.

Gráfico 4: Promedio de esquejes obtenidos en cada cosecha en los 4 tratamientos, evaluados para la variable rendimiento de esquejes por área.



En el gráfico 4, se aprecian los resultados obtenidos para la cantidad de esquejes cosechados en los 4 tratamientos realizados de la interacción de ambos sistema con ambas densidades de siembra.

Siendo la de mayor producción de esquejes, la interacción del sistema hidropónico con la densidad de 100 plantas/ m^2 . ($S1D1$), con un promedio total de 132,80 esquejes por cosecha. Este tratamiento tiene los mejores resultados, ya que podría deberse a que el sistema hidropónico fue el sistema más eficiente en cuanto a cantidad de producción de esquejes en general debido a los motivos expuestos ya mencionados en la discusión del grafico 1, y

combinado con el factor densidad de siembra de 100 plantas/m², que produjo una cantidad casi igual o hasta inferior a la cantidad de esquejes producidos con la densidad 2 (D2), es por esto que el factor densidad de siembra en este resultado, no marca mucho la diferencia en cuanto a cantidad de esquejes producidos.

Y el menos eficiente, fue la interacción del sistema convencional con la densidad de 49 plantas/m², es decir el tratamiento (S2D2) con, este tratamiento tuvo el más bajo rendimiento de esquejes por área, debido tal vez al sistema de siembra, porque este factor fue el que más demora para completar un desarrollo vegetativo adecuado para la cosecha de esquejes, y la densidad en este caso no tuvo el mayor efecto en cuanto a la cantidad de esquejes producidos, este tratamiento fue muy similar a los resultados obtenidos con el tratamiento (S2D1) que tiene un total de, 102.77 esquejes de promedio por cosecha.

4.2. RENDIMIENTO DE ESQUEJES POR PLANTA (TAZA DE EXTRACCIÓN)

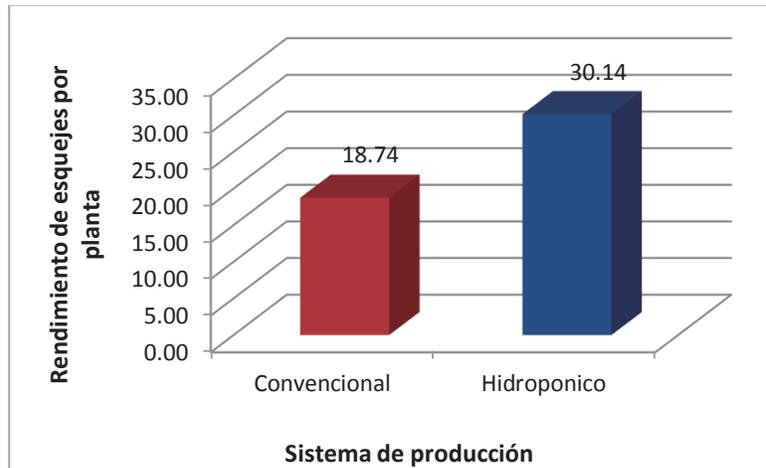
En el análisis de varianza para la variable, rendimiento de esquejes por planta a la que se le llama tasa de extracción, (cuadro 6), realizado para dos sistemas de siembra con dos densidades, en camote, se observa que existieron diferencias significativas para el rendimiento de esquejes entre los dos sistemas, también se tuvieron diferencias significativas para el factor densidad de siembra. Contrariamente no entre la interacción entre sistemas y densidades. El promedio general fue 24,42 y el coeficiente de variación fue de 8.48 % que también resulta ser bueno para este tipo de investigación.

Cuadro 6. Análisis de Varianza para rendimiento de esquejes por planta

	GL	CM	
SISTEMA	1	520.2	***
DENSIDAD	1	1106	***
SISTEMA:REP	6	12.86	ns
SISTEMA:DENSIDAD	1	58.25	*
ERROR	6	4.29	
C.V:		8.48%	
PROMEDIO		24.42	

Fuente: Investigación propia

Gráfico 5. Promedio de la Taza de extracción de esquejes de camote, en los dos sistemas de producción, durante toda la campaña.



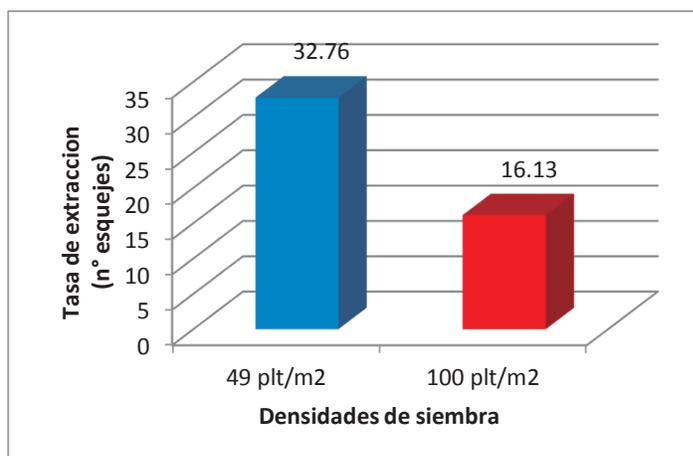
En el gráfico 5, se observa el promedio del número de esquejes de camote cosechados por planta, durante toda la campaña de producción, para cada uno de los sistemas de siembra.

En este gráfico se observa, que el sistema hidropónico tuvo una mayor tasa de extracción de esquejes por planta, siendo el promedio de 30.14 esquejes cosechados en toda la campaña, lo cual se ve reflejado como una diferencia altamente significativa para el factor sistema de siembra, en el análisis estadístico realizado para la tasa de extracción de esquejes por planta, y teniendo un resultado menor el sistema convencional con 18.74 esquejes también durante toda la campaña.

Esto nos indica que el sistema hidropónico fue el más eficiente en cuanto a la producción de esquejes por planta, y de la misma manera que se explicó con los resultados de rendimiento de esquejes por metro cuadrado, se podría deber a que el sistema hidropónico en general tuvo un manejo agronómico más beneficioso para este tipo de experimento, en el cual la producción de semilla-esqueje de calidad pre-básica es lo que se busca obtener con mayor producción.

Los resultados obtenidos analizando el factor sistema de siembra se vieron influenciados por el factor densidad de siembra, de manera notable, como se demuestra en el análisis estadístico. Lo cual explicaremos en el siguiente gráfico, en el cual se analizara los resultados obtenidos para cada densidad de siembra

Gráfico 6: Número de esquejes cosechados por planta, en cada factor densidad de siembra, para el análisis taza de extracción de esquejes por planta.



En el gráfico 6, se puede ver los resultados promedios obtenidos para el factor densidad de siembra, en la evaluación de rendimiento de esquejes de camote por planta.

También se puede ver que en este gráfico, que en la producción de esquejes por planta en el factor densidad de siembra tuvo un efecto más pronunciado que en el análisis de rendimiento por área.

Estos resultados nos indican que también existen diferencias altamente significativas para este factor, teniendo como el resultado promedio final, mas alto, el obtenido en la D2, de 49 plantas/m² con un valor de 32.76 esquejes de camote cosechados por planta, durante toda la campaña, y un valor de 16.13 esquejes de camote cosechados por planta, para la D1 (100 plantas/m²).

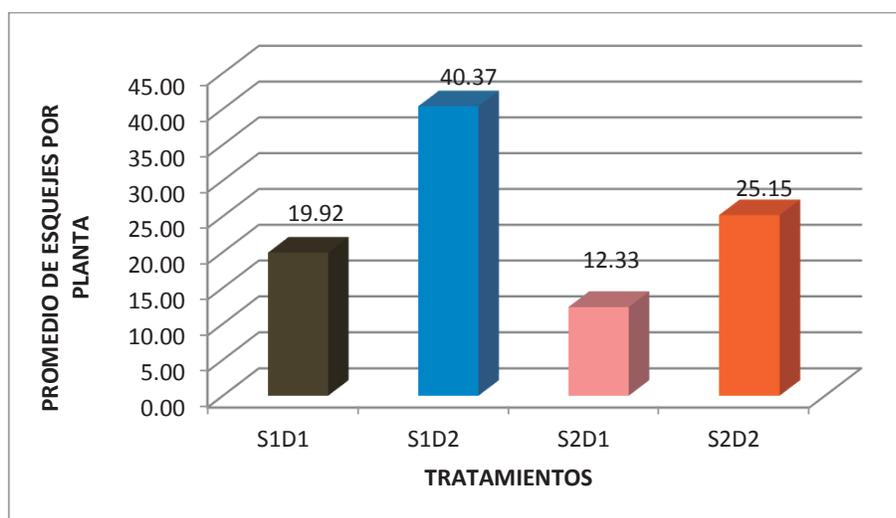
Estos resultados se pueden deber a que el nivel de competencia por agua y nutrientes en la densidad 1 (100 plantas/m²) fue mayor debido a que se contaba con una menor área para el desarrollo radicular de cada planta por ser una mayor cantidad de plantas en 1 m², en comparación con la densidad 2 (49 plt/m²) en el cual se tuvo una mayor eficiencia de producción de esquejes por planta.

También se debe tener en cuenta el efecto de sombra que se dio en cada factor, según (León-Valverde 2007) indica que este efecto es contraproducente para la producción de raíces reservantes, pero que el follaje tolera mejor este efecto, sin embargo se infiere que un efecto fuerte de sombra si afectaría de manera significativa a un óptimo desarrollo foliar de la

planta, y en este caso las dos densidades se diferencian por más del doble de cantidad de plantas de camotes por m², en la cual si se da una diferencia significativa cuando se compara el nivel de competencia por luz, agua y nutrientes que hay en cada factor de densidad de siembra, siendo tal vez mucho menor en la densidad 2 (49 plt/m²).

Los menores resultados que se obtuvieron con la D1 (100 plt/m²) también se pudieron deber a los daños mecánicos que se presentaron al momento de la cosecha, debido a la dificultad de cosechar los esquejes que se encontraban en la parte interna de la cama de cultivo, esto hacia también que dañáramos los brotes de los esquejes más expuestos con la tijera de podar. Estos daños se veían en la cosecha siguiente viendo plantas más pequeñas y con brotes dañados.

Gráfico 7. Promedio de esquejes cosechados por planta durante toda la campaña, en cada uno de los tratamientos



En el gráfico 7, se tienen los resultados promedios obtenidos, para el análisis de la taza de extracción de esquejes por planta, evaluando la interacción de los dos factores; sistema y densidad de siembra. Como se había establecido anteriormente, existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos que se evaluaron, ya que la diferencia entre los

valores de cada uno de estos tratamientos es notoria sobre todo comparando los resultados entre sistemas.

Se puede observar que los valores más altos, han sido obtenidos para la interacción de ambos sistemas de siembra con la D2 (densidad de 49 plantas/m²), teniendo el tratamiento S1D2 (sistema hidropónico con densidad de 49 plantas/m²) con 40.37 esquejes cosechados por planta durante todo el experimento.

El resultado más bajo se obtuvo en el tratamiento S2D1 (sistema convencional con 100 plantas/m²), con 12.33 esquejes por planta en todo el experimento. Este resultado es el más bajo debido a la combinación del sistema más débil en cuanto a crecimiento vegetativo, se vio que fue el sistema de crecimiento más lento, y junto con la densidad que demanda mayor competencia entre plantas, por efecto de sombra entre ellas, debido al espacio reducido, para la cantidad sembrada (100 plantas/m²).

4.3. RENDIMIENTO DE RAÍCES RESERVANTES:

Según el análisis estadístico, realizado para la variable, cantidad de raíces reservantes cosechadas, que se realizó al final del experimento, como se muestra en el cuadro 7, se observa que existieron diferencias significativas para el rendimiento de raíces reservantes entre los dos factores sistema de siembra, también existe una pequeña diferencia entre los factores densidades de siembra, mas no se observa estas diferencias en la interacción entre ambos, sistemas y densidades.

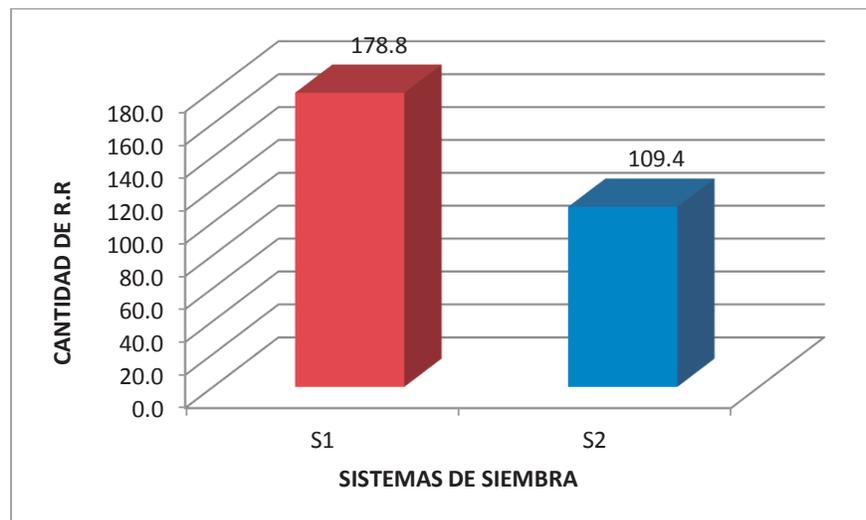
El promedio general de los 4 tratamientos fue 144.06 raíces reservantes cosechadas y el coeficiente de variación fue de 12.34% que resulta ser bueno para este tipo de investigación.

Cuadro 7. Análisis de Varianza para el rendimiento de raíces reservantes, en cada sistema.

	GL	CM
SISTEMA	1	19252 ***
DENSIDAD	1	1208 ns
SISTEMA:REP	6	718 ns
SISTEMA:DENSIDAD	1	495 ns
ERROR	6	316
C.V:	12.34%	
PROMEDIO	144.06	

Fuente: Investigación propia

Gráfico 8: Promedio total de las raíces reservantes, obtenidos en el factor Sistemas de siembra



En el gráfico 8, se tiene los resultados promedios de la cantidad de raíces reservantes obtenidas, para el factor sistema de siembra del experimento, como se ve en el cuadro 3, del análisis estadístico para esta variable, en el sistema de siembra si se tienen diferencias significativas, y en este gráfico se ven claramente las diferencias numéricas.

El resultado mayor se dio en el sistema S1 (hidropónico) con un promedio total de 178.8 raíces reservantes cosechadas, y de 109.4 raíces reservantes para el sistema S2 (convencional), obteniendo de promedio 109.4 raíces reservantes cosechadas en el experimento.

Analizando estos resultados, el sistema que obtuvo la mayor cantidad de R.R, al final del experimento fue el sistema Hidropónico al igual que se dio en los resultados de producción de esquejes por m² y también para la producción de esquejes de camote por planta.

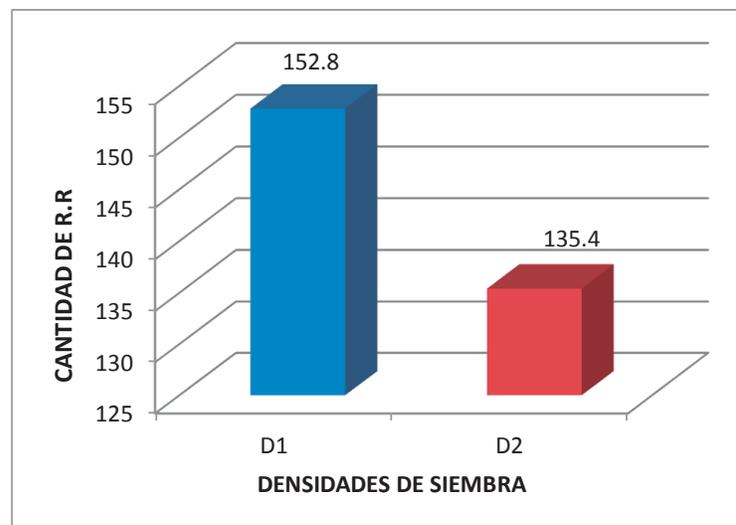
Este resultado, al igual que en las otras evaluaciones realizadas, se debe probablemente a todas las condiciones y al tipo de manejo ya antes mencionado, que se le ha dado al sistema hidropónico, diferenciándose del sistema Convencional, al final en sus resultados.

Para no repetir todas las probables causas de por qué el sistema hidropónico resulto ser más eficiente en cuanto a su producción en general tanto para los esquejes como para la de raíces reservantes, se puede decir que en este sistema se tuvo un manejo más adecuado de la fertilización y por ende del manejo de la humedad por ser un tipo de sistema fertirriego, esto hizo que este sistema sea más eficiente en cuanto a su producción foliar y también en su producción de raíces reservantes, a pesar de que la fertilización con la que se manejó el cultivo era con una formulación de incentivar el desarrollo foliar, mas no el del sistema radicular, esto nos demuestra lo poco exigente que es este cultivo en cuanto a una fertilización adecuado para su desarrollo radicular.

También vale la pena añadir, a pesar de que no se realizó una evaluación para cuantificar y calificar la forma y tamaño de las raíces reservantes, que se obtuvieron en cada sistema y densidad de siembra, se vio que existió una marcada diferencia en cuanto a la forma y tamaño de estas raíces cosechadas entre ambos sistemas, encontrando que en el sistema hidropónico se tuvo la mayor uniformidad en estas dos características, estas raíces fueron en su mayoría de forma ovalada-cónica de un tamaño aproximado de 25 cm y 30 cm, por otro lado las raíces reservantes que se cosecharon en el sistema convencional fueron de tamaños muy variables yendo desde 15 cm hasta 50 cm de largo, de formas más que nada alargadas con ensanchamientos en la parte próxima al tallo, es tal vez por estas características que se tuvo una mayor cosecha de raíces reservantes en el sistema hidropónico, ya que la uniformidad que se presentó en este, dio una mayor facilidad de crecimiento a las otras raíces, porque también se encontró en el sistema convencional muchas raíces fibrosas de tipo lápiz lo que indica que no lograron llegar a un adecuado tamaño y forma para considerarse raíces

reservantes y cuantificarlas como tales, muy probablemente por la forma de las otras raíces que eran demasiado grandes lo cual impedía el crecimiento de las otras. Esto nos hace preguntarnos porque se dio esta diferencia entre los dos sistemas, tal vez debido a que la fertilización en el sistema hidropónico se dio como ya se había mencionado más uniformemente y regularmente lo cual hacía que todas las plantas crezcan de igual manera, en cambio en el sistema convencional tal vez se dio una deficiencia en cuanto a la uniformidad en la mezcla del suelo con los fertilizantes, ya que se hizo como se explicó anteriormente tres aplicaciones manuales las cuales pudieron tener algunas fallas al momento de la remoción de la tierra para mezclar los fertilizantes una vez aplicados, y estas fallas podrían deberse a la incomodidad que se tenía al momento de realizar la segunda y tercera aplicación del fertilizante ya que en ese momento las plantas ya se encontraban grandes, lo que podría generar daños en las plantas si es que se hacía una mezcla mucho más profunda.

Gráfico 9. Promedio de raíces reservantes, obtenidas en cada densidad de siembra en el experimento.



En el gráfico 9, se ven los resultados numéricos obtenidos para la cantidad promedio del total de raíces reservantes en cada densidad de siembra, como se puede apreciar en el análisis estadístico para la variable rendimiento de raíces reservantes en el cuadro 3, existen diferencias estadísticas entre la D1(100 plantas/m²) y la D2(49 plantas/m²), pero no son tan

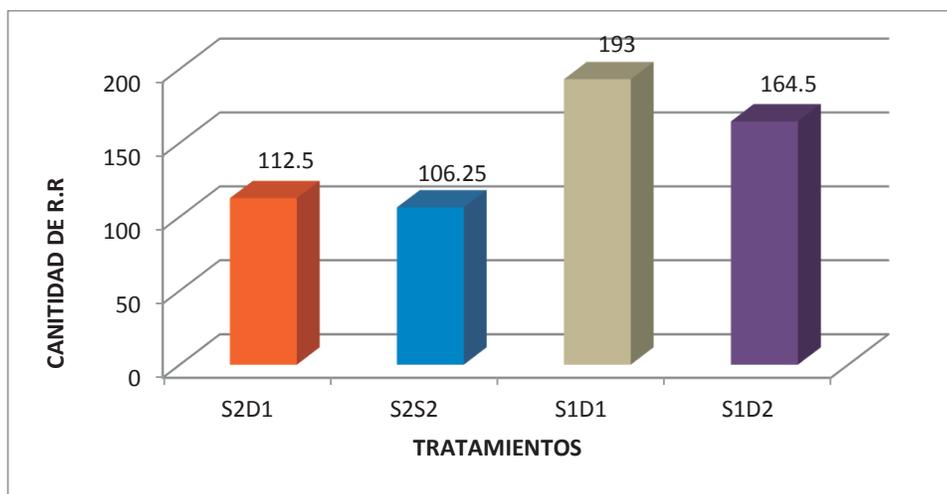
significativas como las que hay entre sistemas, en este gráfico vemos exactamente los valores numéricos que alcanzo cada una de las densidades.

Según el grafico se puede observar que existió una mayor cantidad de raíces reservantes cosechadas para la densidad (D1) de 100 plantas/m², con un total de 152.8 raíces reservantes, superando a la densidad (D2) de 49 plantas/m², que tuvo 135.4 raíces reservantes cosechadas.

Analizando este gráfico y el cuadro con el análisis estadístico, nos indica que la densidad de siembra no tuvo los mismos resultados que los obtenidos con las variables rendimiento de esquejes por área y rendimiento de esquejes por planta, en las cuales el factor densidad de siembra más beneficioso fue la densidad de siembra de 49 plantas/m², lo cual nos indica que para el rendimiento de raíces reservantes el factor distanciamiento no repercute mucho en la producción de estas, como lo fue en el caso de rendimiento de esquejes, que si se veía una posible deficiencia de producción en el follaje debido a la competencia por nutrientes, agua y también por el efecto de sombreamiento que se generó en la densidad de 100 plantas/m².

Como se describió anteriormente en cuanto a la uniformidad en la forma y tamaño de las raíces reservantes que se vio muy diferenciada entre sistemas, también se vieron estas diferencias en la densidad de siembra, teniendo en la densidad e 49 plantas/m² una mayor uniformidad de estas características, y en la densidad de 100 plantas/m² una mayor diferencia en cuanto a tamaños y formas de las raíces, siendo todo este caso de diferenciación en cuanto en la uniformidad solo dentro del sistema de siembra convencional.

Gráfico 10: promedio total de raíces reservantes para cada tratamiento evaluado en el experimento



En el gráfico 10, se muestra los resultados de la evaluación realizada para la variable, rendimiento total de raíces reservantes, en cada uno de los tratamientos evaluados.

Según estos resultados se determinó que el sistema de siembra Hidropónico, tuvo una mayor producción de raíces reservantes, teniendo 193 raíces reservantes para el tratamiento S1D1, y 164.5 raíces reservantes para S1D2.

El sistema convencional tuvo 112.5 raíces reservantes para el tratamiento S2D1, y con la menor cantidad de raíces reservantes el tratamiento S2D2 con un promedio de 106.25.

Con todos estos resultados es que se obtiene el promedio de 144.06 raíces reservantes por tratamiento, que se establece en el análisis de varianza que se observó en el cuadro 3.

Estos resultados se obtuvieron, luego de una única evaluación de total de raíces reservantes al finalizar la parte experimental de la tesis, ya que estas raíces reservantes se consideraban material de propagación secundario, luego de haber sido eliminada la parte foliar de todos los cajones de cultivos, inmediatamente después de la última cosecha realizada para los esquejes de ambos sistemas.

Estos resultados se pueden haber presentado de esta manera, en las cuales los mayores resultados se han dado en el sistema hidropónico, debido a un mejor manejo del sistema, y también para el factor densidad de siembra, en la cual las raíces reservantes se han desarrollado mejor en la densidad de siembra de 49 plantas/m², tal vez debido a una mejor

capacidad de crecimiento en el suelo, por una baja competencia entre el desarrollo radicular de las plantas. Pero en si las diferencias entre densidades de siembra no son muy significativas.

4.4. RESULTADO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Se llegó a determinar los costos de producción para cada sistema evaluado, realizándose un análisis económico haciendo un balance general, el cual nos dio el ingreso, las utilidades, y se finalizó con un análisis de rentabilidad para cada sistema de producción, según las cantidades finales de los esquejes cosechados para cada sistema.

En ambos sistemas se determinó que para cada esqueje de categoría pre-básica cosechado, se tendría un precio de venta de 0.4 centavos de dólar, teniendo como punto de referencia el precio de venta las plántulas *in vitro* de camote que se produce en el Centro Internacional de la Papa, ya que este es el único punto de referencia que se tiene en cuanto a precio de venta de esquejes de dicha categoría, no existe otro mercado que provea este tipo de material, y el precio de venta de las plántulas de camote provenientes de *in vitro* es de 0.82 centavos de dólar por plántula.

Según el tipo de balance económico que realizamos en el experimento, se determinó que el periodo de vida útil para los materiales que pertenecen al rubro de costos fijos, tendría una vigencia de 5 años, y según esto utilizamos una formula económica para darle el valor de depreciación, y así llegar a determinar el costo final de dichos materiales.

De dicho análisis económico, los resultados obtenidos nos indicaron, como se observa en el cuadro 5 y en el cuadro 6, los costos de producción del sistema hidropónico, fueron más bajos que los costos de producción del sistema convencional, siendo el costo de inversión, un total de 2993.53 dólares, para el sistema hidropónico, y un costo de 3597.48 dólares para el sistema convencional.

Estos cuadros se llegaron a obtener de los cálculos realizados en hojas Excel, con fórmulas económicas establecidas, las cuales mostraremos en los anexos correspondientes al final de la tesis.

Este balance se realizó, bajo una metodología básica, llegando a obtener los ingresos totales y la rentabilidad del sistema por campaña.

Cuadro 8: Balance total de los costos de producción para el sistema de siembra hidropónico.

Item	Costo (US\$)	Total	%
COSTOS FIJOS			
Inversion Preliminar	6.99		0.5%
Inversion Infraestructura	9.40		0.7%
Inversión Equipos y Materiales	7.40		0.6%
Personal Costo Fijo	1,305.64		98.2%
SUB TOTAL		1,329.43	100.0%
COSTOS VARIABLES			
Insumos y Materiales	323.11		19.4%
Otros variables	81.00		4.9%
Personal Costo Variable	1,260.00		75.7%
SUB TOTAL		1,664.11	100.0%
COSTOS TOTALES		2,993.53	100.0%
Costos fijos		1,329.43	44.4%
Costos variables		1,664.11	55.6%

RESUMEN

PRODUCCION DE ESQUEJES	
Número total	15,890

COSTO UNITARIO	
Costo en US \$ por semilla-esqueje	\$ 0.188

*PRECIO DE VENTA (cada esqueje \$)	0.4
INGRESO (\$)	6356
UTILIDAD (\$)	3,362.47
RENTABILIDAD (%)	112.324

Fuente: Investigación propia

Este balance también se realizó, bajo una metodología básica, la misma empleada en el análisis anterior, llegando a obtener los ingresos totales y la rentabilidad del sistema por campaña.

Cuadro 9: Balance total de los costos de producción para el sistema de siembra convencional.

Item	Costo (US\$)	Total	%
COSTOS FIJOS			
Inversión Preliminar	6.99		0.5%
Inversión Infraestructura	6.41		0.5%
Inversión Equipos y Materiales	5.10		0.4%
Personal Costo Fijo	1,305.64		98.6%
TOTAL		1,324.14	100.0%
COSTOS VARIABLES			
Insumos y Materiales	932.35		41.0%
Otros variables	81.00		3.6%
Personal Costo Variable	1,260.00		55.4%
TOTAL		2,273.35	100.0%
COSTOS TOTALES		3,597.48	100.0%
Costos fijos		1,324.14	36.8%
Costos variables		2,273.35	63.2%

RESUMEN

PRODUCCION DE ESQUEJES	
Número total	9,962

COSTO UNITARIO	
Costo en US \$ por semilla-esqueje	\$ 0.361

* PRECIO DE VENTA (cada esqueje \$)	0.4
INGRESOS (\$)	3984.8
UTILIDADES (\$)	387.32
RENTABILIDAD (\$)	10.766

Fuente: Investigación propia

Cuadro 10: Cuadro económico comparativo de resumen:

Indicadores económicos	HIDROPONICO	CONVENCIONAL
N° esquejes producidos	15890	9962
Costo total (\$)	2,993.50	3,597.50
Costo por esquejes (\$)	0.19	0.36
Precio de venta por esqueje (\$)	0.4	0.4
Ingresos (\$)	6,356.50	3,984.80
Utilidades (\$)	3,362.47	387.32
Rentabilidad (\$)	112.3	10.8

Fuente: Investigación propia

Según estos cuadros con el resultado final del balance económico para cada sistema de siembra, se tiene que existe en primer lugar una gran diferencia en cuanto a la cantidad total de esquejes producidos en cada sistema durante todo el experimento, siendo un total de 15890 esquejes para el sistema hidropónico y 9962 esquejes en el sistema convencional, esto debido a que se tuvo 15 cosechas para el sistema hidropónico y solo 12 para el sistema convencional, por las razones que ya se explicaron anteriormente, estas diferencias en el resultado del balance económico tomaron gran importancia, ya que multiplicando cada cantidad total de esquejes con el precio de venta establecido anteriormente de 0.4 centavos de dólar por esqueje, nos dio una gran diferencia en cuanto a ingresos en cada sistema, teniendo 6356.0 dólares para el sistema hidropónico y 3984.8 dólares para el sistema convencional, lo cual representa una gran diferencia monetaria.

Con los resultados de los ingresos para cada sistema se llegó a obtener las utilidades para cada uno de ellos, teniendo los costos de producción respectivos que se llegaron a obtener en los cuadros de Excel mostrados en los anexos 9 y 10, siendo estos costos de 2,993.53 dólares para el sistema hidropónico y 3,597.48 dólares para el sistema convencional, con estos costos se obtuvo como utilidades de 3,362.47 dólares y una rentabilidad de 112.3 % para el sistema hidropónico y 387.32 dólares para el sistema convencional y una rentabilidad de 10.8% para el sistema convencional.

Con todos estos resultados podemos ver que el sistema hidropónico nos puede dar una mayor rentabilidad y por lo tanto mayores ganancias económicas que el sistema convencional, para una producción de semilla-esquejes de camote de calidad pre-básica, lo cual es muy importante tener en cuenta porque es un tipo de producción que nos garantizara la calidad de la semilla, y esto implica que su costo sea un poco más elevado, por los cuidados y el tipo de manejo que se le dio a cada sistema bajo condiciones controladas de invernadero, esto es lo que le da un costo más elevado.

También podemos decir que los costos de producción en el sistema hidropónico sorprendentemente no fueron más elevados, debido a que los materiales y equipos que se utilizaron en su mayoría fueron materiales que depreciaron su valor, por lo cual disminuyo los costos de inversión, y además en el sistema convencional el uso de la materia orgánica, los fertilizantes, y la desinfección del suelo preparado era lo que más gastos representaba en este sistema y al ser costos de inversión sin poder depreciarse los costos de producción se elevaron, sumándose a la menor cantidad de esquejes producidos en este sistema lo que acrecentó el costo de producción por esqueje de camote, llegando a ser sus costos de producción mayores que los costos de producción generados en el sistema hidropónico.

V. CONCLUSIONES

Sobre los resultados obtenidos y analizados se concluye:

5.1. De la cuantificación de esquejes en cada uno de los tratamientos, se determina que la mayor producción de esquejes de camote por área y producción de esquejes por planta fue en el sistema HIDROPÓNICO. Esto nos indica que para un desarrollo foliar con calidad pre-básica del cultivo es necesario tener un mayor control de la fertilización dándole énfasis a una dosis que incentive el desarrollo foliar, y a su vez tener un mejor manejo del agua con la que se riega.

5.2. Para la cuantificación de esquejes por área y también esquejes por planta se tuvo como mejor densidad la D2 (49 plantas/m²), dando una diferencia significativa en la capacidad de propagación y de producción de esquejes por planta, debido a que tuvo mayor oportunidad de crecimiento foliar ya que no tuvo competencia por el espacio en el cual se desarrollaban las plantas, esto nos indica que es mejor mantener un distanciamiento apropiado entre plantas para producir la mayor cantidad de área foliar sin el riesgo de daños mecánicos en las cosechas.

5.3. El tratamiento que tuvo la mayor producción de esquejes por área fue el del S1D1 (sistema hidropónico con una densidad de 100 plantas/m²), y el segundo fue el S1D2 (sistema hidropónico con la densidad de 49 plantas/m²) mostrando que es EL TIPO DE SISTEMA el que ejerce mayor importancia en cuanto a la producción de esquejes, por lo que el factor densidad no implica mucha diferencia para la producción por área si esta se encuentra en interacción con el factor sistema de siembra.

5.4. Para el rendimiento de raíces reservantes, el mejor tratamiento fue el S1D1 (sistema hidropónico con una densidad de 100 plantas/m²), como ya se determinó el sistema hidropónico fue el más productivo en cuanto a esquejes de camote y de igual forma para producción de raíces reservantes, en este caso las diferencias numéricas no fueron muy

grandes pero si llego a ser suficiente para decir que este sistema es más beneficioso para una producción más uniforme.

5.5. Basándonos solo en la cantidad total de esquejes producidos en cada densidad de siembra, en ambas densidades se tuvo una producción total similar, pero analizando desde el punto de la inversión la densidad de 49 plantas/m² es la más conveniente porque representa menos gasto en material de propagación y se tienen esquejes de mayor vigor, debido a un mejor crecimiento por tener un óptimo espacio de crecimiento, como ya se había explicado anteriormente, es por estos motivos que una densidad menor es más beneficiosa para una producción uniforme de mayor cantidad y calidad.

5.6. Según los resultados obtenidos en el análisis económico de cada uno de los sistemas de producción, se demostró que el mejor sistema fue el hidropónico dándonos menores costos de producción (2993.53 US\$), mayores utilidades (3,362.47 US\$) y una mayor rentabilidad (112.3 %) , lo cual nos indica que se puede invertir en este nuevo tipo de sistema de producción para obtener semilla-esqueje de camote con una calidad pre-básica, dando una opción alternativa a la única forma que era el de comprar plántulas in vitro a un costo mucho mayor y en una cantidad muy limitada en laboratorios especializadas en este tipo de propagación como los son el laboratorio del CIP, y también en el INIA.

5.7. La producción de semilla-esqueje prébasica de camote mediante el sistema Hidropónico es una alternativa viable, al ser un tipo de sistema que lo pueden manejar los mismos agricultores de camote, instalando un invernadero apropiado, el cual generara costos de inversión que más adelante serán reembolsados con las utilidades que este sistema provisionara, además de garantizar la calidad de la semilla, evitando las perdidas en la producción de camote en las campañas de campo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Probar otras dosis de fertilización, para evaluar cómo se comportaría esta variedad de camote ante otra ley de fertilización y también utilizando otras fuentes de fertilizantes para la producción de semilla-esqueje de camote bajo el sistema Hidropónico.
2. Establecer fechas exactas de fertilización desde el inicio de la campaña para el sistema convencional, ya que en lima hay meses en los cuales el frio es un limitante para una producción continua de los esquejes de camote, por lo tanto una programación de fertilización es lo más adecuado.
3. En el sistema Hidropónico, se puede remplazar la solución nutritiva preparada por otro proveedor con una elaborada por uno mismo usando fuentes adecuadas de fertilizantes para el sistema, ya que solo es necesario hacer los cálculos exactos de cada nutriente que se requiera. Reduciendo de esta forma los costos de producción.
4. También sería muy importante realizar estudios similares al que se ha desarrollado, pero evaluando otro material genético, basándonos en las variedades de camote más importantes que se tiene en el Perú, teniendo en cuenta sus características morfológicas y fisiológicas ya que lo que se busca producir es camotes que tengan las cualidades de doble propósito, de abundante follaje para una adecuada producción de esquejes para propagar, y de buen rendimiento de raíces reservantes para su consumo.
5. Se pueden realizar estudios posteriores para analizar su producción y determinar si hay diferencias significativas entre esquejes de procedencia del sistema convencional y del sistema hidropónico; y evaluar cuan significativo serían las diferencias en cuanto a rendimiento de raíces reservantes en el mismo campo de cultivo.

VII. BIBLIOGRAFIA

- CADAHIA, C. 2005. Fertirrigación Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Cap II.
- CHUQUILLANQUI, C.; TENORIO, J.; SALAZAR, L.F. 2007. Producción de Papa por Hidroponía. En: Alternativas al Uso del Bromuro de Metilo para la Producción de Semilla de Papa de Calidad. Centro Internacional de la Papa. Documento de Trabajo. Lima, Perú. 26 p.
- EGUCHI.T y YOSHIDA.S. 2004. A Cultivation Method to Ensure Tuberous Root Formation in Sweetpotatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Environ. Control in Biol.* 42(4), 259-266p.
- EGUCHI.T; KITANO.M y EGUCHI.H. 1996. New System of Hydroponics for growth Analysis of Sweetpotato tuber. *Biotronics* 25, 85-88p.
- EKANAYAKE.I.J y COLLINS.W. 2004. Effect of irrigation on Sweetpotato root carbohydrates and nitrogenous compounds food. *Agriculture and Environment* 2(1), 243-248p.
- FERNANDEZ.J Y RODRIGUEZ-DELFIN. 1993. La Hidroponía como alternativa para suelos eriazos o marginales de nuestro país. *Agronomía. Perú* .41(2): 22-27.
- HILL.W; BONSI.C y LORETAN.P. 1992. Sweetpotato Technology for the 21st Century. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. USA.
- INFOAGRO 2010. Control y Certificación de Semillas. Revisado el 10 de octubre del 2010.
- INTERNATIONAL POTATO CENTER.2000. Informe anual1999. Lima, Peru.
- INTERNATIONAL POTATO CENTER 2007. Revisado en Noviembre del 2011.

JARRET.R.L. 1991. Chemical and environmental growth regulation of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). In vitro.Plant cell, Tissue and organ culture.25; 153-159p.

LARENAS. V; ACCATINO. P 1994. Produccion y uso de la batata o camote (*Ipomoea batatas* L.) Centro Internacional de la Papa (CIP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) Serie La Plantina 58.

LAURIE.R.N; DU PLOOY.C.P y LAURIE.S.M. 2009. Effect of moisture stress on growth and performance of orange fleshed sweetpotato varieties.

MEDINA. R, 1990. Tesis “Respuesta de 4 variedades de camote a 4 dosis de abonamiento en la zona media del valle de Ica.”

MONTESDEOCA, F. 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador. 7 p.

RESH.H. 2001. Cultivos Hidropónicos/ Hydropinic food production. Sexta Edición. U.S.A Y España.

RODRIGUEZ, A; CHANG, M; HOYOS, M.; FALCON, F. 2004. Manual Práctico de Hidroponía. Cuarta edición. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.

RODRÍGUEZ-DELFIN y TERRY. B. 1992. Nutrición mineral de macro nutrientes en dos variedades de camote. Universidad Agraria La Molina-Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima- Perú.

SALAS, J. 1995. Producción de Semilla Pre-básica de Papa. En: Foniap Divulga (en línea). Volumen 48. Consultado 10 abr. 2009, en:
www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/FonaiapDivulga/fd48/texto/prodpapa.htm.

VAN DE FLIERT. E & BRAUN A. 2001 Escuela de Campo de Agricultores para el Manejo Integrado del Cultivo del Camote Guía de campo y manual técnico. Centro Internacional de la Papa. Indonesia. Primera edición.

VÁSQUEZ MARTÍNEZ, R. 2007 La batata forrajera de doble propósito en República Dominicana; consideraciones y resultados sobre su utilización y manejo del cultivo.

URRESTARAZU, M. 2004. Tratado del cultivo sin suelo. Cap 1.

WOOLFE. J. 1992. Sweetpotato an untapped food resource. University of Cambridge. Primera edición. U.S.A. ZEIGER. E y TAIZ. L. 2002. Plant Physiology/ Fisiología Vegetal. Editorial: Studia Humanitatis Inc- España.

PAGINAS WEB

http://www.infoagro.com.semillas_viveros/semillas/control_semillas.htm

http://www.avocadosource.com/books/cisnerosfausto1995/CPA_Caso_4.pdf

<http://inrm.cip.cgiar.org/home/publicat/2009pse6.pdf>

<http://www.zamorano.edu/gamis/hortalizas/camote.pdf>

<http://www.uap.edu.pe/Esp/CentrosdeProduccion/ProyectosEspeciales/Camote.aspx>

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_6.ht

<http://es.scribd.com/doc/60130154/el-camote>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Rendimiento de esquejes por área, durante toda la campaña

Sistemas	Densidades	NUMERO DE COSECHAS *															Promedio
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13°	14°	15°	
S1	D1	100	91.0	53.0	97.8	108.5	164.0	129.3	144.8	147.8	116.0	161.3	164.8	146.0	73.5	294.5	132.8
	D2	490	113.0	100.0	127.0	97.5	139.8	120.3	126.5	157.3	137.3	156.3	143.0	156.8	61.0	293.5	
S2	D1	100	83.0	69.5	74.0	90.3	112.0	92.8	108.5	77.5	123.0	140.0	162.8	****	***	****	102.8
	D2	490	112.0	112.5	118.3	92.0	103.8	103.0	85.5	70.3	99.5	114.3	172.3	****	***	****	

• S1: Sistema Hidropónico; S2: Sistema Convencional; D1: Densidad de 100 plantas/m²; D2: Densidad de 49 plantas/m²

Anexo 2: Rendimiento de esquejes por planta, durante la campaña.

Sistemas	Densidades	TASA DE EXTRACCION DE ESQUEJES POR PLANTA															Promedio
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	
S1	D1	1	0.91	0.53	0.98	1.09	1.64	1.25	1.45	1.68	1.16	1.61	1.81	1.46	0.74	2.96	1.35
	D2	1	2.31	2.04	2.59	1.99	2.85	2.45	2.58	3.20	2.80	3.18	3.65	3.20	1.24	6.00	
S2	D1	1	0.83	0.70	0.74	0.90	1.12	0.92	1.09	0.78	1.23	1.40	1.63	****	****	****	1.03
	D2	1	2.29	2.30	2.41	1.88	2.13	2.10	1.74	1.43	2.03	3.51	****	****	****	****	

• S1: Sistema Hidropónico; S2: Sistema Convencional; D1: Densidad de 100 plantas/m²; D2: Densidad de 49 plantas/m²

Anexo 3: Rendimiento de Raíces Reservantes

Numero de raíces reservantes en cada unidad experimental							
Sistemas	Densidades	CANTIDAD DE RAICES RESERVANTES COSECHADAS				Promedio	TOTAL DE RAICES
		R1	R2	R3	R4		
S2	D1	143	93	106	108	112.5	875
	D2	146	106	92	81	106.25	
S1	D1	184	208	182	198	193	1430
	D2	137	150	193	178	164.5	

- S1: Sistema Hidropónico; S2: Sistema Convencional; D1: Densidad de 100 plantas/m²; D2: Densidad de 49 plantas/m²; R: Repeticiones

Anexo 4: Análisis de agua del pozo del CIP

M-1 (agua de pozo- directo-Puesto 3)

M-2 (agua de tanque almacenado-Puesto 3)

M-3 (agua de pozo de campo)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES
ANALISIS DE AGUA



SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA
 PROCEDENCIA : LIMA/LA MOLINA
 REFERENCIA : H.R. 24984
 FACTURA : 16419

No. Laboratorio	0639	0640	0641
No. Campo	M-1	M-2	M-3
pH	7.76	7.88	7.80
C.E. dS/m	2.15	2.07	1.31
Calcio me/l	17.10	16.55	10.65
Magnesio me/l	3.50	2.91	1.75
Potasio me/l	0.21	0.13	0.10
Sodio me/l	2.39	2.48	2.39
SUMA DE CATIONES	23.20	22.07	14.89
Nitratos me/l	0.01	0.04	0.10
Carbonatos me/l	0.00	0.00	0.00
Bicarbonatos me/l	2.48	2.44	2.07
Sulfatos me/l	5.98	5.96	3.16
Cloruros me/l	14.00	13.00	9.00
SUMA DE ANIONES	22.47	21.44	14.33
Sodio %	10.30	11.24	16.05
RAS	0.74	0.80	0.96
Boro ppm	0.33	0.24	0.40
Clasificación	C3-S1	C3-S1	C3-S1

La Molina, 09 de Diciembre del 2009



Ing. Braulio La Torre Martínez
 jefe del Laboratorio

Anexo5: Protocolo de NCM-ELISA:

NCM-ELISA es una prueba inmunoenzimática que usa membranas de nitrocelulosa en lugar de placas de micro titulación de poliestireno como soporte de los reactivos usados en la reacción serológica. Esta prueba es tan sensitiva como la prueba directa de ELISA de sándwich de doble anticuerpo (DAS-ELISA), más simple de realizar y puede ser realizada en un período más corto de tiempo. También tiene otra gran ventaja: las muestras pueden ser colocadas en la membrana de nitrocelulosa la que puede ser guardada por varias semanas antes de continuar con la prueba, o pueden ser enviadas a otro laboratorio para su desarrollo. Todos los pasos son realizados a temperatura ambiente. La prueba consiste en:

1. Colocar una pequeñísima cantidad de muestra (15 a 30ul/muestra) sobre la membrana.
2. Bloquear las áreas no utilizadas por las muestras.
3. Hacer reaccionar las partículas de virus con anticuerpos específicos (IgG).
4. Detectar los anticuerpos específicos de virus con enzimas adheridas a los anticuerpos por medio de un sustrato apropiado. La intensidad de la coloración es proporcional a la concentración del virus y es estable por un largo período de tiempo. La membrana puede ser fácilmente guardada. Como en DAS-ELISA, varios virus pueden ser detectados al mismo tiempo en una membrana usando una mezcla de anticuerpos que son específicos para los virus probados. Esto es especialmente usado para los programas de producción de semilla donde generalmente sólo importa saber si la muestra está infectada con virus o no.

ALCANCE:

La NCM-ELISA es capaz de detectar los siguientes virus de camote: SPFMV, SPMMV, SPLV, SPMSV, SPVG, SPCFV, C-6 virus, SPCSV, SPCaLV, CMV.

La lista de la metodología de detección de virus que se está usando se mantiene en el enlace: [List of pathogens, Factors that could affect reliability for virus detection in sweet potato](#)

SEGURIDAD:

- Usar guardapolvo todo el tiempo.
- No tocar las membranas de nitrocelulosa con los dedos.
- Usar guantes limpios y secos y/o pinzas.

PROCEDIMIENTO:

Preparación de la muestra

- Colecte e identifique las muestras en las bolsas plásticas (se debe hacer el mismo día que se realiza la prueba). Haga una muestra compuesta de cada planta que va a ser evaluada colectando una hoja de la parte superior, otra del medio y otra de la parte inferior. Seleccione, en lo posible, las hojas que muestren síntomas.

- De cada hoja colectada corte un disco de aproximadamente 1 cm. de diámetro. Para realizar esta operación, la hoja se coloca en la parte superior izquierda de la bolsa plástica y se corta un disco de la hoja con la ayuda de un tubo de ensayo pequeño ejerciendo presión por fuera de la bolsa plástica. Elimine la parte restante de la hoja y macere los discos de hojas con 3 ml de tampón de extracción (1 ml por cada disco), utilizando el tubo de ensayo grande o la pieza de madera redonda. La dilución final es aproximadamente 1/50 (diluciones más bajas puede dar reacciones inespecíficas o interferir con el desarrollo de la reacción final debido a la concentración alta de los componentes polisacáridos de la savia).
- Deje la bolsa en posición vertical (parada) por 20-30 minutos a temperatura ambiente hasta que sedimente el tejido de la planta en el fondo de la
- bolsa (esto se puede conseguir colocando las bolsas en un vaso grande).

Aplicación de la muestra en la membrana de nitrocelulosa

- Previamente, corte la membrana de nitrocelulosa del tamaño que se necesita.
- Identifique las membranas escribiendo el nombre del virus en la parte superior y pre-humedecer las membranas en TBS por al menos 5 minutos antes de su uso.
- Mientras tanto, conectar el aparato de vacío a la bomba de vacío.
- Colocar una pieza pre-humedecida de papel Whatman No. 4 sobre el aparato de vacío y colocar la membrana pre-humedecida sobre el papel filtro.
- Cuando sea necesario use un pieza de parafilm para bloquear el área del aparato de vacío que no ha sido cubierto por la membrana de nitrocelulosa. Cuidadosamente aplique el vacío (200 a 230 mm de mercurio) prendiendo la bomba de vacío.
- Pipetee 30 μ l de muestra (savia de la planta) en cada concavidad formado en la membrana de nitrocelulosa por acción del vacío. Tenga cuidado en no pipetear tejido de la planta. Usando una punta limpia por cada muestra, repita el proceso hasta que todas las muestras hayan sido colocadas sobre la membrana.
- Retire la membrana de nitrocelulosa del aparato y transfiera la membrana a una pieza de papel filtro seco y déjela secar por 15-30 minutos.
- Registre el orden/número de las muestras como ellas han sido colocadas sobre la membrana en el NCM-ELISA record sheet.

Prueba serológica

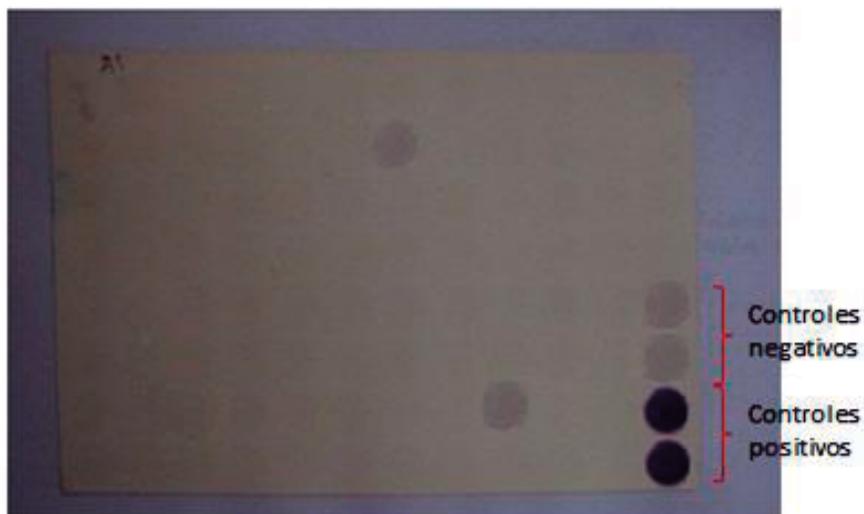
- Sumerja la membrana de nitrocelulosa seca en la solución de bloqueo por 1 hora a temperatura ambiente en agitación suave (50 rpm).
- Añada el 1er anticuerpo en TBS + 2 % de leche. Incube toda la noche a temperatura ambiente en agitación suave (50 rpm).
- Lave las membranas de nitrocelulosa en TTBS tres veces por 3 minutos cada uno en agitación rápida (100 rpm).
- Añada el 2do anticuerpo (GAR) en TBS + 2 % de leche. Incube por 1 hora a temperatura ambiente en agitación suave (50 rpm).
- Lave las membranas de nitrocelulosa en TTBS tres veces por 3 minutos cada uno en agitación rápida (100 rpm).
- Cuando esté listo para su uso, prepare la solución sustrato NBT/BCIP (prepárelo inmediatamente antes de su uso).
- Incube la membrana de nitrocelulosa por 30 minutos (1 a 1.5h para SPCSV) en la solución sustrato NBT/BCIP a temperatura ambiente en agitación suave (50 rpm).

- Detenga el desarrollo de color descartando la solución sustrato NBT/BCIP y sumergiéndola en agua destilada. Lave la membrana de nitrocelulosa en agua tres veces por 3 minutos cada vez.
- Dejar secar las membranas de nitrocelulosa antes de registrar las reacciones en el NCM-ELISA record sheet. Transfiera los resultados de la prueba de NCM-ELISA a los servidores corporativo a través del LAN inalámbrico usando una computadora de mano (pocket).

Control de Calidad interno

- Colocar 90 muestras procesadas en la membrana de nitrocelulosa y separar los seis espacios en la membrana para colocar los controles (dos espacios para el tampón, dos para el control negativo y dos para el control positivo, respectivamente).
- Las reacciones positivas son aquellas que muestran diferentes grados de color púrpura. Registre las reacciones en el NCM-ELISA record sheet junto con las respuestas (síntomas) de las plantas de donde se colectaron las muestras. Registre la reacción positiva con un "+" y las reacciones suaves con un "±".
- Los controles positivos son savia extraída de tejidos de planta (*Ipomoea setosa*, *Nicotiana benthamiana*, *Nicotiana tabacum*) infectados con virus.
- Las plantas infectadas con virus se mantienen creciendo en un invernadero a 18-28°C con 10,000 - 15,000 lux de intensidad de luz por al menos
- 8 horas.
- Los controles negativos son savia proveniente de plantas de camote libre de virus que crecen en invernaderos aislados en las mismas condiciones indicadas arriba.
- Tanto controles positivos como negativos son colocados en la membrana de nitrocelulosa cada vez que se realiza la prueba de NCM-ELISA. El grupo de plantas que son usadas como control son renovadas mensualmente.

Anexo 6: Membrana de Nitrocelulosa con los resultados del NCM-ELISA, para la detección de SPCSV realizado a 100 muestras de plantas de camote.



Anexo 7: Total de cosechas realizadas en el Sistema Convencional

Sistema	Cosechas	Número de esquejes		
		D1	D2	Total
S2	1	400	196	596
	2	332	448	780
	3	278	450	728
	4	296	573	869
	5	361	368	729
	6	448	415	863
	7	371	412	783
	8	434	342	776
	9	310	281	591
	10	492	398	890
	11	560	457	1017
	12	651	689	1340
	total	4933	5029	9962

- S2: Sistema Convencional; D1: Densidad de 100 plantas/m²; D2: Densidad de 49 plantas/m²

Anexo 8: Total de cosechas realizadas en el Sistema Hidropónico

Sistema	Cosechas	Número de esquejes		
		D1	D2	Total
S1	1	400	196	596
	2	364	452	816
	3	212	410	622
	4	391	508	899
	5	434	390	824
	6	656	559	1215
	7	517	481	998
	8	579	506	1085
	9	591	629	1220
	10	464	549	1013
	11	645	625	1270
	12	659	572	1231
	13	584	627	1211
	14	294	244	538
	15	1178	1174	2352
	total	7968	7922	15890

- S1: Sistema Hidropónico; D1: Densidad de 100 plantas/m²; D2: Densidad de 49 plantas/m²

Anexo 9: Hojas de cálculos de todos los costos de la producción del Sistema Convencional.

CONVENCIONAL-INFORMACIÓN INICIAL

INFORMACION BASICA	
Institución/Empresa/Entidad	CIP
País	PERU
Nombre de la Persona que Informa	ERICKA FIGUEROA ESCUDERO
Nombre Sistema de Innovación	CONVENCIONAL
INFORMACION TECNICA	
Número de Campañas /Año	12
Número de esquejes /Campaña	9962
Precio venta del esqueje, en US\$	1.00

CONVENCIONAL COSTOS FIJOS

Inversión preliminar para la implementación de un módulo de 30 m2 producción de semilla-esqueje de camote en US\$							
Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Vida Útil (años)	Campañas al Año	Valor Campaña (US\$)
Invernadero	Unidad	0.3	3,494.00	1,048.20	10	15	6.99
Subtotal				1,048.20			6.99
NOTA: En este cuadro es importante dar la cantidad, el valor unitario y la vida útil en años del ítem; Ejemplo: si el reservorio vale US\$5,000 con una vida útil de 10 años, se tendría un valor por año de US\$500; si se hace una campaña al año, el valor residual sería US\$500, si se hacen 2 campañas, el valor sería US\$250							
Inversión en la construcción de un sistema convencional para la producción de esquejes de camote en 30 m2, en US\$							
Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Vida Útil (años)	Campañas al Año	Valor Campaña (US\$)
Cajones de Cultivo							
4 piezas de 16 pies x 8" x 1" x 128"	pieza	16	8.71	139.28	10	12	1.16
rollo de plástico negro de 8mm. Rollo x 50 m	un	1	75.00	75.00	10	12	0.63
plancha de madera 2.4 x 1.10m (10mm)	un	2	14.50	29.00	10	12	0.24
Silicona transparente	un	00-Ene	4.00	2.00	10	12	0.02
thiner acrílico	gln	1	5.35	5.35	10	12	0.04
Pintura autocorrosiva-esmalte verde	gln	2	17.86	35.72	10	12	0.30
tornillos spax 70 x 40	un	25	1.96	49.00	10	12	0.41
tornillos spax 45 x 40	un	50	3.57	178.50	10	12	1.49
Maskintape	un	1	1.00	1.00	10	12	0.01
cinta teflon todo (alemana, tapa roja)	un	3	1.36	4.08	10	12	0.03
mano de obra	un	15	14.80	222.00	10	12	1.85
Bancadas o sistema de soporte							
Ladrillos	un	10	0.71	7.10	10	12	0.06
Cemento	bolsa	2	6.78	13.56	10	12	0.11
Sistema de Irrigación y Drenaje							
Manguera de 16 mm x metro	un	10	0.71	7.10	10	12	0.06
Subtotal				768.69			6.41
NOTA: En este cuadro es importante dar la cantidad, el valor unitario y la vida útil en años del ítem; Ejemplo: si la Motobomba vale US\$500 con una vida útil de 5 años, se tendría un valor por año de US\$100; si se hace una campaña al año, el valor residual sería US\$100, si se hacen 2 campañas, el valor sería US\$50							

CONVENCIONAL OTROS FIJOS

Inversión de otros equipos y materiales de un sistema convencional para la producción de semilla-esqueje de camote en 30 m², en US\$

Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Vida Útil (años)	Campañas al Año	Valor Campaña (US\$)
Equipos							
Termómetros de máxima y mínima	Unidad	00-Ene	12.00	6.00	5	12	0.10
Atomizadores o pulverizadores	Unidad	0.5	93.33	46.67	5	12	0.78
Fumigadoras	Unidad	0.5	93.33	46.67	5	12	0.78
Termómetro de columna	Unidad	0.5	7.48	3.74	5	12	0.06
Materiales							
Baldes	Unidad	1.5	5.10	7.65	5	12	0.13
Probetas graduadas	Unidad	2	20.00	40.00	5	12	0.67
Recipientes de plástico	Unidad	5	1.48	7.40	5	12	0.12
Cuchillas o bisturios	Unidad	5	0.62	3.10	5	12	0.05
Batas de Laboratorio o Uniformes	Unidad	1.5	14.87	22.31	5	12	0.37
Tijeras	Unidad	1.5	4.96	7.44	5	12	0.12
estacas de bambu para el guiado de plantas	Unidad	600	0.04	24.00	5	12	0.40
Twist de amarre de plantas	Unidad	2400	0.01	24.00	5	12	0.40
Manguera	unidad	1	15.11	15.11	5	12	0.25
Trampas amarillas	unidad	15	1.77	26.55	5	12	0.44
Conectores tubo de media a manguera de 16 mm	un	1	8.90	8.90	5	12	0.15
caño tipo grifo (grifo pesado)	unidad	1	15.5	15.5	5	12	0.26
cinta butapercha	un	1	1.08	1.08	5	12	0.018
Total				306.11			5.10

NOTA: En este cuadro es importante dar la cantidad, el valor unitario y la vida útil en años del ítem;

Ejemplo: si el medidor de CE vale US\$300 con una vida útil de 5 años, se tendría un valor por año de US\$60; si se hace una campaña al año, el valor residual sería US\$60, si se hacen 2 campañas, el valor sería US\$30

CONVENCIONAL COSTOS VARIABLES

Costos de insumos y materiales para una campaña de producción de semilla-esqueje de camote en un sistema convencional de 30 m ² , en US\$						
Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Coefficiente de Ponderación	Valor por campaña (US\$)
MATERIALES E INSUMOS						
Desinfección Ambientales						
Lejía, Cloro	L	2.5	0.63	1.58	1	1.58
Hipoclorito de Ca	Kg	0.5	3.67	1.84	1	1.84
Producción						
Plantas de papa	magenta(5 plantas)	5	10.00	50.00	1	50.00
suelo preparado (2:1:1)	Kg	1,000.00	0.55	550	1	550.00
Fertilizantes Comerciales						
Fertilizante foliar bayfolan	L	1	137.00	137.00	1	137.00
Agua						
	M3	28	1.07	29.96	1	29.96
Tratamiento Fitosanitario						
Fungicida Topaz	Kg	0.005	78.08	0.39	1	0.39
Insecticida Confidor	Lt	0.1	133.57	13.36	1	13.36
Insecticida Aplaud	Kg	0.05	48.61	2.43	1	2.43
Insecticida Vertemec	Lt	0.05	129.38	6.47	1	6.47
Acetite mineral	Lt	0.02	5.94	0.12	1	0.12
farmate	Kg	0.4	140.00	56.00	1	56.00

Elementos de Sanidad							
Guantes desechables							29.62
papel toalla							13.30
escoba							2.89
bolsas de polietileno cristal							7.25
jabon desinfectante							3.60
trampas amarillas							26.55
Total							905.80

NOTA: En este cuadro es importante dar la cantidad, el valor unitario y definir el Coeficiente de Ponderación. El coeficiente de ponderación es calculado de acuerdo con el tiempo/cantidad que el ítem es usado en la campaña productiva; usar los coeficientes de abajo. Por ejemplo las plantas invitro son usadas en un 100% con un coeficiente de ponderación de 1.

Coefficientes de Ponderación de Uso de Insumos/Materiales	
Todo en la Campaña	1
Parte en la Campaña	0.75
Mitad en la Campaña	0.5
Algo en la Campaña	0.25

CONVENCIONAL-OTRAS VARIABLES

Otros costos variables para una campaña de producción de semilla-esqueje de camote en un sistema convencional de 30 m², en US\$

Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)
Diagnóstico				
Diagnóstico de Virus	unidad	90	0.30	27.00
Diagnóstico de aguas	unidad	1	54.00	54.00
Subtotal				81.00

CONVENCIONAL-COSTOS PERSONAL

Costos de personal para una campaña de producción de semilla-esqueje de camote en un sistema convencional de 30 m ² , en US\$						
Item	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	duracion del experimento	Coefficiente de Ponderación	Valor total por experimento (US\$)
Personal Costo Fijo						
Responsable (Jefe)	1	100	100	14	0.3	420
Tecnico del manejo de produccion	1	63.26	63.26	14	1	885.64
Subtotal			163.26			1305.64
Personal Costo Variable						
asistente junior (estudiante)	1	100	100	14	0.9	1260
Subtotal			100.00			1,260.00

Nota: En este cuadro es importante dar la cantidad, el valor unitario y el coeficiente de ponderación. El coeficiente de ponderación es seleccionado de acuerdo con el tiempo que la persona invierte en la campaña productiva.

Coeficientes de Ponderacion de Uso en Personal	
Participa el 10%	0.1
Participa el 20%	0.2
Participa el 30%	0.3
Participa el 40%	0.4
Participa el 50%	0.5
Participa el 60%	0.6
Participa el 70%	0.7
Participa el 80%	0.8
Participa el 90%	0.9
Participa el 100%	1

Anexo 10: Hojas de cálculos de todos los costos de la producción del Sistema Hidroponico.

HIDROPONICO-INFORMACIÓN INICIAL

INFORMACION BASICA	
Institución/Empresa/Entidad	CIP
País	PERU
Nombre de la Persona que Informa	ERICKA FIGUEROA ESCUDERO
Nombre Sistema de Innovación	HIDROPONICO
INFORMACION TECNICA	
Número de Campañas /Año	15
Número de esquejes /Campaña	15890
Precio venta del esqueje, en US\$	1.00

HIDROPONICO –COSTOS FIJOS

Inversión preliminar para la implementación de un módulo de 30 m² producción de semilla-esqueje de camote en US\$ hidroponía

Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Vida Útil (años)	Cosechas al Año	Valor por cosechas (US\$)
Invernadero	Unidad	0.3	3,494.00	1,048.20	10	15	6.99
Subtotal				1,048.20		15	6.99

Inversión en la construcción de un sistema hidropónico para la producción de semilla-esqueje de camote en 30 m ² , en US\$							
Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Vida Útil (años)	Cosechas al Año	Valor Campaña (US\$)
Cajones de Cultivo							
4 piezas de 16 pies x 8" x 1" x 128" (madera)	pieza	16	8.71	139.28	10	15	0.93
Rollo de plástico negro de 8mm. Rollo x 50 m	un	1	75.00	75.00	10	15	0.50
Plancha de madera 2.4 x 1.10m (10mm)	un	2	14.50	29.00	10	15	0.19
Silicona transparente	un	0.5	4.00	2.00	10	15	0.01
Thiner acrílico	gln	1	5.35	5.35	10	15	0.04
Pintura autocorrosiva-esmalte verde	gln	2	17.86	35.72	10	15	0.24
Tornillos spax 70 x 40	un	25	1.96	49.00	10	15	0.33
Tornillos spax 45 x 40	un	50	3.57	178.50	10	15	1.19
Maskintape	un	1	1.00	1.00	10	15	0.01
Cinta teflon todo (alemana, tapa roja)	un	3	1.36	4.08	10	15	0.03
Mano de obra	jornal	15	14.80	222.00	10	15	1.48
Soporte de madera (para el tanque)	un	1	27.96	27.96	10	15	0.19
Bancadas o sistema de soporte							
Ladrillos	un	10	0.71	7.10	10	15	0.05
Cemento	bolsa	2	6.78	13.56	10	15	0.09
Mano de Obra	jornal	5	40.00	200.00	10	15	1.33

Sistema de Irrigación y Drenaje						
Válvula de Pie de 1 pulgada de bronce CIM						0.11
Tubería de PVC de 1 pulgada x 3 metros	un	1	16.78	16.78	10	0.13
	un	2	10.00	20.00	10	
Tanque de suministro de 600 lt	un	2	114.00	228.00	15	1.52
Sumideros p/lavatorio (p/bajar a trampa)	un	1	3.33	3.33	15	0.02
Aspersores 40/cajon	un	80	0.47	37.60	15	0.25
Llaves de paso en PVC de 1 Pulgada	un	1	15.50	15.50	15	0.10
Llave jardinera de 1/2 pulgada CIM	un	1	9.68	9.68	15	0.06
Unión universal de PVC de 1 pulgada	un	1	2.74	2.74	15	0.02
Codos de PVC de 1 pulgada	un	5	2.70	13.50	15	0.09
Llaves de paso para manguera de 16 mm	un	2	4.50	9.00	15	0.06
Tubería de desague de 2-pulgadas	mt	3	10.00	30.00	15	0.20
Tees de PVC de 2-pulgadas	un	2	2.70	5.40	15	0.04
Codos de PVC de 2-pulgadas	un	1	1.00	1.00	15	0.01
Manguera de 16 mm x metro	mt	100	0.15	15.00	15	0.10
Pegamento PVC	un	1	7.50	7.50	15	0.05
Sierra metálica	un	1	4.20	4.20	15	0.03
Cinta butapercha	un	1	1.08	1.08	15	0.01
Subtotal				1,409.86		9.40

HIDROPONICO-OTROS FIJOS

Inversión de otros equipos y materiales en el sistema hidropónico para la producción de semilla- esqueje de camote en 30 m2, en US\$							
Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Vida Útil (años)	Campañas al Año	Valor Campaña (US\$)
Equipos							
Medidor CE	Unidad	1	160.51	160.51	5	15	2.14
Medidor pH	Unidad	1	160.51	160.51	5	15	2.14
Termómetros de máxima y mínima	Unidad	0.5	12.00	6.00	5	15	0.08
Atomizadores o pulverizadores	Unidad	0.5	93.33	46.67	5	15	0.62
Fumigadoras	Unidad	0.5	93.33	46.67	5	15	0.62
Termómetro de columna	Unidad	0.5	7.48	3.74	5	15	0.05
Materiales							
Baldes	Unidad	1.5	5.10	7.65	5	15	0.10
Probetas graduadas	Unidad	1	20.00	20.00	5	15	0.27
Recipientes de plástico	Unidad	5	1.48	7.40	5	15	0.10
Cuchillas o bisturios	Unidad	5	0.62	3.10	5	15	0.04
Batas de Laboratorio o Uniformes	Unidad	1.5	14.87	22.31	5	15	0.30
Tijeras	Unidad	1.5	4.96	7.44	5	15	0.10
Estacas de bambu para el guiado de plantas	Unidad	600	0.04	24.00	5	15	0.32
Twist de amarre de plantas	Unidad	2400	0.01	24.00	5	15	0.32
Manguera	unidad	1	15.11	15.11	5	15	0.20
Total				555.10			7.40

HIDROPONICO-COSTOS VARIABLES

Costos de insumos y materiales para una campaña de producción de semilla-esqueje de camote en sistema hidropónico de 30 m2 en US\$						
Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Coefficiente de Ponderación	Valor por campaña (US\$)
MATERIALES E INSUMOS						
Desinfección Ambientales						
Lejía 7%, Cloro	L	2.5	0.63	1.58	1	1.58
Hipoclorito de Ca	Kg	0.5	3.67	1.84	1	1.84
Producción						
Plantas de camote	magenta(5 plantas)	10	5.00	50.00	1	50.00
Arena fina de cantera	carretilla	12	2.27	27.24	1	27.24
Solución Nutritiva						
Solución estándar A	L	42	2.84	119.28	1	119.28
Solución estándar B	L	16.8	3.65	61.32	1	61.32
Acido fosforico	L	2	1.13	2.26	1	2.26
Energía Eléctrica						
	kw/h	0.37 kw/ 7horas	0.12	0.31	1	0.31
Agua						
	M3	8.4	1.07	8.99	1	8.99
Tratamiento Fitosanitario						
Fungicida Topaz	Kg	0.0025	78.08	0.20	1	0.20
Insecticida Confidor	Lt	0.05	133.57	6.68	1	6.68
Insecticida Aplauid	Kg	0.0025	48.61	0.12	1	0.12
Insecticida Vertemec	Lt	0.0025	129.38	0.32	1	0.32
Aceite mineral	Lt	0.01	5.94	0.06	1	0.06

Elementos de Sanidad								
Guantes desechables	Cajas	2	14.81	29.62	1	29.62	1	29.62
Papel toalla	paquete	10	1.33	13.30	1	13.30	1	13.30
Escoba	unidad	1	2.89	2.89	1	2.89	1	2.89
Bolsas de polietileno cristal	unidad	25	0.29	7.25	1	7.25	1	7.25
Jabon desinfectante	unidad	7	0.45	3.15	1	3.15	1	3.15
Trampas amarillas	unidad	12	1.77	21.24	1	21.24	1	21.24
Total				357.64		357.64		323.11

NOTA: En este cuadro es importante dar la cantidad, el valor unitario y definir el Coeficiente de Ponderación. El coeficiente de ponderación es calculado de acuerdo con el tiempo/cantidad que el ítem es usado en la campaña productiva; usar los coeficientes de abajo. Por ejemplo las plantas invitro son usadas en un 100% con un coeficiente de ponderación de 1.

Coeficientes de Ponderación de Uso de Insumos/Materiales

Todo en la Campaña	1
Parte en la Campaña	0.75
Mitad en la Campaña	0.5
Algo en la Campaña	0.25

HIDROPONICO-OTROS COSTOS VARIABLES

Otros costos variables para una campaña de producción de semilla esqueje de camote en un sistema hidropónico de 30 m², en US\$

Item	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)
Diagnóstico				
Diagnóstico de Virus (NCM-ELISA)	unidad	90	0.30	27.00
Diagnóstico de aguas	unidad	1	54.00	54.00
Subtotal				81.00

HIDROPONICO-COSTOS DE PERSONAL

Costos de personal para una campaña de producción de semilla esqueje de camote en un sistema hidroponico de 30 m2, en US\$

Item	Cantidad	Valor Unitario (US\$)	Valor Total (US\$)	Duración del experimento	Coefficiente de Ponderación	Valor por campaña (US\$)
Personal Costo Fijo						
Responsable (Jefe)	1	100	100	14	0.3	420.00
Técnico del manejo de producción	1	63.26	63.26	14	1	885.64
Subtotal			163.26			1,305.64

Personal Costo Variable						
Asistente junior (estudiante)	1	100	100	14	0.9	1260.00
Subtotal			100.00			1,260.00

Nota: En este cuadro es importante dar la cantidad, el valor unitario y el coeficiente de ponderación. El coeficiente de ponderación es seleccionado de acuerdo con el tiempo que la persona invierte en la campaña productiva.

Coeficientes de Ponderación de Uso en Personal	
Participa el 10%	0.1
Participa el 20%	0.2
Participa el 30%	0.3
Participa el 40%	0.4
Participa el 50%	0.5
Participa el 60%	0.6
Participa el 70%	0.7
Participa el 80%	0.8
Participa el 90%	0.9
Participa el 100%	1