

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) EN LOS SISTEMAS CONVENCIONAL E HIDROPÓNICO”**

Presentada por:

**Sandro Andre Maynetto Vilchez**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO**

Lima – Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA  
FACULTAD DE CIENCIAS**

**“PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.) EN LOS SISTEMAS CONVENCIONAL E HIDROPÓNICO”**

Presentada por:

**Sandro Andre Maynetto Vilchez**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Mg. Sc. Abelardo Calderón Rodríguez  
**PRESIDENTE**

---

Biol. Milagros Chang La Rosa  
**MIEMBRO**

---

M. S. Rolando Egúsqiza Bayona  
**MIEMBRO**

---

Mg.Sc. Alfredo Rodríguez Delfín  
**ASESOR**

---

Ing. Carlos Chuquillanqui Sotomayor  
**CO - ASESOR**

## AGRADECIMIENTOS

Con mucho amor, a Dios, por mostrarme el camino a seguir en cada paso que di, desde mi nacimiento hasta el día de hoy. Por enseñarme que la vida no es solo cuestión de vivirla, si no de admirarla, de cuidarla, de retenerla, porque el cuerpo físico es pasajero, pero el alma perdura. “Energía somos y energía seremos”.

Con mucho cariño a mis padres, que me apoyaron en cada momento de la vida, tanto en la luz como en la oscuridad. Por sus enseñanzas a diario, a dar el mejor esfuerzo y a agradecer al ser supremo por el primer aliento del amanecer. Por tratar de mantenerme dentro del foco pese a lo idealista que puedo llegar a ser.

A la Universidad Nacional Agraria La Molina y a todo lo que la palabra “molinero” abarca. Las mañanas húmedas y frías de invierno, los calurosos días en las barracas de matemáticas, las amistades que hoy en día perduran, las enseñanzas de los profesores, las canchitas de deportes, los viajes de descubrimiento personal, los laboratorios en donde las ganas siempre existen aunque los recursos escaseen.

Al Centro Internacional de la Papa, y a todas las personas del staff. Por ser mi segunda casa luego de la universidad. Por ser la intersección entre lo profesional y lo social. Por administrarme la dosis de conocimiento que necesitaba para definirme como amante del agro y de las personas que viven de ella.

Al Ing. Carlitos Chuquillanqui, por ser mi mentor y darme la oportunidad de crecer como futuro profesional del país. Por soltarme las riendas y demostrarme que podía ser un gran orador y un excelente líder. Por las llamadas de atención cuando algo no salía bien, por las chances de poder estudiar cuando lo requería, por los momentos de bromas y de arduo trabajo. Me llevo un gran recuerdo de usted.

A mi profesor y patrocinador de este trabajo, Blgo. Alfredo Rodríguez. Por ser la persona que me hizo descubrir lo enorme y hermoso que puede ser el mundo de las plantas. Por la calidad de enseñanza otorgada a los alumnos y el esfuerzo que pone en el área de hidroponía, el cual sirve de ejemplo para niños, estudiantes universitarios, técnicos,

profesionales, etc. Y como olvidar sus mensajes motivacionales en los exámenes, gracias por ello.

Al Dr. Jorge Andrade, por el apoyo incondicional brindado. Me llevo de usted la importancia de la humildad frente a cualquier aspecto y persona, pues al final, nuestra misión es trabajar para los demás y no para uno mismo.

Al técnico Alex Sierralta, por ser el amigo, el ayudante, el técnico, el profesor.

A una gran persona que alguna vez se cruzó en mi camino, por los ánimos que me diste, por el cariño en los tiempos difíciles, por tus sugerencias en el presente trabajo. Gracias por las manos tibias que me calmaron cuando me agobiaba el stress.

A mis amigos de la universidad Caballero y Pat, por nuestras largas conversaciones de día y noche.

Y lo último y más importante. Gracias a la vida.

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 BREVE RESEÑA DEL CAMOTE EN EL MUNDO .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	5
2.1 GENERALIDADES .....	5
2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO .....	6
2.3 PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO DE CAMOTE EN LA ACTUALIDAD .....	7
2.4 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL CAMOTE .....	7
2.4.1 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de camote .....	9
2.5 PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE LAS PLANTAS .....	9
2.5.1 Ventajas de la propagación vegetativa .....	10
2.5.2 Plántulas In-Vitro de camote .....	11
2.6 CULTIVO DE CAMOTE IN-SITU .....	12
2.6.1 Multiplicación de las plántulas de camote mediante esqueje .....	12
2.7 IMPORTANCIA Y TIPOS DE SEMILLA .....	13
2.7.1 Aspecto económico de la producción de semilla de camote .....	16
2.8 PRODUCCION DE SEMILLA PRE-BÁSICA: POR SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA HIDROPÓNICO .....	17
2.8.1 Sistema convencional .....	17
2.8.2 Sistema hidropónico en arena .....	18
2.9 LOS CULTIVOS SIN SUELO .....	19
2.9.1 Ventajas y desventajas de los cultivos sin suelo .....	19
2.9.2 La fertirrigación en relación con la hidroponía .....	20
2.10 NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS MEDIANTE HIDROPONÍA .....	21
2.10.1 Composición de las soluciones nutritivas .....	21
2.10.2 Funciones de los elementos nutritivos en las plantas .....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	23
3.1 LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN .....	23

3.2 ÉPOCA DE SIEMBRA .....	23
3.3 MATERIAL GENÉTICO .....	23
3.4 MATERIALES USADOS PARA LOS SISTEMAS .....	24
3.4.1 Otros materiales .....	25
3.5 FACTORES A ESTUDIAR .....	26
3.6 TRATAMIENTOS .....	26
3.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIEDADES Y LOS SISTEMAS .....	27
3.8 METODOLOGÍA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS .....	29
3.9 PROCEDIMIENTO DEL MANEJO DEL CULTIVO EN EL COBERTOR .....	33
3.10 ANÁLISIS DEL MODELO .....	36
3.10.1 Unidad experimental .....	36
3.10.2 Variables a estudiar .....	37
3.10.3 Diseño experimental .....	37
3.10.4 Modelo Aditivo Lineal .....	38
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
4.1 PRODUCCIÓN DE ESQUEJES PROMEDIO QUE SE OBTIENEN POR COSECHA DE ACUERDO A LA VARIEDAD .....	39
4.1.1 Primera cosecha .....	39
4.1.2 Segunda cosecha .....	42
4.1.3 Tercera cosecha .....	44
4.1.4 Cuarta cosecha .....	46
4.1.5 Quinta cosecha .....	48
4.1.6 Sexta cosecha .....	51
4.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA PRODUCCION DE ESQUEJES (ESTACION VERANO E INVIERNO).....	53
4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO .....	58
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>74</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Tratamientos realizados y sus respectivas repeticiones.....	27
<b>Tabla 2.</b> Concentración de macro y micro nutrientes en partes por millón (ppm) utilizada en la investigación.....	33
<b>Tabla 3.</b> Resumen del Análisis de Varianza para las cosechas 1, 2, 3, 4, 5 y 6.....	40
<b>Tabla 4.</b> Análisis económico de la producción de esquejes para el sistema convencional y el sistema hidropónico. Valores expresados en US\$ a Octubre 2016.....	62

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico 1.</b> Número de esquejes promedio en los dos sistemas para la primera cosecha.....	41
<b>Gráfico 2.</b> Número de esquejes promedio en las dos variedades para la segunda cosecha.....	43
<b>Gráfico 3.</b> Número de esquejes promedio en los dos sistemas para la tercera cosecha.....	45
<b>Gráfico 4.</b> Número de esquejes promedio en las dos variedades para la tercera cosecha.....	45
<b>Gráfico 5.</b> Número de esquejes promedio en los dos sistemas para la cuarta cosecha.....	47
<b>Gráfico 6.</b> Número de esquejes promedio en las dos variedades para la cuarta cosecha.....	47
<b>Gráfico 7.</b> Número de esquejes promedio en los dos sistemas para la quinta cosecha.....	49
<b>Gráfico 8.</b> Número de esquejes promedio en las dos variedades para la quinta cosecha.....	50
<b>Gráfico 9.</b> Número de esquejes promedio en las dos variedades para la sexta cosecha.....	51



<b>Gráfico 10.</b>	Temperaturas promedio máxima y mínima para los meses de febrero hasta septiembre.....	54
<b>Gráfico 11.</b>	Número de esquejes totales para las diferentes cosechas para el sistema convencional.....	55
<b>Gráfico 12.</b>	Número de esquejes totales para las diferentes cosechas para el sistema hidropónico.....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Diagrama sobre la producción de semillas en el Perú.....	15
<b>Figura 2.</b> Distribución del sistema convencional: Pro-Mix, Musgo y Humus.....	27
<b>Figura 3.</b> Distribución del sistema hidropónico en arena: Arena de cantera.....	28
<b>Figura 4.</b> Trasplante de las plántulas al cobertor en sus respectivas camas.....	29
<b>Figura 5.</b> Personal técnico en la poda (foto superior) y las camas de siembra luego de la poda (foto inferior).....	34
<b>Figura 6.</b> Esquejes de camote obtenidos en la primera cosecha.....	41
<b>Figura 7.</b> Esquejes de camote obtenidos en la segunda cosecha.....	43
<b>Figura 8.</b> Esquejes de camote obtenidos en la tercera cosecha.....	46
<b>Figura 9.</b> Esquejes de camote obtenidos en la cuarta cosecha.....	48
<b>Figura 10.</b> Esquejes de camote obtenidos en la quinta cosecha.....	50
<b>Figura 11.</b> Esquejes de camote obtenidos en la sexta cosecha.....	52

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Contenido nutricional aproximado del camote (por 100 g de porción comestible).....	74
<b>Anexo 2.</b> Análisis del agua de pozo del Centro Internacional de la Papa.....	75
<b>Anexo 3.</b> Protocolo de aplicación del análisis NCM-ELISA para el diagnóstico de virus .....	76
<b>Anexo 4.</b> Resultados del análisis de diagnóstico de virus NCM-ELISA y PCR-test.....	81
<b>Anexo 5.</b> Número de esquejes obtenidos en dos cultivos de camote (Jonathan y Jewel) para las cosechas 1, 2, 3, 4, 5 y 6.....	83
<b>Anexo 6.</b> Número de esquejes obtenidos en plantas de camote cultivados en dos sistemas de producción según el número de cosecha.....	83
<b>Anexo 7.</b> Producción total de esquejes en el sistema convencional .....	84
<b>Anexo 8.</b> Producción total de esquejes en el sistema hidropónico .....	84
<b>Anexo 9.</b> Temperatura máxima y mínima promedio (°C).....	84
<b>Anexo 10.</b> Humedad relativa máxima y mínima (%).....	85

<b>Anexo 11.</b>	Costos de inversión para la construcción de los sistemas (costos reales en 6 meses de cosechas).....	86
<b>Anexo 12.</b>	Costos de inversión para el desarrollo adecuado de los sistemas (supuesto).....	87
<b>Anexo 13.</b>	Número total de esquejes cosechados por sistema en cada cosecha.....	88
<b>Anexo 14.</b>	Número total de esquejes cosechados por variedad en cada cosecha.....	88

## RESUMEN

Para establecer un sistema adecuado de producción de semillas pre-básica de camote es importante conocer la relación entre los sistemas, las variedades a usar, el clima y los costos de implementación. Por lo que en la presente investigación realizada en las instalaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP), en La Molina, Lima, Perú, se compararon dos sistemas de producción alternativos a los comúnmente usados: un sistema convencional (mezcla de sustrato standard Pro-Mix con musgo y tierra) y un sistema hidropónico (arena de cantera), mediante la evaluación del desarrollo de dos variedades de camote (Jonathan y Jewel). Para esto se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con 3 repeticiones por sistema. En total se usaron 6 camas (6 repeticiones), donde cada repetición contenía 40 plantas de camote y se cosecharon los esquejes, desde marzo hasta agosto del 2016 (6 cosechas en total). Adicionalmente, se analizó la interacción de los sistemas con las variedades bajo dos estaciones climáticas (invierno o verano) y para corroborar la eficiencia de un sistema frente a otro, se realizó un análisis económico básico para conocer la rentabilidad total de cada sistema. Este análisis, se elaboró en dos partes: una primera fase en donde se encuentran los datos reales analizados para el inicio del proyecto y una segunda fase en donde se usaron datos supuestos para el siguiente año del proyecto.

Los resultados muestran que hubo una mayor producción de esquejes en el sistema hidropónico desde de la tercera hasta la sexta cosecha y un mejor desarrollo de la variedad Jonathan en ambos sistemas. A su vez, se demostró lo esencial que son las altas temperaturas (en promedio entre los 20°C y 30°C) para la obtención de una mayor producción de esquejes. Finalmente, el análisis económico reafirmó la eficiencia del sistema hidropónico frente al convencional, obteniendo en la primera fase del análisis, una rentabilidad de -20 por ciento para el sistema hidropónico y -42 por ciento para el sistema convencional y en la segunda fase del análisis, una rentabilidad de 100 por ciento para el sistema hidropónico y 33.3 por ciento para el sistema convencional.

**Key words:** sistema hidropónico, esquejes, rentabilidad

## ABSTRACT

To establish a suitable system for pre-basic sweet potato seed production, it's important to recognize the relationship between the systems, the varieties to use, the weather and the implementation costs. Therefore in this research taking place at the CIP installments (International Potato Center), in La Molina, Lima Peru, two alternative production systems were compared in regard to what's usually used: a conventional system (average Pro-mix substrate mix with moss and common soil) and an hydroponic system (gravel sand), throughout the evaluation of the development of two sweet potatoes varieties (Jonathan and Jewel). For this matter, it was applied a Database Configuration Assistant (DBCA), with three repetitions per system. In total, I used 6 beds (6 repetitions), where each repetition contained 40 sweet potato plants and the cuttings were harvested, from March to August in 2016 (6 harvests total). In addition, it was analyzed the interaction of the systems with the variety in regard to two seasons (winter or summer) and to confirm the efficiency of a system compared to the other, it was made a basic economic analysis to measure the total profitability of each system. This analysis was elaborated in two parts: a first phase where there is the real database analyzed for the beginning of the project and a second phase where a hypothetical database was used for the next year of the project.

The results show there was a higher production of cuttings in the hydroponic system from the third and sixth harvest and better development of the Jonathan variety in both systems. At the same time, it was demonstrated how essential the high temperatures are (an average between 20°C and 30°C) for the obtention of higher cutting production. Finally, the economic analysis reassured the efficiency of the hydroponic system in front of a conventional one, obtaining in the first phase of the analysis, a rentability of 20 percent for the hydroponic system and 42 percent for the conventional system and in the second phase of the analysis, a rentability of 100 percent for the hydroponic system and 33.3 percent for the conventional system.

**Key words:** hydroponic system, cutting, rentability

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 BREVE RESEÑA DEL CAMOTE EN EL MUNDO

Hoy en día, el mundo se está enfrentando a problemas con respecto a la escasez de alimentos por distintos conflictos sociales, económicos, ambientales, políticos, etc. De aquí que se realizan cumbres mundiales sobre la alimentación para debatir acerca de cómo enfrentar la inseguridad alimentaria que actualmente está aumentando a través de los años.

En la Cumbre Mundial sobre la Seguridad Alimentaria en Roma el 2009, se redactaron los siguientes párrafos:

- Se calcula que la producción agrícola tendrá que aumentar en un 70 por ciento al 2050 para alimentar a una población mundial que se prevé que superará los 9000 millones de personas. Simultáneamente, será preciso adoptar medidas para garantizar a todas las personas acceso –físico, social y económico- a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos, con especial atención a dar pleno acceso a las mujeres y niños.
- El cambio climático supone graves riesgos adicionales para la seguridad alimentaria y el sector agrícola. Se prevé que sus efectos revestirán especial peligro para los pequeños agricultores de los países en desarrollo, especialmente los países menos adelantados, y para las poblaciones que ya son vulnerables. Las soluciones para hacer frente a estos desafíos planteados por el cambio climático deben comprender opciones de mitigación y un firme compromiso a la adaptación de la agricultura, incluso mediante la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. A su vez, conociendo estos objetivos trazados por las máximas autoridades de los estados reunidos en la cumbre, por la Declaración de los Derechos Humanos, se sabe que: “El derecho a la alimentación adecuada se ejerce cuando todo hombre, mujer o niño, ya sea solo o en común con otros, tiene acceso

físico y económico, en todo momento, a la alimentación adecuada o a medios para obtenerla. El derecho a la alimentación adecuada no debe interpretarse, por consiguiente, en forma estrecha o restrictiva asimilándola a un conjunto de calorías, proteínas y otros elementos nutritivos concretos” (Abrisketa, 2004).

La desnutrición crónica y la seguridad alimentaria obedecen principalmente a:

- La baja productividad agrícola debida a limitaciones institucionales, tecnológicas y de políticas sectoriales
- La gran variabilidad de las reservas de alimentos según los años y los ciclos agrícolas, a menudo por la irregularidad de las lluvias y la falta de agua para la producción agropecuaria
- La falta de empleo fuera de la finca, que se suma a la escasez e inseguridad de los ingresos en las zonas rurales y urbanas. Las causas y consecuencias de la inseguridad alimentaria y la pobreza están inseparablemente ligadas.

Machado (2002), menciona que una forma de romper el círculo vicioso de la pobreza y la inseguridad alimentaria consiste en incrementar la productividad agrícola, específicamente donde puedan beneficiarse los pequeños campesinos, que a menudo son los más pobres. Conforme crece la población mundial y suben los niveles de vida, aumentará la demanda de alimentos y seguirá disminuyendo la superficie subutilizada de tierras agrícolas. Por lo tanto, es importante intensificar con métodos sostenibles, la producción en las tierras con potencial agrícola que actualmente se están explotando, en vez de invadir aquellas marginalmente aptas para el cultivo.

El cultivo del camote, demanda menos trabajo que otros cultivos básicos, es cultivado a partir de esquejes en vez de semillas y puede ser plantado a lo largo de un amplio rango de tiempo sin que haya pérdidas considerables en su rendimiento. Por esto, es una alternativa viable, para disminuir el hambre, en nuestro país, y con expectativas al resto del mundo, sobre todo en África. Según Achata *et al.*, (1990), Su contribución nutritiva es significativa. Tomando en cuenta el precio del alimento y su contenido nutritivo, proporciona más calorías y proteínas que el pan de trigo, la papa, la yuca y el arroz.

En los estratos económicos más bajos, se está sustituyendo el pan por porciones de camote en la alimentación de los niños en edad escolar. Debido a su bajo costo, además es una



excelente fuente de nutrientes, especialmente calcio, vitaminas, aminoácidos esenciales y sales minerales.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

En el presente, la humanidad se encuentra atravesando una serie de problemas, en donde la escasez de alimentos y la seguridad alimentaria son primordiales, ya que generan una serie de conflictos en la población de tipo sociales, económicos y ambientales, siendo los más afectados los países en vías de desarrollo, como la mayoría de países sudamericanos y africanos.

Según, Laurie et al. (2009), el cultivo del camote, es rústico, 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 ser rico en carbohidratos y vitamina A. Puede producir más energía comestible por hectárea que el trigo y la yuca. Se ha convertido, en importante objeto de estudio y de investigación a nivel mundial. Zhang *et al.* (2000) le atribuyen el quinto lugar como cultivo más importante económicamente a nivel mundial.

Según Ramos *et al.* (1988) las bondades que se le atribuyen al cultivo de camote han despertado cierto interés en la comunidad científica, observándolo como una alternativa para combatir el hambre mundial. A su vez, es un cultivo rustico por los relativamente pocos cuidados que requiere, su adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo y por los pocos problemas fitosanitarios que presenta.

Ramos *et al.* (1988) también menciona que en el Perú se puede sembrar prácticamente todo el año. La “semilla” es un esqueje de 20 a 30 cm o porción vegetativa que se extrae de otra planta de camote de algún campo antes o en el momento de la cosecha, sin mayor selección previa.

La producción de plántulas madre de las que se van a extraer los esquejes para su próximo trasplante a condiciones de invernadero o a campo abierto, parten del cultivo in-vitro en laboratorio. Estas técnicas dan la ventaja de mantener al cultivo libre de patógenos y bajo parámetros ambientales controlados.

Existen diversas formas de producción de semillas pre-básicas de camote, sin embargo hoy en día, se están realizando nuevas tecnologías de producción, como es el caso de la hidroponía y la aeroponía, las cuales han sido utilizadas en un inicio por los países con mayor desarrollo, por el precio de la implementación de estas tecnologías. Estas técnicas sin suelo, sin embargo, a través de los años, han sido mejoradas para disminuir costos y aumentar la producción. Es así como bajo estos sistemas de producción, las semillas pre-básicas muestran una mayor producción y una mayor calidad a costos bajos.

El trabajo se justifica, por tener la finalidad de evaluar los dos sistemas de producción de semillas pre-básicas de camote, tanto en el sistema convencional (sustrato tierra con musgo) como en el sistema hidropónico (sustrato arena de cantera previamente desinfectada con hipoclorito de sodio); y así determinar cuál de los dos sistemas es más efectivo en la producción de esquejes (semilla) de camote, dentro de un cobertor.

### **1.3 OBJETIVOS**

Objetivo general

- Comparar y evaluar la producción de semillas pre-básicas en plantas de camote cultivadas entre los sistemas de producción convencional e hidropónico

Objetivos específicos

- Determinar un sistema viable de producción de semillas pre-básicas de camote, en óptimas condiciones fitosanitarias, para su uso en investigaciones y producción de semilla
- Determinar los costos de producción de cada sistema

## **II. REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 GENERALIDADES**

El camote ha sido cultivado desde los inicios de la agricultura en la región noroeste de Sudamérica, siendo el Perú uno de los principales centros de diversidad genética. En este país se producen 250,000t de camote en 16,000ha, básicamente en la costa y valles interandinos cálidos. La gran diversidad de variedades de camote ha originado una importante tradición de consumo en el Perú. Se han encontrado restos de camote sancochado con una antigüedad mayor a 4,000 a.C. Sin embargo, el promedio de 9 kg/persona/año consumido hoy en día es relativamente bajo, teniendo en cuenta las deficiencias nutricionales de nuestra población -especialmente infantil- y las bondades nutritivas y organolépticas (es decir sabor, olor, aspecto y textura) de esta raíz (INIA, 2004).

Es a principios de 1950, cuando el cultivo del camote empezó a adquirir importancia debido a la disminución del precio del algodón por el proceso de sustitución de importaciones, a la realización de ensayos comerciales y a la generación de nuevas variedades. Las variedades de camotes usadas actualmente no dependen del tipo de agricultor sino del comportamiento horizontal de las variedades en diferentes zonas. Por ello, los agricultores necesitan conocer sus variedades sean nuevas o actuales y adaptarse a ellas. La tecnología para el manejo del camote continua generándose por: la colección y mantenimiento de bancos de germoplasma, la generación de una amplia gama de variedades mejoradas y los diferentes intentos de mecanizar y tecnificar el cultivo. Los aspectos que han merecido la mayor atención de parte de los investigadores son: la semilla, la siembra, la densidad, la fertilización y las fechas de aporque. Otros aspectos importantes, como preparación de terreno, riego y desarrollo fisiológico no han sido investigados adecuadamente (Daza y Rincón, 1993).

## 2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El cultivo del camote es muy importante en la agricultura latinoamericana como en las regiones tropicales de centro y Suramérica. El valor nutritivo (Anexo 1) de esta raíz es ampliamente reconocido por poblaciones pobres de este continente. El follaje del camote es principalmente utilizado en la alimentación de animales, es por esto, que aparte de ser un cultivo para la ingesta humana, también se puede usar como forraje. El potencial productivo del camote es muy alto pero los rendimientos por área son bajos debido a problemas de calidad de semillas, plagas y manejo del cultivo. La tecnología puede contribuir a mejorar la productividad del cultivo pero es indispensable identificar alternativas de uso para este producto porque las limitaciones se inclinan mayormente al lado de la demanda. Su alta perecibilidad como producto fresco y la inelasticidad de la relación demanda-precio pueden producir drásticas fluctuaciones de los precios en el mercado con altos riesgos para los productores. Entretanto no podemos ignorar el importante rol que tiene en la subsistencia de muchos pobres en Latinoamérica. Este hecho valoriza mucho el esfuerzo de cambiar técnicas participativas de difusión tecnológica y de manejo integrado de un cultivo de alta incidencia social (CIP, 2001).

El camote tiene múltiples propósitos en el aprovechamiento del hombre. Aparte del consumo fresco, el camote se puede utilizar de varias formas:

- Como forraje para animales: actualmente esta es posiblemente la utilización más común
- Procesado en almidón: actualmente gran parte del almidón pasa por otro proceso para convertirse en tallarines
- Procesado en harina: usada para reemplazar la harina de trigo importada
- Como bocadillos: principalmente en la forma de papas fritas, hojuelas, snacks deshidratados y dulces

La utilización apropiada depende de la demanda del mercado. Se debe alentar a los campesinos a que experimenten cualquiera de estas opciones solo después que la potencialidad del mercado haya sido completamente explorada (CIP, 2001).

## **2.3 PROBLEMÁTICA DEL CULTIVO DE CAMOTE EN LA ACTUALIDAD**

No se sabe con certeza cuales son los criterios de los agricultores para preferir una variedad a otra. Se sabe que no es solo uno, sino varios y podrían ser precocidad, doble propósito, formas comerciales y rendimientos, pero no es suficientemente claro cuáles son los preponderantes. A pesar de que no existen factores limitantes insuperables, los agricultores manifestaron tener algunos problemas, especialmente precios bajos, desconocimiento de un adecuado control de plagas y fertilización así como falta de asistencia técnica (Achata et al., 1990).

Otro de los problemas que se presentan en su mayoría para Latinoamérica, según Vilaró (1987), sostiene que una parte importante de los limitantes del cultivo de camote son los problemas con la calidad del material genético. La mayoría de las variedades en uso son lo que puede denominarse land-varieties (variedades de campo), que en muchos casos no tiene un origen definido y su difusión es lógicamente el resultado de alguna forma de selección por parte de los agricultores.

## **2.4 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DEL CAMOTE**

Según Huamán (1992), la clasificación del camote sería la siguiente:

- Familia: Convolvulaceae
- Género: *Ipomoea*
- Sección: Batatas
- Especie: *Ipomoea batatas* (L.) Lam.

Huamán (1992), menciona que el camote es una planta herbácea y perenne. Sin embargo, es cultivada como una planta anual usando raíces reservantes o esquejes para su propagación vegetativa. Su hábito de crecimiento es predominantemente postrado, con tallos que se expanden de manera horizontal sobre el suelo. Los tipos de hábito de crecimiento del camote son erecto, semi-erecto, extendido y muy extendido. Los tallos son cilíndricos y su longitud, así como la de los entrenudos, depende del hábito de crecimiento del cultivar y de la disponibilidad de agua en el suelo. Dependiendo de los cultivares, el color de los tallos varía de totalmente verde a totalmente pigmentado con antocianinas. Las hojas son simples y están arregladas alternadamente en espiral sobre los tallos. El borde de la lámina de las hojas puede ser entero, dentado o lobulado. La forma del perfil general de las hojas puede ser redondeada, reniforme, cordada, triangulada, hastada (trilobular y en forma de lanza con los lóbulos basales más o menos divergentes), lobuladas y casi divididas. La inflorescencia es generalmente de tipo cima en la que el pedúnculo se divide en dos pedúnculos axilares; cada una de éstas se dividen a su vez en dos después de que se produce la flor (cima bípara). También se forman flores solitarias. El fruto es una capsula más o menos esférica con una punta terminal, y puede ser pubescente o glabro, cuando está madura se torna de color marrón. La mayoría de los cultivares producen raíces reservantes en los nudos de los esquejes sembrados originalmente y que permanecen bajo tierra. Sin embargo, los cultivares de hábito rastrero forman raíces reservantes en algunos de los nudos de los tallos que están en contacto con el suelo.

Según FAO (2014), el camote es una planta perenne, cultivada anualmente, pertenece a la familia de las convolvuláceas (Convolvulaceae). A diferencia de la papa que es un tubérculo, o esqueje engrosado, el camote es una raíz reservante. La especie se adapta desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm, pero para establecer plantaciones comerciales con buenos rendimientos, se cultiva entre los 0 y 900 msnm, en donde se presentan las temperaturas de 20°C a 30°C, que aceleran su metabolismo. Requiere de 12 a 13 horas diarias de luz. Se adapta a suelos con buena aireación, buen drenaje, que sean livianos y con alto contenido de materia orgánica, tipo franco arenosos hasta franco arcillosos, con pH entre 5,5 y 7,7. Si el suelo es muy fértil, pesado y húmedo; el desarrollo de hojas y tallo es muy vigoroso pero su rendimiento de raíces muy bajo al igual que si calidad. Las raíces de mejor calidad se obtienen en suelos arenosos y pobres, aunque los rendimientos son bajos.

#### **2.4.1 Requerimientos edafoclimáticos del cultivo de camote**

El camote es una planta tropical que no tolera las bajas temperaturas. Las condiciones idóneas para su cultivo son una temperatura media durante el periodo de crecimiento superior a los 20° C, un ambiente húmedo (80-85 por ciento HR) y buena luminosidad. La temperatura mínima de crecimiento es 12° C. Temperaturas cálidas entre 20 y 30 grados centígrados aceleran su metabolismo. El cultivo del camote requiere de 12 a 13 horas diarias de luz. En temperaturas más bajas de 20 grados centígrados o mayores de 30 grados centígrados y en alturas arriba de 1,300 SNM el ciclo se extiende hasta 140 días, a medida que se incrementa la altura a la que es sembrada, las cosechas se retrasan hasta 150 días (Van de Fliert y Braun, 2002).

El camote se puede producir en una amplia variedad de suelos, sobre todo si dispone de una prolongada temporada de calor. Produce mejor en suelos de consistencia media a suelta que en los pesados; en estos ocurre un gran crecimiento vegetativo, en desmedro de las raíces que se dan mal conformadas. Las labores del suelo no deben alcanzar gran profundidad. Se adapta mejor que otras plantas a terrenos pobres en materia orgánica (Giacconi y Escaff, 2004).

Es tolerante a la sequía, sin embargo, la falta de agua en la fase de iniciación de las raíces reservantes y durante periodos prolongados de tiempo, puede reducir la capacidad de las plantas para proporcionar un buen rendimiento (Van de Fliert y Braun, 2002).

#### **2.5 PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE LAS PLANTAS**

La propagación vegetativa se define como la reproducción de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano (raíces, tallos, ramas, hojas). En teoría, cualquier parte de una planta puede dar origen a otra de iguales características según sean las condiciones de crecimiento (luz, temperatura, nutrientes, sanidad, etc.). Esto se debe a que muchas de las células de los tejidos vegetales ya maduros conservan la potencialidad de multiplicarse, de diferenciarse y dar origen a diversas estructuras como tallos y raíces; estos grupos celulares forman parte de los meristemas primarios y de los secundarios que pueden

encontrarse en todos los órganos de las plantas. Las células no diferenciadas que los conforman tienen la información genética y las propiedades fisiológicas de producir una nueva planta con iguales características de la planta madre, propiedad conocida como totipotencia (Rojas *et al.*, 2004).

Según Vásquez *et al.* (1997), la propagación vegetativa tiene tres variantes:

- La propagación por partes vegetativas como rizomas, estacas, bulbos, tubérculos, estolones y segmentos (esquejes) de órganos como tallos y hojas.
- La propagación por injertos, donde segmentos de una planta se adhieren a otra receptiva más resistente o de mejores características
- La propagación *in vitro*, en la cual células o pequeñas partes de tejidos u órganos son cultivados en condiciones controladas de laboratorio. La micropropagación es un método que permite la producción a gran escala de plantas libres de agentes patógenos, incluyendo virus

### **2.5.1 Ventajas de la propagación vegetativa**

- Valorar genéticamente material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo-ambiente
- Preservar genotipos y complejos en bancos clonales o arboretos
- Acortar ciclos reproductivos para acelerar procesos de cruzamientos y pruebas
- Conservar genotipos superiores que determinan características favorables (resistencia a plagas, crecimiento, producción, tolerancia a condiciones extremas de humedad o sequía, etc.)
- Propagar especies que sus semillas presentan problemas de germinación o de almacenamiento o que son de ciclo reproductivo largo.



### **2.5.2 Plántulas *In-Vitro* de camote**

El germoplasma del camote puede ser introducido in vitro bajo la forma de cultivo de esquejes de tallo juvenil. Este sistema se basa en que, cuando los nudos son colocados en un medio de cultivo apropiado, la yema axilar contenida en el nudo es inducida a desarrollar y el resultado es una plántula in vitro. Las condiciones nutricio-hormonales del medio simplemente juegan un papel en la ruptura del reposo de la yema axilar y promueven su rápido desarrollo.

En la mayoría de laboratorios, las plántulas in vitro desarrollan bajo condiciones de días largos (16 horas de luz). Bajo estas condiciones, los niveles de propagación in vitro son rápidos y un esqueje desarrollara en una plántula que alcance todo el largo del tubo de prueba y esté listo para el sub-cultivo después de seis semanas. Algunos laboratorios han demostrado que las plántulas in vitro de camote que son producidas en esta forma son fácilmente transferidas a condiciones “in vivo”, ya sea en pequeñas macetas o directamente a camas de campo (Lizárraga *et al.*, 1990).

La forma más frecuente de propagar camote es mediante el uso de esquejes. Este tipo de semilla es de fácil obtención, sin embargo, este tipo de propagación tiene el inconveniente de ser rápidamente perecible.

La selección de la semilla-esqueje se realiza siguiendo criterios diferentes. Algunos agricultores prefieren guías maduras, de tallo grueso y hojas vigorosas, pero sin cogollo (hojas auxiliares), mientras que otros requieren esquejes tiernos (no maduros).

La calidad de la semilla guarda estrecha relación con la cantidad de “nudos”, dado que influye notablemente en su establecimiento y eficiente emisión de raíces absorbentes y de raíces comestibles, las cuales se forman en los nudos (Fonseca *et al.*, 1994).

## **2.6 CULTIVO DE CAMOTE IN-SITU**

Se realizan en umbráculos, los cuales son unas estructuras mucho más sencillas que los invernaderos, en donde no se pueden controlar los factores ambientales. Suelen constar de una estructura sencilla con una malla de sombreo y sirven fundamentalmente para una fase de adaptación gradual de la planta a las condiciones ambientales exteriores, sin embargo, también para el desarrollo de ciertos cultivos.

Adicionalmente consta con un cabezal de riego, el cual es el lugar donde se instalan todos los dispositivos para el buen funcionamiento del sistema de riego. Puede ser más o menos sofisticado dependiendo de las dimensiones del vivero y tipo de planta a producir. En ellos se filtra el agua, se regula el caudal, la presión y se controla la incorporación de fertilizantes. Por último, en algunas ocasiones es de gran importancia disponer de una estación meteorológica de donde se podrán analizar los datos climáticos (Fuster, 2014).

### **2.6.1 Multiplicación de las plántulas de camote mediante esquejes**

Es un tipo de propagación asexual, mediante el corte de un tallo lateral (aunque en otros casos se usa el esqueje de hoja o de raíz); se obtiene de la parte inferior o media del tallo. Deberán incluir por lo menos una hoja o un par de hojas. Para evitar confusiones a la hora de plantarlos, hay que cortarlos oblicuamente por arriba y transversalmente por abajo, que es por donde arraigaran (Jachertz y Strauss, 2008).

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 normalmente entre los 25 y 35 cm. Esta parte se recupera más fácilmente del estrés por corte y siembra, creciendo más rápidamente que las partes bajas de los tallos (parte basal 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 pre-básica de camote, de calidad se obtiene de un manejo en invernadero (Van de Fliert y Braun. 2002).

## **2.7 IMPORTANCIA Y TIPOS DE SEMILLA**

La mala calidad de la semilla es uno de los factores limitantes para el desarrollo eficiente de los cultivos. Este factor es aún más determinante en el caso de la papa porque, al tratarse de una propagación vegetativa, se corre el peligro de que al utilizar semilla de mala calidad, se diseminen plagas y enfermedades (Montesdeoca, 2005).

Una de las desventajas, es la falta de oportunidad en la oferta de semilla, y en algunos casos, la mala calidad de la misma. Para superar estas limitantes, se selecciona y se capacita a agricultores como promotores semilleros; es decir que, productores seleccionados por su capacidad y experiencia, implementan lotes y ofertan semilla a los miembros de sus comunidades en cantidad, calidad y oportunidades adecuadas, de acuerdo a las necesidades de siembras planificadas, para de esta manera, responder a los mercados de forma oportuna y con papa de calidad (Montesdeoca, 2005).

Para esto se pasa por una serie de procesos para la mejora de una semilla. Según la FAO (2011), una semilla de calidad tiene:

- Calidad física de la semilla. ·
- Calidad fisiológica, la cual se refiere a aspectos del desempeño de la semilla. ·
- Calidad genética, la cual se relaciona a las características genéticas específicas de la variedad de semilla. ·
- Sanidad de las semillas, la cual se refiere a la presencia o ausencia de enfermedades o plagas dentro del lote de semillas.

Es por eso que es importante mejorar la calidad de las semillas, la cual es realizada a través de una serie de procesos.

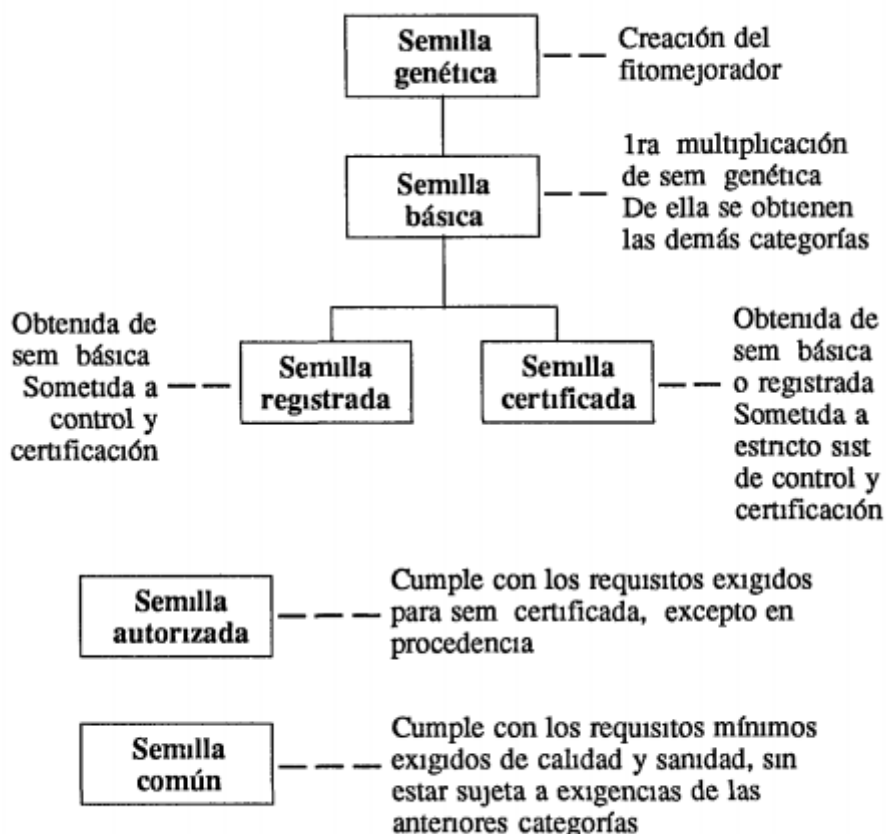
La producción de semilla mejorada o certificada implica un proceso prolongado y complejo, que se inicia en las estaciones experimentales o universidades y termina en los campos de agricultores, cuando la utilizan en sustitución de la semilla corriente o no mejorada. Tal proceso incluye las siguientes categorías: pre-básica, básica, registrada y certificada (FEDEPAPA, 2002).

El Ministerio de Agricultura del Perú (1980) decreto una ley general de semillas, la que establece las normas para la producción y comercialización de las mismas. Esta ley establece las siguientes categorías de semillas:

- Semilla genética: Es la semilla original resultante del proceso de mejoramiento genético capaz de reproducir la identidad de un cultivar, manejada y conducida por su fitomejorador u otro, a partir de la cual se producen semillas básicas
- Semilla básica: es la obtenida, como primera multiplicación, a partir de la semilla genética, 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
- Semilla registrada: es la obtenida a partir de la semilla básica, sometida al proceso de control y certificación, que cumple con los requisitos mínimos establecidos, y cuyo fin es la producción de semilla certificada
- Semilla certificada: es la que proviene sea directamente de la semilla básica, sea de la semilla registrada, sometida a un proceso de certificación con estrictos controles y constataciones a nivel de campo y planta procesamiento sobre las distintas operaciones de producción, procesamiento y análisis de calidad, y que cumple con los requisitos mínimos establecidos.

- Semilla autorizada: es la que posee suficiente identidad y pureza varietal y que cumple con los requisitos establecidos para la semilla certificada, excepto en lo que a su procedencia se refiere
- Semilla común; es aquella que reúne los requisitos mínimos establecidos en calidad y sanidad, sin estar sujeta a los exigidos para las categorías anteriores, ni estar involucrada en las mismas. Hay obligación de etiquetar los envases, indicando datos básicos y los porcentajes de humedad y de germinación, indicando la fecha de los análisis.

Las dos primeras categorías corresponden y son de responsabilidad del fitomejorador, y no están destinadas a fines comerciales, las cuatro últimas están dentro del marco comercial.



**Figura 1. Diagrama sobre la producción de semillas en el Perú**

### **2.7.1 Aspecto económico de la producción de semilla de camote**

Según Espinoza y Crissman (1996), la Asociación Nacional de Contadores Públicos de los Estados Unidos define a la contabilidad de costos como un conjunto de procedimientos sistemáticos para informar sobre la evaluación de costos y productos producidos, en su totalidad y en detalle. Ello incluye métodos para identificar, clasificar, asignar, recolectar, e informar y comparar costos. Es por eso importante evaluar los costos de cualquier método de producción de semilla, o tecnología en general, para determinar su rentabilidad. La mejor manera para establecer un negocio productivo es llevando un registro de costos de producción, para poder valorar adecuadamente el producto.

Mochón (2007), manifiesta que la primera etapa para lograr el crecimiento sustentable en la empresa es la reducción de los costos de producción; tomando en cuenta principalmente los precios de los insumos ya que si estos incrementan, repercutirán directamente en los costos y finalmente en el precio para el consumidor

Según el Centro Internacional de la Papa (2001), el ingreso neto o ganancia del cultivo del camote se determina por la diferencia entre los ingresos de la producción y los gastos. Dentro de los ingresos tenemos: la cosecha de las raíces reservantes, el cual es igual al peso total de las raíces (kg) multiplicado por el precio por kg o valor oportunidad y la cosecha de los esquejes para semilla y alimento. Dentro de los gastos, se encuentran: el alquiler del terreno, las semillas, el abono orgánico, los agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, etc.), los implementos, la mano de obra, el transporte haciendo compras de ingresos, los costos de cosecha (costos de operación, mercadeo, mano de obra, transporte, herramientas, etc.). El nivel de ingresos depende de la cantidad de la cosecha y del precio al tiempo de venta, mientras el gasto total depende de la cantidad de ingresos y servicios usados y su precio por unidad. Para los ingresos y gastos, los campesinos tienden a tomar en consideración solo las actividades donde el dinero está directamente involucrado. Casi nunca consideran el valor de oportunidad de productos o servicios, como el trabajo en familia.

## **2.8 PRODUCCION DE SEMILLA PRE-BÁSICA: POR SISTEMA CONVENCIONAL Y EL SISTEMA HIDROPÓNICO**

Según Velásquez (2002), en un programa de semillas debidamente organizado desde la investigación, hasta que el producto final sea consumido, la producción de semilla tiene que pasar por diferentes categorías de multiplicación, es decir, semilla pre-básica, semilla básica, semilla registrada, semilla certificada para finalmente llegar al agricultor quien producirá y entregará el producto al consumidor final. Siguiendo esta cadena, es misión del ente creador de las variedades producir las categorías altas, es decir pre-básicas, básicas y registradas, y las empresas productoras de semillas son las encargadas de multiplicar la categoría certificada.

### **2.8.1 Sistema convencional**

Según Benítez (1997), un manejo del sistema convencional de semilla pre básica, se inicia con la siembra de plantas in-vitro, luego se colocan las plántulas en camas que contengan un sustrato compuesto de suelo negro (70 por ciento), pómola (15 por ciento) y humus (15 por ciento), con riego manual y una fertilización sólida (60 g de fertilizante/m<sup>2</sup> de suelo).

En este sistema, la fuente de soporte y de crecimiento para las plantas de camote, es el suelo, debidamente preparado, el cual le proveerá los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo.

Esta producción en invernadero es generalmente realizada usando un sustrato de origen vegetal (básicamente musgo y suelo) lo cual involucra el riesgo de infección por diferentes patógenos presentes en el sustrato. Además, 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 enfermedades que se adquieren del suelo.

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 realiza, en el momento que se prepara el sustrato, es ahí en donde se añaden el macro y el micro nutriente.

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 de distancia entre plantas. Las camas altas tienen grandes ventajas agronómicas: mejor drenaje y aireación el suelo está 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).

### **2.8.2 Sistema hidropónico en arena**

De acuerdo con Ansorena-Miner (1994) para cumplir correctamente sus funciones de regulación del suministro de agua y aire los sustratos deben poseer una elevada porosidad y capacidad de retención de agua, unidos a un drenaje rápido y a una buena aireación.

Martínez y Abad (1993) indican que la arena es un material de naturaleza silíceo ( $\text{SiO}_2 > 50$  por ciento) y de composición variable que depende de los constituyentes de la roca silicatada original. Las arenas de los ríos son más heterogéneas, ya que resultan de la mezcla de distintos materiales erosionados y transportados por las aguas y sus partículas suelen ser redondeadas.



La arena utilizada es arena de cantera de río, previamente esterilizada con hipoclorito de sodio 1 por ciento, la cual es muy heterogénea, es un sustrato óptimo para la hidroponía en arena, ya que contiene arena media, gravas, etc., lo que permite el filtrado correcto de la solución nutritiva.

Para Bosques (2010) dentro de los cultivos más importantes agronómicamente y económicamente, se encuentra el camote, por lo que sería interesante producirla en sustratos inertes de bajo precio como la arena. Este tipo de sustrato entrega un buen apoyo para las raíces y con una adecuada fertilización, el cultivo se desarrolla sin inconvenientes.

## **2.9 LOS CULTIVOS SIN SUELO**

Los límites de los 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 tanto, engloba a la hidroponía, aeroponía, hidrocultivos, etc. (Urrestarazu, 2015).

### **2.9.1 Ventajas y desventajas de los cultivos sin suelo**

La hidroponía tiene ventajas productivas, si se compara con los sistemas tradicionales; entre otras, cabe mencionar: a) es obvio que las labores de regadío no existen de manera convencional y que constituyen una inversión adicional, ya que todo el sistema de aplicación de los nutrimentos en solución es automático, de tal manera que todas las plantas los reciben en igual cantidad y calidad; b) la aplicación de pesticidas se puede realizar vía solución nutritiva, de manera muy uniforme; c) no existe la necesidad de esterilizar el medio de crecimiento de las raíces, al estar aisladas del medio normal – el suelo – de crecimiento. Por esta razón, tal método de producción se torna más recomendable cuando existen limitaciones de suelo, ya sea de superficie, por condiciones de salinidad, de napas freáticas, de pedregosidad o cualquier problema de orden físico, químico o biológico; d) por otro lado toda maquinaria agrícola deja de ser necesaria.

Cabe destacar que este método de cultivo requiere de un mayor capital inicial, como también una buena preparación técnica del agricultor y conocimientos de fisiología de las plantas (Giacconi y Escaff, 2004).

### **2.9.2 La fertirrigación en relación con la hidroponía**

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 éstos se encuentren en concentraciones y relaciones de forma adecuadas en disolución fertilizante. De ésta forma se evitan fenómenos negativos como efectos osmóticos y antagonismos que perturban la absorción de nutrientes por la planta. Éstos son los fundamentos de la hidroponía que además permite desarrollar un cultivo sin los factores limitantes de un suelo o un sustrato.

La disolución obtenida por el sistema hidropónico, denominada disolución ideal, se puede aplicar sobre un material poroso e inerte o, según las circunstancias, sobre un material poroso y activo que interacciona con los nutrientes de la disolución fertilizante.

En este caso, es necesario hacer un seguimiento de sus interacciones para que, como consecuencia de ellas, se llegue a una disolución ideal obtenida por hidroponía. El seguimiento se puede hacer controlando el sustrato, la disolución que éste contiene y la propia planta. A disolución fertilizante así obtenida se adaptara, por fin, a las condiciones climáticas de cada lugar de cultivo y a los momentos fenológicos de cada cultivo (Cadahía, 2005).

## **2.10 NUTRICIÓN DE LAS PLANTAS MEDIANTE HIDROPONÍA**

Los nutrientes para las plantas a través del 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 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, T; Kitano, M; Eguchi, H. 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.
- **Innecesarios para las plantas, pero necesarios para los animales que las consumen:** cobalto, yodo.
- **Tóxicos para el vegetal:** aluminio.

## 2.10.2 Funciones de los elementos nutritivos en las plantas

Para crecer, la planta necesita una serie de sustancias nutritivas. Sustancias nutritivas (o nutrimentos) son aquellas que pueden ser absorbidas por las plantas y que sirven para su alimentación; pueden ser moléculas (p. ej., dióxido de carbono o agua) o partículas cargadas eléctricamente (iones). Los iones, pueden ser cationes o aniones, y son los componentes de las sales que constituyen muchos abonos. El número de sustancias nutritivas es grande. Estas sustancias pueden ser minerales (inorgánicas) u orgánicas, cuyos componente esenciales representan los elementos nutritivos.

Los elementos nutritivos son de suma importancia para la alimentación de la planta, están contenidos en las sustancias nutritivas e, incluso, son idénticas a estas, excepto en la carga eléctrica.

Las plantas verdes superiores (y casi todas las plantas cultivadas) necesitan 16 elementos nutritivos; carbono, oxígeno e hidrógeno, que son los principales componentes estructurales de la materia orgánica, y 13 elementos nutritivos minerales adicionales que se clasifican de la siguiente forma:

- Elementos principales: N, P, S (absorción como aniones)  
K, Ca, Mg (absorción como cationes)
- Oligoelementos: Fe, Mn, Zn, Cu (absorción como cationes)  
Cl, B, Mo (absorción como aniones)

N, P y K se denominan también “macroelementos” e igualmente, los oligoelementos reciben el nombre de “microelementos”. Se denominan oligoelementos a todos aquellos elementos que aparecen en las plantas en muy pequeña concentración. El crecimiento puede ser activado también por algunos elementos útiles como el silicio y el sodio.

Asimismo son importantes algunos otros elementos que no son necesarios para las plantas, pero sí para los animales y el hombre, por lo que deberían encontrarse en las plantas en cantidades suficientes (Finck, 1988).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN**

Los ensayos se realizaron bajo condiciones controladas en la estación de verano en un invernadero ubicado en el Centro Internacional de la Papa (CIP) estación La Molina, en la provincia de Lima, departamento de Lima ( $12^{\circ} 4'34''$  latitud sur,  $76^{\circ} 56'46''$  longitud oeste, 244 msnm de altitud).

#### **3.2 ÉPOCA DE SIEMBRA**

La siembra se realizó en la época de verano. Previamente, se cortaron esquejes de camote entre 20 y 25 cm, provenientes de plántulas in vitro, las cuales se encontraban en camas de un cobertor. De estas plantas desarrolladas se sacaron los esquejes.

#### **3.3 MATERIAL GENÉTICO**

Se utilizaron esquejes de 2 variedades diferentes de camote provenientes de plantas in vitro: Jonathan y Jewel. Se extrajeron 120 esquejes por cada variedad, los cuales hicieron un total de 240 esquejes.

### 3.4 MATERIALES USADOS PARA LOS SISTEMAS

Las camas en donde fueron evaluadas las plantas de camote fueron previamente rotuladas dependiendo del sistema, la variedad usada y la repetición.

- Sustrato convencional Pro-Mix (SOGEMIX), enriquecido con musgo y humus (1:1) previamente esterilizado a vapor a temperaturas mayores a 100 °C por 3 horas y luego mezclado con un fertilizante 20-20-20

Contenido SOGEMIX:

- Turba de sphagnum canadiense: 75 por ciento
  - Perlita
  - Vermiculita
  - Caliza
  - Agua humectante
- Sustrato arena de cantera previamente lavada y desinfectado con hipoclorito de sodio (1 por ciento) (4 lt x 1000 lt de agua)

Para los dos sistemas:

- El sustrato fue extendido en 3 camas de 3m x 1m x 0,2m que se encuentran dentro de un cobertor
- Varillas de bambú para el soporte de las mangueras del sistema de riego y para el entutorado de las plántulas
- Estacas de plástico para la rotulación
- Malla antiáfida
- Twists de alambre para el amarre de las plantas
- Agua de pozo
- Tuberías de PVC para la distribución y recojo de agua de riego
- Cintas de manguera negras
- Goteros PC Micro Flapper

### 3.4.1 Otros materiales

- pH-metro
- Conductímetro
- Termómetro ambiental de máxima y mínima
- Cámara de vapor para desinfección del sustrato convencional
- Bitácora
- Mini-estación HOBO U30 STATION data logger con sensores para temperatura y humedad relativa
- Insecticidas para controlar ácaro como arañita roja (*Tetranychus urticae*)
  - VERTIMEC (ABAMECTINA): 1ml x lt de agua
- Insecticidas para controlar mosca blanca (*Bemisia tabaci*).
  - CONFIDOR (IMIDACLOPRID): 1 ml x 1 lt de agua
  - APPLAUD (BUPROFEZIN): 1 g x 1 lt de agua
- Tijera de podar
- Tanque ROTOPLAST 1100L
- Solución nutritiva SQM VITAS PAPA 1 6-7-22 (1.10 g/l de FEP Papa 1 + 0.792 g/l de Ultrasol Calcium)
- Quelato de hierro 6 por ciento
- Cuadernos de notas
- Mochilas de aplicación de 15 litros
- Pabilo
- Bolsas de muestreo para las pruebas serológicas
- Papel toalla
- Baldes de 15 lt de capacidad
- Escoba metálica
- Bolsas plásticas de basura transparentes
- Pruebas serológicas, para análisis de sanidad como NCM ELISA. Esta prueba tiene sus propios materiales que se utilizan en el laboratorio.
- Hipoclorito de calcio para la prevención contra hongos y bacterias
- Guantes de látex

- Macetas plásticas de 10 pulgadas
- Bandejas plásticas de sembrado
- Probetas
- Vaso de precipitado

### **3.5 FACTORES A ESTUDIAR**

Se analizaron dos factores de estudio:

- Factor variedad (dos niveles): Jonathan (V1) y Jewel (V2)
- Factor sistema (dos niveles): Convencional (S1) e Hidropónico (S2)

### **3.6 TRATAMIENTOS**

Los tratamientos se definieron en base a la combinación de los factores variedad y los factores sistema.

Así, se obtuvieron los tratamientos:

- S1V1
- S1V2
- S2V1
- S2V2

A cada uno de los tratamientos se le dieron 3 repeticiones, tal y como se muestra en el Cuadro 1.

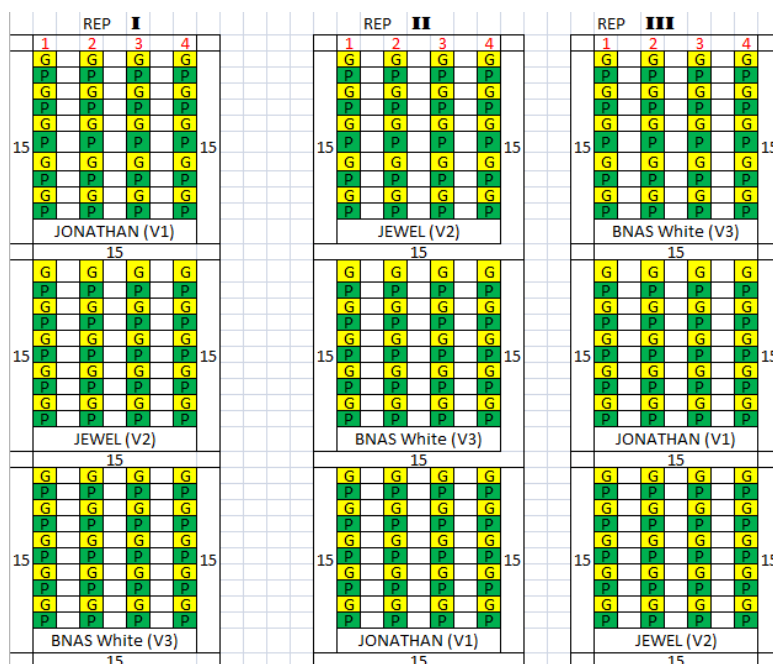


**Tabla 1. Tratamientos realizados con sus respectivas repeticiones**

SISTEMA	S1		S2	
VARIEDAD	V1	V2	V1	V2
R1	S1V1R1	S1V2R1	S2V1R1	S2V2R1
R2	S1V1R2	S1V2R2	S2V1R2	S2V2R2
R3	S1V1R3	S1V2R3	S2V1R3	S2V2R3

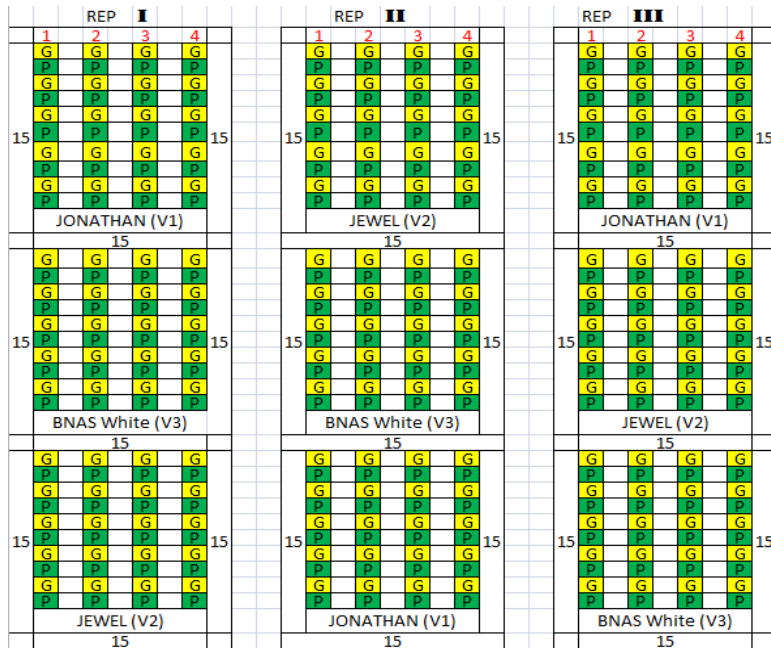
### 3.7 DISTRIBUCIÓN DE LAS VARIEDADES Y LOS SISTEMAS

La distribución de las camas para los dos sistemas y variedades fue como se explica en las Figura 2 y Figura 3.



**Figura 2. Distribución del sistema convencional en TIERRA Y HUMUS\***

\* la variedad BNAS White se sembró para no dejar vacías las camas faltantes. No se evaluó esta variedad



**Figura 3. Distribución del sistema hidropónico en arena de cantera\***

\* la variedad BNAS White se sembró para no dejar vacías las camas faltantes. No se evaluó esta variedad

Se colocaron 5 plantas por fila y 4 plantas por columna por m<sup>2</sup>, dando un total de 20 plantas por m<sup>2</sup>.

En donde:

- G: Goteros de botón PC Micro Flapper (3,8 lt / hora)
- P: Plantas
- Los espacios en blanco (20 cm) son los espacios de separación entre plantas

### **3.8 METODOLOGÍA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS**

#### **A. Siembra de los esquejes**

Se obtuvieron ejemplares de las variedades Jonathan y Jewel de 24 magentas con 5 plántulas in-vitro (cada magenta) provenientes del laboratorio de cultivos de tejidos del Centro Internacional de la Papa, los cuales se sembraron en macetas plásticas alrededor de dos semanas hasta que enraizaran lo suficiente como para sacar esquejes y ser sembrados en las camas del cobertor. Para el caso de los ejemplares del clon BNAS White, éstos fueron recolectados de un invernadero con plántulas in-situ, las cuales a su vez, fueron propagadas de plántulas in-vitro en su momento. Los mismos se sembraron, en las respectivas camas, tanto en el sustrato convencional como en el sustrato arena de cantera. Se distribuyeron de tal forma que encajen 20 plantas por m<sup>2</sup> con una separación de 10 cm del borde de las camas y de 20 cm entre plantas. En total se sembraron 120 plantas de las 3 variedades.



**Figura 4. Trasplante de las plántulas al cobertor en sus respectivas camas**

## **B. Manejo del sistema convencional**

### **1. Distribución en la siembra en el sustrato convencional**

Los esquejes de camote fueron plantados en camas de siembra de 3m x 1m x 0.2m, en las cuales se colocó el suelo preparado con SOGEMIX (70 por ciento), musgo (15 por ciento) y humus (15 por ciento).

Este suelo preparado pasó por un debido proceso de esterilización por calor haciendo uso de cámaras de vapor a temperaturas mayores a 80 °C y por 3 horas.

Se usaron 120 esquejes de camote de aproximadamente de 20 -25 cm. Estos esquejes estuvieron distribuidos en tres camas de siembra, en las cuales se llevaron 3 repeticiones. Cada cama a su vez estuvo dividida en 3 sub-partes en las cuales se sembraron 20 esquejes por m<sup>2</sup>.

El distanciamiento de siembra entre esquejes fue:

5 x 4 esquejes con 20 cm de separación (bloque de 20 esquejes por m<sup>2</sup>)

Se buscó comodidad con respecto al distanciamiento de los esquejes, pues en trabajos pasados en los que se usaron un distanciamiento de 10 cm por esquejo, hubieron problemas con el manejo.

### **2. Manejo del riego**

Antes de que se empezara la fertilización, se observó la data del contenido iónico en el agua de pozo del Centro Internacional de la Papa (Anexo 2), para conocer el contenido de sales disueltas.

Las plantas fueron fertilizadas a través de una solución nutritiva SQM VITAS Papa 1 6-7-22 (1.10 g/l de FEP Papa 1 + 0.792 g/l de Ultrasol Calcium) en la concentración de 1250 g para 1000 L, la cual fue distribuida mediante el riego por gravedad (goteo) desde las

mangueras de PVC conectadas al tanque de 1100L que se encontraba en la parte exterior del cobertor a una altura de 3 metros. Si se observaba clorosis, se aplicaba quelato de hierro al 6 por ciento dependiendo de los litros de agua que se encontraban en el tanque.

La solución fue activada mediante válvulas cada vez que se requirió el riego, y éste fue de 8 minutos cada dos días en la estación verano y de 10 minutos en la estación invierno, preferencialmente en la mañana (8 am).

## **C. Manejo del sistema hidropónico**

### **1. Distribución en la siembra en el sustrato arena de cantera**

Los esquejes de camote fueron plantados en camas de siembra, de 3m x 1m x 0.2m, en las cuales se colocaron el sustrato preparado, que contiene arena de cantera fina, previamente lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio.

Estos esquejes fueron distribuidos como los que se encuentran en el sistema convencional, previamente mencionado.

### **2. Manejo del riego**

El agua usada para el riego fue la misma que se usó para el sistema convencional, al igual que la fertilización de las plantas.

La solución fue activada mediante válvulas cada vez que se requiera el riego, y este fue de 10 minutos cada dos días en la estación verano y de 15 minutos para la estación invierno, preferencialmente en la mañana (8 am), en donde el camote tiene su temperatura óptima para la absorción de nutrientes. La diferencia de 5 minutos de riego entre la estación verano y la estación invierno, se debe a que en el verano por tener temperaturas más altas, la evapotranspiración es mayor, lo que causaba un ligero estrés en las plantas.

Para los dos sistemas, el tiempo de riego se dio mayor al recomendado en la bibliografía, ya, que según Villagarcía (1982), aconseja regar el camote dos veces por semana hasta los 20 días, una vez por semana de los 20 a 40 días y cada dos semanas a partir de los 40 días. Sin embargo menciona, que el exceso de agua provoca un gran desarrollo de la parte aérea, lo cual es justo el objetivo del presente trabajo.

#### **D. Solución nutritiva y manejo**

Los elementos minerales esenciales (macro nutrientes y micro nutrientes) que las plantas requieren para crecer y desarrollar, deben estar en la solución nutritiva en concentraciones adecuadas para lograr una nutrición balanceada de las plantas. Se empleó la solución nutritiva para el cultivo de papa SQM VITAS 6-7-22 (1.10 g/l de FEP Papa 1 + 0.792 g/l de Ultrasol Calcium) preparada para cultivar raíces y tubérculos. Se trabajó con esta solución nutritiva ya que no se cuenta con una formulación comercial, que sea exacta para la producción de camote, y también porque se han evaluado resultados preliminares en el que se llegó a tener una buena respuesta con el cultivo de camote, haciendo uso de esta solución nutritiva.

El manejo básico fue el de las mediciones diarias y las correcciones propias del pH y de CE. El pH debe mantenerse en un rango de 5.5 y 6.5 y la conductividad eléctrica entre 1.00 a 2.00 mS/cm. Si el pH excedía el rango óptimo, se vertía ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), de acuerdo al contenido total de litros de agua en el tanque.

**Tabla 2. Concentración de macro y micro nutrientes en partes por millón (ppm) utilizada en la investigación**

Nutrientes en ppm (mg/L)											
<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>	<b>Cu</b>	<b>Mo</b>
191.4	81.8	245.4	209.9	71.3	76	1.1	0.4	0.2	0.2	0.04	0.04

De manera diaria se verificó el nivel del agua del tanque para hacer las reposiciones correspondientes por consumo por las plantas y pérdidas por evaporación, así como las correcciones propias del pH y de conductividad eléctrica (CE).

### **3.9 PROCEDIMIENTO DEL MANEJO DEL CULTIVO EN EL COBERTOR**

#### **A. Manejo de las podas**

Se realizaron durante las cosechas, al mismo tiempo en el que se recogían las hojas secas caídas luego de cosechar. Ya que fueron 6 cosechas en total, el número de podas fueron igualmente, 6. Se cortaron y desecharon hojas jóvenes, hojas viejas y hojas secas dentro de las bolsas plásticas de basura. Se trató de mantener a las ramas laterales y al tallo principal dentro del área de siembra y se amarraron con los twists al pabito que sostenían las estacas de bambú, las cuales eran el soporte de las plantas. De esta forma, se evitó el desorden y el enredo de las ramas en el piso y en la parte aérea. A su vez, se recolectaron la mayoría de las hojas secas dentro de las camas y pegadas a las mangueras del sistema de riego.



**Figura 5. Personal técnico en la poda (foto superior) y las camas de siembra luego de la poda (foto inferior)**

### **B. Control químico de plagas**

Se usaron inhibidores de síntesis de quitina de acción sistémica por ingestión. La aplicación se hizo para combatir plagas, mediante la forma de aspersion por la mochila de aplicación de 15 litros. Se aplicó la disolución de los insecticidas según las dosis de aplicación correspondientes.

- Vertimec (Abamectina): 1 ml x 1 lt de agua
- Confidor (Imidacloprid): 1 ml x 1 lt de agua
- Applaud (Buprofezin): 1 g x 1 lt de agua

En total se realizaron tres aplicaciones para el tiempo en el que se instaló el experimento. Se encontró la presencia de “arañita roja” (*Tetranychus urticae*) para la cual se utilizó Vertimec (Abamectina) y por otro lado, para controlar la proliferación de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*) se usó Confidor (Imidacloprid) y Applaud (Buprofezin).



### **C. Pruebas serológicas NCM-ELISA Y PCR-TEST**

Para asegurar la inocuidad y calidad de las plántulas utilizadas en el experimento y de las semillas-esqueje pre-básica se hicieron pruebas de diagnóstico de virus NCM-ELISA y PCR-TEST para detectar la presencia del virus del enanismo clorótico (SPCSV) y el virus del enrollamiento de hojas (SPLCV, género Begomovirus).

El análisis se realizó a mediados del mes de septiembre del 2016 dentro de las instalaciones del Centro Internacional de la Papa por el personal especializado de laboratorio, según el protocolo para diagnóstico de virus (Anexo 3), para el cual se extrajeron 30 muestras de hojas escogidas al azar (10 por cada variedad).

El resultado (Anexo 4) fue negativo para las variedades Jonathan y Jewel.

### **D. Cosecha de esquejes**

Se elaboró un cronograma básico de cosechas; éstas se realizaban cada mes.

Los esquejes fueron cosechados con tijeras de podar y recolectados en macetas de 10 pulgadas. Se tomaron las ramas laterales y se buscaron esquejes de 20 cm de longitud para que sean cosechados. Una vez cosechados, se sacaron las hojas de los primeros nudos y colocados nuevamente en las macetas con agua.

En total se realizaron 6 cosechas, una por mes (Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto).

### **E. Registros de temperatura, humedad relativa y conductividad eléctrica**

Se llevaron registros diarios de temperatura en el cobertor de las 6 camas de siembra de los sistemas hidropónico y convencional, mediante la utilización de un termómetro de máxima y mínima. Para contrastar los datos obtenidos también se midió la temperatura y humedad mediante los sensores de temperatura y humedad en un HOBO U30 STATION data logger.

Las mediciones fueron ajustadas para ser evaluadas cada hora durante el día, es decir 24 mediciones por día.

También se llevaron a cabo mediciones diarias de la conductividad eléctrica (CE) y del pH de la solución nutritiva. Estas mediciones se hicieron en la mañana y en las tardes, para obtener la mayor cantidad de datos posibles y para saber si es que existen algunas irregularidades y poder corregirlas, de ser el caso.

## **F. Registro de datos para el análisis económico**

Se usaron los datos de número de esquejes totales cosechados por sistema y los costos de inversión para el estudio. Con esta información se calcularon los costos promedio de cada esqueje y el costo de 20 esquejes por m<sup>2</sup>.

Luego se obtuvieron las utilidades para poder calcular la rentabilidad total por sistema y así poder evaluar y contrastar con los datos estadísticos de producción, cuál de los dos sistemas es más eficiente.

## **3.10 ANÁLISIS DEL MODELO**

### **3.10.1 Unidad experimental**

El área de superficie de cada unidad experimental fue de 1m<sup>2</sup>; cada una contenía 20 plantas distribuidas en el m<sup>2</sup> con una separación de 20 cm por planta. Como se usaron 6 camas de siembra de 3m<sup>2</sup> cada uno, el número de unidades experimentales en total fue de 18.

### **3.10.2 Variables a estudiar**

#### **1. Número de esquejes que se obtienen por cosecha**

Se observó en cuál de los dos sistemas, las dos variedades diferentes tienen una mayor cantidad en la producción de esquejes. Se fueron contabilizando por cada cosecha que se realizó.

#### **2. Número de cosechas de esquejes en diferentes épocas del año**

Se encontró que la siembra en la estación verano, por las altas temperaturas que se presentan en este año, originan diferencias en la producción de esquejes en los dos sistemas.

### **3.10.3 Diseño experimental**

Tuvo el objetivo de comparar el resultado, en la producción de semillas pre-básicas de camote, en dos sistemas diferentes de siembra.

Luego de haber obtenido la data, se realizó un análisis estadístico con el programa SAS (VERSION 9.1), con la finalidad de demostrar cuál de los sistemas es el más óptimo para la producción de semillas pre-básicas de camote.

Se aplicó, un DISEÑO COMPLETO AL AZAR CON UN ARREGLO FACTORIAL (FACTOR VARIABLE Y FACTOR FIJO), para establecer si hay un efecto de interacción entre el factor SISTEMA DE SIEMBRA (S) y el factor VARIEDAD (V).

El factor variable es: VARIEDAD:

- V1: variedad Jonathan
- V2: variedad Jewel

El factor fijo es: SISTEMA DE SIEMBRA:

- S1: sistema hidropónico en arena
- S2: sistema convencional

### 3.10.4 Modelo Aditivo Lineal

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

Donde:

$i = 1, \dots, t$

$j = 1, \dots, s$

$r = 1, \dots, r$

$Y_{ijr}$  = 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 variedad ( $\gamma$ ), y en la  $r$ -ésima repetición.

$\mu$  = Es el efecto de la media general

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

$\gamma_j$  = es el efecto del  $j$ -ésimo tratamiento de nivel de variedad.

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

$t$ : número de niveles de sistemas de siembra.

$s$ : número de niveles de variedades.

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

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 PRODUCCIÓN DE ESQUEJES PROMEDIO QUE SE OBTIENEN POR COSECHA DE ACUERDO AL SISTEMA Y A LA VARIEDAD**

Se realizaron los análisis de varianza respectivos para la variable número de esquejes que se obtienen por cosecha.

Se realizaron 6 cosechas en diferentes meses del año (la producción total se puede observar en los anexos 7 y 8). Se realizaron a final de los meses de Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio y Agosto del 2016. Para cada cosecha se realizó un análisis de varianza respectivo. A su vez, ya que se obtuvieron diferencias significativas en la mayoría de tratamientos, se efectuó una prueba de Tukey de comparación de medias. Por otro lado, las diferencias obtenidas en el número de esquejes entre los sistemas por cosecha se muestran en el anexo 5.

#### **4.1.1 Primera cosecha**

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza para la primera cosecha donde se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con una alta significancia para los sistemas. El coeficiente de variación fue de 15.33 por ciento, el mismo que, en condiciones de invernadero para este tipo de variable, afianzan un buen grado de confiabilidad de los resultados.

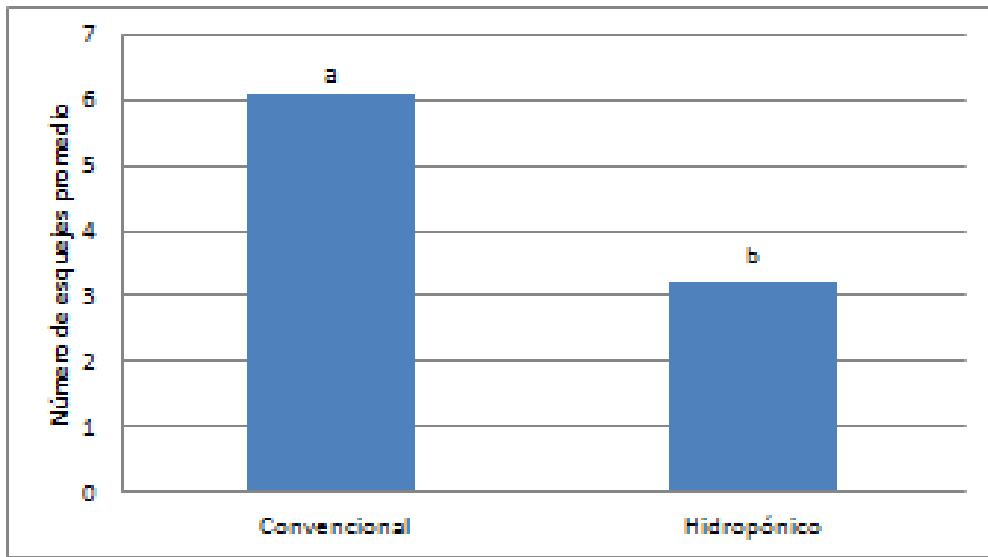
**Tabla 3.** Resumen del Análisis de Varianza para las cosechas

	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5	Cosecha 6
<b>Fuente de Variación</b>						
Variedades (V)	0.65	16.57**	126.43**	28.83**	32.84*	36.4*
Sistemas (S)	24.65**	1.02	9.45*	38.88*	33.50*	0.21
V x S	2.52	0.04	0.29	13.87*	0.18	0.10
CV (%)	15.33%	7.60%	10.24%	19.47%	21.37%	17.11%

En el Gráfico 1, se muestran los resultados de la prueba de comparación de medias (prueba t) para la variable número de esquejes promedio que se obtienen en la primera cosecha. Se halló que el mayor promedio lo obtuvo el sistema convencional con 6.08 esquejes por planta; a diferencia del sistema hidropónico, con un promedio de 3.21 esquejes por planta.

Esta diferencia entre el número de esquejes por cada sistema, se puede deber a la aclimatación de las plántulas de camote en los sustratos. Es evidente que un sustrato enriquecido para el desarrollo de plántulas jóvenes como SOGEMIX, las plantas van a tener un crecimiento adecuado en sus primeras etapas fenológicas. Aparte que el área de contacto entre partículas es mayor y por el contenido de perlita y vermiculita, la retención de agua del sustrato convencional es la adecuada, por ende la asimilación de los nutrientes es mejor. A diferencia del sustrato de arena de río, el cual posee una superficie de contacto mucho menor, por lo que es un sustrato poroso en donde el agua se filtra con mayor facilidad.

Sin embargo, estas diferencias no son tan grandes, ya que los sustratos fueron fertilizados con la misma fórmula de fertilización, a diferencia de los resultados obtenidos por Figueroa (2015), en donde los esquejes cosechados del sistema hidropónico presentan un crecimiento exponencial a lo largo de las cosechas, frente al sistema convencional. Cabe mencionar que la fertilización en el sistema convencional fue como en el campo, con sustratos edáficos sólidos y la del sistema hidropónico fue mediante el fertirriego.



**Gráfico 1. Número de esquejes promedio obtenidos en los dos sistemas para la primera cosecha**



**Figura 6. Esquejes de camote obtenidos en la primera cosecha**

#### **4.1.2 Segunda cosecha**

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza para la segunda cosecha donde se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con una alta significancia para las variedades.

El coeficiente de variación fue de 7.6 por ciento, el mismo que, en condiciones de invernadero para este tipo de variable, otorgan un muy buen grado de confiabilidad de los resultados.

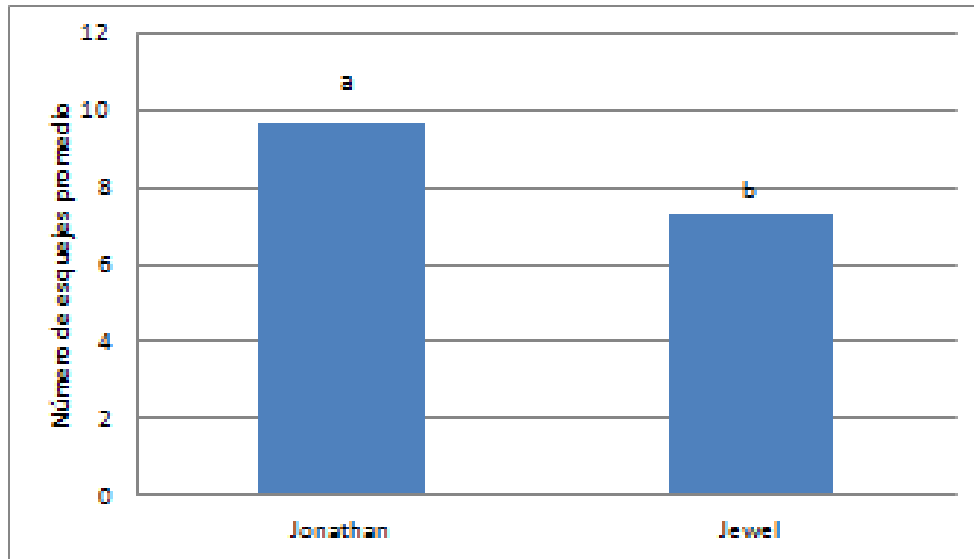
En el Gráfico 2, se encuentran los resultados de la prueba de comparación de medias (prueba t) para la variable número de esquejes promedio que se obtienen en la segunda cosecha. Se encontró que la variedad Jonathan obtuvo el mayor promedio con 9.68 esquejes por planta; en cambio la variedad Jewel obtuvo un promedio de 7.27 esquejes por planta.

De esta forma, se puede observar como disminuye la brecha entre el número de esquejes producidos por cada sistema. La aclimatación de las plántulas a los sustratos es notoria a través del tiempo.

A su vez, la temperatura juega un rol esencial en los primeros meses de desarrollo del cultivo de camote. Para la primera y segunda cosecha, en donde las temperaturas fueron lo suficientemente altas (entre los 22°C y 33°C) para obtener una gran producción de esquejes-semilla. Adicionalmente, Larenas (1994) menciona, que a estas altas temperaturas se inhibe el crecimiento de las raíces reservantes e induce a un desarrollo de la parte foliar de las plantas.

Otro aspecto no menos importante, fue inhibir también la floración de las plantas, realizando las podas de limpieza y las cosechas de esquejes programadas para el trabajo, así de esta manera, manteniendo al cultivo en un estado juvenil e induciendo al desarrollo de meristemos foliares.





**Gráfico 2. Número de esquejes promedio obtenidos en las dos variedades para la segunda cosecha**



**Figura 7. Esquejes de camote obtenidos en la segunda cosecha**

### 4.1.3 Tercera cosecha

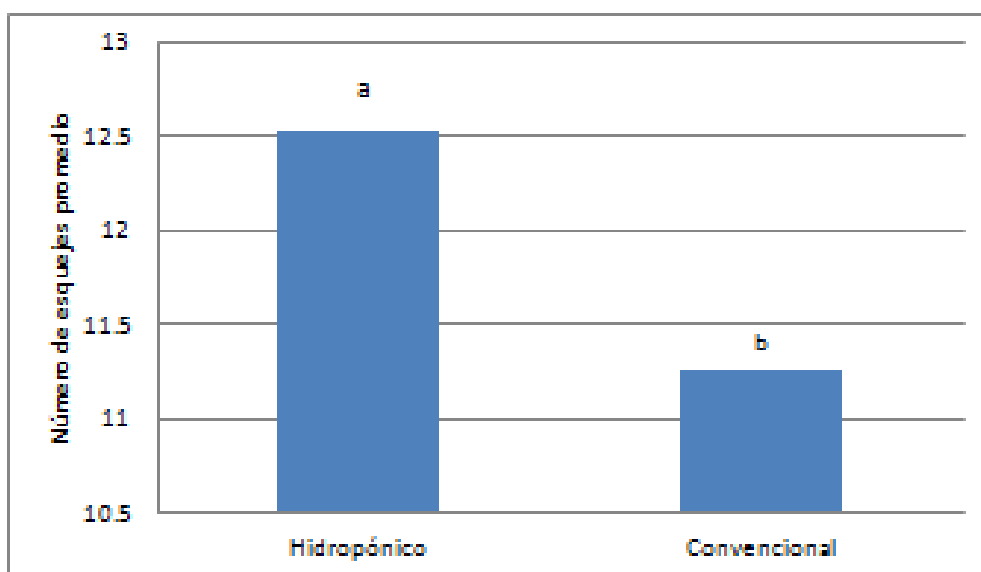
En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza para la tercera cosecha donde se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con una alta significancia para las variedades y con significancia para los sistemas.

El coeficiente de variación fue de 10.24 por ciento, el mismo que, en condiciones de invernadero para este tipo de variable, otorgan un buen grado de confiabilidad de los resultados.

En el Gráfico 3, se observan los resultados de la prueba de comparación de medias (prueba t) para la variable número de esquejes promedio que se obtienen en la tercera cosecha. Para el caso de los sistemas, se halló que el sistema hidropónico obtuvo un mayor promedio con 12.53 esquejes por planta, mientras el sistema convencional obtuvo 11.26 esquejes por planta.

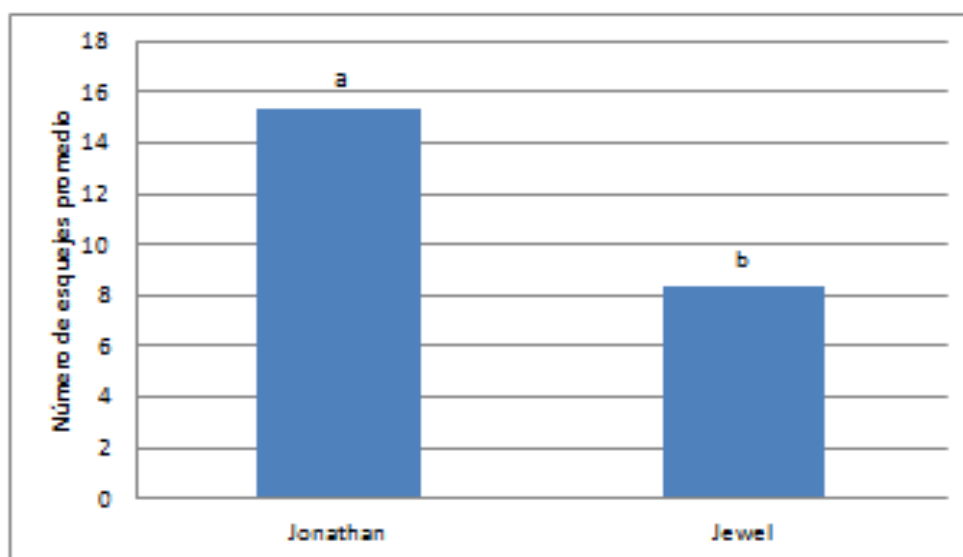
A medida que el follaje se iba desarrollando rápidamente para esta cosecha, los tallos laterales empezaron a enredarse (algunos con más de 2 metros), ya que el camote es un cultivo rastrero. De esta manera, el efecto sombra podía alterar el desarrollo de la parte foliar, como lo menciona Martínez (2011), en donde un desarrollo no erguido de la parte foliar en ciertas especies reduce la fotosíntesis en un 26 por ciento, por lo que es de suma importancia el guiado de las plantas a partir de los 30 cm de altura, más aún cuando las plantas a partir de la tercera cosecha ya obtenían alturas de 1 metro y medio.

Como valor agregado, una adecuada conducción de los tallos permitió realizar las cosechas de manera ordenada para el personal y sin correr el riesgo del quebrado de los tallos al caminar dentro de las instalaciones.



**Gráfico 3. Número de esquejes promedio obtenidos en los sistemas para la tercera cosecha**

Por otro lado, en el Gráfico 4, se observan los resultados obtenidos de la prueba de comparación de medias para la variable número de esquejes promedio en las variedades. Se encontró que la variedad Jonathan obtuvo un mayor promedio con el valor de 15.39 esquejes por planta, mientras la variedad Jewel obtuvo 8.4 esquejes por planta.



**Gráfico 4. Número de esquejes promedio obtenidos en las dos variedades para la tercera cosecha**

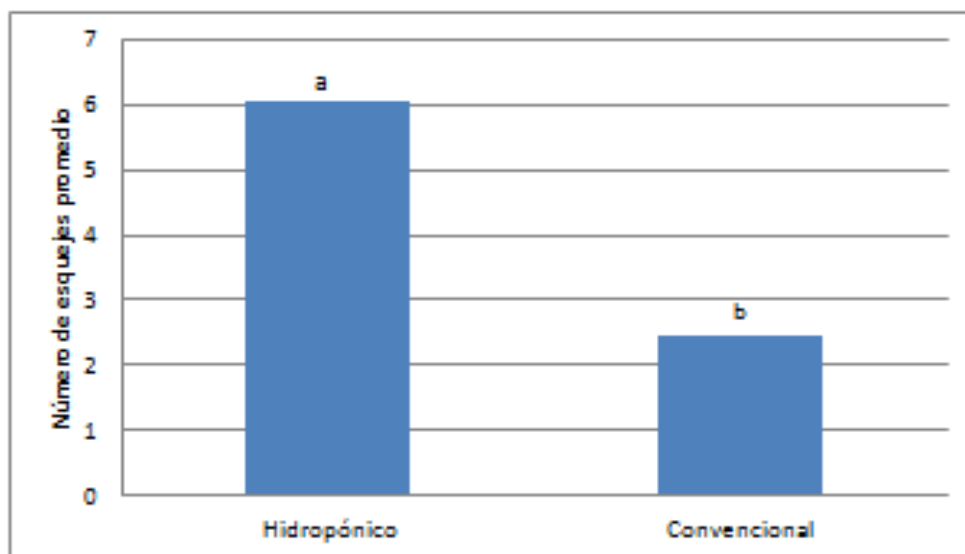


**Figura 8. Esquejes de camote obtenidos en la tercera cosecha**

#### **4.1.4 Cuarta cosecha**

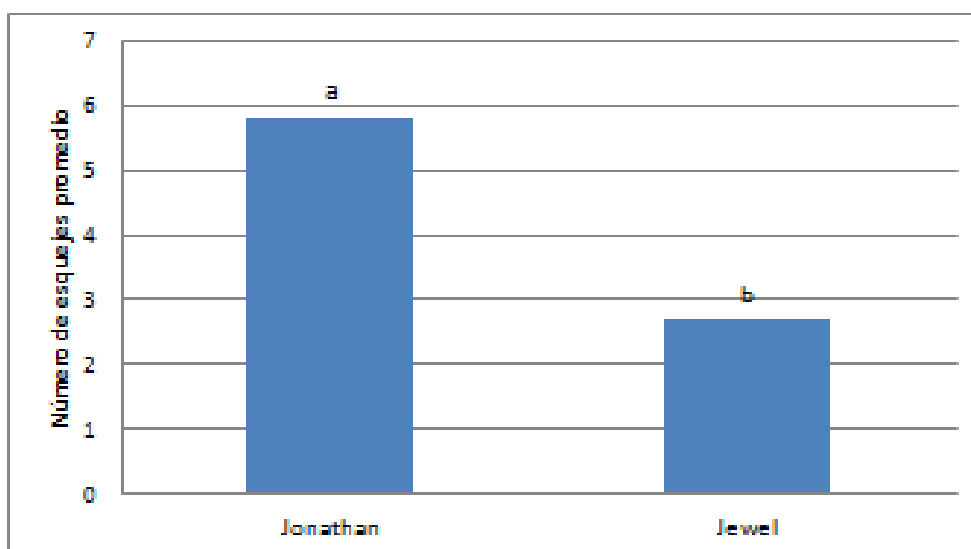
En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza para la cuarta cosecha donde se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con una alta significancia para las variedades, con significancia para los sistemas y además, presenta significancia en la interacción variedad-sistema. El coeficiente de variación fue de 19.47 por ciento, el mismo que, en condiciones de invernadero para este tipo de variable, es fidedigno el grado de confiabilidad de los resultados.

En el Gráfico 5, se observan los resultados de la prueba de comparación de medias (prueba t) para la variable número de esquejes promedio que se obtienen en la cuarta cosecha. De esta manera, en los sistemas, se halló que el sistema hidropónico obtuvo un mayor promedio con 6.04 esquejes por planta, mientras el sistema convencional obtuvo 2.44 esquejes por planta.



**Gráfico 5. Número de esquejes promedio obtenidos en los dos sistemas para la cuarta cosecha**

De la misma manera, también se obtuvieron resultados significantes según la prueba de comparación de medias para la variable número de esquejes promedio en las variedades. Es así, cómo se puede observar en el Gráfico 6, la variedad Jonathan obtuvo el mayor promedio con 5.79 esquejes por planta, a diferencia de la variedad Jewel con 2.69 esquejes por planta.



**Gráfico 6. Número de esquejes promedio obtenidos en las dos variedades para la cuarta cosecha**



**Figura 9. Esquejes de camote obtenidos en la cuarta cosecha**

A pesar de que las temperaturas son menores para esta época del año, y por ende la producción de esquejes-semilla es menor, no fue tan significativa esta caída en la producción. Como antes se mencionó, mientras se mantenga una adecuada fertilización para el cultivo de camote, el follaje crecerá sin problemas. Por otra parte, la humedad en el invierno juega otro papel importante en el desarrollo de la parte aérea del cultivo, ya que es la mayor que en otros meses del año (Anexo 10). Aunque se sabe que las plantas de camote son resistentes a la falta de agua y que las mismas pueden desarrollarse en un ambiente poco húmedo, estudios anteriores mostraron que una deficiencia en la humedad también provoca una disminución en la calidad y rendimiento en la producción de esquejes.

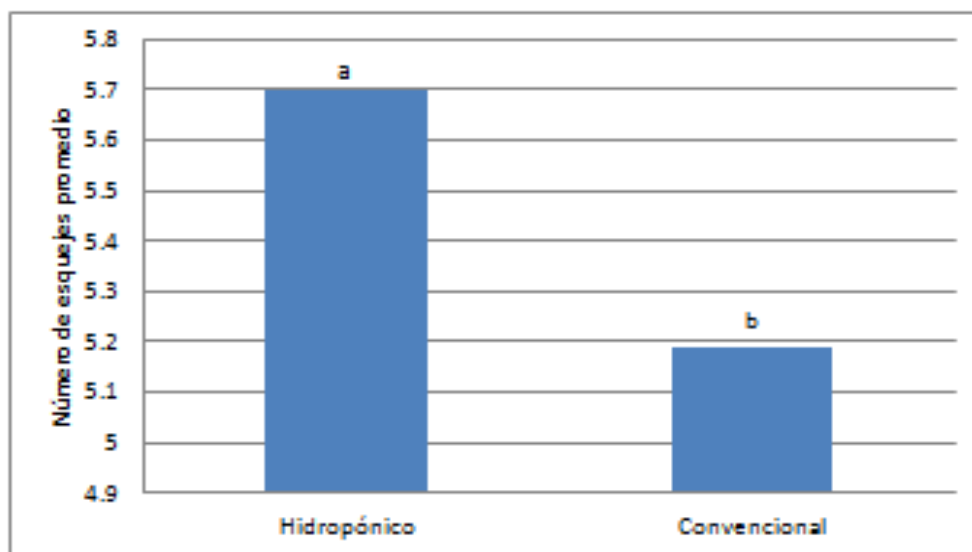
#### **4.1.5 Quinta cosecha**

Para la quinta cosecha se aplicó la transferencia de datos a la raíz cuadrada, ya que se obtuvieron datos extremos a la hora de contar los esquejes por planta en cada variedad y sistema; a su vez para afianzar los resultados con un coeficiente de variabilidad adecuado para los experimentos bajo condiciones controladas de invernadero.

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza para la quinta cosecha donde se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para las variedades y para los sistemas.

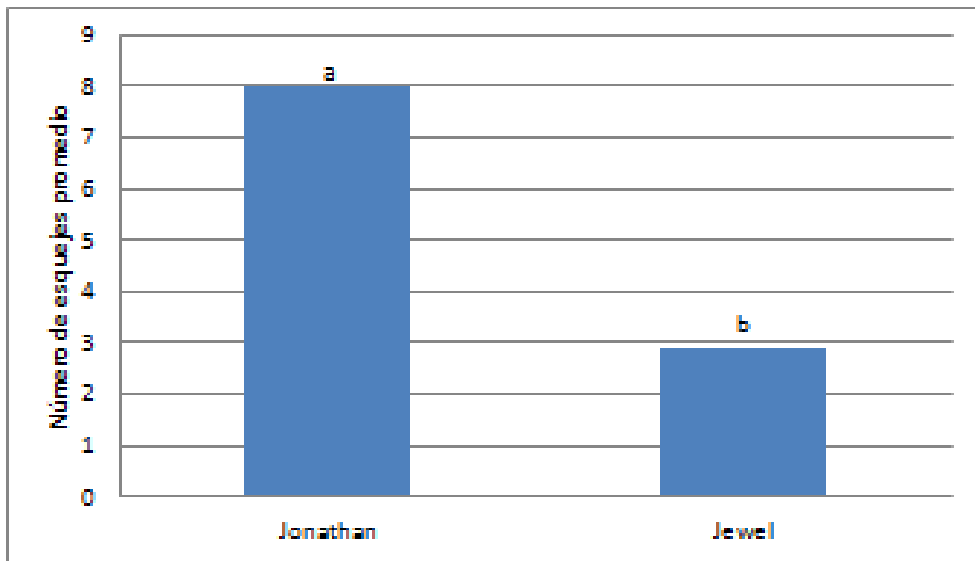
El coeficiente de variación fue de 21.37 por ciento, el mismo que se excede en muy poco porcentaje del límite establecido de confianza para condiciones de invernadero (20 por ciento).

En el Gráfico 7, se observan los resultados de la prueba de comparación de medias (prueba t) para la variable número de esquejes promedio que se obtienen en la quinta cosecha. En primera instancia, para los sistemas, se observa que el sistema hidropónico obtuvo un mayor promedio de 5.7 esquejes por planta, de otra manera, el sistema convencional obtuvo un promedio de 5.19 esquejes por planta.



**Gráfico 7. Número de esquejes promedio obtenidos en los dos sistemas para la quinta cosecha**

Por otro lado, en el Gráfico 8, también se obtuvieron resultados significantes según la prueba de comparación de medias para la variable número de esquejes promedio en las variedades. Se puede apreciar como la variedad Jonathan obtuvo el mayor promedio con 8.02 esquejes promedio, mientras la variedad Jewel obtuvo 2.88 esquejes promedio.



**Gráfico 8. Número de esquejes promedio obtenidos en las dos variedades para la quinta cosecha**



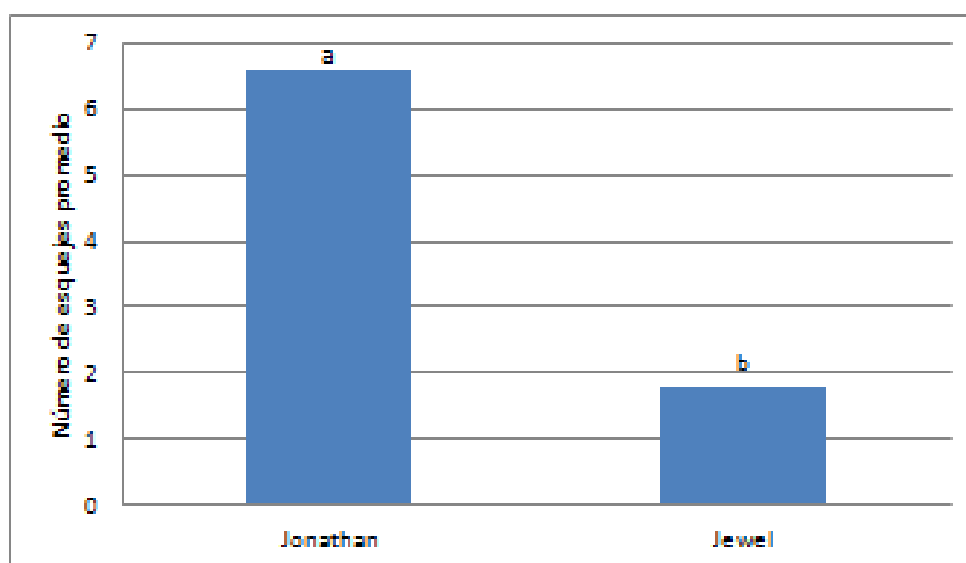
**Figura 10. Esquejes de camote obtenidos en la quinta cosecha**



#### 4.1.6 Sexta cosecha

En el Cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianza para la sexta cosecha donde se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con una alta significancia para las variedades. El coeficiente de variación fue de 17.11 por ciento, el mismo que, en condiciones de invernadero para este tipo de variable, es viable el grado de confiabilidad de los resultados.

En el Gráfica 9, se observan los resultados de la prueba de comparación de medias (prueba t) para la variable número de esquejes promedio que se obtienen en la sexta cosecha. De esta manera, en los sistemas, se halló que la variedad Jonathan obtuvo un mayor promedio con 6.59 esquejes por planta, mientras la variedad Jewel obtuvo 1.78 esquejes por planta.



**Gráfico 9. Número de esquejes promedio obtenidos en las dos variedades para la sexta cosecha**



**Figura 11. Esquejes de camote obtenidos en la sexta cosecha**

Por último, existen diferencias notables entre el rendimiento de esquejes-semilla de la variedad Jonathan sobre la variedad Jewel. Fonseca *et al.* (2002), menciona que la variedad Jonathan se vio afectada por la aparición del fenómeno del niño en el año 1997 y consecuentemente la generación del complejo viral SPVD reduciendo el rendimiento por hectárea de 20 a 6 t/ha. Para hacer afrenta a este problema, investigadores del CIP y el INIA lanzaron la variedad INA 100-INA el cual se obtuvo usando la variedad Jewel como parental femenino por la resistencia a ciertos patógenos y de esta manera reemplazar variedades que usaban antes los agricultores, dentro de las cuales se encuentra la variedad Jonathan. Sin embargo, los agricultores seguían prefiriendo en un 9 por ciento sobre otras variedades a la variedad Jonathan por la gran rentabilidad en el mercado, por lo que en la actualidad los genetistas vienen trabajando para mejorar el cultivo de la variedad Jonathan.

## **4.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LA PRODUCCION DE ESQUEJES (ESTACIÓN VERANO E INVIERNO)**

Se realizaron mediciones de temperatura diaria, registrándose datos cada hora del día con un sensor de temperatura conectado al HOBO data logger, el cual medía 24 datos de temperatura máxima y de temperatura mínima. (Los promedios de los datos se muestran en el Anexo 7).

Estos datos fueron promediados para obtener la temperatura máxima y mínima promedio del día. Finalmente se calcularon los datos de temperatura máxima y mínima promedio mensual, para posteriormente ser contrastado con los datos promedio de número de esquejes por cosechas

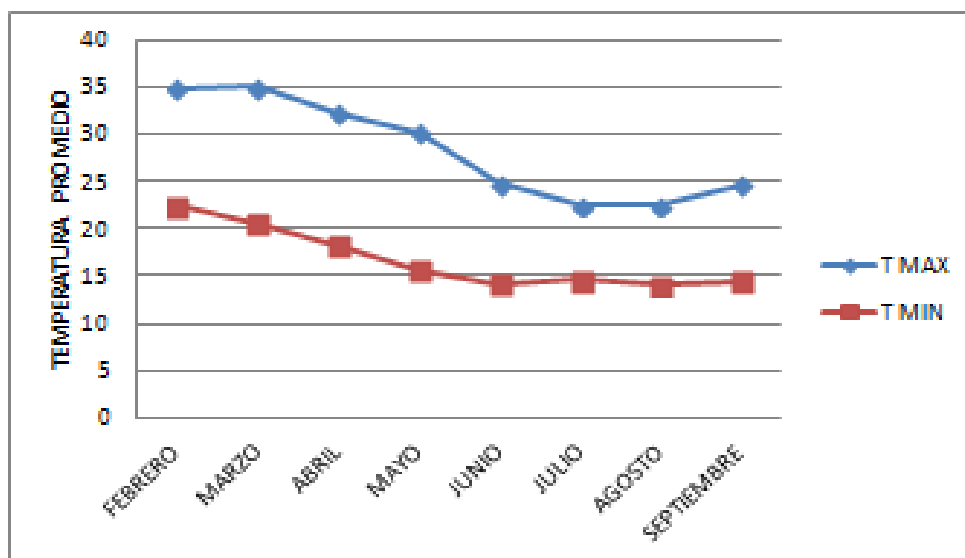
En el Gráfico 10, se observan que las temperaturas máximas y mínimas más altas se obtuvieron en la estación de verano, para los meses de febrero y marzo.

Como el camote es un cultivo de verano, es importante que la siembra se haya realizado en los meses más calurosos del año, es así como en el mes de febrero se obtuvo una temperatura máxima promedio de 34.87°C y una temperatura mínima promedio de 22.49°C; y en el mes de marzo una temperatura máxima promedio de 35.07°C y una temperatura mínima promedio de 20.53°C (las más altas obtenidas con este estudio).

Por el lado contrario, los datos de temperatura máxima y mínima más bajos, se encontraron en la estación de invierno entre los meses de julio y agosto, adicionalmente, el mes de junio también tiene un comportamiento similar.

Como se puede observar, en el mes de julio se encontró una temperatura máxima promedio de 22.44°C y una temperatura mínima promedio de 14.55°C; para el mes de agosto, una temperatura máxima promedio de 22.47°C y una temperatura mínima promedio de 13.99°C. En el mes de junio, se obtuvo una máxima de 24.81°C y una mínima de 14.07°C.

Finalmente, se muestra un incremento de la temperatura en la curva cuando empieza la estación primavera, en el mes de septiembre, con una máxima de 24.64° y una mínima de 14.51°.



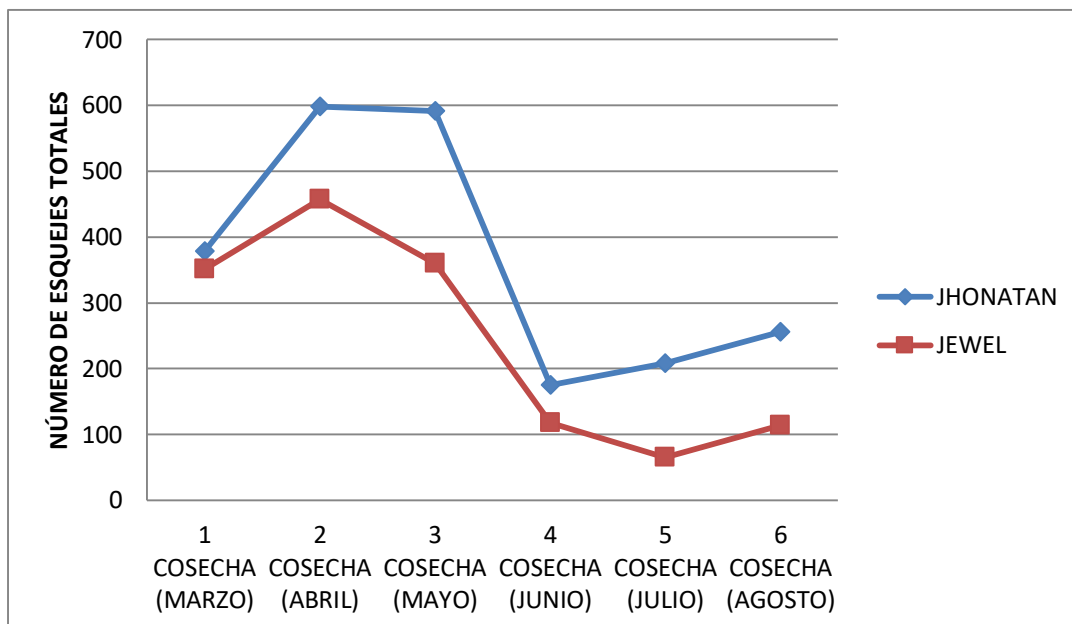
**Gráfico 10. Temperaturas promedio máxima y mínima para los meses de febrero hasta septiembre del 2016**

De esta forma, se comparó el Gráfico 10, con los gráficos de número de esquejes totales por cosecha (Gráfico 11 y Gráfico 12, respectivamente), para encontrar el contraste entre la fluctuación de la temperatura y la variación en la producción de esquejes.

En el Gráfico 11, para el sustrato convencional, se observa el aumento notable del número de esquejes de la primera cosecha a la segunda cosecha, debido a que la siembra se realizó en el mes de febrero, la primera cosecha tiende a tener una producción standard de esquejes por encontrarse el cultivo aun en sus primeras etapas de desarrollo fenológico, a pesar de que la temperatura haya sido la adecuada para el crecimiento del cultivo.

Sin embargo en la segunda cosecha en abril, donde aún la temperatura promedio se encontraba dentro del rango óptimo para desarrollo del cultivo, entre 20°C y 30°C para alturas bajas sobre el nivel del mar (Van de Fliert y Braun, 2002), tanto para la variedad Jonathan como para la variedad Jewel, se obtuvieron la mayor producción de esquejes, con

un total de 598 esquejes y 457 esquejes por los 3m<sup>2</sup> que implican las camas del sistema convencional, respectivamente.



**Gráfico 11. Número de esquejes totales obtenidos en las diferentes cosechas en plantas de camote cultivadas en el sistema convencional (3m<sup>2</sup>)**

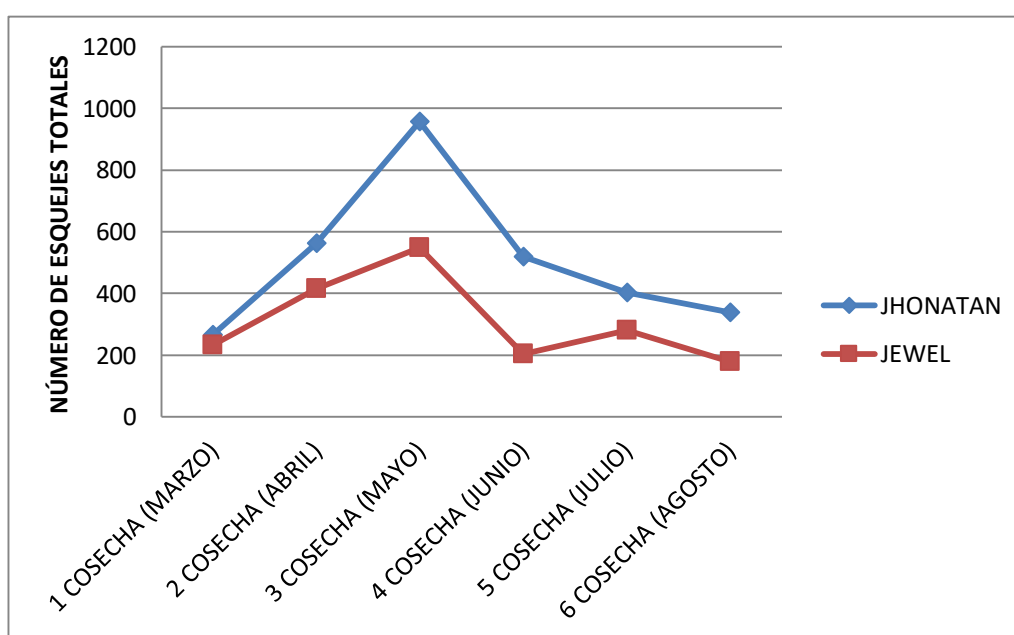
De la misma forma, en el Gráfico 10, se puede observar que la caída de la temperatura de abril a mayo aun no es tan pronunciada, por lo que se obtuvieron temperaturas moderadamente altas para obtener una gran producción de esquejes en este mes, con una máxima de 30.18°C y una mínima de 15.55°C.

En el Gráfico 11 (también en el anexo 6), se muestra la tercera cosecha, la cual fue la segunda en obtener la mayor producción para las dos variedades (591 esquejes para la variedad Jonathan y 360 esquejes para la variedad Jewel en las 3 camas), sin embargo, se observa como disminuye la pendiente en la curva del mes de mayo al mes de junio. La producción de esquejes para junio fue de 175 para la variedad Jonathan y 118 para la variedad Jewel (en las 3 camas).

Del mes de mayo a junio se muestra en el Gráfico 10, la caída más pronunciada en la temperatura máxima y mínima; y en el mes de julio también se encontró la temperatura máxima más baja, como antes se mencionada.

Algo similar ocurrió en el Gráfico 11, donde se muestra una depresión en la pendiente de la curva de producción de esquejes muy obvia del mes de mayo al mes de junio y luego una pequeña recuperación del mes de junio al mes de julio para la variedad Jonathan pero una disminución para la variedad Jewel, obteniéndose en los dos casos, la menor producción de esquejes entre la cuarta y quinta cosecha. Para la cuarta cosecha; 175 esquejes en Jonathan y 118 esquejes en Jewel (en las 3 camas). Para la quinta cosecha; 208 en Jonathan y 65 en Jewel (en las 3 camas). Una diferencia muy notoria en comparación con la tercera cosecha (anexo 6).

En el Gráfico 10, la curva de la temperatura tiene una tendencia a aumentar luego de haber estado en sus picos más bajos para los meses de junio, julio y agosto. Es así, como a finales del mes de agosto, ya casi para empezar el mes de septiembre, se observa un aumento en la producción de esquejes en el Gráfico 11, según los datos obtenidos para la sexta cosecha, se obtuvieron: 256 esquejes en la variedad Jonathan y 114 esquejes en la variedad Jewel (anexo 6).



**Gráfico 12. Número de esquejes totales obtenidos las diferentes cosechas en plantas de camote cultivadas en el sistema hidropónico (3m<sup>2</sup>)**

Se puede observar un comportamiento de forma similar como en el caso del sistema hidropónico (Gráfico 12), con respecto a la producción de esquejes versus el gráfico de temperatura máxima y mínima (Gráfico 10).

De aquí es que existe una semejanza en cuanto a la mayor producción de esquejes con el sistema convencional obteniéndose una primera cosecha (cuando el cultivo está en sus primeras etapas de desarrollo fenológico) de 267 esquejes para la variedad Jonathan y 234 esquejes para la variedad Jewel (anexo 6).

Además, la producción más alta de esquejes (la segunda y tercera cosecha) fue en los meses de abril y mayo respectivamente. Hay una diferencia en cuanto la producción de esquejes para el sistema convencional de la segunda a la tercera cosecha (una disminución en el número total de esquejes), en contraste con el sistema hidropónico (un aumento de esquejes totales de la segunda a la tercera cosecha), a su vez un gran aumento en la producción para la variedad Jonathan de la segunda a la tercera cosecha, sin embargo, pese a esto, siguen una tendencia parecida al del sustrato convencional pero con una mayor producción.

Es así como para el mes de abril se obtuvieron 563 esquejes de la variedad Jonathan y 415 esquejes de la variedad Jewel; para el mes de mayo, 956 esquejes de la variedad Jonathan y 548 esquejes de la variedad Jewel (anexo 6).

De modo similar, la disminución de la pendiente de forma precipitada es igual al de la Gráfica 11, se observa, la caída en la producción de esquejes del mes de mayo al mes de junio, obteniéndose para la cuarta cosecha 520 esquejes en la variedad Jonathan y 205 esquejes para la variedad Jewel (anexo 6).

En la comparación del Gráfico 11 y el Gráfico 12, se observa que la recuperación del cambio de temperatura en el sistema hidropónico parece ser más lenta que para el caso del sistema convencional.

La diferencia en cuanto a producción de esquejes recae en que para el sistema convencional, del mes de julio al mes de agosto, al igual que para la gráfica de la temperatura, tienden a aumentar, es decir existe una relación directamente proporcional,

sin embargo, con respecto al sistema hidropónico, se muestra una relación inversamente proporcional en comparación con la gráfica de la temperatura máxima y mínima.

En la sexta cosecha se obtiene la menor cantidad de esquejes totales (obviando la primera cosecha), con un total de 339 esquejes para la variedad Jonathan y 180 esquejes para la variedad Jewel (anexo 6).

Pero de una u otra manera la producción de semillas-esqueje fue la adecuada, ya que hubo un gran desarrollo del follaje desde el trasplante hasta la última cosecha, probablemente por dos motivos: por un buen manejo de la fertilización en el riego (mencionado en el punto 4.1) y por el guaje que se le dio a las plantas. Sabiendo que al buscar una mayor superficie de área para la incidencia de los rayos solares, al colocar las plantas de manera erguida y amarrarlas a las estacas de bambú con los twists, generamos que la luz incida sobre todas las partes del cultivo, evitando el efecto que la sombra podría causar sobre el desarrollo del follaje.

Según Villagarcía (1982), manifiesta que los componentes más importantes de la radiación son: intensidad, calidad y duración. El camote se desarrolla bien bajo condiciones de alta intensidad de la radiación. No tolera mucho la sombra por lo que no prospera en siembras intercaladas, debido a que se debilita la actividad de las raíces, las que permanecen en estado juvenil de desarrollo por un periodo prolongado. Muchas variedades de camote son sensibles al foto periodo; días cortos promueven el engrosamiento de las raíces y días largos, mayores a 13.5 horas favorecen al desarrollo de las guías a expensas del engrosamiento de las raíces.

### **4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO**

Para el análisis económico se utilizaron los datos de los costos totales de inversión para el desarrollo de los sistemas. En base a estos se obtuvieron los ingresos y las utilidades por sistema para luego calcular la rentabilidad en porcentaje.



Cabe resaltar que para la implementación de los sistemas, se tuvo que construir parte de las instalaciones, por lo que, las 6 cosechas no fueron suficientes como para generar una rentabilidad positiva, frente a los moderados costos de inversión preliminares, aun así existan divergencias grandes en cuanto a la comparación en la rentabilidad de los dos sistemas, a diferencia de Figueroa (2015), quien obtuvo una rentabilidad positiva por el hecho de no necesitar la previa construcción de un sistema de riego o de mano de obra especializada.

Es así, como se elaboraron dos cuadros comparativos con respecto a las variables ya antes mencionadas. El primero (I) nos muestra los datos reales obtenidos a través del análisis y en el segundo (II) se observa un supuesto de cómo hubiese sido la rentabilidad si no se hubiese tenido que invertir en altos costos fijos y si la producción hubiese sido la misma.

A su vez, esto va más de acuerdo a nuestra realidad, ya que un pequeño agricultor, debería implementar un sistema de producción de semilla pre-básica desde la construcción de un módulo hasta la compra de materiales básicos. Así que, los cuadros podrían interpretarse como: una fase de inversión inicial seguido de una fase de recuperación de lo invertido.

El costo de producción por metro cuadrado se calculó mediante los costos fijos, como la construcción del sistema de riego, la mano de obra calificada, los equipos y materiales. Los costos variables fueron obtenidos a través de los gastos en insumos y materiales, el análisis de diagnóstico de virus, el mantenimiento de los equipos e infraestructura y el personal de apoyo, tal y como se puede observar en el anexo 10 y anexo 11.

Los cuadros se llegaron a obtener mediante cálculos realizados en hojas de Excel, con fórmulas económicas definidas, las cuales se encuentran en el índice de anexos en la parte final de la investigación.

La producción de esquejes promedio por cosecha y por  $m^2$ , fue de 102 esquejes para el sistema convencional y de 136.4 esquejes para el sistema hidropónico. Para el primer caso, en la fase de inversión inicial, se obtuvo un costo de US\$71.8/ $m^2$  en el sistema convencional (anexo 7) y US\$68.4/ $m^2$  en el sistema hidropónico.

De aquí es que se pudo calcular el costo promedio de cada esqueje producido por sistema: US\$0.7 para un esqueje producido por el sistema convencional y US\$0.5 para un esqueje producido en el sistema hidropónico.

Debido a que no existe información fidedigna con respecto al costo por esqueje en el mercado nacional, se tomó como referencia el costo utilizado por Figueroa (2015), en donde se menciona que se usó un precio standard colocado por los investigadores del Centro Internacional de la Papa y para las dos variedades (Jewel y Jonathan), de US\$0.4 por esqueje.

El precio es el mismo para las dos variedades por la razón que la venta de esquejes *in-vitro* proveniente en magentas de 5 plántulas, es el mismo.

Como se puede observar en el Cuadro 9, en el primer caso (I) en donde se obtuvieron rentabilidades negativas por las razones antes mencionadas (costos fijos de inversión altos), se muestra que el sistema que obtuvo una menor pérdida, fue el sistema hidropónico con una rentabilidad de -20 por ciento, al contrario del sistema convencional en la cual se obtuvo una rentabilidad de -42.86 por ciento.

Sin embargo, en los resultados de Figueroa (2015) se indica que la producción de semillas pre-básica bajo éstos sistemas es rentable, en el caso de no haber realizado una gran inversión para la instalación del sistema ni su asesoramiento para el manejo y construcción, revelando una rentabilidad de 10.77 por ciento para el sistema convencional y 112.32% por ciento para el sistema hidropónico.

Es así como se realizó un supuesto para observar la rentabilidad de los sistemas luego de ya haber sido implementado el sistema de riego y sin necesitar el asesoramiento profesional para la construcción y manejo del mismo.

De ésta manera, se esperó obtener costos por m<sup>2</sup> menores a los del primer caso, es así como los resultados reflejan lo mencionado arriba.

El costo por m<sup>2</sup> del sistema convencional fue de US\$30.49/m<sup>2</sup> y en el sistema hidropónico, US\$27.07/m<sup>2</sup>. Por consiguiente, los costos promedios de cada esqueje producido también

se redujeron mostrando valores de US\$0.3 para el sistema convencional y US\$0.2 para el sistema hidropónico.

En el caso (II), se puede observar claramente en el Cuadro 9, que la rentabilidad en el sistema convencional tanto como en el sistema hidropónico es positiva y similar a los resultados mostrados por Figueroa (2015).

Utilizando los mismos datos de producción de esquejes promedio por cosecha y por m<sup>2</sup> (102 esquejes en el sistema convencional y 136.4 en el sistema hidropónico), las utilidades fueron positivas, por lo que la rentabilidad para el sistema de sustrato convencional resultó de 33.33 por ciento y para el sistema del sustrato arena de cantera del 100 por ciento, es decir el sistema hidropónico obtiene el de utilidades la misma cantidad de dinero invertido.

Para los dos casos (I y II), con los datos del Cuadro 9, se definió que la producción de semillas pre-básicas en el hidropónico es muy rentable y a su vez es mayor que la producción bajo la utilización del sistema convencional, lo cual es fundamental para tomar decisiones con respecto a qué sistema usar con fines de producción de semillas-esquejes.

La hidroponía es un método que asegura una producción de calidad de semillas sin tener que realizar una alta inversión ya que algunos de los materiales usados (costos variables) son depreciables o pueden ser reemplazados por otros más baratos o de mayor innovación, a diferencia de los materiales usados en el sustrato convencional como la esterilización del mismo, el uso de materia orgánica y la fertilización previa, los cuáles incrementan la inversión fija.

**Tabla 4. Análisis económico de la producción de esquejes para el sistema convencional y el sistema hidropónico. Valores expresados en US\$ a Octubre 2016.**

	I		II	
	Convencional	Hidropónico	Convencional	Hidropónico
Producción de esquejes total	3671	4911	3671	4911
Producción de esquejes por planta promedio (PEP)	30.59	40.93	30.59	40.93
PEP por cosecha	5.1	6.8	5.1	6.8
PEP por cosecha por m <sup>2</sup>	102	136.4	102	136.4
Costo unitario (US\$)	0.7	0.5	0.3	0.2
*Precio de venta (cada esqueje US\$)	0.4	0.4	0.4	0.4
Ingreso (US\$)	1468.4	1964.4	1468.4	1964.4
Costo total (US\$)	2569.7	2455.5	1101.3	982.2
Utilidad (US\$)	-1101.3	-491.1	367.1	982.2
Rentabilidad (%)	-42.86%	-20%	33.33%	100%

I: datos reales obtenidos a través del análisis, considerando inversión de invernadero

II: datos supuestos si no se hubiese tenido que invertir en altos costos fijos y si la producción hubiese sido la misma.

## V. CONCLUSIONES

De acorde a los resultados obtenidos en la investigación, se concluye que:

1. La producción de esquejes pre-básicos de camote es mayor en el sistema hidropónico con respecto al sistema convencional
2. Se obtuvo una mayor producción de esquejes en la primera y segunda cosecha para el sistema convencional (aunque solo la primera fue demostrada estadísticamente), debido al uso del sustrato convencional, el cual contiene los nutrientes necesarios y una mayor superficie de contacto entre las partículas, con lo que retiene con mayor eficiencia el agua de riego. A partir de la tercera cosecha hasta la sexta, luego que el cultivo de camote ya se había adaptado al sustrato arena de cantera, se obtuvo una mayor producción de esquejes en el sistema hidropónico (aunque solo la tercera, cuarta y quinta cosecha fueron demostradas estadísticamente). Esto revela que el control en la fertilización es fundamental para el desarrollo óptimo del cultivo de camote.
3. Las evidencias estadísticas muestran que la variedad Jonathan presenta una mejor producción de esquejes pre-básicos en comparación con la variedad Jewel, sin importar en que sistema se haya llevado a cabo la siembra. Se puede concluir que existe un gran

potencial para aprovechamiento de la variedad Jonathan en distintos aspectos, como por ejemplo, en su uso o en el comercio.

4. La variación de la temperatura guarda una relación estrecha con la producción de semillas-esqueje pre-básicas de camote para los dos sistemas. En la época de verano, donde las temperaturas fueron mayores, se obtuvo, para la segunda y tercera cosecha (Abril y Mayo, respectivamente), una alta producción de esquejes para las variedades evaluadas. A diferencia de la etapa invierno, en donde se hallaron las temperaturas más bajas, también se encontró una tendencia en disminuir los niveles de producción para las dos variedades igualmente (Junio y Julio, respectivamente). El cultivo de camote depende esencialmente de la temperatura óptima en la cual se están desarrollando las plantas, siendo el rango óptimo tal y como se investigó en la literatura citada, entre 20° y 30°.

5. Las utilidades obtenidas en las 6 primeras cosechas no fueron suficiente para obtener una rentabilidad positiva en el sistema convencional y en el sistema hidropónico (-42.86 por ciento y -20 por ciento, respectivamente), debido a la alta inversión en costos fijos para la implementación de los mismos, sin embargo, usando los mismos datos de producción de esquejes promedio por cosecha por m<sup>2</sup> y reduciendo los costos fijos de inversión iniciales, es decir, suponiendo que en las 6 siguientes cosechas, en las cuales se reducirían los costos de inversión fijo como la construcción del sistema de riego y del gasto en la mano de obra especializada, además de obtener la misma producción de esquejes promedio por cosecha por m<sup>2</sup>; la rentabilidad es positiva para los dos sistemas, 33.33 por ciento para el sistema convencional y 100 por ciento para el sistema hidropónico. En los dos casos el sistema hidropónico es el más rentable o el que genera menos mermas, debido al fácil manejo del sustrato (desinfección con hipoclorito de sodio y lavado con agua), a diferencia del manejo del sustrato convencional (esterilización al vapor, agregado de materia orgánica, fertilización adicional).

6. El sistema hidropónico puede ser una alternativa para la producción de semillas pre-básicas de camote (hoy en día donde la agricultura extensiva está perdiendo terreno por el mal uso de los recursos naturales), debido a los bajos costos variables de inversión y a la

alta rentabilidad que se obtiene; a su vez, por ser un sistema que genera una alta producción de esquejes de calidad. Por otro lado, del punto de vista ecológico, es un sistema que ahorra espacio, que no usa electricidad y que proporciona las herramientas para el manejo adecuado de los fertilizantes a través de un sistema de riego controlado y de fácil uso.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Establecer organizadamente las fechas de cosecha de esquejes, ya que los cambios estacionales (por la temperatura), influyen de manera directa sobre la producción de semillas-esqueje. Si se realiza una cosecha pasado muchos días luego de la fecha de programación, podría causar una reducción significativa en el número total de esquejes a cosechar.
2. Realizar investigaciones similares probando otras dosis de fertilización ya que se observó clorosis y clorosis intervenal en las hojas en tiempos diferentes. Aunque el camote es un cultivo rústico, quedó demostrado lo importante que es una adecuada fertilización para su desarrollo óptimo, por ende, para obtener una buena producción de semillas-esqueje.
3. Tratar de reducir los costos de inversión buscando otras alternativas en los materiales para la implementación de un sistema, como por ejemplo el uso del riego por gravedad y no por medio de una motobomba o la preparación de una fórmula de fertilización propia y no de terceros. Una disminución en el costo de inversión genera una mayor rentabilidad a futuro y es una manera de cuidar los recursos naturales



4. Probar otras densidades de siembra y comparar cuales de éstas generan una mayor rentabilidad, un mejor desarrollo del cultivo de camote y un espacio adecuado para que el personal de campo realice su trabajo de forma eficiente. Una muy alta densidad obstaculiza el trabajo del personal en la limpieza (ya que el camote es un cultivo rastrero que desarrolla mucho follaje), por otro lado, una muy baja densidad, obtendrá utilidades bajas; por eso, lo adecuado sería encontrar una densidad de siembre ideal.

5. Realizar estudios en el futuro sobre qué tan rentable podría ser la aplicación del sistema hidropónico en una mayor área de siembra y en el campo, trabajando conjuntamente con pequeños agricultores. De ésta forma se podrá evaluar la viabilidad de la aplicación del sistema hidropónico.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRISKETA, J. 2004. Derechos humanos y acción humanitaria. Albernadia. 1 ed. Bilbao, ES. 295 p.
- ACHATA, A., FANO, H., GOYAS, H., CHANG, O., ANDRADE, M. 1990. El camote (batata) en el Sistema Alimentario del Perú: El caso del Valle de Cañete. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 63 p.
- ANSORENA-MINER, M. J. 1994. Sustratos: Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Barcelona, ES. 35 p.
- BENÍTEZ, J. 1997. Producción de semilla pre-básica de papa, en sustrato con fertirrigación. Estación exp. Sta Catalina del INIAP. 50 p.
- BENTÍN, R. 1989. La certificación de semillas en el Perú: Revista Maíz. 2:23-24.
- BOSQUES. J. 2010. Curso básico de Hidroponía. 3 ed. Bo. Capa, Moca, Puerto Rico. 199 p.
- CADAHÍA, C. 2005. Fertirrigación: Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. 3 ed. Mundi-Prensa. Barcelona, ES. 681 p.

- CAÑARTE, E. 1993. Evaluación de catorce cultivares de camote *Ipomoea batatas* L. en cuatro localidades de Manabí. Tesis Ing. Agr. Manabí, Universidad Técnica de Manabí. 91p.
- CIP (Centro Internacional de la Papa, PE); INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, PE). 2004. Recetario de camote. Lima. 53 p.
- Cumbre Mundial Sobre la Seguridad Alimentaria (2009, Roma, IT). 2009. Declaración de la Cumbre Mundial sobre la seguridad alimentaria. Eds. Diouf, J.
- DAZA, M; RINCÓN, H. 1993. Perfil Tecnológico del camote (batata) en la costa central del Perú. Lima. 38 p
- DELGADO, C. 2006. Una entrevista con Absalón Machado. Revista Apuntes del CENES. 26 (41):183-214.
- EGUCHI.T; KITANO.M y EGUCHI.H. 1996. New System of Hydroponics for growth Analysis of Sweetpotato tuber. Biotronics 25, 85-88p.
- ESPINOZA P; CRISSMAN C. 1996. Contabilidad para los Costos de Producción de semilla de papa: Un Mecanismo de Administración con base en una hoja de Cálculo Computarizada. Quito, EC. CIP. 87p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2011. Semillas en Emergencia: Manual técnico (en línea). Roma, IT. Consultado 22 mar 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i1816s.pdf>
- FEDEPAPA (Federación Colombiana de Papa, CO). 2002. Manual de capacitación para el Manejo Agronómico, Fitosanitario y Ambiental del Cultivo de Papa. Bogotá, CO.
- FINCK, A. Fertilizantes y Fertilización. 1988. Reverté. Barcelona, ES. 436 p.

- FIGUEROA, S. 2015. Evaluación de dos sistemas de de producción de semillas pre-básica de camote (*Ipomoea batatas* L.). Tesis Ing. Agr. Lima, UNALM. 91p.
- FONSECA, C; DAZA, M; AGUILAR, C; BEZENÇON, N; BENAVIDES, M; FANO, H; GOYAS, H; PRAIN, G; RONCAL, H; TAFUR, S. 1994. El camote en los Sistemas Alimentarios de la Yunga del Norte del Perú. Lima, PE. 42 p.
- FONSECA, C; ZUGER, R; WALKER, T; MOLINA, J. 2002. Estudio de Impacto de la adopción de las nuevas variedades de camote liberadas por el INIA, en la costa central del Perú. Caso del Valle Cañete. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 24 p.
- FUSTER, M. 2014. Producción de Plantas y Tepes en vivero. Bubuk Publishing. Disponible en <https://books.google.com.pe/>
- GARCÍA, M. 2013. Evaluación técnica, económica y de sustentabilidad de dos métodos de producción de semilla pre-básica de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo invernadero. Tesis Mg. Sc. Lima, UNALM. 110 p.
- GIACONI, V; ESCAFF, M. 2004. Cultivo de Hortalizas. 15 ed. Santiago de Chile, CL, Editorial Universitaria. 341 p. Reimpreso de Talleres de Imprenta Salesianos 341 p.
- HUAMÁN, Z. 1992. Botánica Sistemática y Morfología de la planta de Batata o Camote. Lima, PE. 22 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); PRODAR (Programa para el Desarrollo de la Agroindustria Rural de América Latina y el Caribe). 1995. San José, CR. v. 5, 31 p.
- JACHERTZ, I; STRAUSS; F. 2008. Flores de Balcón y Terraza. 1 ed. Editorial Hispano Europea. Barcelona, ES. 124 p.

- 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.
- LIZÁRRAGA, R; PANTA, A; ESPINOZA, N; DODDS, J. 1990. Cultivo de Tejidos de *Ipomoea batatas*: Micropropagación y Conservación. Lima, PE. 22 p.
- LAURIE, R., DU PLOOY, C., LAURIE, S. 2009. Effect of moisture on growth and performance or orange fleshed sweetpotato varieties. African Crop Science Conference Proceedings. 9:235-239.
- MACHADO, A. 2002. De la estructura agraria al Sistema Agroindustrial. 1 ed. Bogotá, CO. 312 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, EC). 1978. Codificación de la ley y reglamento de semillas del Ecuador. Departamento de certificación de semillas. N° 0375. Quito, Ecuador. Consultado 15 dic 2016. Disponible en <http://www.ecuasem.org/Ley%20de%20Semillas%20vigente.pdf>
- MARTINEZ DE TODA, F. 2011. Claves de la viticultura. Nuevas técnicas de estimación y control de la calidad e la uva en el viñedo. 2ed. Mundi-Prensa. Madrid. 268 p.
- MARTÍNEZ Y ABAD, M. 1993. Soils culture of tomato in different mineral substrates. Wageningen, GE. Acta horticulturae. 323:251-259.
- MOCHÓN, F. 2007. Economía, Teoría y Política. 4ed. Barcelona, ES. Mc Graw-Hill. p 211-213, 226.
- MONTENEGRO, J. 1980. Ley general de semillas: normas legales. Revista de Legislación y Jurisprudencia. 102:221-225.

- MONTESDEOCA, F. 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Quito, EC. 7 p.
- RAMOS, F.; ESTRADA, J.; DELGADO, F.; UGÁS, R. 1988. Estudios de costos de producción y comercialización del camote. Universidad Agraria La Molina, Lima, Perú. pp. 103.
- ROJAS, S; GARCÍA, J; ALARCÓN, M. 2004. Propagación Asexual de Plantas. Edición marzo 2004. Bogotá, CO. 55 p.
- Seminario sobre mejoramiento de la Batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica (1987, Lima, PE). 1987. Manejo de Germoplasma in-vitro de Batata. Eds. Dodds, J.H. 271 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2002. Plant Physiology. Third edition. Sinauer Associates. Sunderland, UK. pp. 690.
- URRESTARÁZARU, M. 2015. Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Ediciones Mundi-Prensa. España. 241 p.
- VAN DE FLIERT; E. BRAUN, A. 2001. Escuela de Campo de Agricultores para el Manejo Integrado del Cultivo de Camote en Indonesia: guía de campo y manual técnico. 1 ed. 106 p.
- VÁSQUEZ, C.; OROZCO, A.; ROJAS, M.; SÁNCHEZ, E.; CERVANTES, V. 1997. La reproducción de plantas: semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica, México. 56 p.
- VATTUONE, M. 1990. Producción y Uso de semilla mejorada en el Perú. Debate Agrario: Análisis y Alternativas. No.9:91-120.

- VELÁSQUEZ, J. 2002. Producción de Tubérculos-Semillas de papa en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP y su relación con el sector semillero nacional. Consultado 10 feb 2017. Disponible en: <http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-detecnologias/PAPAOSJAVASQUEZ1.pdf> . El 24-12-2012.
- VILLAGARCÍA, M. 1982. El cultivo de camote. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 107 p.
- WOOLFE, J. 1992. Sweetpotato an untapped food resource. First edition. University of Cambridge. U.S.A. 643 p.
- ZHANG, D.; CERVANTES, J.; HUAMÁN, Z.; CAREY, E.; GHISLAIN, M. 2000. Assessing genetic diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars from tropical America using AFLP. *Genetic Resources and Crop Evolution* 47: 659-665.

## VII. ANEXOS

**Anexo 1.** Contenido nutricional aproximado del camote (por 100 g de porción comestible)

<b>Contenido</b>	<b>Concentración</b>
Humedad (%)	70.0
Energía (Kcal)	111.0
Proteína (g)	1.5
Lípidos (g)	0.3
Carbohidratos totales (g)	26.1
Fibras digeribles (g)	3.9
Calcio (mg)	32.0
Fósforo (mg)	39.0
Hierro (mg)	0.7

FUENTE: Woolfe (1992)

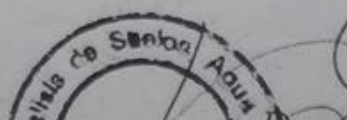


**Anexo 2.** Análisis del agua de pozo del Centro Internacional de la Papa

SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA  
 PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LA MOLINA  
 REFERENCIA : H.R. 51293  
 FACTURA : 29564

No. Laboratorio		611
No. Campo		Agua Pozo CIP
pH		7.34
C.E.	dS/m	1.96
Calcio	meq/L	13.25
Magnesio	meq/L	3.58
Potasio	meq/L	0.12
Sodio	meq/L	3.39
SUMA DE CATIONES		20.34
Nitratos	meq/L	0.12
Carbonatos	meq/L	0.00
Bicarbonatos	meq/L	2.11
Sulfatos	meq/L	6.19
Cloruros	meq/L	12.00
SUMA DE ANIONES		20.42
Sodio	%	16.66
RAS		1.17
Boro	ppm	0.56
Clasificación		C3-S1
Cobre	ppm	0.000
Zinc	ppm	0.008
Manganeso	ppm	0.009
Hierro	ppm	0.045

La Molina, 17 de Setiembre del 2015



### **Anexo 3.** Protocolo de aplicación del análisis NCM-ELISA para el diagnóstico de virus

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 sweetpotato](#)

## **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) preñdiendo la bomba de vacío.
- Pipetee 30  $\mu$ 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 por ciento 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 por ciento 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 4. Resultados del análisis de diagnóstico de virus NCM-ELISA y PCR-Test**

**PEDIDO CIPVIR: 2016-72**

**Solicitante: Carlos Chuquillanqui**

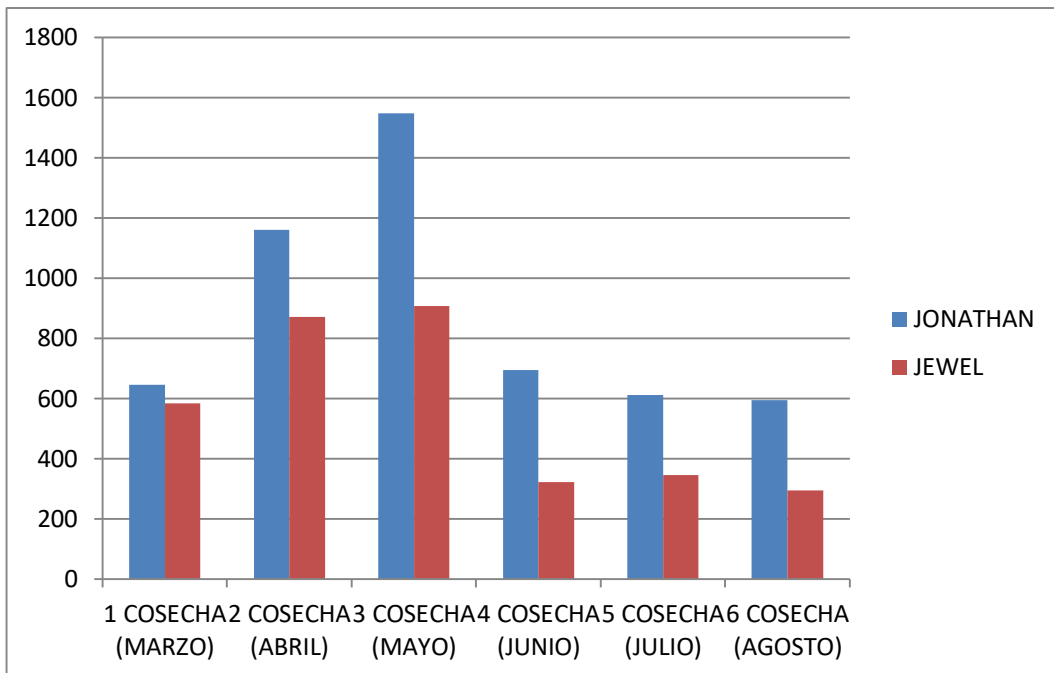
Order Material in Request	User Code	Accession number	Labcode	Is Bulk ?	Order Material in Membrane	NCM-ELISA TEST		PCR-TEST		Sample	Observations
						Negative Results	Positive Results	Negative Results	Positive Results		
1. Jewel conv 1				N	1	NEG		NEG		Leaves	
2. Jewel conv 2				N	2	NEG		NEG		Leaves	
3. Jewel conv 3				N	3	NEG		NEG		Leaves	
4. Jewel conv 4				N	4	NEG		NEG		Leaves	
5. Jewel conv 5				N	5	NEG		NEG		Leaves	
6. Forraj conv 1				N	6	NEG			POS	Leaves	Begonomovirus (multiplex PCR)
7. Forraj conv 2				N	7	NEG			POS	Leaves	Begonomovirus (multiplex PCR)
8. Forraj conv 3				N	8	NEG			POS	Leaves	Begonomovirus (multiplex PCR)
9. Forraj conv 4				N	9	NEG			POS	Leaves	Begonomovirus (multiplex PCR)
10. Forraj conv 5				N	10	NEG			POS	Leaves	Begonomovirus (multiplex PCR)
11. Jonathan conv1				N	11	NEG		NEG		Leaves	
12. Jonathan conv2				N	12	NEG		NEG		Leaves	
13. Jonathan conv3				N	13	NEG		NEG		Leaves	
14. Jonathan conv4				N	14	NEG		NEG		Leaves	
15. Jonathan conv5				N	15	NEG		NEG		Leaves	

Continuación anexo 4

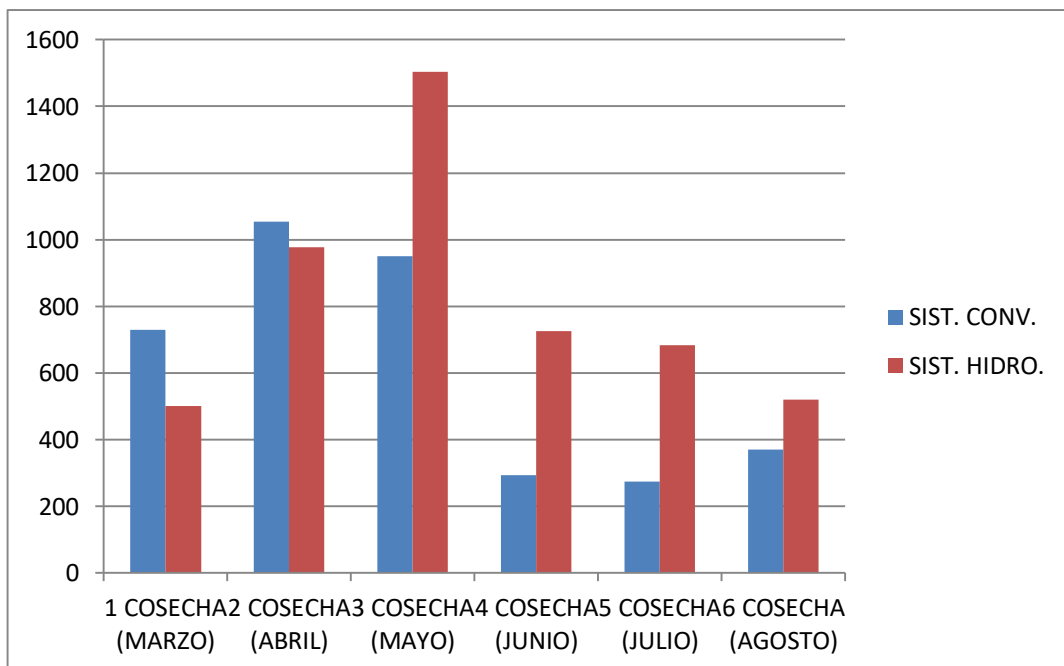
16	Jewel arena 1	N	16	NEG	NEG	Leaves
17	Jewel arena 2	N	17	NEG	NEG	Leaves
18	Jewel arena 3	N	18	NEG	NEG	Leaves
19	Jewel arena 4	N	19	NEG	NEG	Leaves
20	Jewel arena 5	N	20	NEG	NEG	Leaves
21	Forrajero arena1	N	21	NEG	NEG	Leaves
22	Forrajero arena2	N	22	NEG	POS	Leaves Begonomovirus (multiplex PCR)
23	Forrajero arena3	N	23	NEG	POS	Leaves Begonomovirus (multiplex PCR)
24	Forrajero arena4	N	24	NEG	POS	Leaves Begonomovirus (multiplex PCR)
25	Forrajero arena5	N	25	NEG	POS	Leaves Begonomovirus (multiplex PCR)
26	Jonathan arena 1	N	26	NEG	NEG	Leaves
27	Jonathan arena 2	N	27	NEG	NEG	Leaves
28	Jonathan arena 3	N	28	NEG	NEG	Leaves
29	Jonathan arena 4	N	29	NEG	NEG	Leaves
30	Jonathan arena 5	N	30	NEG	NEG	Leaves



**Anexo 5.** Número de esquejes obtenidos en dos cultivos de camote (Jonathan y Jewel) para las cosechas 1, 2, 3, 4, 5 y 6



**Anexo 6.** Número de esquejes obtenidos en plantas de camote cultivados en dos sistemas de producción según el número de cosecha



**Anexo 7.** Producción total de esquejes en el sistema convencional

SUS. CONVENCIONAL	JHONATAN	JEWEL
1 COSECHA (MARZO)	378	351
2 COSECHA (ABRIL)	598	457
3 COSECHA (MAYO)	591	360
4 COSECHA (JUNIO)	175	118
5 COSECHA (JULIO)	208	65
6 COSECHA (AGOSTO)	256	114

**Anexo 8.** Producción total de esquejes en el sistema hidropónico

SUS. ARENA	JHONATAN	JEWEL
1 COSECHA (MARZO)	267	234
2 COSECHA (ABRIL)	563	415
3 COSECHA (MAYO)	956	548
4 COSECHA (JUNIO)	520	205
5 COSECHA (JULIO)	404	280
6 COSECHA (AGOSTO)	339	180

**Anexo 9.** Temperatura máxima y mínima promedio (°C)

	T MAX	T MIN
FEBRERO	34.87	22.49
MARZO	35.07	20.53
ABRIL	32.26	18.32
MAYO	30.18	15.55
JUNIO	24.81	14.07
JULIO	22.44	14.55
AGOSTO	22.47	13.99
SEPTIEMBRE	24.64	14.51

**Anexo 10.** Humedad relativa máxima y mínima (%)

	HR MAX	HR MIN
FEBRERO	88.82	48.79
MARZO	94.79	48.43
ABRIL	97.56	55.08
MAYO	98.93	56.60
JUNIO	98.67	66.00
JULIO	98.12	71.65
AGOSTO	98.54	70.95
SEPTIEMBRE	98.15	65.34

**Anexo 11.** Costos de inversión para la construcción de los sistemas (costos reales en 6 meses de cosechas)

<b>COSTO FINAL DE PRODUCCION SISTEMA CONVENCIONAL</b>				
<b>Detalle</b>	<b>Costo Inicial (US\$)</b>	<b>Costo por Cosecha (US\$)</b>	<b>%</b>	<b>Costo m2 (US\$)</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>				
Costo Construcción Módulo	1,887.69	314.62	48.68%	34.96
Costo Equipos y Materiales	863.69	143.95	22.27%	15.99
<b>Subtotal Fijos</b>	<b>2,751.38</b>	<b>458.57</b>	<b>70.95%</b>	<b>50.95</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
Insumos y Materiales	334.46	55.74	8.62%	6.19
Diagnóstico Virus (una sola vez)	479.38	53.27	8.25%	5.92
Mantenimiento Equipo e Infraestructura	100.00	16.67	2.58%	1.85
Costo de Personal	372.31	62.05	9.60%	6.89
<b>Subtotal Variables</b>		<b>187.73</b>	<b>29.05%</b>	<b>20.85</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>2,751.38</b>	<b>646.30</b>	<b>100.00%</b>	<b>71.80</b>

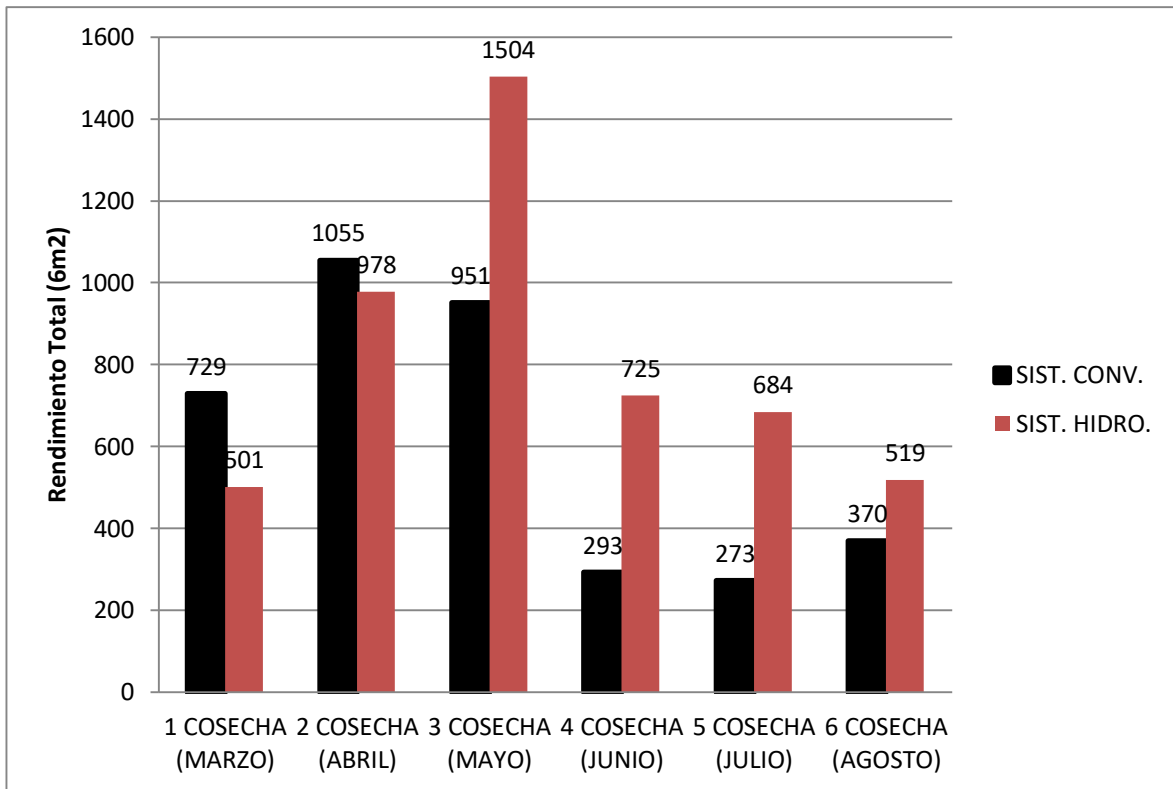
<b>COSTO FINAL DE PRODUCCION SISTEMA HIDROPÓNICO</b>				
<b>Detalle</b>	<b>Costo Inicial (US\$)</b>	<b>Costo por Cosecha (US\$)</b>	<b>%</b>	<b>Costo m2 (US\$)</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>				
Costo Construcción Módulo	1,887.69	314.62	51.11%	34.96
Costo Equipos y Materiales	679.69	113.28	18.40%	12.59
<b>Subtotal Fijos</b>	<b>2,567.38</b>	<b>427.90</b>	<b>69.51%</b>	<b>47.55</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
Insumos y Materiales	334.46	55.74	9.05%	6.19
Diagnóstico Virus (una sola vez)	479.38	53.27	8.65%	5.92
Mantenimiento Equipo e Infraestructura	100.00	16.67	2.71%	1.85
Costo de Personal	372.31	62.05	10.08%	6.89
<b>Subtotal Variables</b>		<b>187.73</b>	<b>30.49%</b>	<b>20.85</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>2,567.38</b>	<b>615.63</b>	<b>100.00%</b>	<b>68.40</b>

**Anexo 12.** Costos de inversión para el desarrollo adecuado de los sistemas (supuesto)

<b>COSTO FINAL DE PRODUCCION SISTEMA CONVENCIONAL</b>				
<b>Detalle</b>	<b>Costo Inicial (US\$)</b>	<b>Costo por Cosecha (US\$)</b>	<b>%</b>	<b>Costo m2 (US\$)</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>				
Costo Equipos y Materiales	251.08	41.85	15.25%	4.65
Mantenimiento sustrato	50.00	15.38	5.60%	1.71
<b>Subtotal Fijos</b>	<b>301.08</b>	<b>57.23</b>	<b>20.85%</b>	<b>6.36</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
Insumos y Materiales	334.46	55.74	20.31%	6.19
Diagnóstico Virus (una sola vez)	479.38	53.27	19.41%	5.92
Mantenimiento Equipo e Infraestructura	150.00	46.15	16.82%	5.13
Costo de Personal	372.31	62.05	22.61%	6.89
<b>Subtotal Variables</b>		<b>217.21</b>	<b>79.15%</b>	<b>24.13</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>301.08</b>	<b>274.44</b>	<b>100.00%</b>	<b>30.49</b>

<b>COSTO FINAL DE PRODUCCION SISTEMA HIDROPÓNICO</b>				
<b>Detalle</b>	<b>Costo Inicial (US\$)</b>	<b>Costo por Cosecha (US\$)</b>	<b>%</b>	<b>Costo m2 (US\$)</b>
<b>COSTOS FIJOS</b>				
Costo Equipos y Materiales	66.46	11.08	4.55%	1.23
Mantenimiento sustrato	50.00	15.38	6.31%	1.71
<b>Subtotal Fijos</b>	<b>116.46</b>	<b>26.46</b>	<b>10.86%</b>	<b>2.94</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
Insumos y Materiales	334.46	55.74	22.88%	6.19
Diagnóstico Virus (una sola vez)	479.38	53.27	21.86%	5.92
Mantenimiento Equipo e Infraestructura	150.00	46.15	18.94%	5.13
Costo de Personal	372.31	62.05	25.46%	6.89
<b>Subtotal Variables</b>		<b>217.21</b>	<b>89.14%</b>	<b>24.13</b>
<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>116.46</b>	<b>243.67</b>	<b>100.00%</b>	<b>27.07</b>

**Anexo 13.** Número total de esquejes cosechados por sistema en cada cosecha



**Anexo 14.** Número total de esquejes cosechados por variedad en cada cosecha

