

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Obtención de plantines de papa (*Solanum tuberosum* L) variedad canchan con el sistema autotrófico hidropónico y dos sustratos, en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco

Para optar el título de:

Ingeniero Agrónomo

**Autores: Bach. Eudys Fernando GAVILÁN FALCÓN
Bach. Franklin Michael OMBONE VÁSQUEZ**

Asesor: Mg. Sc. Andrés LEON MUCHA

Cerro de Pasco – Perú – 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

Obtención de plantines de papa (*Solanum tuberosum* L) variedad canchan con el sistema autotrófico hidropónico y dos sustratos, en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dra. Edith Luz ZEVALLOS ARIAS
PRESIDENTE

Mgc. Carlos DE LA CRUZ MERA
MIEMBRO

Mg. Moisés TONGO PIZARRO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 047-2024/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por

Ombone Vasquez, Franklin Michael
GAVILAN FALCON, Eudys Fernando
Escuela de Formación Profesional

Agronomía - Pasco

Tipo de trabajo

Tesis

Obtención de plantines de papa (*Solanum tuberosum* L) variedad canchan con el sistema autotrófico hidropónico y dos sustratos, en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco

Asesor

Mag. Leon Mucha, Andres

Índice de similitud

16%

Calificativo

APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti plagio.

Cerro de Pasco, 30 de abril de 2024



Firmado digitalmente por HUANES
TOVAR Luis Antonio FAU
20154805046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.04.2024 14:16:37 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis está dedicado principalmente a DIOS, por darnos vida, sabiduría y salud en este trajinar del tiempo y permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra formación profesional, dándonos fuerzas para continuar.

A nuestros padres quienes confiaron siempre en nosotros por su gran apoyo incondicional

RECONOCIMIENTO

Deseamos expresar nuestros más profundos agradecimientos a:

- Dios por lo que logramos y lograremos con su ayuda.
- A la Escuela de Formación Profesional de Agronomía sección Paucartambo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión” por cobijarnos durante nuestros estudios.
- A los docentes por la paciencia y sus conocimientos que nos brindaron.
- A Jorge, GAVILAN PURIS y Reyna Margarita, FALCON OSORIO; Carmen Luz, VASQUEZ HUAMALI por ser unos excelentes padres que confiaron siempre en nosotros.
- A Ángel Luis GAVILAN FALCON por ser un hermano leal y sus consejos constantes de superación que fue sustento en todo momento.
- A Deysi Yanina, GAVILAN FALCON por sus palabras de madre que me hicieron que nunca me rindiera y confió siempre en mí hasta cuando yo pensé no poder seguir.
- A Yoselyn Jazmín, SOLIS GAVILAN que es inspiración y sabiduría.
- A María de los Ángeles ARZAPALO VASQUEZ por su apoyo en todo momento.
- A Carlos VASQUEZ HUAMALI y Carmela VASQUEZ HUAMALI por ser segundos padres, por la confianza brindada que hace que uno crezca como persona.

RESUMEN

En la actualidad mediante micro-propagación, se genera cada seis semanas diez nuevas plantas por cada planta micro-propagada, las mismas que son reforzadas por un método mejorado de producción acelerada de plantas llamado sistema autotrófico hidropónico (SAH), que consiste en utilizar contenedores desechables, turba y soluciones hidropónicas, sin agregar sucrosa ni reguladores de crecimiento, de esta manera se logra obtener plántulas autotróficas que tienen gran capacidad de adaptación a condiciones de invernadero.

El objetivo general del presente estudio fue obtener plantines de papa de la variedad canchan utilizando el sistema autotrófico hidropónico con dos sustratos y soluciones, en condiciones de invernadero Paucartambo –Pasco.

Durante el estudio, se evaluaron dos tipos de sustratos y dos riegos (con solución hidropónica y solamente agua), el mismo que se condujo en un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y doce repeticiones, teniendo como observaciones durante el crecimiento vegetativo la altura de plantas, la longitud de las raíces y la relación de la parte aérea / raíz.

La evaluación de la altura de plantas se realizó inter-diario; mientras que la evaluación de la longitud de la raíz y la relación de la parte aérea / raíz se realizó cuando las plántulas ya estaban en condiciones de ser llevadas a las camas para la producción de tuberculillos.

De los resultados obtenidos en cuanto a la altura de las plántulas y la longitud de la raíz podemos decir que la utilización del kekkila + solución hidropónica “A y B” es la que resultó siendo superior estadísticamente en comparación con los otros tratamientos.

Palabras clave: Plantines, sistema autotrófico hidropónico, sustrato.

ABSTRACT

Currently, through micro-propagation, ten new plants are generated every six weeks for each micro-propagated plant, which are reinforced by an improved method of accelerated plant production called the hydroponic autotrophic system (SAH), which consists of using containers disposable, peat and hydroponic solutions, without adding sucrose or growth regulators, in this way it is possible to obtain autotrophic seedlings that have great capacity to adapt to greenhouse conditions.

The general objective of the present study was to obtain potato seedlings of the canchan variety using the hydroponic autotrophic system with two substrates and solutions, under Paucartambo –Pasco greenhouse conditions.

During the study, two types of substrates and two irrigations were evaluated (with hydroponic solution and only water), the same that was conducted in a completely randomized design with four treatments and twelve repetitions, having as observations during the vegetative growth the height of plants, the length of the roots and the ratio of the aerial / root part.

The plant height assessment was carried out inter-daily; while the evaluation of the root length and the ratio of the aerial / root part was performed when the seedlings were already able to be taken to the beds for tuber production.

From the results obtained in terms of seedling height and root length we can say that the use of kekkila + hydroponic solution “A and B” is the one that proved to be statistically superior compared to the other treatments.

Keywords: Seedlings, hydroponic autotrophic system, substrate.

INTRODUCCIÓN

La región de Pasco tiene una superficie sembrada de 9 388 hectáreas y cuyo rendimiento promedio es de 11.8 t/ha, estando por debajo del rendimiento nacional, la misma que tiene una participación del 3.1 % en el PBI agrícola. De los cuales la provincia de Pasco ocupa la mayor área de siembra con un 78.5 %, seguidos de Daniel Carrión con un 21.1 %, y Oxapampa con tan sólo el .4 %.

La provincia de Pasco tiene una superficie sembrada de 7 364 hectáreas, el distrito con mayor área de siembra es Paucartambo con un 55.4 % seguido de los distritos de San Francisco de Asís de Yarusyacan con un 8.8 %, Pallanchacra con un 6.9 % y Huachón con un 6.3 % respectivamente.

El rendimiento promedio de la provincia es de 12.8 t/ha; mientras que la del distrito de Paucartambo fue de 15.8 t/ha durante la campaña 2015 la misma que tuvo un precio en chacra de 0.89 soles por kilogramo.

El cultivo de papa se propaga vegetativamente, mediante el cual se conserva las características de la variedad, al mismo tiempo esto constituye un problema porque el tubérculo empleado como semilla está expuesto al ataque de organismos patógenos, de estos organismos los más importantes son los causantes de enfermedades virales que se perpetúan en la descendencia clonal y no pueden ser controlados químicamente ya que emplean el metabolismo de la planta para su reproducción, estos tienen como consecuencia la reducción del rendimiento.

A nivel nacional la producción de semilla pre-básica y básica de papa es insuficiente por lo que la falta de semilla de calidad es uno de los factores limitantes al momento de incrementar los rendimientos, y por ende el sistema informal que los agricultores tienen para producir semilla prevalece, la cual es utilizada en la siembra.

En la actualidad la producción de semillas de papa de calidad, es posible mediante la producción de plántulas en el sistema autotrófico hidropónico (S.A.H) y, producción de tubérculos pre-básicos bajo condiciones controladas o de invernadero.

La técnica hidropónica viene a ser un método de propagación rápida basada en los conceptos de un cultivo autotrófico que favorece el crecimiento de plántulas de papa y además, reduce al mínimo las pérdidas debido a la contaminación y al estrés del trasplante.

Dentro de la multiplicación acelerada de plántulas también existe un desconocimiento de los tipos de sustratos a utilizarse en las camas de los invernaderos, contenedores o bandejas por lo que la identificación de los mismos resulta importante para una producción de plántulas de mayor calidad.

Los sustratos utilizados en los invernaderos generalmente son provenientes de las partes altas, pero los procesos de desinfección resultan costosos. Asimismo el peligro de la presión antrópica sobre fuentes generadoras de sustratos, como son las turberas, corren el peligro de agotarse, y en el tiempo van a encontrar grandes problemas para regenerarse.

Antes de utilizar un sustrato es muy importante el conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, de esto depende el éxito o el fracaso de una buena producción.

Considerando que en el distrito de Paucartambo así como en otras zonas productoras de papa de nuestro país existe un déficit en la oferta de semilla garantizada de este cultivo, nos trazamos el presente trabajo de investigación teniendo como objetivos:

- ✓ Evaluar parámetros de crecimiento usando el sistema autotrófico hidropónico con dos sustratos y dos soluciones en condiciones de invernadero Paucartambo- Pasco.
- ✓ Comparar la interacción de los sustratos y las soluciones con el sistema autotrófico hidropónico en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco.

INDICE

Pág.

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	3
1.3. Formulación del problema	4
1.3.1. Problema principal.	4
1.3.2. Problemas específicos.	4
1.4. Formulación de objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos.	5
1.5. Justificación de la investigación	5
1.6. Limitaciones de la investigación.....	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	7
2.2. Bases teóricas – científicas	11
2.3. Definición de términos básicos	52
2.4. Formulación de hipótesis	54
2.4.1. Hipótesis general	54
2.4.2. Hipótesis específicas	54
2.5. Identificación de variables	54
2.6. Definición operacional de variables e indicadores	55

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	56
3.2. Métodos de investigación.....	56
3.3. Diseño de la investigación	57
3.4. Población y muestra	58
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	59
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	59
3.7. Tratamiento estadístico	60
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	60
3.9. Orientación y ética	61

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	62
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	72
4.3. Prueba de hipótesis.....	99
4.4. Discusión de resultados.....	100

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la actualidad en el Perú el cultivo de papa ocupa el segundo lugar en importancia en el producto bruto interno agrícola (PBI) después del cultivo de arroz, con una superficie sembrada de 304 772 hectáreas y teniendo como rendimiento promedio nacional de 14.1 t/ha. Asimismo se ha establecido como la base de la alimentación de la zona andina y es producido por 600 mil pequeñas unidades agrarias.

La región de Pasco tiene una superficie sembrada de 9 388 hectáreas y cuyo rendimiento promedio es de 11.8 t/ha, estando por debajo del rendimiento nacional, la misma que tiene una participación del 3.1 % en el PBI agrícola. De los cuales la provincia de Pasco ocupa la mayor área de siembra con un 78.5 %, seguidos de Daniel Carrión con un 21.1 %, y Oxapampa con tan sólo el .4 %.

La provincia de Pasco tiene una superficie sembrada de 7 364 hectáreas, el distrito con mayor área de siembra es Paucartambo con un 55.4 % seguido de los distritos

de San Francisco de Asís de Yarusyacan con un 8.8 %, Pallanchacra con un 6.9 % y Huachón con un 6.3 % respectivamente. El rendimiento promedio de la provincia es de 12.8 t/ha; mientras que la del distrito de Paucartambo fue de 15.8 t/ha durante la campaña 2015 la misma que tuvo un precio en chacra de 0.89 soles por kilogramo.

El cultivo de papa se propaga vegetativamente, mediante el cual se conserva las características de la variedad, al mismo tiempo esto constituye un problema porque el tubérculo empleado como semilla está expuesto al ataque de organismos patógenos, de estos organismos los más importantes son los causantes de enfermedades virales que se perpetúan en la descendencia clonal y no pueden ser controlados químicamente ya que emplean el metabolismo de la planta para su reproducción, estos tienen como consecuencia la reducción del rendimiento.

A nivel nacional la producción de semilla pre-básica y básica de papa es insuficiente por lo que la falta de semilla de calidad es uno de los factores limitantes al momento de incrementar los rendimientos, y por ende el sistema informal que los agricultores tienen para producir semilla prevalece, la cual es utilizada en la siembra.

Uno de los problemas comunes en los laboratorios comerciales y de investigación es la contaminación del medio con microorganismos, esto no sólo afecta el crecimiento y la sanidad de las plántulas sino que repercute en el ya elevado costo de producción de los laboratorios.

El desconocimiento de técnicas de producción por multiplicación acelerada a través de sistemas convencionales, como el sistema autotrófico hidropónico, sistemas aeropónicos, entre otros, hace aún más crítica la falta de semilla de

calidad para el cultivo, por lo que se incrementa el sistema informal de producción de semilla de papa, las cuales son manejados libremente por los propios agricultores, sin regulaciones establecidas por las entidades certificadoras de semilla.

Dentro de la multiplicación acelerada de plántulas también existe un desconocimiento de los tipos de sustratos a utilizarse en las camas de los invernaderos, contenedores o bandejas por lo que la identificación de los mismos resulta importante para una producción de plántulas de mayor calidad.

Los sustratos utilizados en los invernaderos generalmente son provenientes de las partes altas, pero los procesos de desinfección resultan costosos. Asimismo el peligro de la presión antrópica sobre fuentes generadoras de sustratos, como son las turberas, corren el peligro de agotarse, y en el tiempo van a encontrar grandes problemas para regenerarse.

En relación a la problemática descrita, referente al desconocimiento de técnicas de multiplicación rápida y sustratos para la producción de plántulas y de semilla pre-básica de papa, y teniendo una demanda de semilla insatisfecha en el mercado local, regional y nacional, el presente trabajo de investigación busca determinar mediante un experimento factorial $2A \times 2B$ conducido en un Diseño completamente al azar (DCA); donde el factor A son los tipos de sustratos (Kekkilä y Premix # 3) y el factor B es el riego (con agua y con solución hidropónica) con doce repeticiones en condiciones de invernadero del distrito de Paucartambo, ejecutado durante los meses de febrero y marzo del 2018.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación geográfica

El experimento se desarrolló en el invernadero de la escuela de agronomía, ubicada en el distrito de Paucartambo, provincia y región de Pasco.

1.2.2. Delimitación temporal

La presente investigación estuvo comprendida entre los meses de febrero y marzo del año 2018.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal.

¿Cuál de los dos sustratos presenta mejores condiciones para la obtención de plántines de papa de la variedad Canchan utilizando el sistema autotrófico hidropónico en bandejas y con dos tipos de riego en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco?

1.3.2. Problemas específicos.

¿Qué características físicas y químicas de los sustratos en estudio serán mejores para la obtención de plántines de papa en la variedad Canchan, por el método del sistema autotrófico hidropónico en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco?

¿Cuál de los sustratos, evaluados en la obtención de plántines de papa de la variedad Canchan será una alternativa para su uso en el método del sistema autotrófico hidropónico bajo invernadero en Paucartambo Pasco?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Estudiar dos sustratos y dos tipos de riego en la obtención de plántines de papa de la variedad Canchan utilizando el sistema autotrófico hidropónico en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco.

1.4.2. Objetivos específicos.

- ✓ Evaluar parámetros de crecimiento usando el sistema autotrófico hidropónico con dos sustratos y dos soluciones en condiciones de invernadero Paucartambo- Pasco.
- ✓ Comparar la interacción de los sustratos y las soluciones con el sistema autotrófico hidropónico en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco.

1.5. Justificación de la investigación

La justificación del presente trabajo de investigación desde el punto de vista social es que la región de Pasco y en especial el distrito de Paucartambo, presenta condiciones favorables para el desarrollo de técnicas de propagación rápida del cultivo de papa.

La papa en el Perú tiene importancia económica, social y cultural, su adaptación a los diferentes pisos ecológicos (costa y sierra principalmente) posibilita a un grupo heterogéneo de productores a desarrollarlo con semillas de calidad.

Desde el punto de vista tecnológico la multiplicación en el sistema autotrófico hidropónico (S. A. H.) permite generar plántulas con gran capacidad de adaptación a las condiciones de invernadero para la obtención de tubérculos pre-básicos y por ende semillas de papa de alta calidad disponibles para los productores.

En el Perú aproximadamente para unas 270 mil hectáreas, se requiere 540 mil toneladas de semilla. Lamentablemente, en promedio existe solamente una oferta de 0.5%, lo que significa 2,700 toneladas de semilla registrada y certificada.

Desde el punto de vista científico la técnica hidropónica viene a ser un método de propagación rápida basada en los conceptos de un cultivo autotrófico que favorece el crecimiento de plántulas de papa y además, reduce al mínimo las pérdidas debido a la contaminación y al estrés del trasplante.

En la actualidad mediante micro-propagación, se genera cada seis semanas diez nuevas plantas por cada planta micro-propagada, las mismas que son reforzadas por un método mejorado de producción acelerada de plantas llamado sistema autotrófico hidropónico (SAH), que consiste en utilizar contenedores desechables, turba y soluciones hidropónicas, sin agregar sucrosa ni reguladores de crecimiento, de esta manera se logra obtener plántulas autotróficas que tienen gran capacidad de adaptación a condiciones de invernadero.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las principales limitantes en la conducción del experimento fue la obtención de vitro plantas, asimismo de las bandejas de 72 hoyos para la aclimatación de estas; del mismo modo se tuvo como limitante el traslado de estas vitro plantas desde la ciudad de Huancayo debido a que el movimiento en el vehículo durante su traslado genera que el medio de cultivo pierda la consistencia provocando la pérdida de las vitro plantas.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Villca (2012), menciona que en el 2001 el Laboratorio de Tejidos Vegetales del programa PROPAPA del INTA Balcarce realizó investigaciones, estudiando la multiplicación de plántulas de papa empleando técnicas combinadas de micropropagación e hidroponía, logrando a los quince días plántulas de varios nudos, con buen tamaño y vigor.

Ezeta (2001), menciona que la tecnología de multiplicación rápida para la producción de semilla prebásica fue introducida y difundida inicialmente en el Perú, en 1983. Luego surgieron otros proyectos similares en Bolivia y Ecuador que tenían entre sus objetivos principales el mejoramiento de la calidad de la semilla. Mediante estos proyectos se consiguió dotar a los programas nacionales de papa con la infraestructura básica para el cultivo de tejidos, la multiplicación rápida en casas de vegetación y el control de calidad fitosanitaria. En etapas posteriores se estudiaron los sistemas de producción andinos para entender los mecanismos de abastecimiento de semilla de los diversos tipos de productores, la

tasa de renovación y los flujos de semilla en los sistemas artesanales. Las experiencias de estos proyectos fueron transferidas horizontalmente entre los países andinos por medio de la red PRACIPA, Programa Cooperativo de Investigación en Papa, financiada en sus primeras etapas por la cooperación canadiense (IDRC) y posteriormente integrada al PROCIANDINO. En Venezuela se desarrolló un proyecto especial a través de la Junta del Acuerdo de Cartagena para generar variedades y multiplicar semilla. Estas experiencias de la sub-región andina permitieron extraer algunas conclusiones importantes. En primer lugar se determinó que la semilla producida por métodos artesanales podía ser de muy buena calidad y competir en productividad con la semilla proveniente de los programas tecnificados. Adicionalmente se determinó que las enfermedades viróticas no eran la única ni la más importante causa de la pérdida de vigor y productividad de la semilla en los Andes (**Fankhauser**, C., 2000).

La **FAO** (1990), establece que durante el proceso de adaptación de las plantas obtenidas en el laboratorio, la adición de nutrientes al sustrato ayuda a incrementar la sobrevivencia de las plantas y mejorar su vigor. Se pueden utilizar los fertilizantes comerciales agregándolos directamente al sustrato o bien regar las plantas con las sales inorgánicas del medio de cultivo o con soluciones nutritivas específicas. La aplicación foliar de nutrientes también puede ser muy útil además de proporcionar nutrientes a las plantas ayuda a prevenir la deshidratación.

En México, actualmente se usa, como materia prima principal para la elaboración de sustratos, la turba (peat moss) y la tierra de monte. Estudios recientes han indicado que la tierra de monte sola o combinada con diferentes materiales (arena de río, perlita) es un sustrato adecuado para la producción de plántulas de

hortalizas, plantas ornamentales en maceta y plantas forestales (**Quiñones**, 1995; **Velázquez**, 1995; **Arias**, 1998).

Quesada y Méndez, (2005); realizaron una evaluación agronómica de almácigos de hortalizas (tomate, pepino, lechuga y brócoli) establecidos en diferentes sustratos, en Alajuela, Costa Rica, bajo condiciones de invernadero. A la edad de transplante se evaluaron variables de vigor en germinación, desarrollo de planta y calidad de adobe.

Los sustratos que permitieron el mejor desarrollo de las plantas en los cultivos de brócoli, pepino y tomate fueron abono orgánico Juan Viñas; lombricompost + abono orgánico Juan Viñas + granza; y abono orgánico Juan Viñas + granza.

Los sustratos aserrín de melina madurado + suelo + granza; y peat moss + perlita fueron los mejores medios para almácigos de lechuga. Se observó además en los sustratos abono orgánico Juan Viñas + aserrín de melina madurado + granza; bagazo + aserrín de melina madurado + abono orgánico Juan Viñas; y aserrín de melina madurado + fibra de coco + ceniza, una excelente calidad de adobe, aunque un desarrollo de la planta no tan vigoroso.

Los sustratos “tierra fermentada”; fibra de coco; sustrato comercial 2; y bagazo + fibra de coco + piedra pómez fueron los que más limitaron el establecimiento de las plantas de almácigo.

Gallo y Viana, (2005); en su investigación, evaluaron sustratos orgánicos y compost, para la producción de plantines de tomate *Lycopersicum sculentum*, elaborados por empresas comerciales, instituciones (municipios) y productores, de Montevideo, Uruguay.

En el cual se concluye que los mayores valores en porcentaje y tasa de emergencia se observaron en sustratos con mayor porosidad total y menor contenido en sales, lo que ocurrió en aquellos que presentaron en su composición cáscara de arroz.

A partir de los 40 días después de la siembra, todos los sustratos presentaron limitantes químicas. En este momento comienza a observarse efecto de la interacción entre las características físico-químicas del sustrato y el nivel de fertilización.

Picón, R. (2013), en su evaluación de sustratos alternativos para la producción de pilones del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* Mill., encontró que los diferentes tratamientos evaluados poseen propiedades físicas dentro de los rangos permitidos, lo cual permite que las raíces de las plantas se agreguen al sustrato para su facilidad en la extracción del contenedor; en cuanto a las propiedades químicas, los tratamientos que contienen abono orgánico tipo bocashi presentaron un alto contenido nutricional, pH y conductividad eléctrica en relación al testigo.

Asimismo el porcentaje de germinación y desarrollo de las plantas de tomate fueron afectados por los niveles de conductividad eléctrica que presentaban los sustratos en la localidad de Chiquimula.

En cuanto a la altura de las plantas de tomate en la localidad de Chiquimula, estuvo influido por la luminosidad y temperatura en la casa malla; los sustratos T0 y T1 presentaron una altura superior con 16.83 y 15.23 cm. respectivamente; en cuanto al diámetro del tallo, el sustrato T2 obtuvo el mayor valor con 2.94 mm. En la localidad de Esquipulas, todos los sustratos tuvieron alturas estadísticamente iguales, aunque el sustrato T4 obtuvo el mayor valor con 12.51

cm., en cuanto al diámetro del tallo el mayor valor lo obtuvo el sustrato T1 con 3.20 mm.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. El cultivo de papa

A. Origen y distribución

Según **Hawkes** (1979) las primeras papas domesticadas pertenecieron a la especie *S. stenotomum*, la cual se derivó de *S. leptophyes*. A su vez, *S. stenotomum* probablemente se cruzó con *S. sparsipilum*, una especie silvestre diploide, lo que dio lugar a *S. andigena*, precursora de la papa tetraploide actual. La duplicación de los cromosomas pudo originarse por la producción de gametos $2n$ en los genitores originales. Posteriormente, se desarrolló una mayor introgresión por cruzamientos en los cuales intervinieron *S. acaule* y *S. megistacrolobum*, que aportaron genes de resistencia a las heladas, tan necesarios en el altiplano andino, dando origen a una serie de papas poliploides.

Según **Chávez** (1995) el origen y evolución de la especie cultivada ha sido estudiado desde la expedición científica de Juzepczuk y Bukasov en América Central y Sudamérica entre 1925 y 1932, mostrando al mundo la inmensa variabilidad genética existente entre Perú y Bolivia. **Hawkes** (1990) mencionó que la papa tiene su origen en estos dos centros de América del Sur. Una especie de hojas pequeñas y tuberización en días cortos, haciendo referencia a *S. tuberosum* subsp. *andigena*, y otra denominada *S. tuberosum* subsp.

Tuberosum cultivada en el sur de Chile, con hojas anchas y tuberización de día largo.

Por otro lado **Ruíz de Galarreta** y **Ríos** (2008) mencionan que el primer registro de la papa a Europa fue a fines del siglo XVI por los conquistadores españoles que regresaban de América. La primera constancia del tubérculo en el viejo continente data de 1565, pero podría haber sido introducida aún antes, sobre 1562 desde las Islas Canarias. Hacia 1573 ya se cultivaba en Sevilla (Ríos *et al.*, 2007). La papa, posiblemente, llegó hasta Inglaterra hacia 1590, llevada por Drake o Robergh (**Hawkes y Ortega, 1992**).

Agrytec.com (2 010), menciona que en el continente americano hay unas 200 especies de papas silvestres, pero fue en los Andes centrales donde los agricultores lograron seleccionar y mejorar. En realidad, lo que hoy se conoce como "papa" (*Solanum* especie *tuberosum*) contiene apenas un fragmento de la diversidad genética de las siete especies reconocidas de papa y las 5 000 variedades que se siguen cultivando en los Andes.

B. Taxonomía y botánica.

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Filogenética de **Cronquist** (1 988) la papa es clasificada de la siguiente manera:

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Subclase : Asteridae

Orden : Scrophulariales

Familia : Solanaceae

Género : Solanum

Especie : *Solanum tuberosum* Linnaeus, 1753

La papa, posee un número básico de cromosomas $x=12$. Es una especie poliploide que varía desde $2n=24$, 36, 48, 60 y 72 cromosomas, cuya evolución parece que se realizó a nivel diploide (**Ross 1986, Hawkes 1990** citados por **Alor 2015**). Entre las especies cultivadas destaca *S. tuberosum* ($2n=4x=48$) que cubre el 98% de la superficie global del cultivo con sus dos subespecies, *tuberosum* y *andígena*. La primera está adaptada a latitudes de 25° a 50° S o N y fotoperiodo largo, y la segunda entre 0° a 20° S o N, de día corto.

Alor (2015), menciona que la especie *S. tuberosum* se diferencia de otras especies de la misma serie taxonómica por presentar articulación del pedicelo en el tercio medio y los lóbulos del cáliz corto y dispuesto de modo regular. Posee estolones o tallos laterales que crecen horizontalmente y es ahí donde se inicia el llenado del tubérculo, en la parte apical del mismo, tal como se muestra en la siguiente figura.

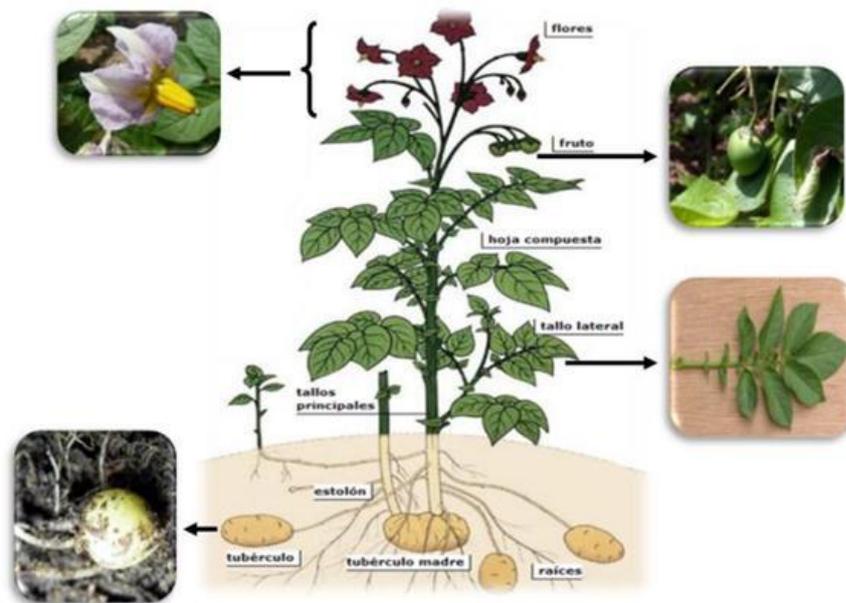


Figura 1. Morfología de la planta de papa (Huamán, 1986).

La reproducción vegetativa se realiza a través de los tubérculos, brotes o yemas, dando lugar a clones genéticamente idénticos a la planta original. De esta forma se pueden obtener fácilmente copias idénticas de los genotipos seleccionados, lo cual es una gran ventaja para los mejoradores. Otra utilización práctica de la propagación asexual es el cultivo de tejidos y de meristemos, cuya finalidad está relacionada con la eliminación de algunos de los principales patógenos del cultivo (Orillo y Bonierbale, 2009). Por otra parte, la reproducción sexual permite que el material genético de dos individuos se recombinen y formen nuevas estructuras alélicas. Este proceso requiere de la polinización de los órganos reproductores femeninos o pistilos por los masculinos o anteras, formando las bayas con un número variable de semillas. Cada una de éstas constituye un nuevo individuo potencial.

La papa es una planta dicotiledónea herbácea anual, presenta un sistema aéreo y un sistema subterráneo. El primero está conformado por el tallo, hojas, flores y frutos, el segundo por raíces, estolones y tubérculos. El tallo es anguloso y grueso con una altura que varía entre 0,5 y 1 m, las hojas son imparipinadas, con nueve o más folíolos, cuyo tamaño es tanto mayor cuanto más alejado se encuentran del nudo de inserción (**Malagamba**, 1997). Las flores son pentámeras y los colores son diversos variando desde el blanco a morado, su número varía y depende de la variedad. El fruto es una baya redondeada de color verde que se vuelve amarilla al madurar, su tamaño suele variar entre uno a tres centímetros de diámetro (**Arce**, 2002).

El tubérculo es un tallo subterráneo modificado, acortado, engrosado y carnoso, provisto de yemas latentes u ojos. Varían mucho en forma y tamaño, mayormente son redondos, acilindrados y alargados. También pueden ser ovalados, achatados, fusiformes, algo enroscados, es decir, adoptan diversas formas irregulares. El color de la piel del tubérculo es muy variable, va desde el blanco al amarillo, de violeta a rojo oscuro y morado, púrpura o negro. Muchos tienen áreas jaspeadas o vetas de colores, que depende de la variedad de la papa (**Ministerio de Agricultura**, 2006).

C. Producción de la papa en el Perú.

En el Perú se produce papa en tres ciclos o campañas agrícolas que varía entre sí de acuerdo al nivel del mar. En el ciclo de costa (0 a 500 m.s.n.m.) hay ausencia de lluvia pero se presenta alta humedad relativa; en la zona media (500 a 3000 m.s.n.m.) se produce bajo riego

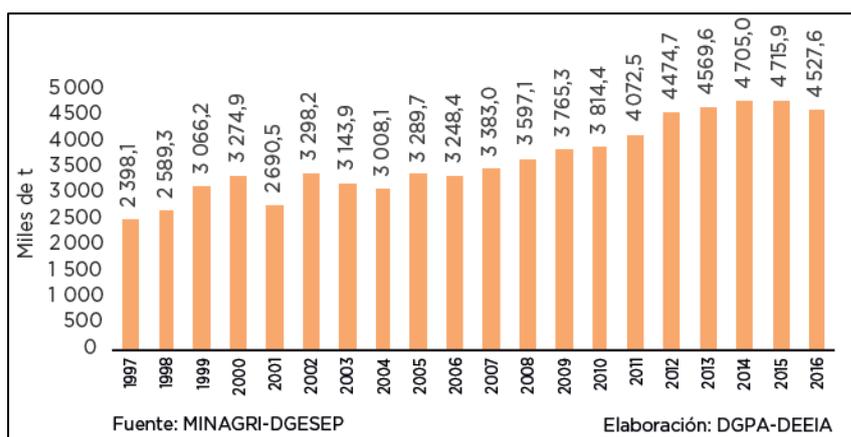
y en periodo de ausencia de lluvias, en periodos de alta precipitación la incidencia de la ranca es devastadora; el ciclo de producción en altura (3000 a 4000 m.s.n.m.) se realiza mayormente en periodo de lluvias y la presencia de la ranca varía de acuerdo a la altitud y nivel de pluviosidad (**Egúsquiza & Apaza, 2001**).

La papa considerada como uno de los principales alimentos en el mundo se cultiva en el Perú en un área aproximada de 282 900 ha con rendimiento promedio de 12.5 t/ha, ocupando el segundo lugar en el área cultivada, superada solo por el maíz y el primer lugar en los volúmenes de producción de 3 536 250 t. La región de la Sierra es la mayor productora de papa, con una participación aproximada de 90 % de la producción nacional, es el 92.5 % del área cultivada. La Costa produce sólo el 10 % del total, haciendo el 7.5 % del área cultivada. En la Selva el cultivo no es significativo (**Cabrera, 2010**).

✓ **Producción histórica de papa en el Perú (1997 – 2016).**

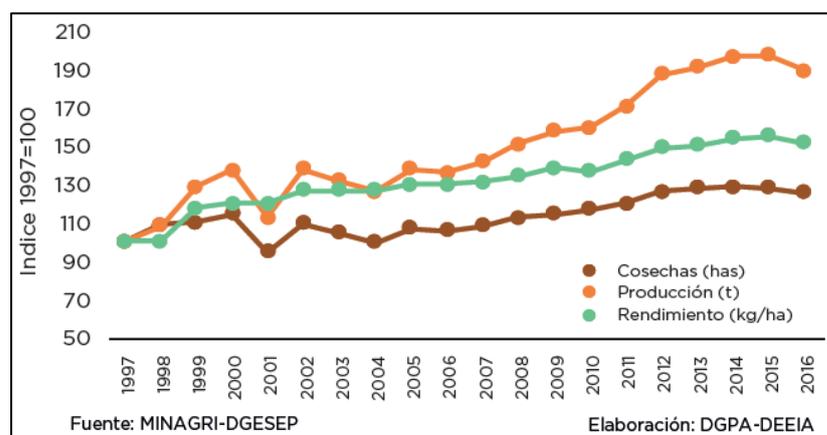
La producción de papa en el país pasó de 1 364,3 a 4 527,6 mil toneladas entre 1950 y 2016, mostrando una tasa de crecimiento anual promedio de 1,8 %. Sin embargo, en las dos últimas décadas (de 1997 al 2016), la producción de este tubérculo creció más rápidamente, a una tasa de 3,4 % anual, llegándose a obtener en el año 2015, una producción histórica récord de 4 715,9 mil t, como resultado de la expansión de la superficie cosechada, que creció a una tasa anual promedio de 1,2 % y, principalmente, de una mejora de los rendimientos por ha, que creció a una tasa anual promedio de 2,2 %.

Gráfico 01. Producción anual de Papa, 1997-2016.



En el gráfico 2, se observa la dinámica de la producción de papa en las dos últimas décadas, donde se evidencia la importancia de la mejora de rendimientos como disparador del crecimiento de la producción.

Gráfico 02. Dinámica de la producción de Papa, 1997-2016.



✓ **Principales Regiones Productoras de Papa, 2016**

La superficie cosechada de este cultivo en el año 2016 fue de 311, 2 mil hectáreas a nivel nacional, ocupando el segundo lugar, después del arroz.

Por su parte, la producción nacional este mismo año llegó a 4 527,6 mil toneladas, cantidad inferior en 4,0 %, en comparación

con la producción del año 2015 (4 715,9 mil t), que fue la producción más alta desde que se tienen registros estadísticos.

En el gráfico 3, se puede apreciar que este tubérculo se cultiva en 19 de las 25 regiones del país, siendo la región Puno, la de mayor producción y la región Lambayeque, la de menor producción.

El 47,1 % de la producción nacional corresponde al conjunto de regiones de la Zona Sierra Sur del país (Puno, Apurímac, Cusco, Arequipa, Ayacucho, Moquegua y Tacna), el 28,5 % al conjunto de regiones de la Zona Sierra Centro (Huánuco, Junín, Huancavelica y Pasco), el 20,3 % al grupo de regiones la Zona Sierra Norte (La Libertad, Cajamarca, Ancash, Amazonas, Piura y Lambayeque); y, el 4,1 % restante, a la producción de las regiones de la Zona Centro Costa (Lima e Ica).

✓ **Productividad de Papa según Regiones, 2016**

En el gráfico 4 se muestra el nivel de productividad por ha, alcanzado por cada departamento. Es evidente las asimetrías a nivel del país, ya que mientras en Arequipa se obtiene un rendimiento promedio de 33,5 t/ha y en Ica 32,2 t/ha, en las regiones de Piura y Lambayeque, estos apenas llegan a 9,5 t/ha y 6,6 t/ha, respectivamente. Estas diferencias están relacionadas directamente con manejo del cultivo en áreas bajo riego o bajo seco; así, se tiene que en Arequipa, Ica y Lima, que muestran los más altos rendimientos del país, casi toda la producción proviene de áreas bajo riego; mientras que, en las regiones de

Huánuco, Junín, Ayacucho, Apurímac y Huancavelica, con rendimientos más bajos, la producción proviene en su mayor parte de áreas bajo secano y en una pequeña proporción de áreas bajo riego. En los casos de Piura y Lambayeque, que registran los rendimientos más bajos del país, toda la producción proviene exclusivamente de áreas bajo secano.

Cabe destacar, sin embargo, que en 10 de las 19 regiones productoras de papa, se obtiene rendimientos por encima del promedio nacional, que fue de 14,5 t/ha, y que la producción de papa ha venido creciendo, principalmente, en base a la mejora de rendimientos, que de una expansión de las áreas cosechadas.

Gráfico 03. Producción de Papa por Regiones, 2016.

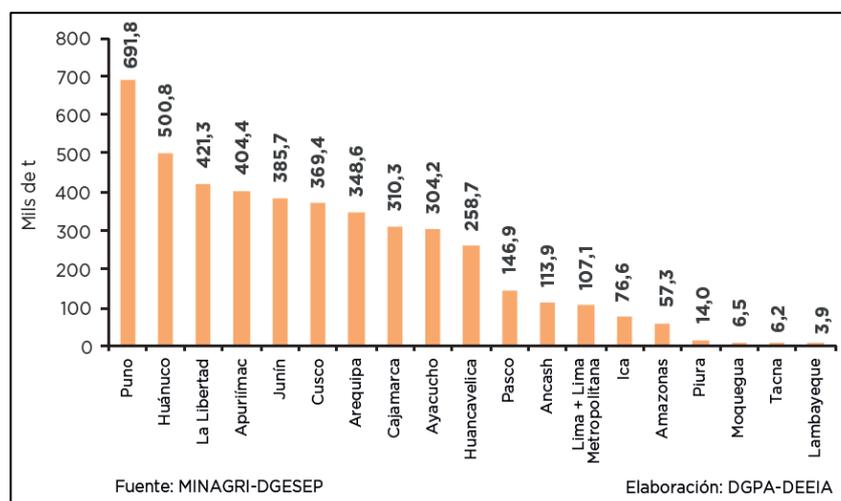
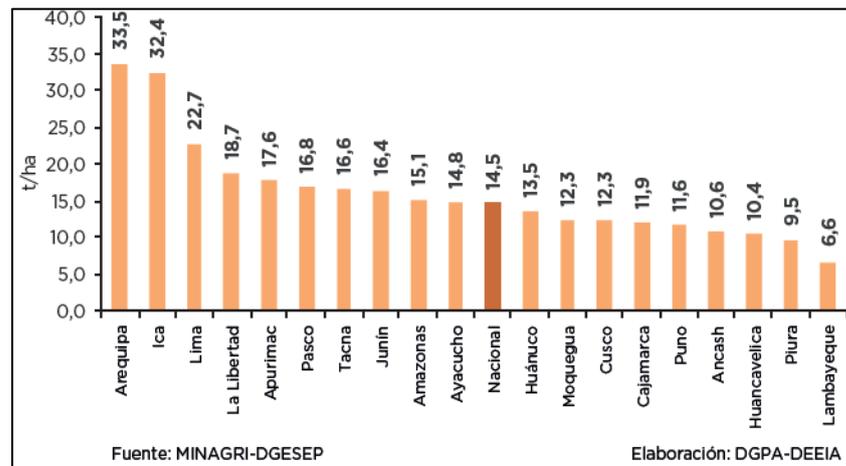


Gráfico 04. Perú: Rendimiento promedio por hectárea.



D. Variedades de papa sembradas en el Perú.

El Ministerio de agricultura (2 011), menciona que el Perú es el país con mayor diversidad de papas en el mundo, al contar con 8 especies nativas domesticadas y más de 3,000 variedades, de las 5,000 que existen en Latinoamérica. También posee 91 de las 200 especies silvestres del continente, y que generalmente no son comestibles por su sabor amargo y alta toxicidad; sin embargo son las que han dado origen a las variedades domesticadas que hoy se consumen en el planeta.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) es la institución encargada de la conservación de este tubérculo. Su labor se inició en 1971 y tiene como objetivos reducir la pobreza, aumentar la sostenibilidad ambiental, y ayudar a garantizar la seguridad alimentaria en las zonas más pobres y marginadas.

a) Papa tomasa

Popularmente se la conoce como blanca y siempre resulta exitosa a la hora de freír, sobre todo la que proviene de los valles de Huancavelica y Ascensión. También se consume sancochada. Las populares "papas fritas" que se producen industrialmente, se hacen con esta variedad.

b) Papa amarilla

No debe hervirse en exceso ni pincharla, porque revienta. Por su textura, rica en materia seca, se presta para puré, también se consume sancochada con salsas, al horno, envuelta en papel aluminio; o en la típica causa a la limeña.

c) Papa huayro

Es muy absorbente, lo que la hace apropiada para platos que tienen abundante salsa. Resulta apropiada añadirla al estofado, para que se impregne del jugo. Para ello, hay que pelar la papa e integrarla precocida al guiso para que termine de cocinarse.

d) Papa tarmeña

Tiene la piel parecida a la peruanita pero su pulpa no es amarilla sino color crema. Una causa a la limeña con esta papa queda de maravilla porque tiene una textura cremosa y aterciopelada. También queda muy bien al horno, asada y frita. Se la puede usar en el lomo saltado.

e) Papa huamantanga

Para muchos es la estrella de los tubérculos. Se produce solamente en la sierra, por lo que su presencia en los mercados

Costeños es estacional. Tiene el color de la papa blanca pero la textura de la papa amarilla y se consume sancochada o en guisos. Una vez cocida, se pela con mucha facilidad.

f) Papa negra

Con este nombre se conoce a la papa nativa, aunque también ha sido bautizada en los mercados como "tomaza negra". Esta papa es harinosa, ligeramente dulce y de sabor muy agradable. Se usa en casi todas las formas: guisada, sancochada, frita y en puré. Es ideal para hacer papa rellena porque se dora muy bien.

g) Papa peruanita

Papa de piel bicolor y extraordinario sabor. Es muy apropiada para hacerla hervida con sal y un toque de mantequilla. Si se quiere se la puede envolver en papel aluminio, pero mejor es sancocharla ya que por su cáscara delgada se puede comer tal cual.

h) Papa perricholi

Es muy parecida a la papa blanca y como ella, es dulce y aguachenta, por eso es indicada para freír. Las pollerías la prefieren porque no se oscurece una vez pelada y es la papa que se usa industrialmente.

i) Papa cóctel

Es dulce, "aguachenta" (que debe ser seca pero al contrario resulta aguada) y redonda. Tiene la textura y el sabor de la papa blanca por lo que se presta para comerla sancochada y cubierta de salsas. También puede cocinarse al horno y comerla con piel.

P. C. Agro vegetales papa la papa cereales tubérculos siembra abonos fertilizantes, agricultura, agroindustria o agro industria.

E. Características de la variedad en estudio.

Canchan INIA

Fue originada en el CIP en 1980 y desde 1982 se iniciaron las evaluaciones en el Departamento de Huánuco (Mayobamba). Este clon proviene del cruzamiento (B1-2)² como progenitor femenino, cuya resistencia deriva de Clack (*Solanum tuberosum* x *Solanum demisum*) y el progenitor masculino Murillo III-80 que proviene del Cruzamiento de dos cultivares nativos (*Solanum ajanhuiri* y *Solanum andigena*) que aportan tolerancia a heladas y resistencia de campo a

la ranchar- Fuente: INIA, 2012

(<http://www.inia.gob.pe/webinia/vinia/variedad>).



F. Tecnologías para la producción de semilla Pre-básica de papa.

La producción de tubérculos-semillas de papa debe iniciarse con material de la más alta calidad sanitaria. Es necesario, por tanto, disponer de núcleos iniciales generados de plantas in vitro o de plantas que provengan de un programa de multiplicación clonal. A

partir de estas plantas o de sus descendientes se pueden producir muchas más por medio de la multiplicación acelerada.

Lo importante, en todo caso, es aumentar la tasa de multiplicación de los materiales (**Hidalgo et al.**, 1999).

A partir de la semilla pre-básica, ésta se multiplica en el campo para obtener la semilla básica y, a partir de la semilla básica, se obtienen otras categorías de semilla, de acuerdo al grado de sanidad y la legislación fitosanitaria de cada país. La producción de semilla requiere inspecciones por agencias certificadoras para asegurar la calidad requerida de la semilla que va a ser distribuida para cultivos comerciales (**Villapudua y Sáinz**, 2010).

Las plántulas *in vitro* son normalmente plantas de papa producidas a nivel de laboratorio, el cual se basa principalmente en la propagación de material libre de virus, para lo cual se emplean métodos de detención y diagnóstico de virus a través de técnicas de biotecnología (**Montoya**, 2008).

La producción de semilla de papa pre-básica enmarca todo un proceso desde etapas de cultivo *in vitro* en laboratorio, la producción de plantas madres y, el uso de estas plantas para obtener esquejes o brotes, los cuales son sembrados en invernaderos para la producción de los mini-tubérculos a través de sistemas convencionales, hidropónicos, aeropónicos o por medio de micro-tubérculos o semilla botánica o verdadera (**Villapudua y Sáinz**, 2010).

a) Mini-tubérculos.

La forma convencional de producir semilla pre-básica de papa es multiplicando el material limpio en invernaderos, usando sustratos con diferentes mezclas. El sustrato debe estar adecuadamente mullido y debe contar con alto contenido de materia orgánica. Además, debe ser esterilizado antes de ingresar al invernadero. El bromuro de metilo ha sido el agente esterilizante más usado por su eficacia y precio bajo. Sin embargo, actualmente su uso está prohibido a nivel mundial por su impacto negativo en la capa de ozono. Se han evaluado otras alternativas incluyendo el calor por vapor, solarización y otros productos químicos y se ha determinado que el vapor es el más eficiente (**Chuquillanqui, et al., 2010**).

La producción de semillas categorías pre-básica y Básica en invernaderos representa para los semilleros y productores, una buena alternativa para resolver la demanda de tubérculos-semillas.

Sin embargo, un sistema eficiente de producción necesita incrementos del número de tubérculos por planta o por unidad de superficie, de tal forma que el costo de producción se reduzca y a la vez se produzcan tubérculos-semilla de tamaño y de acuerdo al interés (**Barquero et al., 2011**).

b) Hidroponía.

La hidroponía es una técnica agrícola antigua pero que recientemente ha sido adoptada para producir semilla de papa de alta calidad. La producción de semilla pre-básica de papa debe partir necesariamente de material de alta calidad (in vitro o tuberculillos libre de enfermedades) y ser producido en invernadero (CIP, 2008).

Una alternativa para producir tubérculos-semilla categoría pre-básica de papa, es la técnica de cultivo sin suelo o Hidroponía, la cual presenta ventajas sobre el uso de sustratos, porque permite cultivos en zonas donde el suelo y el clima no son aptos para la agricultura. Además, se usa una menor área, por la mayor densidad por unidad de superficie. Las semillas de papa obtenidas a través de esta técnica son de excelente calidad, la inversión inicial es menor que el sistema convencional y el costo de producción es menor (Chuquillanqui *et al.*, 2010).

El sistema hidropónico consiste en el cultivo de plantas sin uso de tierra, en un medio inerte (arena gruesa, turba, vermiculita, aserrín, etc.), al que se le agrega una solución nutritiva que contiene todos los elementos esenciales requeridos por la planta para su crecimiento normal.

Hay excelentes razones para reemplazar la tierra por un medio estéril; por ejemplo, se eliminan inmediatamente plagas y

enfermedades contenidas en la tierra, lo que facilita el cuidado de las plantas (**Barbado**, 2005).

El INIAP, en la Estación Experimental Santa Catalina, probó la técnica de Semi-hidropónico, la cual no se centra en los cultivos en agua, sino que se realiza en sustratos inertes como perlita, vermiculita, material volcánico, arcillas expandidas, entre otros; de esta manera se puede determinar la humedad del cultivo y evitar el estrés hídrico, porque se maneja el agua a voluntad del cultivo (**Horna**, 2004).

c) Aeroponía.

Para la producción de tubérculos-semilla categoría pre-básica se utiliza la técnica de Aeroponía, en la cual, las raíces de las plantas madres están expuestas, de manera continua o discontinua a un ambiente saturado de finas gotas de una solución nutritiva. Los tubérculos-semillas de papa obtenidas son de excelente calidad, tamaño y peso apropiados para la siembra, además de producir tubérculos libre de virus, hongos, bacterias y nematodos (**Otaquí**, 2009).

La Aeroponía es una técnica que permite cosechar 40-50 mini-tubérculos de papa por planta.

Esta técnica se viene utilizando exitosamente en China y Corea para producir mini-tubérculos.

En Latinoamérica, el Centro Internacional de la Papa (CIP) está evaluando esta técnica en Ecuador, Perú y Bolivia, con diferentes

resultados. Aplicada racionalmente, la Aeroponía permite un mayor espacio para desarrollar raíces, menor posibilidad de contaminación, uso reducido de energía eléctrica, varias cosechas durante el período vegetativo y un mejor monitoreo, ya que se tiene fácil acceso al follaje y al sistema radicular, estolones y tubérculos (CIP, 2007).

La desventaja principal es que cualquier corte de energía eléctrica por más de una hora puede causar daños irreparables a las plantas. La Aeroponía representa una alternativa viable para producir mini-tubérculos porque no necesita ningún tipo de sustrato esterilizado: las plantas se desarrollan en cámaras climáticas donde las raíces crecen en el aire. En esta metodología el ambiente es muy importante pues se requiere controlar la temperatura, la humedad ambiental y la luz, para que las plantas rindan su máximo potencial (CIP, 2007).

G. Técnicas de multiplicación rápida de papa.

La aplicación del cultivo de tejidos y técnicas de multiplicación rápida en los programas de semilla de papa se han convertido en una práctica muy extendida en los países tanto desarrollados como en desarrollo (Struiky Wiersema, 1999).

✓ Esquejes de tallo juvenil.

Los esquejes de tallo juvenil se obtienen de las plantas madres mantenidas jóvenes (sin hojas compuestas, ni tubérculos). Esas plantas jóvenes y de crecimiento vigoroso pueden originarse de

esquejes de brotes, tubérculos pequeños (menores de 10 g) o de material *in vitro* (Benz, 1989).

La multiplicación por esquejes de tallo juvenil se inicia con plantas fisiológicamente jóvenes que provienen principalmente de plántulas o tubérculos *in vitro*; el origen de la planta madre puede ser, sin embargo, cualquier otro esqueje. Entre 20 y 30 días después de la siembra de la planta madre y cuando ésta cuente con 5 a 8 hojas simples, cada planta es seccionada en esquejes, cada uno de los cuales contiene una hoja y un nudo. La planta madre mantiene el nudo basal de donde brotará un nuevo tallo que nuevamente podrá ser seccionado para una segunda cosecha de plántulas. Las secciones o esquejes de cada planta se plantan en una cama de enraizamiento y luego se trasplantan a la cama definitiva para la producción de tubérculos. Los esquejes pueden convertirse también en nuevas plantas madres. Los cortes deben hacerse con todas las medidas de asepsia conocidas, tanto del operario como de los instrumentos (Hidalgo *et al.*, 1999).

✓ **Esquejes de tallo lateral.**

Los esquejes de tallo lateral (10-15 cm de longitud) son los que se forman en la axila de las hojas de las plantas madres de tamaño normal con profuso desarrollo vegetativo y que se ramifican a expensas del crecimiento del tubérculo. Estos esquejes están generalmente libres de enfermedades no sistémicas si se toman de la parte superior de la planta (Benz, 1989).

Este método se usa ampliamente y con bastante éxito en los programas de semilla básica. Se pueden producir de 20 a 60 esquejes por cosecha en promedio y de 120 a 150 en total en 4 a 5 cosechas. Cada uno de los esquejes enraizados puede producir en el campo de 0.5 a 1 Kg de tubérculos, según de la variedad. Las plantas madres también pueden proceder de plántulas o tuberculillos in vitro, de esquejes de brotes y de tallo lateral. Las plantas están aptas para el despunte apical aproximadamente 15 días después de la siembra o cuando las plantas tienen 20 a 30 cm de altura. El despunte apical consiste en eliminar el meristema apical de todos los tallos de la planta para estimular las yemas axilares, para lo cual se usa una pinza o bisturí. Los esquejes de tallo lateral enraizados pueden ser trasplantados en el invernadero a macetas y camas para producción de tubérculos-semillas Prebásicos y en campo para la producción de semilla básica (**Hidalgo et al.**, 1997).

✓ **Esquejes de tallo adulto.**

Este es un método suplementario para obtener tuberculillos a partir de esquejes de tallo adulto.

El método consiste en seleccionar tallos de plantas que han iniciado su madurez fisiológica; éstos se cortan en pedazos que tengan una hoja y un pedazo de tallo (3 cm). Los esquejes obtenidos se colocan en un substrato de arena para producir

tuberculillos. De cada planta madre se pueden producir entre 80 y 120 tuberculillos (**Hidalgo et al.**, 1997).

Los esquejes de tallo adulto se obtienen de plantas madres fisiológicamente senescentes o viejas. Un esqueje de tallo adulto es una sección de un solo nudo que consta de un pedazo de tallo, una hoja compuesta y yemas axilares. El objetivo es promover la formación de un tubérculo en la yema axilar en lugar de un retoño (**Benz**, 1989).

✓ **Esquejes de brotes.**

Los brotes a usarse deben provenir de tubérculos sanos. Pueden utilizarse tanto los brotes completos como segmentos de brote con uno o varios nudos. Si los brotes han de ser cortados se recomienda alternar el almacenaje de los tubérculos en luz difusa y en la oscuridad (**Benz**, 1989).

Esta tecnología permite también incrementar considerablemente los índices de multiplicación y, como en los casos anteriores, eliminan los patógenos no sistémicos y nematodos que transmiten por el suelo. Este método se basa en la obtención de varias cosechas de brotes del tubérculo, los cuales se enraízan para luego convertirse en nuevas plantas en las camas o en el campo. Una vez que los tubérculos-semillas han iniciado su brotación, esta puede ser manejada para obtener la mayor cantidad posible de brotes y aun usar el tubérculo para sembrarlo en el campo. Los tubérculos pueden provenir de camas de

invernaderos (pre-básica), de tubérculos básicos o de otras generaciones producidas en el campo. Este método, sin embargo, es mucho más útil con tubérculos grandes de campo que son demasiado grandes para ser usados como tubérculos-semillas (**Hidalgo et al., 1997**).

✓ **Sistema de Inmersión Temporal (SIT).**

La micropropagación es el proceso que utiliza técnicas de cultivo *in vitro*, en las que se selecciona un explante, se desinfecta, se aísla en un recipiente estéril y, artificialmente, se le otorga condiciones para que sus células manifiesten su totipotencialidad; es decir, la capacidad de regenerar una planta completa a partir de una parte de la planta madre, que conserva todas sus características genéticas (**FIA, 2009**).

Una alternativa en la micropropagación de plantas es el empleo del Sistema de inmersión temporal (SIT), basado en el contacto intermitente del medio de cultivo con los explantes, lo cual facilita el desarrollo de los procesos a gran escala, reduce los costos de producción y genera un aumento de la productividad del material propagado (**Berthouly y Etienne, 2005**).

En el año 1997, surgió el denominado Sistema de Inmersión temporal, creado en el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) de Francia, este sistema, se logró a partir de la aplicación de un flujo de aire a uno de sus frascos, el cual hacía subir el medio de cultivo

y luego de bañar los explantes, el medio descendía por gravedad. Este método ha revolucionado los métodos tradicionales de micropropagación, pues se han logrado una mayor tasa de multiplicación, enraizamiento y aclimatación, así como niveles elevados de supervivencia en condiciones de campo, se plantea que este sistema provoca cambios en la atmósfera interna de los frasco, trayendo consigo un mayor crecimiento y desarrollo de los explantes, además de que las vitroplantas mantienen una capa superficial de medio de cultivo hasta la próxima inmersión, lo que evita la pérdida por desecación (**Maldonado et al .**, 2003).

La adquisición del SIT, posibilita desarrollar investigaciones en la producción de semilla de papa que garanticen calidad, eficiencia y reducción de los costos de producción (**Castro et al.**, 2011). El sistema de inmersión temporal también puede ser utilizado para la multiplicación de brotes durante la fase de siembra, cuando las plantas *in vitro* pueden ser inmediatamente aclimatizadas y trasplantadas. Por lo tanto varias estrategias son accesibles mediante la combinación de la inducción y el almacenamiento de microtubérculos, de acuerdo con los patrones estacionales de la agricultura en el cultivo de la papa (**Jiménez et al.**, 1999).

Una unidad de inmersión temporal utilizada normalmente consiste en dos recipientes interconectados por tubos de silicona (**Jiménez et al.**, 1999). Uno se usa para la mantención del medio líquido y el otro para el cultivo de los explantes. Para la

ventilación se ajusta un filtro esterilizable en cada recipiente. El número de veces (frecuencia) y el tiempo que las plantas son inmersas en el medio se regulan mediante un programador conectado a válvulas selenoides. Al abrir una de las válvulas el medio es inyectado desde el recipiente de mantención al del cultivo; al abrirla otra vez, el medio vuelve al recipiente de mantención. Con este sistema los explantes son inmersos en el medio de cultivo sólo por un tiempo definido, permitiendo la absorción de nutrientes por toda su superficie (**Alvard et al.**, 1993).

✓ **Sistema Autotrófico Hidropónico (SAH).**

El SAH es una alternativa práctica y de bajo costo para la producción de plántulas de alta calidad, presentando un aspecto morfológico diferente a las obtenidas en el sistema *in vitro*; son de baja altura, de hojas anchas y tallos robustos; además de un buen sistema radicular funcional, lo cual permite reducir considerablemente la muerte de las plántulas en el momento del trasplante. Al no tener en el sustrato regulador de crecimiento, se eliminan los desórdenes fisiológicos, morfológicos y genéticos. El SAH reduce el tiempo y los costos, ya que no necesita de cámara húmeda, se simplifica el enraizamiento y la aclimatación (**Benítez y Navarrete**, 2003).

El SAH favorece el crecimiento de las plántulas y reduce al mínimo las pérdidas debido a la contaminación y al estrés de trasplante, por lo tanto se pueden reducir los costos por planta.

2.2.2. El sustrato.

A. Origen y distribución.

Según **García**, (2006); puede asegurarse, sin exageración, que el principal factor del que depende el éxito de un cultivo en contenedor es la calidad del sustrato elegido y la finalidad más importante de un sustrato es producir una planta de alta calidad en un tiempo menor, a bajo costo.

Según **Calderón**, (2006); el término sustrato, que se aplica en agricultura, se refiere a todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radical, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno.

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (**Infoagro** 2010).

García, (2006); cita las siguientes ventajas del trasplante frente a la siembra directa:

- mayor stand de plantas
- posibilidad de selección de la plántula
- cultivos con menos tiempo en el campo

Ventajas del trasplante a raíz cubierta en contenedor:

- disminuye estrés del trasplante
- plantas más uniformes
- menor tiempo de crecimiento
- permite mecanizar el trasplante
- producción a gran escala

B. Propiedades de los sustratos

A continuación, se mencionan las propiedades a tener en cuenta en los materiales utilizados para fabricar sustratos (**García 2006**).

- Granulometría: tamaño medio y distribución del tamaño de partículas. A partículas más grandes, mayor será el contenido de aire y menor el de agua para determinada succión. Relación óptima aire/agua: 3/1.
- Porosidad (mayor a 85 %)
- Capacidad de agua disponible (24 - 40 %)
- Densidad aparente (menor a 0.4 gr/cm³).
- Relación C/N y grado de estabilidad de la materia orgánica.
- Capacidad de intercambio de cationes (CIC): 6-15 meq/100gr (24-60 meq/litro).
- pH con efecto importante en la disponibilidad de nutrientes.
- Cantidad y disponibilidad de nutrientes.
- Concentración de sales en la solución acuosa. La salinidad dependerá del tipo de sustrato y del agua de riego. A menor volumen del recipiente, más riesgoso es la acumulación de sales

a niveles de toxicidad. Conductividad eléctrica menor a 0.65 mmhos/cm.

- Libre de enfermedades, plagas y malezas.
- Ser fácilmente disponible.
- Bajo costo.

Gallo y Viana, (2005); mencionan que, para determinado sustrato se comporte de manera adecuada, con propiedades físicas y químicas óptimas, es necesario que tenga un correcto reparto y composición de las fases sólidas, líquida y gaseosa. Es necesario que el sustrato combine propiedades físicas y químicas favorables manteniéndolas inalteradas.

C. Propiedades físicas de los sustratos

Según **Nuez, (2001);** las propiedades físicas de los medios de cultivo son de primerísima importancia. Una vez que el medio esté en el contenedor, y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho medio.

Generalmente suele darse más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física, a diferencia de su composición química, que puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y el abonado.

Las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato, o comparar diferentes materiales, son:

- Distribución del tamaño de partículas o granulometría
- Porosidad, y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, es decir: capacidad de retención de agua y porosidad de aire.

Las características físicas de un sustrato que, generalmente son consideradas en un análisis de rutina, son densidad aparente, porosidad y curva de retención de agua.

Según **García**, (2006); sugiere los valores “ideales” para un sustrato (como porcentaje del volumen total): el total de espacio poroso (PT) sería 85 %; porosidad del aire (PAI) 10-30 %; agua fácilmente disponible (AFD) 20-30 %; y capacidad buffer del agua (agua de reserva) (AR) 4-10 %.

a. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría.

De la naturaleza y del tamaño de partículas del sustrato dependerán principalmente sus propiedades físicas, como el reparto de aire y agua y la disponibilidad para las raíces (**Gallo y Viana** 2005).

- ✓ **Influencia de la granulometría en las propiedades del sustrato**

Según **Gallo y Viana**, (2005); en sustratos que presentan amplia distribución de tamaños de partículas, las partículas pequeñas se alojan en los huecos entre las partículas grandes, reduciendo su tamaño y, por tanto, la porosidad total y la ocupada por aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida, al ser mayor el número de microporos. En consecuencia, las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de los tamaños de partícula, por lo que modificando o seleccionando adecuadamente el tamaño de partícula, se pueden alcanzar propiedades físicas óptimas.

b. Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado (INFOAGRO 2010).

Según **Nuez**, (2001); el total de poros existentes en un sustrato se divide entre: 1) Poros capilares de pequeño tamaño (< 30 micrómetros), que son los que retienen el agua y 2) Poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño (> 30 μm), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado. Sin embargo, los poros no drenan completamente y una fina película de agua es retenida alrededor de las partículas del sustrato.

c. Porosidad del aire

La porosidad de aire (P_a) es la propiedad física más importante de los sustratos. Los valores de P_a necesarios dependen mucho de la especie cultivada, ya que la sensibilidad de las plantas a la aireación es muy variable. Además dependen del método de medida utilizado y de las condiciones ambientales y de manejo (**Gallo y Viana 2005**).

El contenido de aire de un sustrato es definido como la proporción del volumen que contiene aire después de que ha sido saturado con agua y dejado drenar. La porosidad de aire consiste en el porcentaje de volumen de sustrato que contiene aire. El valor que se aconseja como óptimo oscila entre el 10 y el 30 % (**Gallo y Viana 2005**).

d. Agua fácilmente disponible

Según **Nuez**, (2001); es la diferencia entre el volumen de agua retenido por el sustrato, después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial y el volumen de

agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de capacidad de absorción. El valor óptimo para el agua fácilmente disponible oscila entre el 20 y el 30% del volumen.

e. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente.

La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7-0.1) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura (**Infoagro** 2010).

f. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (**Infoagro** 2010).

D. Propiedades químicas del sustrato

Según **Gallo y Viana**, (2005); mencionan que las propiedades químicas más importantes de los materiales que componen un medio de crecimiento son:

a. Capacidad de intercambio catiónico

Según **Nuez**, (2001); se define como la suma de los cationes intercambiables que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixivante del agua y están usualmente disponibles para la planta.

La capacidad de los sustratos orgánicos para adsorber cationes metálicos depende del pH: Cuando más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Para una turba rubia, la capacidad de intercambio catiónico se incrementa desde 50 hasta 100 meq/100 g cuando el pH aumenta desde 3.5 hasta 5.5.

b. Salinidad

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en miliSiemens por cm, mS/cm, o microSiemens por cm, $\mu\text{S/cm}$) (**Gallo y Viana** 2005).

El efecto más común de la salinidad, es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la planta

son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz.

c. pH

Según **Nuez**, (2001); la planta del tomate puede sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas.

Según **Gallo y Viana**, (2005); en sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de plantas está entre 5,0 y 6,5, lo que no excluye que no puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo.

d. Relación Carbono/Nitrógeno

Se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros son, en parte por una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descompone los materiales orgánicos crudos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares.

E. Materiales utilizados como sustrato

Existen diferentes criterios de clasificación de los sustratos utilizados en la producción de pilones, los cuales se clasifican según el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación (**Infoagro** 2010).

A continuación se detallan los más utilizados, de acuerdo a sus propiedades.

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

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

Los sustratos químicamente inertes actúan como soporte de la planta, no interviniendo en el proceso de adsorción y fijación de los nutrientes, por lo que han de ser suministrados mediante la solución fertilizante. Los sustratos químicamente activos sirven de soporte a la planta pero a su vez actúan como depósito de reserva de los nutrientes aportados mediante la fertilización almacenándolos o cediéndolos según las exigencias del vegetal, (**Infoagro** 2010).

a. Según el origen de los materiales

Materiales orgánicos

- ✓ De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- ✓ De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).
- ✓ Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, orujo de uva, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de aguas residuales, etc.).

Materiales inorgánicos o minerales

- ✓ De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- ✓ Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.).
- ✓ Residuos y subproductos industriales. Comprende los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias de horno alto, estériles del carbón, etc.).

2.2.3. Sistema autotrófico hidropónico (sah)

A. Características y ventajas del SAH

Según **Chávez y Ramirez** (2013), El SAH, es un sistema de propagación que fue desarrollado en el laboratorio de cultivo *in vitro* del PROPAPA (Proyecto Integrado para el Mejoramiento de la Calidad de la Papa), en Argentina, bajo el principio de que las plantas *in vitro* tienen una pequeña capacidad fotosintética que, al proporcionarles condiciones adecuadas pueden crecer autotróficamente en contenedores de plástico, con sustrato y soluciones nutritivas. Este sistema se basa en los principios del cultivo *in vitro* combinados con los principios del cultivo hidropónico, manteniendo ciertos requerimientos y técnicas de la micro propagación.

En los últimos años, se ha establecido que las plantas *in vitro* tienen habilidad fotosintética y que pueden desarrollarse autotróficamente, con este principio, se ha logrado obtener plantas de papa que luego del proceso en tubos de ensayo son multiplicadas en el Sistema SAH desarrollado en Argentina que tienen una gran capacidad de adaptación a invernadero por tener tallos vigorosos y hojas grandes reduciendo la mortalidad, la contaminación y con bajos costos de producción (**Rigato et al.**, 2002).

Mediante la técnica de multiplicación autotrófica hidropónica se ha establecido que las plántulas *in vitro* tienen habilidad sintética y que se pueden desarrollar autotróficamente, si se les provee de factores físicos adecuados como CO₂, luz y recipientes amplios, con esto se

logra bajar los costos y mantener alta calidad de plántulas que pasarán a la fase de multiplicación en invernadero, reduciendo la mortalidad y contaminación (**Velásquez**, 2002).

Este sistema permite un máximo aprovechamiento de las plántulas *in vitro*. Los tejidos son extraídos de los medios nutritivos y segmentados en sus respectivos nudos (microesquejes uninodales). Los nudos con una hoja se siembra a 2 cm de distancia en recipientes plásticos, y se coloca una cubierta para evitar la excesiva luminosidad. Es importante que los riegos sean constantes y ligeros, hechos con una regadera de agujeros finos para evitar que la fuerza del agua dañe o mueva los pequeños nudos (**INIAP**, 1986).

Este sistema está basado en la capacidad fotoautotrófica de las plántulas, el manejo de los factores ambientales, la micropropagación y en conceptos de hidroponía. Las plántulas son de mejor calidad debido a que son de mayor tamaño, presentan mejor funcionamiento fisiológico y su crecimiento es uniforme. Este sistema permite obtener mayor cantidad de plantas en menor tiempo y de esta manera se ahorra en electricidad, mano de obra, insumos, disminuye el estrés al transplante. Adicionalmente las plantas presentan una excelente adaptación (**Rigato**, 2003). El SAH por lo general utiliza contenedores desechables, sustrato y soluciones hidropónicas; además una de las características más importantes es que no se agrega sucrosa ni reguladores de crecimiento obteniéndose plantas con autotrofia verdadera, que tienen una gran capacidad de adaptación a condiciones de invernadero. El uso de

sucrosa, eventualmente, conlleva a desarrollar contaminación, provocando grandes pérdidas económicas (**Benítez, et. al.**, 2002). En contraste las plantas *in vitro* se pueden desarrollar autotróficamente, si se provee de factores físicos adecuados como CO₂, luz y recipientes amplios sin adicionar sucrosa al medio. En el desarrollo de un sistema de multiplicación para la producción con estas condiciones, se logra un bajo costo en la producción agrícola (**Kozal**, 1991). De esta manera se logra obtener plantas autotróficas con altas tasas de multiplicación, que tienen una gran capacidad de adaptación por sus tallos vigorosos y hojas grandes, reduciendo la mortalidad y disminuyendo la contaminación (**Benítez, et. al.**, 2002).

Rigato et al., (2 002) mencionan que, en la producción in-vitro a gran escala, el material vegetal obtenido ha sido considerado siempre como plantas con baja capacidad fotosintética, ya que para su producción se utiliza sucrosa como fuente de carbono. El uso de sucrosa, conlleva un riesgo y es que se podría desarrollar uno de los problemas más comunes en los laboratorios, comerciales y de investigación que es la contaminación del medio con microorganismos, provocando grandes pérdidas económicas.

Kozai en el 2001, ha establecido que, las plantas in-vitro tienen habilidad fotosintética y que se pueden desarrollar autotróficamente, si se provee de factores físicos adecuados como CO₂, luz y recipientes amplios, sin adicionar sucrosa al medio.

En base a estos estudios y empleando técnicas de micropropagación semejante a los utilizados en hidroponía Rigato *et al.*, (2002), quienes han desarrollado un sistema autotrófico-hidropónico que utiliza, mini contenedores desechables, sustrato y soluciones hidropónicas, sin agregar sucrosa ni reguladores de crecimiento, de esta manera se ha logrado obtener plantas autotróficas de papa que tienen una gran capacidad de adaptación a las condiciones de invernadero por sus tallos vigorosos y hojas anchas, reduciendo la mortalidad y disminuyendo considerablemente la contaminación.

METODOLOGÍA DEL SISTEMA AUTOTRÓFICO HIDROPÓNICO



1) Soluciones nutritivas



2) Sustrato (turba)



3) Preparación de bandejas



5) Establecimiento y desarrollo de plántulas en cuarto de crecimiento e invernadero



4) Corte y siembra de esquejes



B. Ventajas

Las principales ventajas son:

- Incremento del crecimiento y desarrollo de los ex plantas,
- No se observan desórdenes fisiológicos y morfológicos,
- Crecimiento uniforme dentro de los contenedores,
- Se simplifican las etapas de enraizamiento y aclimatación,
- Se minimiza el uso de reguladores de crecimiento,
- Disminuyen los problemas por contaminación y se pueden utilizar contenedores de mayor tamaño que en la propagación *in vitro*.
- Las plantas SAH se adaptan a cualquier sistema de multiplicación: producción tradicional de minitubérculos en tierra en invernaderos, hidroponía en invernaderos, aeroponía en invernaderos, transplante directo a campo.

2.2.4. El contenedor o bandejas

A. Características y ventajas del contenedor

Según **Agromat** (2 015), la comodidad al trabajar es un factor que afecta intensamente la productividad por jornal. Las bandejas de vivero pueden ser instaladas a la altura de la cintura, creando así un ambiente de trabajo más agradable, cómodo, limpio y eficiente.

Al alejar los plantones del suelo, se evita el contacto con animales, insectos y enfermedades del suelo. La elevación permite mejor circulación de aire y mayor acceso a luz solar, que son factores que reducen la propagación de hongos y el contagio de enfermedades.

B. Bandeja Modelo BL07

Bandeja modelo BL07 con tapa bisagra de plástico transparente fabricada en PET de 380 micras.

Este envase es diseñado básicamente para alimentación.

Las características de la bandeja son:

- Largo: 240 mm
- Ancho: 175 mm
- Altura: 80 mm
- Peso de la bandeja 42,7 gr.

2.3. Definición de términos básicos

- ✓ **Calidad de adobe.** - Por adobe se entiende el agregado que forma las raíces de la planta con el sustrato; y para que sea considerado como apropiado, debe permitir un buen desarrollo radical, mantener la integridad de las raíces y la facilidad para la extracción de la celda sin dañar la plántula al tirar de la base del tallo.
- ✓ **Contenedor.** - Se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga una altura limitada y que su base se encuentre a presión atmosférica (BURÉS, 1997).
- ✓ **Plántulas.** - Material genético producido en un vivero de uso agrícola y/o forestal.

Se denomina plántula a la planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas.
- ✓ **Sustrato.** - Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico, que, colocado en un

contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando el papel de soporte para la planta.

Sobre el término sustrato aplicado a la horticultura, existen diversas definiciones. BURÉS (1 997) señala que sustrato es cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores, donde se entiende por contenedor cualquier recipiente que tenga altura limitada.

Por su parte, ABAD *et al.*, (2 004) señalan que sustrato es todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta y que este puede intervenir o no en la nutrición vegetal.

- ✓ **Turba.** - Las turbas son materiales de origen vegetal, de propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se pueden clasificar en dos grupos: turbas rubias y negras. Las turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas, las turbas negras están más mineralizadas teniendo un menor contenido en materia orgánica.

Es más frecuente el uso de turbas rubias en cultivo sin suelo, debido a que las negras tienen una aireación deficiente y unos contenidos elevados en sales solubles. Las turbias rubias tiene un buen nivel de retención de agua y de aireación, pero muy variable en cuanto a su composición ya que depende de su origen. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, presentan un pH que oscila entre 3,5 y 8,5. Se emplea en la producción ornamental y de plántulas hortícolas en semilleros.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los sustratos y los dos tipos de riego evaluados presentan diferencias estadísticas en la obtención de plantines de papa de la variedad Cachan utilizando el sistema autotrófico hidropónico en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco.

2.4.2. Hipótesis específicas

Las características físicas y químicas de los sustratos presentan diferencias estadísticas en la obtención de plantines de papa en la variedad canchan mediante el sistema autotrófico hidropónico en condiciones de invernadero en el distrito de Paucartambo.

La evaluación de los sustratos, permitirá identificar la mejor alternativa para la producción de plantines de papa en condiciones de invernadero.

2.5. Identificación de variables

Los factores o variables en estudio, son los siguientes:

Variables independientes:

A. Tipos de sustratos:

<u>Sustrato</u>	<u>Clave</u>
a) Kekkilä	S ₁
b) Premix # 3	S ₂

B. Riego:

	<u>Clave</u>
a. Con la solución hidropónica	T ₁
b. Con agua	T ₂

Variable dependiente; plántulas de papa y se evaluó los parámetros siguientes:

- Altura de planta (cm)
- Longitud de la raíz (cm)
- Relación parte aérea/raíz.
- Número de hojas.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL			INSTRUMENTOS
		DIMENSIÓN O FACTOR A MEDIR	INDICADOR	VALORES ESCALARES	
V.I. Tipos de sustratos	Es cualquier medio que se utilice para el cultivo de plantas en contenedores.	Propiedades físicas y químicas.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Granulometría ➤ Porosidad. ➤ Densidad aparente. ➤ Densidad real. ➤ Relación C/N. ➤ CIC ➤ pH. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ mm. ➤ %. ➤ grr/cm³. ➤ grr/cm³. ➤ C/N. ➤ meq/lt. ➤ pH. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analíticos ➤ Potenciómetro
V.I. Riego	Incorporación artificial de agua hacia las plantas para su desarrollo vegetativo.	Frecuencia de aplicación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Litros por aplicación 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lt. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analítico
V.D. Producción de plántulas de papa.	Material genético producido en invernadero o en condiciones controladas.	Características fenotípicas del cultivo en estudio.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Altura de planta. ➤ Diámetro de tallo. ➤ Porcentaje de plantas trasplantables ➤ Porcentaje de rendimiento. ➤ Relación parte aérea/raíz. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ cm. ➤ cm. ➤ %. ➤ %. ➤ %. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vernier. ➤ Balanza analítica. ➤ Balanza analítica ➤ Métodos e instrumentos analíticos

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación es experimental y aplicada, ya que se usa el método científico con el apoyo de la estadística inferencial.

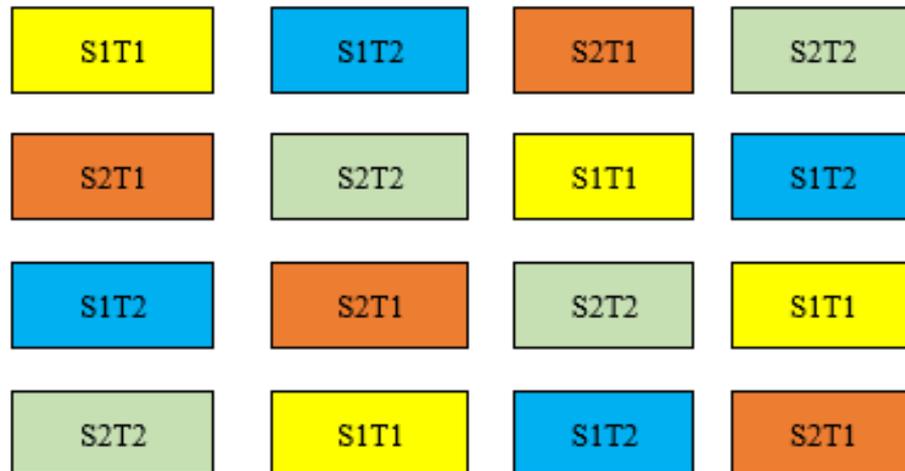
3.2. Métodos de investigación

El método de investigación es el experimental; mediante la comparación entre sí de los cuatro tratamientos (factorial 2A x 2B), conducidos bajo invernadero las mismas que tuvieron las siguientes características:

Bandejas Modelo BL07:

Número de bandejas	16
Largo de la bandeja	24.0 cm.
Ancho de la bandeja	17.5 cm.
Altura de bandeja	8.0 cm.
Peso de bandeja	42.7 gr.

El croquis dentro del invernadero (campo experimental) durante la conducción del presente experimento fue el siguiente:



LEYENDA:

S1T1 = Kekkilä + Solución hidropónica . S1T2 = Kekkilä + agua.
 S2T1 = Premix # 3 + Solución hidropónica. S2T2 = Premix # 3 + agua.

3.3. Diseño de la investigación

a) Diseño experimental

El presente trabajo de investigación es un experimento factorial (de dos factores) que fue conducido en un DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR (DCA). La totalidad de las unidades experimentales estuvo conformada de las siguiente manera: $2 \times 2 = 4$ tratamientos con 12 repeticiones = 48 unidades experimentales (población experimental).

b) Modelo matemático

Teniendo en cuenta que todos los factores en estudio han sido tomados al azar y se encuentran cruzados a la media, el modelo estadístico lineal aditivo, en el cual se ajustan los análisis de varianza es el siguiente:

$$Y_{m(ij)} = \mu \dots + \lambda_i + \gamma_j + \lambda\gamma_{ij} + \epsilon_{m(ij)}$$

$i = 1, 2$ sustratos

$j = 1, 2$ tipos de riego

Dónde:

$Y_{m(ij)}$ = Valor de la observación del experimento factorial en el *i-ésimo* sustrato, *j-ésimo* riego.

$\mu \dots$ = Efecto común a todas las observaciones.

λ_i = Efecto del *i-ésimo* sustrato

γ_j = Efecto del *j-ésimo* riego

$\lambda\gamma_{ij}$ = Efecto de la interacción del *i-ésimo* sustrato, con el *j-ésimo* riego.

$\epsilon_{m(ijkl)}$ = Efecto del error experimental del *i-ésimo* sustrato, *j-ésimo* riego, *k-ésimo* bandeja, *l-ésimo* variedad de papa.

3.4. Población y muestra

Población:

La población total del presente experimento está constituida por las 16 bandejas Modelo BL07, las que contendrán un total de 192 plantas o unidades experimentales.

Muestra:

La muestra del presente trabajo de investigación está conformada por 15 plantas de cada bandeja, como se tiene 16 bandejas entonces se tendría un total de 240 plantas o unidades experimentales.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**3.5.1. Técnicas**

La técnica de recolección de datos para la altura de plantas, longitud de la raíz, fue mediante la observación y medición sistemática luego registradas en forma manual. Mientras que para el número de hojas se hizo el conteo sistemático, finalmente para la obtención de la relación parte aérea/raíz se hizo en gabinete utilizando los datos obtenidos de la altura de planta con la longitud de las raíces.

3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos utilizados fueron:

- ✓ Fichas de evaluación.
- ✓ Cuaderno de campo.
- ✓ Vernier.
- ✓ Formatos de cuadros estadísticos.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Habiéndose observado, medido y registrado los datos de altura de plantas, longitud de la raíz, número de hojas y la relación de la parte aérea/raíz, se procedieron a tabular y realizar el análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan con la ayuda del programa estadístico del SAS (Statistical Analysis System), la misma que corresponde al diseño completamente al azar.

3.7. Tratamiento estadístico

Los tratamientos en estudio de la presente investigación son:

Factor A: Sustratos: Kekkilä y Premix # 3.

Factor B: Riegos: con solución hidropónica, con agua.

Por lo tanto es un experimento factorial de 2A x 2B, las mismas que son igual a 04 tratamientos, las que se detallan a continuación:

Cuadro 01. Diseño de tratamientos utilizados en el experimento.

TRATAMIENTOS	FACTORES EN ESTUDIO	
	A	B
	SUSTRATOS	RIEGOS
T1	Kekkilä	Con solución hidropónica
T2	Kekkilä	Agua
T3	Premix # 3	Con solución hidropónica
T4	Premix # 3	Agua

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

En la presente investigación se han seleccionado y utilizado los instrumentos correspondientes a la estadística inferencial para probar las hipótesis según el diseño completamente al azar (DCA), para trabajos conducidos en condiciones de invernadero.

Las que fueron representadas en los cuadros de análisis de varianza, donde se tienen como fuentes de variación a los sustratos, riego, la interacción de sustrato por riego, el error experimental; asimismo los grados de libertad, suma de cuadrados, cuadrados medios, la F calculada, la F tabular para los niveles de 95 y 99 % y la significación respectiva.

También se tiene el coeficiente de variación que debe estar por debajo del 15 % el cual nos permitirá expresar la validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados en el presente experimento.

3.9. Orientación y ética

La obtención de plantines de papa (*Solanum tuberosum*) variedad canchan con el sistema autotrófico hidropónico y dos sustratos, en condiciones de invernadero Paucartambo – Pasco, está orientado a la producción de plantas y tubérculos pre básicos en menor tiempo y de calidad disponibles para los agricultores de nuestro distrito, debido a que los costos de semilla provenientes de otras zonas son mayores y tienen un origen desconocido.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El presente trabajo de investigación tuvo la siguiente secuencia a nivel de campo:

4.1.1. Ubicación del campo experimental

a. Ámbito de estudio

La ubicación política, geográfica y ecológica del presente trabajo de experimentación que se realizó en los meses febrero y marzo del 2018 tiene las siguientes características:

Región : Pasco

Provincia : Pasco

Distrito : Paucartambo

Lugar : Av. Perú

Longitud : 75°44'7.46"

Latitud : 10°45'44.19"

Altitud : 2 800 m.s.n.m.

Zona de vida : Bosque muy húmedo Montano Tropical (bmh – MT) (Fuente: Gobierno Regional de Pasco 2 004)

b. Antecedentes del campo experimental

En el invernadero (campo experimental) donde se llevó acabo el presente experimento, no se instaló ningún cultivo es decir estuvo en descanso durante el último año.

c. Características de los sustratos empleados

➤ **Características del Kekkilä**

Corporación Litec SAC (2018), menciona que el **KEKKILÄ DSM 05** es un sustrato especial para la propagación de plantas jóvenes a partir de semilla o esqueje en bandeja de alvéolos.

Este producto ha sido elaborado a partir de una exquisita selección de las mejores turbas provenientes del norte de Europa. La utilización de turbas rubias / pardas y turbas negras nos permite ofrecer un producto con un comportamiento equilibrado entre la porosidad y la retención de la solución nutritiva.

Entre los beneficios que se tiene con el uso del **KEKKILÄ DSM 05** son:

- Balance óptimo entre retención de humedad y capacidad de aeración / porosidad.
- Alto porcentaje de germinación.
- pH corregido.
- Producto contiene fertilización básica.

Aplicaciones:

Producción de semillero hortícola, tabaco, plantas ornamentales, frutales y hierbas aromáticas en bandeja de alvéolos.

Características:

- Materia prima: turba rubia / parda tipo Sphagnum (H 2-5 Von Post); turba negra tipo Sphagnum (H 4-6 Von Post).
- Granulometría: 0-6 mm.
- Fertilización: 0.3 Kg/m³ (N-P-K + Microelementos)
- Aditivos: Dolomita cálcica y agente humectante (W)
- pH: 5,5 (método Pasta Saturada)
- Conductividad Eléctrica (EC): 1,5 mS/cm Método Pasta Saturada)

➤ **Características del Premix #3**

Según **Maruplast** (2019), el sustrato PREMIX # 3 está compuesto principalmente a base de musgo Sphagnum y vermiculita. Su granulometría es fina y óptimas condiciones de temperatura, humedad constante logrando así el nacimiento de las plántulas. Recomendada para una exitosa germinación.

Favorece el desarrollo y crecimiento de las raíces. La adición de la vermiculita facilita el trasplante de plantines no se dañan debido a sus partículas; mejora la retención de agua y aire, siendo muy importante la oxigenación para la absorción de agua y nutrientes. Es un material inocuo, no contiene microorganismos o nematodos patógenos, ni malas hierbas. Excelente aislante térmico.

Aplicaciones:

En la elaboración de semilleros, almácigos, producción de plantines en bandejas y esquejes bajo sanidad controlada. Especialmente para hortalizas y ornamentales.

Se recomienda humedecer previo al llenado para lograr un mayor volumen total, luego dejar descansar el material un mínimo de dos horas antes de llenar las bandejas.

Según **Maruplast** (2019), el sustrato PREMIX # 3 está compuesto principalmente a base de musgo Sphagnum y vermiculita. Su granulometría es fina y óptimas condiciones de temperatura, humedad constante logrando así el nacimiento de las plántulas. Recomendada para una exitosa germinación.

Favorece el desarrollo y crecimiento de las raíces. La adición de la vermiculita facilita el trasplante de plantines no se dañan debido a sus partículas; mejora la retención de agua y aire, siendo muy importante la oxigenación para la absorción de agua y nutrientes. Es un material inocuo, no contiene microorganismos o nematodos patógenos, ni malas hierbas. Excelente aislante térmico.

Aplicaciones:

En la elaboración de semilleros, almácigos, producción de plantines en bandejas y esquejes bajo sanidad controlada. Especialmente para hortalizas y ornamentales.

Se recomienda humedecer previo al llenado para lograr un mayor volumen total, luego dejar descansar el material un mínimo de dos horas antes de llenar las bandejas.

CARACTERÍSTICAS	DETALLES		
Procedencia	CANADÁ		
Composición	Turba de musgo Sphagnum canadiense, Compost orgánico, vermiculita, agentes Humectantes y fertilizantes.		
Apariencia	Sustancia orgánica natural marrón claro a oscuro.		
Olor	Leve a olor de tierra.		
Solubilidad en agua	No corresponde		
pH	5.5 (en agua)		
Conductividad eléctrica	0.75 dS/m		
Densidad	152,3 g/L		
Capacidad de agua	60,7%		
Capacidad de aire	21.6 %		
Retención de agua	50.0 %		
Elementos en ppm	NO3-N: 36	Mg: 30	Mn: 0.251
	NH4-N: 9	S: 39	Mo: 0.035
	P: 7	B: 0.046	Na: 10
	K: 49	Cu: 0.010	Cl: 8
	Ca: 45	Fe: 0.478	Al: 0.480
Volumen expandido del fardo	200L		
Presentación	Fardo de 32 kg		

Fuente: Maruplast 2019.

➤ **Registro de temperatura y humedad relativa**

Los datos de temperatura y humedad relativa que se registraron en los invernaderos de la escuela de agronomía sección Paucartambo durante los treinta y dos días (32) se muestran a continuación:

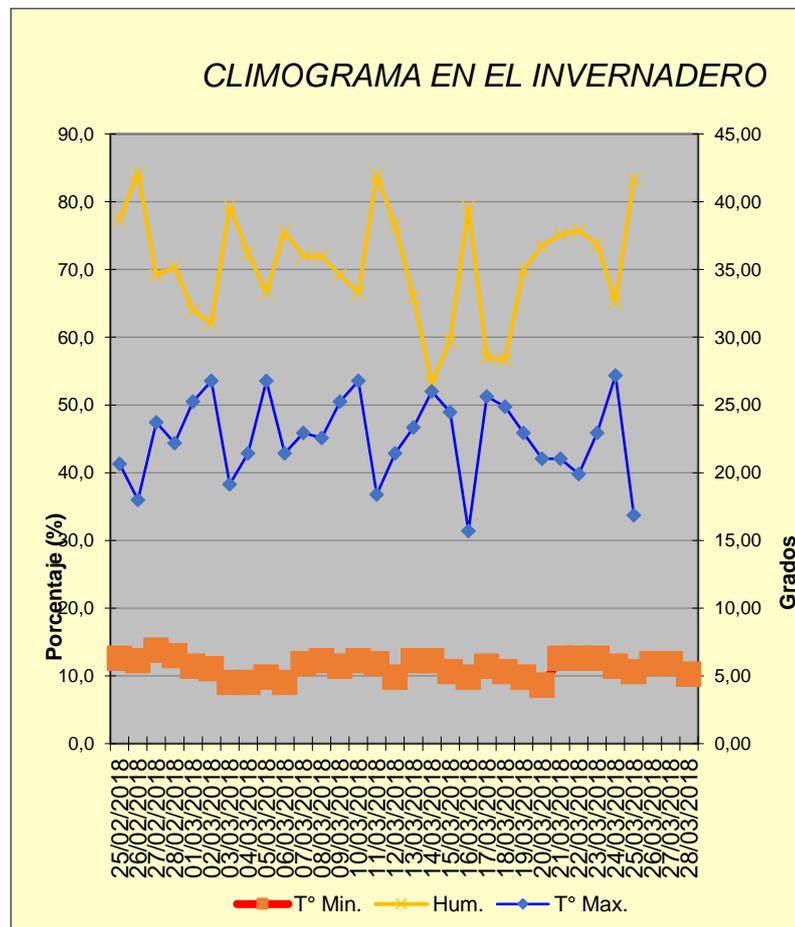
Cuadro 02. Comportamiento de temperatura y humedad relativa en los invernaderos de la escuela de agronomía Paucartambo.

Día	Temperatura (°C)		Humedad (%)
	Mínima	Máxima	
25/02/2018	12.60	26.40	68.65
26/02/2018	12.21	25.63	69.90
27/02/2018	13.77	20.66	77.35
28/02/2018	12.99	18.00	84.30
01/03/2018	11.42	23.71	69.10
02/03/2018	11.03	22.19	70.40
03/03/2018	9.03	25.24	63.95
04/03/2018	9.03	26.79	62.05
05/03/2018	9.83	19.14	79.40
06/03/2018	9.03	21.42	72.35
07/03/2018	11.82	26.79	66.60
08/03/2018	12.21	21.42	75.55
09/03/2018	11.42	22.95	72.00
10/03/2018	12.21	22.57	71.95
11/03/2018	11.82	25.24	69.15
12/03/2018	9.83	26.79	66.50
13/03/2018	12.21	18.38	83.95
14/03/2018	12.21	21.42	76.55
15/03/2018	10.63	23.33	65.95
16/03/2018	9.83	26.01	53.15
17/03/2018	11.42	24.48	59.50
18/03/2018	10.63	15.70	79.25
19/03/2018	9.83	25.63	56.95
20/03/2018	8.62	24.86	56.65

Día	Temperatura (°C)		Humedad (%)
	Mínima	Máxima	
21/03/2018	12.60	22.95	69.90
22/03/2018	12.60	21.04	73.50
23/03/2018	12.60	21.04	75.15
24/03/2018	11.42	19.90	75.75
25/03/2018	10.63	22.95	73.75
26/03/2018	11.82	27.17	65.15
27/03/2018	11.82	16.85	83.30
28/03/2018	10.23	23.71	67.20

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 05. Climograma de los días de evaluación en invernadero.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Instalación y conducción del experimento

a. Material vegetal

Para el presente trabajo experimental se utilizó plantas madres (plantas *in vitro*) de la variedad de papa Canchan provenientes del laboratorio del INIA – Huancayo.

b. Preparación y acondicionamiento de los sustratos

Para desarrollar la investigación se utilizó dos sustratos: el Kekkila y el Premix #3. Ambos sustratos son importados, los mismos que fueron dispuestos en las bandejas según el tratamiento y diseño experimental.

c. Preparación y desinfección de bandejas

Para la aclimatación de plántulas *in vitro* se utilizó bandejas de 72 hoyos las cuales fueron lavadas y desinfectadas para su uso, a través de la inmersión en un recipiente con agua y lejía a razón 2ppm/litro.

Para la multiplicación autotrófico hidropónico se utilizó bandejas Modelo BL07, con capacidad de 12 plántulas, las cuales fueron lavadas y desinfectadas para su uso, a través de la inmersión en un recipiente con agua y lejía a razón de 2 ppm/ litro.

d. Llenado del sustrato

Para la aclimatación de los plantines *in vitro* en condiciones de invernadero, inicialmente se llenaron las bandejas de 72 hoyos con sustrato kekkila.

Para la multiplicación autotrófico hidropónico se llenaron 8 bandejas (modelo BL07) con sustrato kekkila la cantidad de 324gr. por

bandeja y 8 bandejas (modelo BL07) con el sustrato premix #03 la cantidad de 324gr. por bandeja.

Posteriormente las bandejas se trasladaron al interior del invernadero y se colocaron tomando en cuenta la distribución de las unidades experimentales.

e. Siembra

Para poder realizar la siembra primero se humedeció los sustratos de las bandejas 4 de kekkila y 4 de premix #03 con solución hidropónica con la cantidad de medio litro de solución hidropónica por bandeja (modelo BL07), y las otras bandejas con agua, 4 bandejas con kekkila y 4 bandejas con premix #03 la cantidad de medio litro de agua por bandeja (modelo BL07).

El lugar donde se realizó la operación de multiplicación, contaba con una mesa, bisturís, alcohol al 70%, fuente de aluminio desinfectado, lamina de vidrio 30 x 30cm. Una vez teniendo el área de operación completo se pasó a la recolección de yemas apicales en la fuente previamente desinfectado, se realizó los cortes de tres centímetros y las hojas adultas en la lámina de vidrio desinfectado con alcohol al 70 %.

La siembra de las parte apicales de papa de la variedad Canchan, se realizó en cada uno de las bandejas, contenidos con los diferentes sustratos.

f. Riegos

Se aplicó riego a los sustratos evitando al máximo el exceso de humedad o de sequedad, controlando que la distribución del agua en las bandejas sean homogéneos. Las mismas que fueron inter-diarios, cada tratamiento con sus respectivas soluciones teniendo en cuenta el diseño.

4.1.3. Datos registrados

a. Altura de planta.

Se midió la altura de las plantas en centímetros (cm) en cada repetición, desde la base del tallo hasta el ápice, utilizando una regla graduada, a los 24 días después de la germinación, luego fue en forma inter-diaria teniendo así un total de 10 observaciones, con el propósito de identificar el efecto de los tratamientos.

b. Longitud de la raíz.

Se midió la longitud de las raíces desde la base del tallo en centímetros (cm) en cada repetición, esta medición sólo se efectuó durante la décima evaluación de la altura de las plantas, la misma que nos sirvió para realizar la relación de la parte aérea/raíz.

c. Relación de la parte aérea/raíz.

Se realizó cuando la planta se encontraba en óptimas condiciones para el trasplante a terreno definitivo; la misma que consistió en dividir la altura de la planta con la longitud de las raíces.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Altura de planta

La presente evaluación se realizó a partir de los 24 días después de la germinación, la misma que se llevó a cabo con la ayuda de una regla graduada desde la base del tallo hasta el ápice, con una frecuencia de 2 días.

A) Primera evaluación de altura de planta.

La primera evaluación de la altura en centímetros de los plantines de papa cancha se realizó el 04 de marzo del 2018. Los datos obtenidos se encuentran en el cuadro 01 en la parte de anexos.

Cuadro 03. Análisis de variancia de la primera evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{0.05}	F_{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	2.882	2.882	0.76	4.06	7.24	n.s.
Riego (B)	1	0.130	0.130	0.03	4.06	7.24	n.s.
Sustrato X Riego	1	2.732	2.732	0.72	4.06	7.24	n.s.
Error Exp.	44	166.126	3.776				
TOTAL	47	171.871					

C.V. = 8.71 %

El presente cuadro de análisis de variancia nos muestra que no hay diferencias estadísticas significativas entre los promedios de las fuentes de variación de sustrato, riego y de la interacción de sustrato por riego, con respecto a la primera evaluación de altura de plantines de papa. Asimismo el coeficiente de variación es de 8.71 %, los cuales se encuentran dentro de los rangos permitidos para este tipo de experimentos.

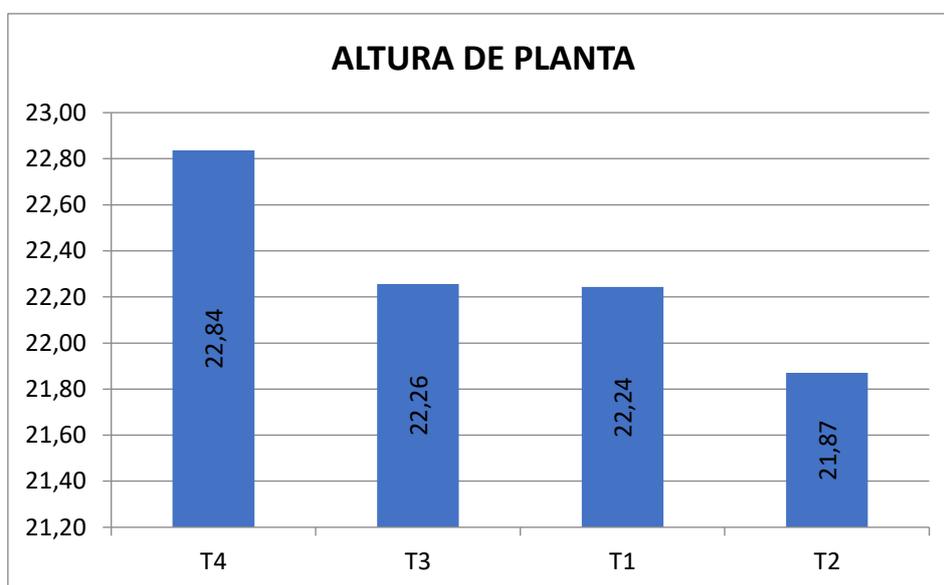
Seguidamente se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, las cuales se muestran a continuación.

Cuadro 04. Prueba de Duncan de la primera evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T4	Premix #3 + Agua	22.84	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	22.26	A
3	T1	Kekkila + Solución "A y B"	22.24	A
4	T2	Kekkila + Agua	21.87	A

El cuadro de Duncan también nos indica que los cuatro tratamientos en estudio no presentan diferencias estadísticas entre sí, por ende todos los promedios se encuentran bajo el grupo Duncan A; destacando numéricamente el tratamiento T4 con un promedio de 22.84 seguido de los tratamientos T3, T1 y T2 con promedios de 22.26; 22.24 y 21.87 cm respectivamente.

Gráfico 06. Altura de planta durante la primera evaluación.



B) Segunda evaluación de altura de planta.

La presente evaluación se realizó el 06 de marzo del 2018, los datos de la misma se encuentran en el cuadro 02 de anexos. El análisis de

variancia de la presente evaluación nos muestra que existe diferencias altamente significativas para los promedios de la interacción AxB (sustrato por riego); mientras que para el factor A (sustrato) y el factor B (riego) no se encontraron diferencias estadísticas significativas para los promedios de ambos factores con respecto a la altura de planta; asimismo el coeficiente de variación es de 7.59 % la misma que se encuentra dentro de los rangos permitidos para este tipo de experimentos, tal como se muestra a continuación.

Cuadro 05. Análisis de variancia de la segunda evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{0.05}	F_{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	0.298	0.298	0.09	4.06	7.24	n.s.
Riego (B)	1	2.021	2.021	0.60	4.06	7.24	n.s.
Sustrato X Riego	1	26.463	26.463	7.81	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	149.075	3.388				
TOTAL	47	177.858					

C.V. = 7.59 %

Para determinar la significación de los promedios de la interacción de los factores se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad; donde encontramos que el tratamiento T1 (Kekkila + solución A y B) presentó un promedio de 25.27 cm siendo superior a los promedios de los tratamientos T3 y T2 que tuvieron promedios de 23.63 y 23.38 cm respectivamente.

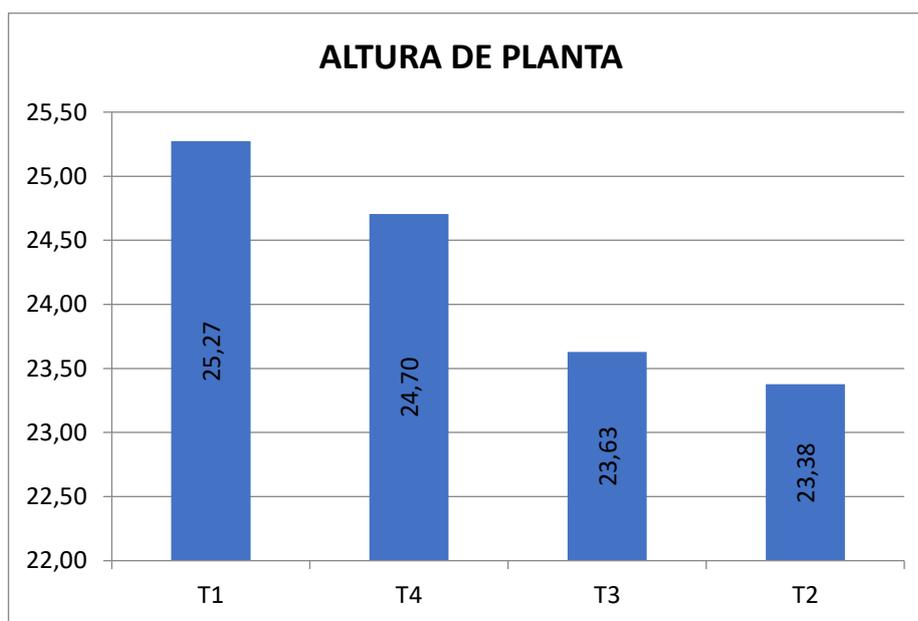
También debemos de mencionar que los promedios que se encuentran bajo una misma letra o grupo Duncan no presentan diferencias

estadísticas entre sí, las mismas que se muestran en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 06. Prueba de Duncan de la segunda evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	25.27	A
2	T4	Premix #3 + Agua	24.70	AB
3	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	23.63	B
4	T2	Kekkila + Agua	23.38	B

Gráfico 07. Altura de planta durante la primera evaluación.



C) Tercera evaluación de altura de planta.

Los datos de la presente evaluación se encuentran en el cuadro 03 de la parte de anexos, la misma que se realizó el 08 de marzo del 2018.

Al realizar el análisis de variancia a los datos obtenidos encontramos que no hay significación para los promedios de los factores A y B;

sustrato y riego respectivamente, mientras que para la interacción de ambos (AxB) si existe diferencias estadísticas altamente significativas, el coeficiente de variación es de 7.12 % el cual se encuentra dentro los rangos permitidos para este tipo de experimentos.

Cuadro 07. Análisis de variancia de la tercera evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{0.05}	F_{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	5.312	5.312	1.58	4.06	7.24	n.s.
Riego (B)	1	2.924	2.924	0.87	4.06	7.24	n.s.
Sustrato X Riego	1	29.583	29.583	8.82	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	147.525	3.353				
TOTAL	47	185.344					

C.V. = 7.12 %

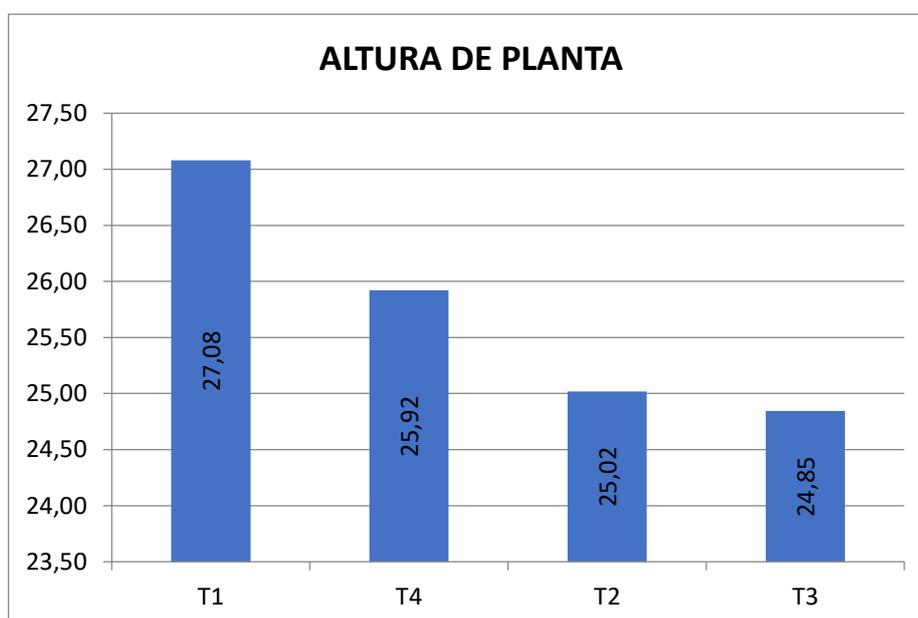
Para determinar la significación de la interacción de los factores en estudio se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad; donde encontramos que el tratamiento T1 presentó un promedio de 27.08 cm siendo superior respecto a los promedios de los tratamientos T2 y T3 que obtuvieron promedios de 25.02 y 24.85 cm respectivamente, los mismos que se encuentran en el grupo Duncan B.

Los promedios que se encuentran bajo el mismo grupo Duncan no son estadísticamente significativos entre sí; tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 08. Prueba de Duncan de la tercera evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	27.08	A
2	T4	Premix #3 + Agua	25.92	AB
3	T2	Kekkila + Agua	25.02	B
4	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	24.85	B

Gráfico 08. Altura de planta durante la tercera evaluación.



D) Cuarta evaluación de altura de planta.

Los datos obtenidos se encuentran en el cuadro 04 en la parte de anexos. La prueba de F del cuadro de análisis de variancia nos muestra que tampoco hubo significación para los factores A y B; pero si hay diferencias estadísticas altamente significativas para la interacción de ambos factores. El coeficiente de variación es de 7.67 % el nos muestra la confiabilidad de la presente evaluación por estar dentro de los rangos permisibles.

Cuadro 09. Análisis de variancia de la cuarta evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	4.376	4.376	1.02	4.06	7.24	n.s.
Riego (B)	1	7.086	7.086	1.66	4.06	7.24	n.s.
Sustrato X Riego	1	32.707	32.707	7.66	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	187.860	4.270				
TOTAL	47	232.029					

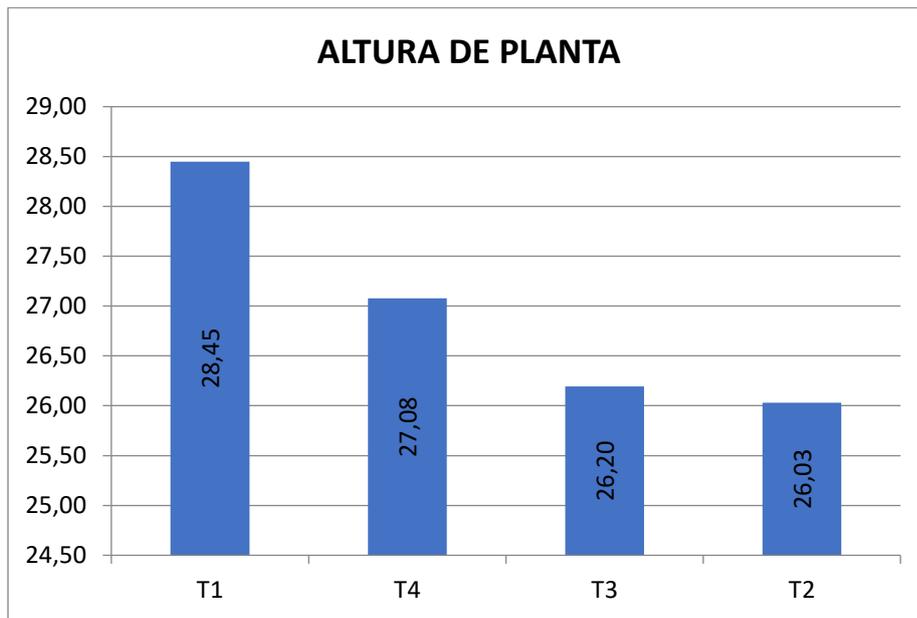
C.V. = 7.67 %

La prueba de Duncan al 5 % de probabilidad nos muestra que el tratamiento T1 presentó un mayor promedio con respecto a los tratamientos T3 y T2; los promedios de los tratamientos T1 y T4 no presentan diferencias estadísticas significativas es por ello que se encuentran en el mismo grupo Duncan A, tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 10. Prueba de Duncan de la cuarta evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	28.45	A
2	T4	Premix #3 + Agua	27.08	AB
3	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	26.20	B
4	T2	Kekkila + Agua	26.03	B

Gráfico 09. Altura de planta durante la cuarta evaluación.



E) Quinta evaluación de altura de planta.

Durante la presente evaluación la prueba de F del cuadro de análisis de variancia nos muestra que no existe diferencias estadísticas significativas para los promedios del factor A (sustratos), mientras que para los promedios del factor B (riego) y de la interacción de los factores (AxB) se encontraron diferencias estadísticas significativas; su coeficiente de variación es de 6.59 % el cual nos muestra la confiabilidad de los datos obtenidos ya que se encuentran dentro de los rangos permitidos para este tipo de experimentos. Los datos registrados del presente experimento se encuentran en el cuadro 05 de la parte de anexos.

Cuadro 11. Análisis de variancia de la quinta evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	3.731	3.731	1.07	4.06	7.24	n.s.
Riego (B)	1	16.700	16.700	4.79	4.06	7.24	*
Sustrato X Riego	1	20.005	20.005	5.73	4.06	7.24	*
Error Exp.	44	153.491	3.488				
TOTAL	47	193.927					

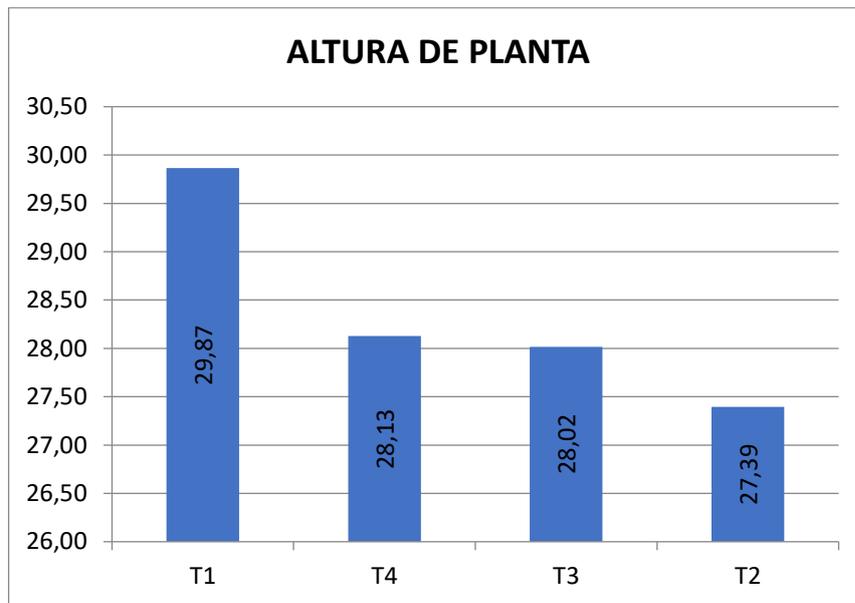
C.V. = 6.59 %

Para determinar la significación de los promedios de la interacción de los factores en estudio se procedió a realizar la prueba estadística de Duncan al 5 % de probabilidad; donde encontramos que los promedios están distribuidos en dos grupos Duncan (A y B), siendo el promedio del tratamiento T1 (29.87 cm) estadísticamente superior a los promedios de los tratamientos T4, T3 y T2 que tuvieron promedios de 28.13; 28.02 y 27.39 cm respectivamente; tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 12. Prueba de Duncan de la quinta evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	29.87	A
2	T4	Premix #3 + Agua	28.13	B
3	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	28.02	B
4	T2	Kekkila + Agua	27.39	B

Gráfico 10. Altura de planta durante la quinta evaluación.



F) Sexta evaluación de altura de planta.

Los datos obtenidos de la presente evaluación se encuentran en el cuadro 06 en la parte de anexos.

El cuadro de análisis de variancia de la presente evaluación nos muestra que existe diferencias estadísticas significativas para los promedios de la interacción sustrato X riego; también encontramos diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios del factor B (riego), pero no se encontró diferencias estadísticas significativas para los promedios del tratamiento A (sustrato). El coeficiente de variación es de 8.08 % el cual se encuentra dentro de los rangos permisibles para este tipo de experimentos.

Cuadro 13. Análisis de variancia de la sexta evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	20.417	20.417	3.27	4.06	7.24	n.s.
Riego (B)	1	116.376	116.376	18.64	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	38.979	38.979	6.24	4.06	7.24	*
Error Exp.	44	274.684	6.243				
TOTAL	47	450.456					

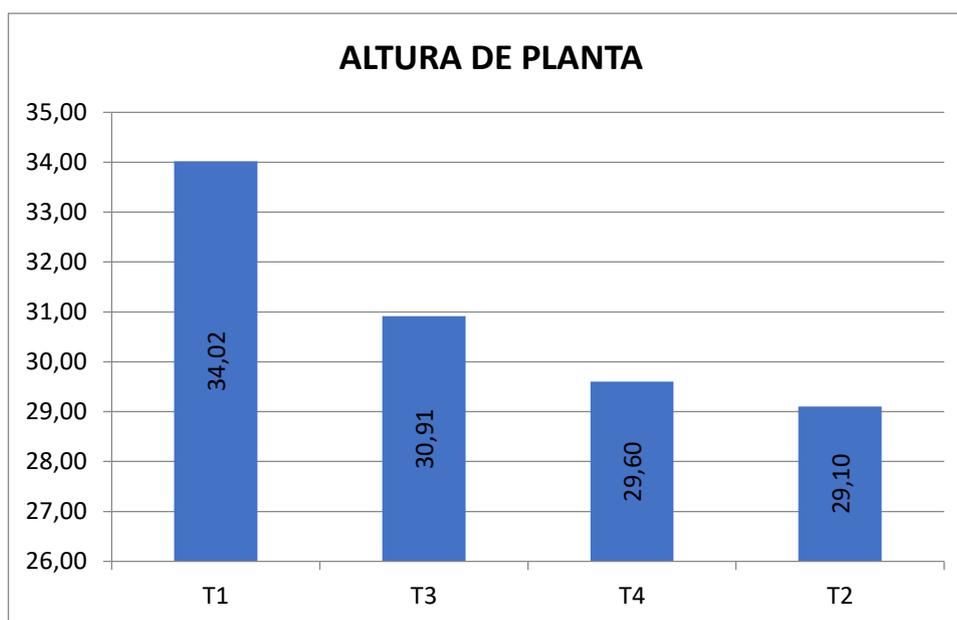
C.V. = 8.08 %

Al realizar la prueba estadística de Duncan al 5 % de probabilidad a los promedios de la interacción, encontramos que el promedio del tratamiento T1 (34.02 cm) es estadísticamente superior a los promedios de los tratamientos T3, T4 y T2 cuyos promedios son de 30.91 cm, 29.60 cm y 29.10 cm respectivamente; los mismos que se muestran en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 14. Prueba de Duncan de la sexta evaluación de la altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	34.02	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	30.91	B
3	T4	Premix #3 + Agua	29.60	B
4	T2	Kekkila + Agua	29.10	B

Gráfico 11. Altura de planta durante la sexta evaluación.



G) Séptima evaluación de altura de planta.

La prueba de F al 0.05 y 0.01 % de probabilidad del cuadro de análisis de variancia para la presente evaluación nos muestra que existe diferencias estadísticas significativas para los promedios del factor A (sustratos), mientras que para los promedios del factor B (riego) existen diferencias estadísticas altamente significativas; y para la interacción de los factores (AxB) no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

El coeficiente de variación es de 9.19 % el cual nos muestra la confiabilidad de los datos obtenidos durante su evaluación, ya que se encuentran dentro de los rangos permitidos para este tipo de experimentos. Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en el cuadro 07 de la parte de anexos.

Cuadro 15. Análisis de variancia de la séptima evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	46.852	46.852	4.68	4.06	7.24	*
Riego (B)	1	429.080	429.080	42.83	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	1.719	1.719	0.17	4.06	7.24	n.s.
Error Exp.	44	440.790	10.018				
TOTAL	47	918.440					

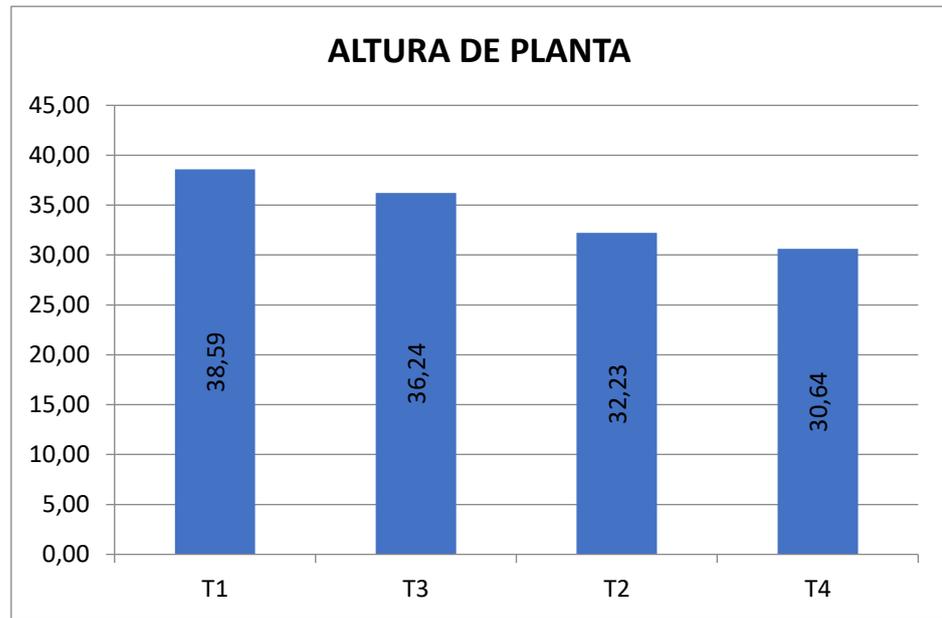
C.V. = 9.19 %

La prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para los promedios de la interacción de los factores AxB nos muestra que los promedios de los tratamientos T1 (38.59 cm) y T3 (36.24 cm) no presentaron diferencias estadísticas entre sí, pero dichos tratamientos presentaron diferencias estadísticas con los promedios de los tratamientos T2 y T4 quienes tuvieron promedios de 32.23 cm y 30.64 cm respectivamente. Asimismo podemos mencionar que los tratamientos están agrupados en dos grupos Duncan (A y B), tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 16. Prueba de Duncan de la séptima evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	38.59	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	36.24	A
3	T2	Kekkila + Agua	32.23	B
4	T4	Premix #3 + Agua	30.64	B

Gráfico 12. Altura de planta durante la séptima evaluación.



H) Octava evaluación de altura de planta.

Los datos obtenidos de la presente evaluación se encuentran en el cuadro 08 en la parte de anexos.

El cuadro de análisis de variancia de la presente evaluación nos muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los factores en estudio (A y B), así como también para la interacción de los mismos. Su coeficiente de variación es de 10.41 % el cual nos muestra la confiabilidad de los datos evaluados por encontrarse dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos bajo condiciones controladas.

Cuadro 17. Análisis de variancia de la octava evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	1495.775	1495.775	52.72	4.06	7.24	**
Riego (B)	1	4407.567	4407.567	155.36	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	931.085	931.085	32.82	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	1248.275	28.370				
TOTAL	47	8082.701					

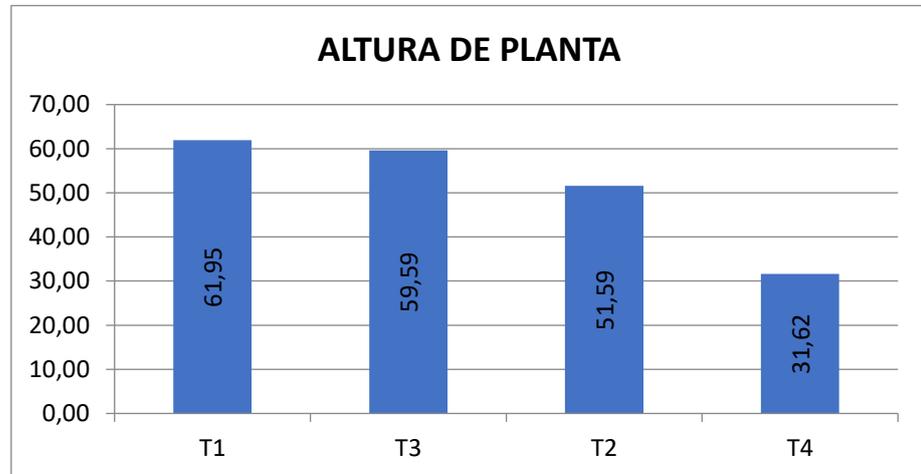
C.V. = 10.41 %

Para determinar la significación de los promedios de la interacción de los factores en estudio se procedió a realizar la prueba estadística de Duncan; donde encontramos que los tratamientos estaban distribuidos en tres grupos Duncan (A, B y C), siendo los tratamientos T1 y T3 los que presentaron mayor promedio (61.95 cm y 59.59 cm respectivamente), por lo tanto resultaron estadísticamente significativos frente a los promedios de los tratamientos T2 y T4 quienes tuvieron promedios de 51.59 cm y 31.62 cm perteneciendo a los grupos Duncan B y C respectivamente, los mismos que podemos apreciar en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 18. Prueba de Duncan de la octava evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	61.95	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	59.59	A
3	T2	Kekkila + Agua	51.59	B
4	T4	Premix #3 + Agua	31.62	C

Gráfico 13. Altura de planta durante la octava evaluación.



I) Novena evaluación de altura de planta.

Al realizar el análisis de variancia de la presente evaluación, también encontramos que hubo diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los factores A, B y de la interacción de los mismos. Los datos obtenidos se encuentran en el cuadro 09 en la parte de anexos.

El coeficiente de variación es de 9.28 %, encontrándose dentro de los rangos permitidos para experimentos en condiciones controladas.

Cuadro 19. Análisis de variancia de la novena evaluación de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	5234.408	5234.408	164.25	4.06	7.24	**
Riego (B)	1	8490.454	8490.454	266.42	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	1117.615	1117.615	35.07	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	1402.228	31.869				
TOTAL	47	16244.705					

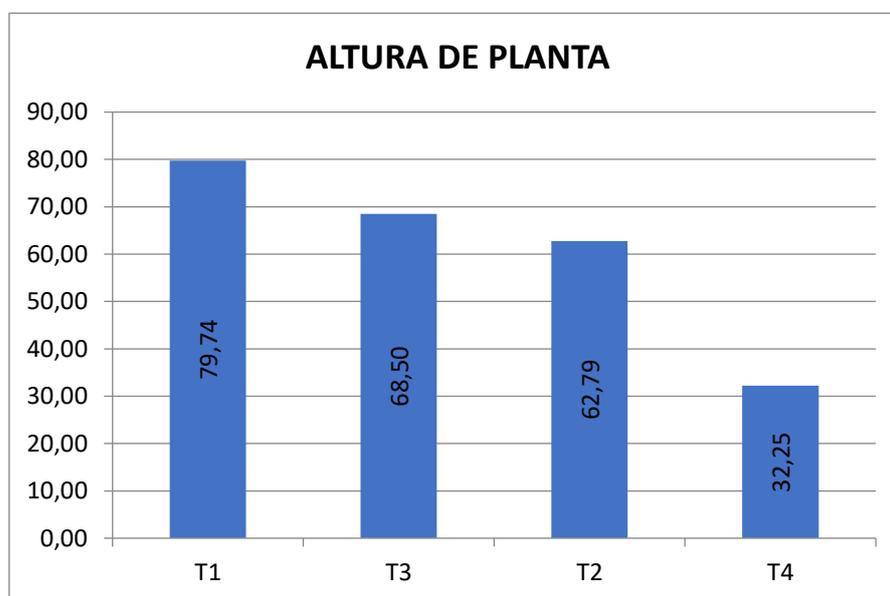
C.V. = 9.28 %

La prueba estadística de Duncan al 5 % de probabilidad para los promedios de la interacción de los factores en estudio, nos muestra que el tratamientos T1 obtuvo el promedio más alto (79.74 cm) en comparación con los demás tratamientos, por ende pertenece al grupo Duncan A; seguidos de los tratamientos T3, T2 y T4 cuyos promedios son de 68.50 cm, 62.79 cm y 32.25 cm respectivamente, tal como se muestra en el cuadro y gráfico siguiente.

Cuadro 20. Prueba de Duncan de la novena evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	79.74	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	68.50	B
3	T2	Kekkila + Agua	62.79	C
4	T4	Premix #3 + Agua	32.25	D

Gráfico 14. Altura de planta durante la novena evaluación.



J) Décima evaluación de altura de planta.

Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en el cuadro 10 de la parte de anexos.

La prueba de F al 0.05 y 0.01 % de probabilidad del cuadro de análisis de variancia nos muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios del factor A (sustratos), factor B (riego) y para la interacción de ambos factores (AxB).

El coeficiente de variación es de 9.45 % el cual nos muestra la confiabilidad de los datos obtenidos durante su evaluación, ya que se encuentran dentro de los rangos permitidos para experimentos bajo condiciones controladas.

Cuadro 21. Análisis de variancia de la décima evaluación de altura de planta.

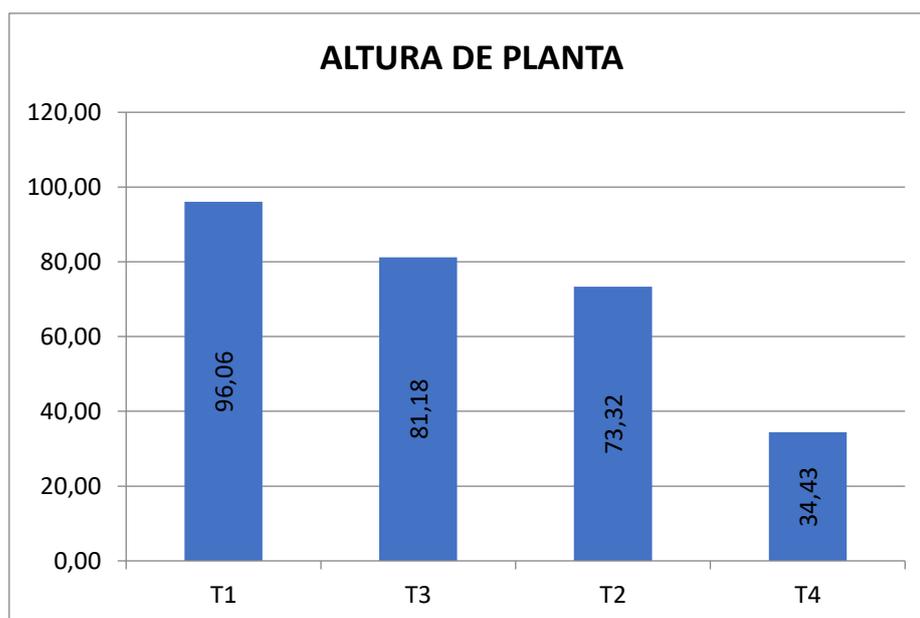
FV	GL	SC	CM	Fc	F_{0.05}	F_{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	8673.370	8673.370	191.42	4.06	7.24	**
Riego (B)	1	14488.665	14488.665	319.76	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	1730.101	1730.101	38.18	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	1993.713	45.312				
TOTAL	47	26885.849					

Al efectuarse la prueba de Duncan a los promedios de la interacción de los tratamientos encontramos que, el tratamiento T1 presentó un promedio de 96.06 cm siendo superior estadísticamente y perteneciendo al grupo Duncan A, mientras que los promedios de los tratamientos T3, T2 y T4 fueron de 81.18 cm, 73.32 cm y 34.43 cm perteneciendo a los grupos Duncan B, C y D respectivamente.

Cuadro 22. Prueba de Duncan de la décima evaluación de altura de planta.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	96.06	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	81.18	B
3	T2	Kekkila + Agua	73.32	C
4	T4	Premix #3 + Agua	34.43	D

Gráfico 15. Altura de planta durante la décima evaluación.



4.2.2. Longitud de la raíz

Al realizar el análisis de variancia de la presente evaluación encontramos que los promedios del factor A (sustrato), factor B (riego) y de la interacción de ambos factores (AxB) presentan diferencias estadísticas altamente significativas con respecto a la longitud de la raíz; asimismo el coeficiente de variación es de 11.62 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos en condiciones controladas.

Los datos registrados durante la observación se encuentran en el cuadro 11 en la parte de anexos.

Cuadro 23. Análisis de variancia de la longitud de la raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0,05}	F _{0,01}	Signi.
Sustrato (A)	1	7496.875	7496.875	138.82	4.06	7.24	**
Riego (B)	1	11075.637	11075.637	205.09	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	1385.944	1385.944	25.66	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	2376.133	54.003				
TOTAL	47	22334.589					

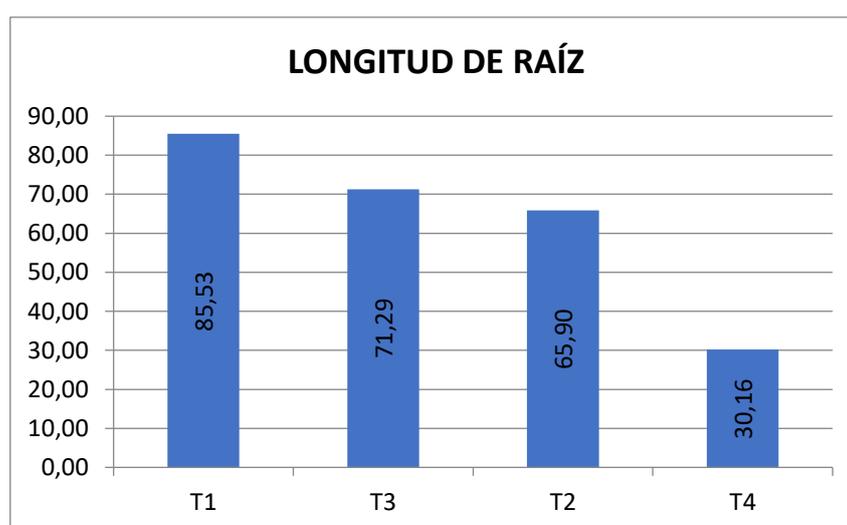
C.V. = 11.62 %

Como se encontraron diferencias altamente significativas entre los promedios de la interacción de los factores en estudio se procedió a efectuarse la prueba estadística de Duncan al 5 % de probabilidad; donde encontramos al tratamiento T1 con un promedio de 85.53 cm siendo superior estadísticamente a los promedios de los tratamientos T3, T2 y T4 que fueron 71.29 cm, 65.90 cm y 30.16 cm respectivamente.

Cuadro 24. Prueba de Duncan de la longitud de raíz.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	85.53	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	71.29	B
3	T2	Kekkila + Agua	65.90	B
4	T4	Premix #3 + Agua	30.16	C

Gráfico 16. Longitud de raíz.



4.2.3. Relación parte aérea/raíz

La presente evaluación predice el éxito de la plantación y donde debe existir equilibrio y proporción entre la parte aérea y el sistema radical de las plantas. Los datos registrados durante la evaluación se encuentran en el cuadro 12 de la parte de anexos.

Al efectuarse el análisis de variancia encontramos que los promedios del factor A (sustrato), factor B (riego) y de la interacción de ambos factores (Ax B) no presentan diferencias estadísticas significativas con respecto a la relación de la parte aérea/raíz.

El coeficiente de variación es de 3.97 % el mismo que se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos en condiciones controladas.

Cuadro 25. Análisis de variancia de la relación parte aérea/raíz.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	0.005	0.005	2.62	4.06	7.24	n.s.
Riego (B)	1	0.000	0.000	0.16	4.06	7.24	n.s.
Sustrato X Riego	1	0.001	0.001	0.46	4.06	7.24	n.s.
Error Exp.	44	0.089	0.002				
TOTAL	47	0.095					

C.V. = 3.97 %

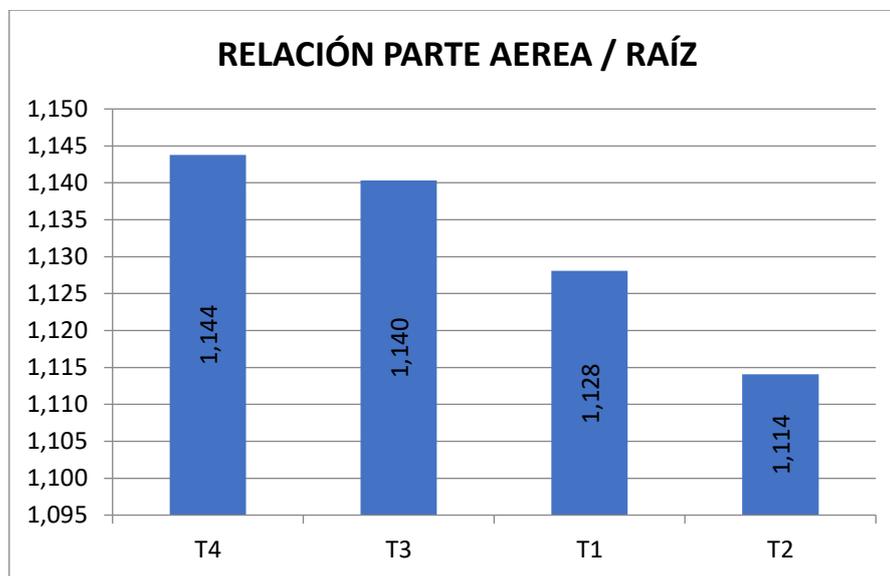
Asimismo se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para poder establecer el orden de mérito de los tratamientos en estudio; donde encontramos que el tratamiento T4 presenta una media de 1.144 cm seguidos de los tratamientos T3, T1 y T2 con promedios de 1.140 cm, 1.128 cm y 1.114 cm respectivamente; todos los promedios de los tratamientos pertenecen a un mismo grupo Duncan por lo tanto no son significativos estadísticamente entre sí. Como se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 26. Duncan de la relación parte aérea/raíz.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T4	Premix #3 + Agua	1.144	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	1.140	A
3	T1	Kekkila + Solución "A y B"	1.128	A
4	T2	Kekkila + Agua	1.114	A

La Razón Tallo/Raíz, determina el balance entre la ζ superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta. Por lo general se busca que la parte aérea no debe doblar la medida al de la raíz; mientras más estrecha es la relación tallo/raíz (cercana a 1), mayor es la posibilidad de supervivencia en sitios secos. (MONTROYA y CÁMARA, 1996).

Gráfico 17. Relación de la parte aérea / raíz.



4.2.4. Número de hojas

La presente evaluación se realizó a partir de los 24 días después de la germinación, la misma que se llevó a cabo con una frecuencia de 2 días.

A) Primera evaluación

Los datos registrados de la presente evaluación se encuentran en la parte de anexos en el cuadro 13.

Al efectuarse el análisis de varianza encontramos que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los sustratos (factor A), riegos (factor B) y la interacción de los mismos (AxB). Su coeficiente de variación es de 6.97 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos en condiciones controladas.

Cuadro 27. Análisis de variancia de la primera evaluación del número de folíolos.

FV	GL	SC	CM	Fc	F _{0.05}	F _{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	1.595	1.595	53.69	4.06	7.24	**
Riego (B)	1	2.408	2.408	81.03	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	0.220	0.220	7.41	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	1.307	0.030				
TOTAL	47	5.530					

C.V. = 6.97 %

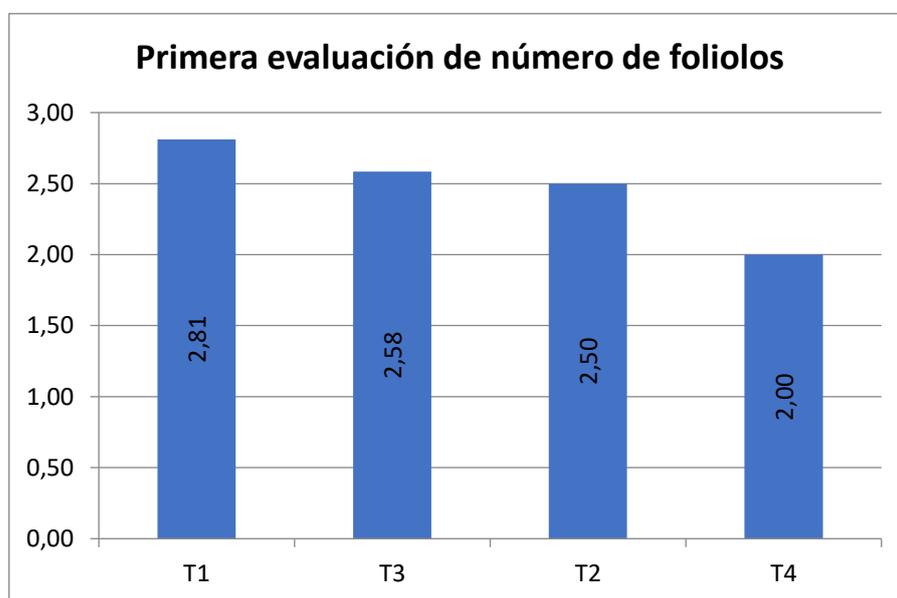
Para poder establecer el orden de mérito de los tratamientos en estudio debido a la significación que se encontró en el análisis de varianza se procedió a realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad; donde encontramos que el sustrato Kekkila + Solución hidropónica A y B (tratamiento T1) presentó un mayor promedio (2.81) de número de folíolos por planta perteneciendo al grupo Duncan A, entre tanto los

promedios de los tratamientos T3 (Premix #3 + Solución hidropónica A y B) y el tratamiento T2 (Kekkila + Agua) no presentan diferencias significativas en cuanto al número de foliolos, por lo tanto pertenecen al grupo Duncan B, finalmente el tratamiento T4 (Premix #3 + Agua) presentó el menor promedio (2.00) de número de foliolos por planta por lo tanto pertenece al grupo Duncan C.

Cuadro 28. Prueba de Duncan de la primera evaluación del número de foliolos.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	2.81	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	2.58	B
3	T2	Kekkila + Agua	2.50	B
4	T4	Premix #3 + Agua	2.00	C

Gráfico 18. Primera evaluación del número de foliolos por planta.



B) Segunda evaluación

La F calculada del análisis de varianza de la segunda evaluación del número de hojas por planta nos muestra que existen diferencias estadísticas altamente significativas para los promedios de los sustratos (factor A), riegos (factor B) y de la interacción A x B. El coeficiente de variación es de 6.86 %, el cual nos indica la confiabilidad de los datos registrados ya que se encuentran dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de invernadero.

Los datos registrados durante la evaluación se encuentran en el cuadro 14 de la parte de anexos.

Cuadro 29. Análisis de variancia de la segunda evaluación del número de hojas por planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{0.05}	F_{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	11.262	11.262	222.81	4.06	7.24	**
Riego (B)	1	11.262	11.262	222.81	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	4.533	4.533	89.67	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	2.224	0.051				
TOTAL	47	29.280					

C.V. = 6.86 %

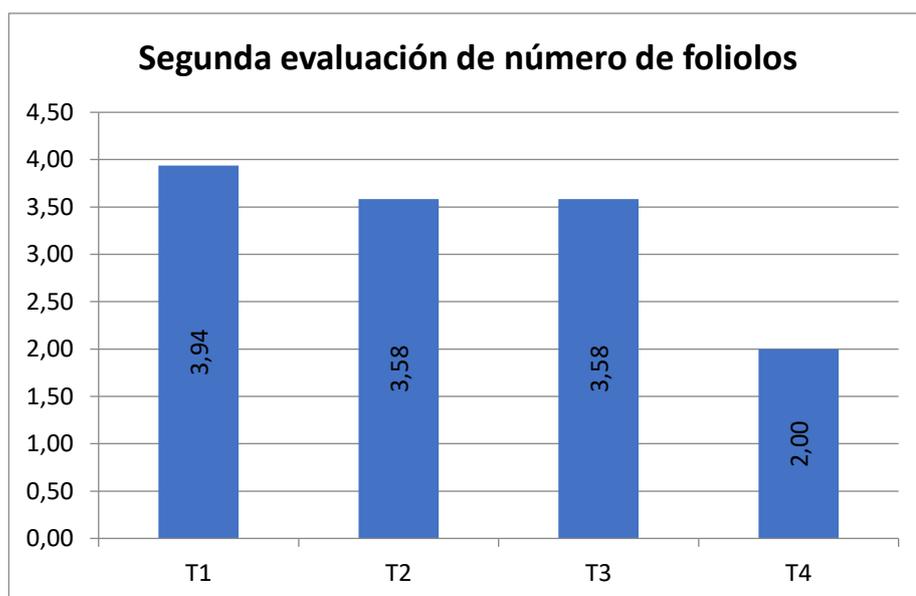
Al efectuarse la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad a los promedios en estudio encontramos que el tratamiento T1 (Kekkila + Solución hidropónica A y B) presentó un promedio de 3.94 hojas siendo esta superior estadísticamente a los demás tratamientos por ende pertenece al grupo Duncan A. Mientras que los promedios de los tratamientos T2 y T3 no son significativos entre sí, por lo tanto se

encuentran bajo el grupo Duncan B; y en el último lugar se encuentra el tratamiento T4 con un promedio de 2.00 hojas por planta perteneciendo al grupo Duncan C.

Cuadro 30. Prueba de Duncan de la segunda evaluación del número de hojas.

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media (cm)	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	3.94	A
2	T2	Kekkila + Agua	3.58	B
3	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	3.58	B
4	T4	Premix #3 + Agua	2.00	C

Gráfico 19. Segunda evaluación del número de hojas por planta.



C) Tercera evaluación

Los datos de la presente evaluación se encuentran en la parte de anexos en el cuadro 15.

El análisis de varianza de la presente evaluación nos muestra también que existen diferencias estadísticas altamente significativas para todas las fuentes de variación del presente experimento con respecto al número de hojas.

El coeficiente de variación es de 6.09 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de invernadero.

Cuadro 31. Análisis de variancia de la tercera evaluación del número de hojas.

FV	GL	SC	CM	Fc	F_{0.05}	F_{0.01}	Signi.
Sustrato (A)	1	29.689	29.689	448.68	4.06	7.24	**
Riego (B)	1	30.480	30.480	460.64	4.06	7.24	**
Sustrato X Riego	1	19.699	19.699	297.71	4.06	7.24	**
Error Exp.	44	2.911	0.066				
TOTAL	47	82.780					

C.V. = 6.09 %

El coeficiente de variación es de 6.09 % el cual se encuentra dentro de los rangos permitidos para experimentos conducidos a nivel de invernadero.

La prueba de Duncan al 5 % de probabilidad nos muestra que el tratamiento T1 presentó un promedio de 5.17 hojas por planta siendo estadísticamente superior a los promedios de los demás tratamientos por ende se encuentra en el grupo Duncan A, asimismo los promedios de los tratamientos T3 y T2 no presentan diferencias significativas entre sí, por ello se encuentran bajo el grupo Duncan B, y el tratamiento T4 presentó tan solo un promedio de 2 hojas por planta perteneciendo al grupo Duncan C.

Cuadro 32. Prueba de Duncan de la tercera evaluación del número de hojas

Orden de Mérito	Clave	Tratamiento	Media	Grupo Duncan
1	T1	Kekkila + Solución "A y B"	5.17	A
2	T3	Premix #3 + Solución "A y B"	4.88	B
3	T2	Kekkila + Agua	4.85	B
4	T4	Premix #3 + Agua	2.00	C

Gráfico 20. Tercera evaluación del número de hojas por planta.



4.3. Prueba de hipótesis

En la presente investigación se plantearon dos hipótesis para cada una de las evaluaciones realizadas; la primera de ellas fue la hipótesis nula que consistía en que todos los promedios de los tratamientos no presentan diferencias estadísticas significativas entre sí; mientras que la segunda hipótesis denominada hipótesis alterna consistía en que al menos uno de los promedios de los tratamientos en estudio es significativo.

En la primera evaluación de altura de plantas se acepta la hipótesis nula ya que no se encontraron diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos en estudio.

Para la segunda evaluación de altura de plantas se acepta la hipótesis alterna para la interacción de los factores A x B ya que el tratamiento T1 es significativo comparados con los demás promedios.

Desde la segunda hasta la décima evaluación de altura de plantas se acepta la hipótesis alterna debido a que el promedio de al menos un tratamiento es significativo respecto a los demás tratamientos.

Para la evaluación de la longitud de la raíz se acepta la hipótesis alterna para todas las fuentes de variación; ya que el tratamiento T1 (Kekkila + Solución hidropónica A y B) es la que presentó mayor longitud comparados con los demás tratamientos.

Mientras que para la relación parte aérea/raíz se acepta la hipótesis nula debido a que no hubieron diferencias estadísticas entre los promedios de los tratamientos en estudio.

Finalmente, para el número de hojas en las tres evaluaciones realizadas se acepta la hipótesis alterna ya que el promedio del tratamiento T1 resulta ser significativo con respecto a los promedios de los demás tratamientos.

4.4. Discusión de resultados

En la presente investigación con respecto a la altura de las plántulas de papa de la variedad canchan usando sustratos bajo el sistema autotrófico hidropónico en condiciones de invernadero de Paucartambo, la aplicación del sustrato kekkila + Solución hidropónica “A” y “B” tuvo un desarrollo uniforme y constante durante las evaluaciones realizadas alcanzando una altura de 96.06 cm en la última evaluación, seguido del tratamiento T3 (Premix #3 + solución hidropónica “A y B”) con una altura de 81.18 cm; luego el tratamiento T2 (kekkila + agua) con

73.32 cm y en último lugar estuvo el tratamiento T4 (Premix #3 + agua) con tan solo 34.43 cm.

Mientras que Rincón (2011), en la evaluación de vitro-plantas de diez clones promisorios de papa bajo condiciones protegidas, obtuvo alturas de 31.8 cm, utilizando tierra negra y turba comercial, además de la aplicación de riego con azotobacter y fósforo con intervalos de tres a cuatro días.

De igual forma Villca, A. (2012), utilizando una combinación de la solución hidropónica formulada por la Universidad Agraria La Molina (Perú) y el sustrato cascarilla de arroz carbonizada más carbón ambos en partes iguales, a los 21 días la altura fue de 7,35 cm, con un factor de multiplicación 5,25.

Alania y Ascanoa (2019), en una investigación realizada sobre el comparativo de cuatro sustratos en la producción de plantines de rocoto (*Capsicum pubescens*), encontró que la mayor altura se presentó en el sustrato importado con un 19.288 cm.; seguido de la turba, el sustrato preparado y del humus de lombriz, con promedios de 6.215 cm, 4.090 cm y 3.538 cm respectivamente.

Estos resultados sugieren que, debido a que el crecimiento de los segmentos uninodales de las vitro-plantas de papa se obtienen sin agregar sacarosa ni reguladores del crecimiento, pudiéndose realizar la multiplicación de plántulas y colocarlas en bandejas modelo BL07 con tapa bisagra de plástico transparente fabricada en PET de 380 micras con el sustrato Kekkila y la adición mediante riego de la solución hidropónica A y B; lo cual permitirá evitar los riesgos de pérdida de plántulas por problemas de contaminación asimismo se disminuye el shock al momento de trasplante en el invernadero.

CONCLUSIONES

1. La temperatura promedio de 17.03 ° C y la humedad relativa de 70.46 %, dentro del invernadero fueron favorables para la obtención de plantines de papa (*Solanum tuberosum*) variedad canchan utilizando el sistema autotrófico hidropónico y dos sustratos en el distrito de Paucartambo.
2. En cuanto a los parámetros de crecimiento usando el sistema autotrófico hidropónico la aplicación del sustrato kekkila + Solución hidropónica “A” y “B” tuvo un desarrollo uniforme y constante durante las evaluaciones realizadas alcanzando una altura de 96.06 cm, una longitud de raíz de 85.53 cm, relación de parte aérea/raíz de 1.128 y con un promedio de 5 hojas por planta.
3. Existe una interacción positiva entre los sustratos, las soluciones hidropónicas y el sistema autotrófico hidropónico en la obtención de plantines de papa (*Solanum tuberosum*) de la variedad canchan en condiciones de invernadero en el distrito de Paucartambo.

RECOMENDACIONES

1. Por las características físicas, químicas del kekkila, se recomienda usar este sustrato en la propagación de plántulas de papa bajo el sistema autotrófico hidropónico para la generación de minitubérculos en condiciones de invernadero.
2. Realizar investigaciones similares en variedades comerciales que se siembran en el ámbito del distrito de Paucartambo.
3. Generar un centro de producción de semilla prebásica y básica de papa en el distrito de Paucartambo, a partir de la propagación de plántulas bajo el sistema autotrófico hidropónico, la que permitirá tener un flujo constante de semilla para los agricultores del distrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Alor, N. (2015). Caracterización de *Phytophthora infestans* y mejora genética para la resistencia en patata. Tesis Doctoral. Lleida, España Universidad de Lleida. 165 p.
- Alvard, D.; Cote, F.; Teisson, C. (1993). Comparison of methods of liquid medium culture for banana micropropagation. *Plant Cell, tissue and Organ Culture*. 39:253-258
- Agromat E.I.R.L. (2015). Materiales para la agricultura tecnificada. Consultado 20 de oct. 2016. Disponible en: <http://www.agromatperu.com/index.html>
- Agrytec.com. (2010). Cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). En línea. Consultado 15 de agosto del 2018. Disponible en <http://www.agrytec.com>.
- Alania, G. y Ascanoa, L. (2019). Comparativo de cuatro sustratos en la producción de plantines de rocoto (*Capsicum pubescens*) en condiciones de invernadero de la UNDAC Paucartambo – Pasco (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco, Perú.
- Arce, A. (2002). El cultivo de la patata. 2da Edición. Ed. Mundi-Prensa. España. pp. 41-69.
- Barbado, J. (2005). Hidroponía. Buenos Aires: Disponible en URL: <http://books.google.com.ec>
- Barquero, M.; Gómez, L.; Brenes, A.; Valverde, R. (2011). El tamaño del pote en la producción de semilla Prebásica de papa en invernadero (en línea).San José, CR. Consultado 13 feb 2014.
- Benítez, J.; Navarrete, J. (2003). Aplicación del Sistema Autotrófico Hidropónico SHA (Técnica Argentina), en variedades mejoradas del Ecuador, para la obtención de semilla prebásica de papa (en línea). Estación Experimental Santa Catalina, Quito, EC. INIAP-CIP. Consultado 13 julio 2017. Disponible en <http://cipotato.org/regionquito/congresos/i-congreso-ecuatoriano-de-la-papa>.
- Benz, J. (1989). Producción y utilización de materiales para la siembra de papa en climas cálidos. Lima, PE. CIP. 38 p. Guía de Investigación No.23 38 p.
- Berthouly, M., Y H. Etienne. (2005). Temporary immersion system a new concept for use liquid medium in mass propagation. In: Liquid culture systems for *in vitro* plant propagation. HVOSLEF-EIDE A.; W. PREIL. First edition. Dordrecht, NL. p. 165-195

- Cabrera, H. (2010). Producción de semilla de papa en el Perú. INIA. Informe. 10 pp.
- Calderón, A. (2006). Sustratos agrícolas (en línea). Chile, Proyecto Fondef D0I1063. 10 p. Consultado 13 julio 2017. Disponible en <http://www.biosustratos.cl/pdf/Sustratos%20agricolas1.pdf>
- Castro, J.; Agramonte, D.; De Feria, M.; Jaime, J.; Perez, M.; San Roman, M.; (2011). Obtención de microtubérculos de papa cv. "Andinita" en Sistemas de Inmersión Temporal. *Biología Vegetal* 11(1):59-62
- Centro Internacional de la Papa. (2007). Producción de tubérculos-semillas Prebásica con la técnica de Aeroponía. Lima, PE. 15p.
- Centro Internacional de la Papa. (2008). División de Manejo Integrado de Cultivos. Alternativas al uso del bromuro de metilo en la producción de semilla de papa de calidad (en línea). Lima, PE. Consultado 13 julio 2017. Disponible en: <http://www.cipotato.org/publications/pdf/004328.pdf>.
- Chávez, R. (1995). Por los caminos evolutivos de la papa silvestre y cultivada. *Revista Ciencia & Desarrollo*- Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna-Perú. 35: 86-91.
- Chuquillanqui, C.; Mateus, J.; Barker, I.; Otazu, V. (2010). Métodos de producción de semilla Prebásica de papa. Lima, PE.CIP. 2 p.
- Cronquist, A. (1988). Siembra de papa. Boletín de información técnica. Centro Internacional de la Papa (CIP). 2da Edición. Lima (Perú). pp. 17
- Egúsquiza, R. y APAZA, W. (2001). La ranca de la papa (*Phytophthora infestans*) en el Perú. Perfil de país. Página 29-39 en: Memoria del taller internacional. Complementando la resistencia al tizón (*Phytophthora infestans*) en los Andes. GILB, TALLER LATINOAMERICA 1. E. N. Fernandez - Northcote (editor). Cochabamba – Bolivia. 201 pp.
- FIA (Fundación para la Innovación Agraria). (2009). Resultados y Lecciones en Sistema de Inmersión Temporal en Especies Anuales, Frutales y Vides. Santiago de Chile, CL. Ministerio de Agricultura Chile. 56 p.
- Gallo, R; Viana, O. (2005). Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate *Lycopersicum esculentum* (en línea). Tesis Ing. Agr. Montevideo, UY, Universidad de la República, Facultad de Agronomía. 80 p.

Consultado 13 julio 2017. Disponible en <http://164.73.52.13/iah/textostesis/2005/3363gal1.pdf>

García, M. (2006). Sustratos para la producción de plantines hortícolas (en línea). Uruguay, Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento Producción Vegetal Centro Regional Sur. 6 p. Consultado 13 julio 2017. Disponible en <http://tesis.deSustratos%20organicos%20horticultura.pdf>

Hawkes, J. G., Ortega, J. F. (1992). The potato in Spain during the late 16 Century. *Economic Botany*. 46: 86-97.

Hawkes, J. G. (1990). The potato evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, Oxford, UK.

Hawkes, J. G. (1979). Evolution and polyploidy in potato species. En: Hawkes, J. G. (eds.). The biology and taxonomy of the *Solanaceae*. *Linnean Soc. Symp. Ser. 7*: 637-646.

Hidalgo, O.; Marca, J.; Palomino, L. (1997). Producción de tubérculos semillas de papa: Producción de semilla Prebásica y Básica usando métodos de multiplicación acelerada. Lima, PE. CIP. 4(3): 1-20

Hidalgo, O.; Marca, J.; Palomino, L. (1999). Producción de tubérculos-semillas de papa: Producción de semilla básica por selección positiva, negativa y clonal. Lima, PE. CIP 5(2). 13 p.

Horna, D. (2004). Evaluación de cuatro soluciones nutritivas para la producción de tubérculo-semilla categoría prebásica con dos cultivares de papa bajo el sistema de manejo semihidropónico. Tesis. Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 88 p.

<http://www.inia.gob.pe/webinia/vinia/variedad>

Infoagro (Información Agrícola, ES). (2010). Cultivo de tomate (en línea). España, Editorial Agrícola Española, S.A. Consultado 13 julio 2017. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>

INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, EC). (1986). Producción de Semilla de Papa a partir de cultivo de tejidos, mejoramiento y Tecnología del Cultivo. In Quinto Curso sobre la producción de Semilla de Papa. Quito, EC. INIAP. p 201-204

- Jiménez, E.; Pérez, J.; De Feria, R.; Barbón, R.; Capote, A.; Chávez, M.; Quiala, E.; Pérez, J., (1999). Improved production of potato microtubers using a temporary immersion system. *Plant cell, Tissue and Organ Culture*. 59:19-23
- Malagamba, P. (1997). Fisiología y manejo de tubérculos-semillas de papa. *Centro Internacional de la Papa*. 2(2): 1-15.
- Maldonado, E.; Rodríguez, L; Alvarado, O.; Cárdenas, M. (2003). Diseño y Construcción de un sistema de inmersión temporal. *Centro Agrícola*. 30 (1): 69-71 (en línea). Consultado 10 julio 2017. Disponible en: http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V30Numero_1/cag161031276.pdf
- Ministerio de Agricultura. (2006). Rentabilidad. *Boletín del Estudio de Rentabilidad. La Papa: de los andes para el mundo. Edición Especial. Nro 7.*
- Ministerio de Agricultura – OFICINA DE ESTUDIOS ECONÓMICOS Y ESTADÍSTICOS. (2011). *La papa nuestra de cada día. Lima – Perú.*
- Montoya, N.; Castro, D.; Diaz, J. (2008). Tuberización in vitro de papa (*Solanum tuberosum* L), variedad Diacol-Capiro, en biorreactores de inmersión temporal y evaluación de su comportamiento en campo. *Ciencia*. 16(3): 288-295 en línea). Maracaibo, VE. Consultado 12 julio 2017. Disponible en: http://www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S13152076200800300003&lng=es&nrm=i.
- Nuez, V. F. (2001). *El cultivo de tomate. México. Ediciones Mundi Prensa. 793 p.*
- Orillo, M. and Bonierbale, M. (2009). *Biología reproductiva y citogenética de la papa. Manual Técnico. Centro Internacional de la Papa (CIP). Red Latinpapa. pp. 1-2.*
- Otazú V. (2009). *Manual de producción de semilla de papa de calidad, usando Aeroponía (en línea). Lima, PE. CIP. Consultado 13 julio 2017. Disponible en. <https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/27230705/Manual+Aeroponia.pdf>.*
- Rigato, S.; Gonzales, A.; Huarte, M. (2002). *Producción de plántulas por el sistema autotrófico-hidropónico, Balcarce AR. INTA. 6 p.*
- Rincón, J. (2011). *Evaluación de vitro plantas de 10 clones promisorios de papa (Solanum tuberosum), bajo condiciones protegidas en el páramo los pantanos, estado Trujillo. (Tesis de pregrado), Universidad de los Andes, Venezuela.*

- Ruíz de Galarreta J. I., Ríos D. J. (2008). Variedades de patata y papas españolas. Vitoria-Gasteiz (España) ISBN: 978-84-612-3401-1, 192 pp.
- Struik, P.; Wiersema, S. (1999). Seed Potato Technology. Wageningen, NL. Wageningen University Press. 283 p.
- Velásquez, J. (2002). Importancia de la producción de semilla de papa de calidad. Seed news. Revista Internacional de Semillas. 6 (6): 24-25
- Villca, A. (2012). Multiplicación de plántulas de papa (*Solanum tuberosum*) cv. Desireé, empenado sustratos soluciones hidropónicas, a partir de microesquejes uninodales de vitroplantas. Revista Ciencia, Tecnología e Innovación, 6-1: 383-386
- Villapudua, J.; Sáinz R. (2010). Producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.) prebásica. (en línea). Sinaloa, MX. Consultado 13 julio 2017. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos89/produccion-semilla-papasolanumtuberosum/produccionsemilla-papa-solanumtuberosum2.Shtml> #ixzz2nft4MYhK.

ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos:

Registro de las variables observadas durante el experimento.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	21.01	23.38	20.37	23.87
2	22.69	21.14	20.83	18.49
3	20.32	22.78	20.99	24.04
4	20.30	22.14	24.86	24.60
5	24.13	21.03	22.31	22.67
6	26.50	23.72	25.73	21.92
7	19.10	19.47	21.35	24.13
8	24.65	22.78	22.96	27.33
9	21.79	19.98	21.12	21.98
10	23.08	21.46	21.60	19.43
11	21.89	22.66	20.23	23.16
12	21.46	21.90	24.75	22.45

Anexo 02. Segunda evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	22.92	24.31	20.39	24.90
2	24.16	22.11	22.47	20.35
3	23.48	24.21	21.51	24.90
4	24.61	25.05	26.74	25.88
5	25.28	23.10	23.82	27.42
6	27.96	24.70	27.47	23.12
7	24.10	22.29	22.65	25.51
8	26.94	24.42	23.80	28.39
9	27.09	21.57	23.98	23.18
10	25.85	22.50	22.85	22.31
11	26.68	23.30	21.82	26.07
12	24.23	22.98	26.08	24.43

Anexo 03. Tercera evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	23.69	26.12	22.05	25.73
2	26.64	24.16	23.60	22.54
3	24.19	25.04	23.75	26.38
4	27.53	27.33	28.03	27.05
5	27.92	24.56	24.61	29.02
6	29.32	25.69	27.91	25.17
7	25.26	23.52	25.72	26.65
8	28.54	25.99	25.01	29.48
9	29.28	22.83	24.54	24.41
10	26.80	24.72	23.41	22.85
11	28.49	25.06	22.51	26.87
12	27.34	25.19	27.01	24.95

Anexo 04. Cuarta evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	25.11	26.54	23.11	26.35
2	27.45	24.91	25.18	23.11
3	24.79	25.86	25.26	26.60
4	28.32	28.23	29.77	29.32
5	29.05	25.89	25.87	32.17
6	31.44	26.57	29.14	26.08
7	28.03	26.24	26.76	27.87
8	29.96	27.85	25.97	30.16
9	30.09	23.33	27.50	25.38
10	27.58	25.47	24.65	23.47
11	29.84	25.35	23.08	27.57
12	29.75	26.15	28.06	26.87

Anexo 05. Quinta evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	26.47	28.21	27.42	28.38
2	28.05	27.74	27.06	24.99
3	25.96	28.03	27.72	27.82
4	29.25	28.75	30.57	30.35
5	30.44	27.47	26.32	32.79
6	33.13	27.48	30.17	27.75
7	30.77	27.29	28.21	28.43
8	32.20	28.42	28.04	31.16
9	30.97	24.31	28.12	26.00
10	29.35	26.74	26.66	24.25
11	30.66	26.68	26.52	27.91
12	31.15	27.64	29.40	27.72

Anexo 06. Sexta evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	31.29	28.89	29.12	28.76
2	30.17	30.28	32.14	25.80
3	31.05	28.96	29.48	28.57
4	31.03	29.52	33.45	31.25
5	37.85	30.86	32.62	36.23
6	41.59	29.91	31.77	28.86
7	38.48	29.15	31.24	30.86
8	34.09	28.76	29.30	32.00
9	33.99	25.50	29.46	27.71
10	32.35	28.30	31.47	25.48
11	32.16	28.82	29.46	30.00
12	34.19	30.30	31.44	29.70

Anexo 07. Séptima evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	37.39	32.02	35.63	29.77
2	33.70	36.26	34.75	26.23
3	35.73	29.71	32.37	29.94
4	37.96	30.66	42.75	33.06
5	40.66	33.39	38.83	37.39
6	47.73	36.98	33.57	29.68
7	40.19	31.83	35.62	33.11
8	38.11	30.71	34.50	32.58
9	38.48	26.67	39.68	28.92
10	38.39	30.28	33.94	25.94
11	35.33	33.60	38.49	31.17
12	39.45	34.71	34.73	29.87

Anexo 08. Octava evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	59.17	50.55	65.67	30.60
2	56.26	61.44	58.88	27.61
3	53.43	43.93	61.55	30.58
4	58.32	47.73	61.51	34.10
5	58.75	52.56	65.09	38.00
6	76.59	54.03	58.61	30.04
7	68.87	52.83	66.97	34.55
8	65.17	49.91	56.04	33.83
9	55.22	50.53	58.61	29.09
10	60.97	49.50	65.81	27.35
11	62.81	53.89	50.94	31.92
12	67.82	52.19	45.43	31.74

Anexo 09. Novena evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	68.99	57.38	72.08	31.70
2	68.99	70.19	61.70	27.71
3	76.12	63.38	64.04	31.65
4	77.19	59.02	66.22	35.25
5	78.65	61.88	71.91	38.19
6	93.21	61.45	68.66	31.00
7	86.29	58.33	74.87	35.56
8	82.20	60.29	66.19	34.96
9	74.41	65.32	65.99	29.47
10	83.37	58.30	83.95	28.17
11	80.85	73.67	63.76	32.67
12	86.60	64.27	62.68	30.71

Anexo 10. Décima evaluación de altura de planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	84.58	70.14	94.86	32.75
2	85.90	85.57	77.84	28.89
3	91.98	68.55	74.28	39.78
4	96.59	71.21	78.02	38.09
5	91.70	69.54	86.15	40.15
6	115.28	74.07	85.70	32.50
7	103.30	67.43	86.24	37.66
8	98.53	68.19	72.90	36.88
9	86.86	79.35	79.18	31.49
10	100.95	70.83	91.77	29.61
11	95.06	79.20	75.46	34.30
12	102.02	75.80	71.83	31.07

Anexo 11. Longitud de la raíz.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	73.15	61.61	84.02	26.27
2	75.26	78.12	72.72	24.99
3	86.61	63.70	64.40	33.42
4	87.81	65.89	69.22	35.08
5	71.81	63.41	75.65	35.35
6	111.10	66.42	75.64	29.71
7	91.54	60.65	76.69	34.40
8	83.25	58.93	62.46	31.57
9	80.63	71.74	67.93	27.24
10	91.87	59.71	80.70	26.09
11	82.59	69.47	64.51	30.58
12	90.79	71.16	61.54	27.23

Anexo 12. Relación parte aérea y raíz.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	1.16	1.14	1.13	1.25
2	1.14	1.10	1.07	1.16
3	1.06	1.08	1.15	1.19
4	1.10	1.08	1.13	1.09
5	1.28	1.10	1.14	1.14
6	1.04	1.12	1.13	1.09
7	1.13	1.11	1.12	1.09
8	1.18	1.16	1.17	1.17
9	1.08	1.11	1.17	1.16
10	1.10	1.19	1.14	1.13
11	1.15	1.14	1.17	1.12
12	1.12	1.07	1.17	1.14

Anexo 13. Primera evaluación del número de hojas por planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	2.75	2.50	2.50	2.00
2	2.50	2.50	2.50	2.00
3	2.75	2.25	2.75	2.00
4	3.00	2.50	2.75	2.00
5	3.00	2.25	2.75	2.00
6	3.00	2.50	2.50	2.00
7	2.75	2.25	2.50	2.00
8	2.75	2.50	2.25	2.00
9	3.00	2.75	3.00	2.00
10	2.75	2.50	2.75	2.00
11	3.00	2.75	2.50	2.00
12	2.50	2.75	2.25	2.00

Anexo 14. Segunda evaluación del número de hojas por planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	4.25	3.50	3.75	2.00
2	3.75	3.50	3.50	2.00
3	4.25	3.25	3.75	2.00
4	4.00	3.75	3.75	2.00
5	4.00	3.25	3.75	2.00
6	4.25	3.75	3.50	2.00
7	3.75	3.00	3.25	2.00
8	3.75	3.75	3.25	2.00
9	3.75	4.00	4.00	2.00
10	4.00	3.75	3.75	2.00
11	4.00	3.75	3.50	2.00
12	3.50	3.75	3.25	2.00

Anexo 15. Tercera evaluación del número de hojas por planta.

OBSERVACIONES	S1		S2	
	T1	T2	T1	T2
1	5.50	5.00	5.00	2.00
2	5.00	5.00	5.00	2.00
3	5.50	4.50	5.00	2.00
4	5.75	4.75	5.25	2.00
5	5.00	4.75	4.75	2.00
6	5.00	5.00	5.00	2.00
7	5.00	4.25	4.50	2.00
8	5.00	4.75	4.75	2.00
9	5.25	5.00	5.00	2.00
10	5.50	5.00	5.25	2.00
11	5.00	5.25	4.50	2.00
12	4.50	5.00	4.50	2.00

Anexo 16. Preparación de las bandejas y demás materiales para la experimentación.



Anexo 17. Acondicionamiento de la mesa para la disposición de las bandejas con los tratamientos en estudio.



Anexo 18. Reconocimiento de los sustratos usados en la presente investigación.



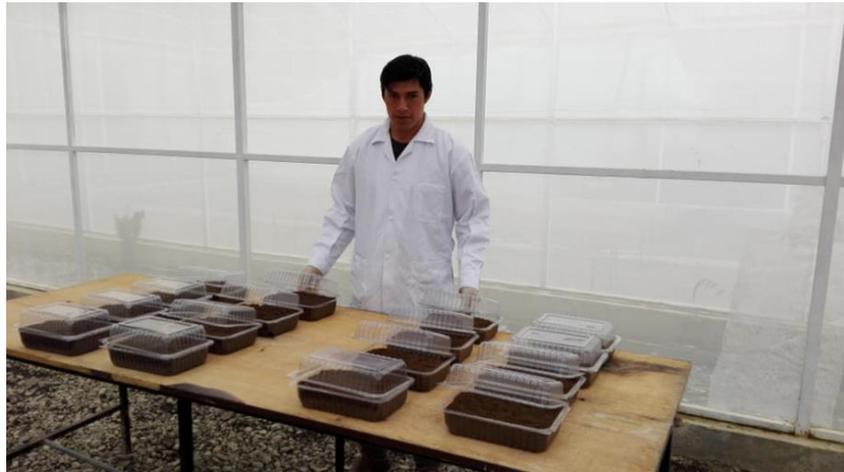
Anexo 19. Llenado y pesado de las bandejas con los sustratos.



Anexo 20. Inspección de los jurados durante la instalación del experimento.



Anexo 21. Disposición de los tratamientos en estudio.



Anexo 22. Etiquetado de los tratamientos.



Anexo 23. Preparación y desinfección de las plántulas para su propagación.





Anexo 24. Propagación de los tallos laterales.



Anexo 25. Medición del pH del agua para el riego de las bandejas.



Anexo 26. Preparación de la solución hidropónica para el riego de las bandejas.



Anexo 27. Riego de las bandejas según la disposición de los tratamientos.



Anexo 28. Supervisión de los jurados de tesis.

