

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**OBTENCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE DOS VARIEDADES DE VITRO  
PLANTAS DE PAPA (*Solanum tuberosum* sp.) HUAYCHA PACEÑA E IMILLA NEGRA  
EN INVERNADERO DEL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

**PRESENTADO POR:**

**REYNALDO QUISPE TUSCO**

**La Paz – Bolivia**

**2022**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**OBTENCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA DE DOS VARIEDADES DE VITRO PLANTAS  
DE PAPA (*Solanum tuberosum* sp.) HUAYCHA PACEÑA E IMILLA NEGRA EN  
INVERNADERO DEL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

*Tesis de grado presentado como  
Requisito para obtener el Título de:*  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

**REYNALDO QUISPE TUSCO**

**Asesor (es):**

Ing. Rafael Adolfo Murillo García

-----

Ing. Marizol Nina Gutiérrez

-----

**Tribunales:**

Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores

-----

Ing. Ph.D. Hugo Bosque Sánchez

-----

Ing. Estanislao Poma Loza

-----

**Aprobado:**

**Presidente de tribunal examinador**

-----

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2022**

## DEDICATORIA

*Agradecer a Dios por guiarme por el camino de la fe y el amor para servir al prójimo, a mi familia que quiero mucho, a mi madre adorada Marcelina Tusco Ramos y a mi tío Leandro Chirapa Chipana, que supieron aguardarme este tiempo y supieron inspirar paciencia y ternura.*

*A mis hermanos: Gualberto, Margarita, Juan Eduardo y Juan David, quienes siempre estuvieron para darme su apoyo incondicional.*

*A mi familia; principalmente a mi pareja que me brindo apoyo incondicional, en las malas y buenas Jeanet M. y a mis dos tesoros, Marcos y Alba por darme fortaleza.*

*GRACIAS...*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, por darme fortaleza, a mi familia maravillosa que me ha dado todo su amor y apoyo incondicional, gracias.*

*A la Universidad Mayor San Andrés “UMSA” Facultad de Agronomía, mi sincero agradecimiento a la institución por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de cumplir uno de mis mayores sueños, el de formarme como profesional, en la que hoy me encuentro orgulloso y con la confianza de poder devolver lo aprendido a la sociedad dentro de tus instalaciones y nunca olvidarme, por todo los recuerdos tan bonitos que viví dentro de tus instalaciones gracias.*

*A la Facultad de Agronomía, al personal de Docentes por la formación que me dieron y al personal administrativo.*

*Al Ing. Rafael Adolfo Murillo García, Coordinador del Proyecto IDH “Obtención de semilla pre básica de variedades nativas de papa (Huaycha e Imilla negra) a través de técnicas de cultivo in vitro para mejorar la seguridad y soberanía alimentaria”, por todo su apoyo incondicional y confianza en mí y darme la oportunidad de participar en uno de sus proyectos, al realizar esta investigación, transmitiéndome sus conocimientos, gracias por la dedicación de su tiempo, pero sobre todo por su valiosa amistad, comprensión y consejos, que sin duda me sirvieron para enfrentar muchos tropiezos de la vida mis respetos y admiración, por haberme brindado la oportunidad de realizar mi tesis.*

*A la Ing. Marizol Nina Gutiérrez, por brindarme su amistad y por el apoyo en la realización del presente trabajo, como Técnico Investigador del Proyecto IDH.*

*A los Señores del Tribunal Revisor, Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, Ing. Ph. D. Hugo Bosque Sánchez e Ing. Estanislao Poma Loza, por las revisiones, correcciones y sugerencias realizadas.*

*Agradezco a las personas con las que he compartido los buenos y malos momentos en la etapa Universitaria, a mis amigos y compañeros*

## INDICE GENERAL

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
INDICE GENERAL .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos .....	2
1.2. Objetivo general .....	2
1.3. Objetivos específicos .....	2
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
2.1.Generalidades de la papa .....	3
2.1.1.Origen del Cultivo .....	3
2.1.2.Importancia de la papa .....	4
2.1.3.Importancia de la papa en Bolivia .....	6
2.2. Clasificación taxonómica de la papa .....	8
2.2.1.Descripción de variedades de interés.....	9
2.3.Densidad de siembra .....	11
2.4.Producción de semilla pre-básica de papa.....	12
2.4.1.Producción de semilla-tubérculo de papa por categoría .....	14

2.4.2.	Importancia de la calidad y sanidad de semilla- tubérculo de papa .....	16
2.5.	Fase de laboratorio .....	16
2.5.1	Cultivo de tejidos vegetales.....	16
2.6.	Rendimiento de semilla .....	27
2.7.	Producción de tubérculos-semilla en invernadero.....	27
2.7.1.	Áreas del invernadero .....	28
2.7.2.	Prácticas agronómicas en invernadero .....	31
<b>3.</b>	<b>LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>37</b>
3.1.	Ubicación geográfica.....	37
3.2.	Fecha de inicio y culminación del trabajo .....	38
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y METODOLOGIA .....</b>	<b>38</b>
4.1.	Materiales.....	38
4.1.1.	Material de gabinete.....	38
4.1.2.	Material instrumental y equipo de Laboratorio.....	38
4.1.3.	Reactivos y soluciones.....	39
4.1.4.	Material vegetal .....	39
4.1.5.	Materiales de Campo (invernadero) .....	39
4.2.	Metodología.....	40
4.2.1.	Fase de laboratorio.....	40
4.2.2.	Fase de Invernadero .....	44
4.3.	Diseño experimental.....	50
4.3.1.	Descripción de los factores en estudio .....	50
4.3.2.	Análisis estadístico .....	52

4.3.3.	Croquis experimental representa la distribución de las unidades de estudio.....	53
4.3.4.	Variables de respuesta.....	53
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>55</b>
5.1.	Datos meteorológicos externo.....	55
5.2.	Datos de temperatura en el interior del invernadero.....	56
5.3.	Variable de Análisis.....	57
5.3.1.	Porcentaje de prendimiento (%Pp).....	57
5.3.2.	Porcentaje de prendimiento en dos semanas de prueba por tratamiento densidad variedad Huaycha e imilla negra.....	57
5.3.3.	Porcentaje de prendimiento de dos variedades de papa (huaycha e imilla negra).....	59
5.4.	Altura de planta.....	60
5.4.1.	Análisis de varianza en altura de plantas.....	60
5.4.2.	Altura de planta, respecto al PM variedad.....	61
5.4.3.	Altura de planta, respecto a la interacción.....	64
5.5.	Diámetro del tallo.....	65
5.5.1.	Análisis de varianza para el diámetro de tallo de la planta.....	65
5.5.2.	Diámetro del tallo de la planta, respecto al factor variedad.....	66
5.6.	Número de tubérculos producidos por planta.....	68
5.6.1.	Análisis de varianza para el número de tubérculos planta.....	68
5.6.2.	Número de tubérculos producidos, respecto al factor variedad.....	69
5.6.3.	Número de tubérculos producidos, respecto a los tratamientos (densidades).....	71
5.7.	Peso de tubérculos.....	73

5.7.1.	Análisis de varianza para el peso de tubérculos producidos por planta .....	73
5.7.2.	Peso de tubérculos producidos, respecto al factor Tratamientos (densidad).....	74
5.8.	Comparación de número de tubérculos por calibres.....	75
5.9.	Comparación peso de tubérculos (g) por calibre.....	77
5.10.	Comparación de rendimiento de las variedades .....	79
6.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>81</b>
7.	<b>RECOMENDACIONE</b> .....	<b>83</b>
8.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFIAS</b> .....	<b>84</b>
9.	<b>ANEXOS</b> .....	<b>a</b>



## INDICE DE TABLAS

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
Tabla 1 Recomendaciones para la aplicación de cantidades de fertilizantes.....	32
Tabla 2 Los resultados del análisis de laboratorio de suelo.....	46
Tabla 3 Descripción de los factores y niveles de tratamiento de estudio .....	50
Tabla 4 La presente tabla muestra la combinación: Parcela mayor (PM) por parcela menor (Pm) .....	51
Tabla 5. Análisis de Varianza Altura de Planta .....	60
Tabla 6 Análisis de Varianza Diámetro de la Planta.....	65
Tabla 7 Análisis de varianza para el número de tubérculos producidos por planta.....	68
Tabla 8 Análisis de varianza para el peso de tubérculos producidos .....	73

## ÍNDICE FIGURAS

<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
Figura 1 Producción de papa en los países del CAS (tm) .....	5
Figura 2 Superficie cultivada de papa de los países del CAS (hectáreas) .....	6
Figura 3 Ubicación del Centro Experimental de Cota Cota (Invernadero de Biotecnología de cultivos Agrícolas). .....	37
Figura 4 Resumen mensual de los datos meteorológicos de durante el año 2019.....	56
Figura 5 Temperatura de del interior del invernadero .....	57
Figura 7 Porcentaje de prendimiento en las densidades dos semanas de prueba.....	58
Figura 8 Porcentaje de prendimiento de la variedad Huaycha e Imilla negra .....	59
Figura 9 Prueba de Duncan Diferencia de Factor Variedad con Respecto Altura de la Planta. ....	62
Figura 10 Prueba de Promedios Duncan con respecto altura de la planta por el efecto de tratamientos.....	63
Figura 11 Variación en altura de planta por Interacción entre (PM x Pm) variedades por diferentes densidades .....	64
Figura 12 Prueba de Promedios Duncan para el diámetro de panta con respecto a Variedad	67
Figura 13 Prueba de promedios Duncan para el número de tubérculos por la variedad.....	69
Figura 14 Prueba de promedios Duncan para el número de tubérculos por efecto de las diferentes densidades .....	71
Figura 15 Prueba de promedios Duncan para el peso de tubérculos por efecto de las diferentes densidades.....	74
Figura 16 Número de tubérculos por calibres .....	75

Figura 17 Peso de tubérculos por calibres.....77

Figura 18 Comparación del rendimiento de las variedades Huaycha e Imilla negra.....79

## ÍNDICE DE ANEXOS

<u>Contenido</u>	<u>Páginas</u>
Anexo 1. Componentes de las soluciones stock para medio ms al 100%.....	a
Anexo 2. Categoría y Generaciones de Semilla de Papa .....	b
Anexo 3. Análisis serológico de Virus de papa .....	d
Anexo 4. Cómputo de datos de campo .....	f
Anexo 5. Análisis de la varianza de las cuatro variables de estudio .....	g
Anexo 6. Archivo fotográfico durante la trabajo de investigación .....	l

## RESUMEN

Un serio problema para los agricultores del altiplano y valles interandinos de Bolivia, es la obtención de la semilla de alta calidad, libre de patógenos, razón por la cual el promedio nacional de rendimiento es de 5,6 toneladas por hectárea estancado en las últimas dos décadas.

En tal sentido se planteó el presente estudio de investigación con el objetivo de: Obtención de semilla pre-básica de dos variedades de papa (huaycha paceña e imilla negra), a partir de vitro plantas en el invernadero del Centro Experimental Cota Cota,

Para el presente trabajo de investigación se usó 120 plántulas, cada magenta alberga a 25 unidades de vitro plantas, plántulas propagadas en Laboratorio de Biotecnología Vegetal.

Para el presente trabajo se empleó un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, con la siguiente descripción; parcela mayor (PM) variedades de papa (Huaycha e Imilla negra), la parcela menor (Pm) comprendida por las densidades;  $D_1=18$  p/m<sup>2</sup>,  $D_2=16$  p/m<sup>2</sup>,  $D_3=14$  p/m<sup>2</sup> y  $D_4=12$  p/m<sup>2</sup>, cuya área fue de 1m<sup>2</sup> para cada tratamiento.

En función de los resultados obtenidos del presente trabajo, fueron las siguientes: El porcentaje (%) de prendimiento de la variedad Huaycha, es de 90%, Imilla negra 88%, la altura de la planta, variedad Huaycha alcanza 0,15 m e imilla negra 0,26 m, en el diámetro del tallo la variedad Huaycha es 2,29 mm e Imilla Negra de 2,76 mm, además el número de tubérculos por planta, la variedad Huaycha es 3 tubérculos e Imilla negra 4 tubérculos. En cuanto a tratamientos la  $D_4$  y  $D_3$  con promedio de 4 y 3 tubérculos por planta, en relación al peso de tubérculos por planta;  $D_3 = 126,99$  g, la  $D_4 = 110,06$  g, por otro lado, el rendimiento de ambas variedades de papa es la siguiente; variedad Imilla negra 1,72 kg/m<sup>2</sup> y la variedad Huaycha 0,93 kg/m<sup>2</sup>.

**Palabras claves:** Biotecnología, medio de cultivo, vitroplantas, semilla pre-básica aclimatación, Cota Cota, densidades y calibre.

## ABSTRACT

A serious problem for farmers in the highlands and inter-Andean valleys of Bolivia is obtaining high-quality seed, free of pathogens, which is why the national average yield is 5.6 tons per hectare, stagnant in the last two decades.

In this sense, the present research work was proposed with the objective of: Obtaining pre-basic seed of two potato varieties (Huaycha paceña and Imilla negra), from vitro plants in the greenhouse of the Cota Cota Experimental Center,

For the present research work, 120 seedlings were used, each magenta houses 25 units of vitro plants, seedlings propagated in the Plant Biotechnology Laboratory.

For the present work, a completely randomized design was used with an arrangement in splint plots, with the following description; whole plot (PM) potato varieties (huaycha and Imilla negra), the plit plot (PM) included the densities;  $D_1=18$  p/m<sup>2</sup>,  $D_2=16$  p/m<sup>2</sup>,

$D_3=14$  p/m<sup>2</sup> and  $D_4=12$  p/m<sup>2</sup>, whose area was 1m<sup>2</sup> for each treatment.

Based on the results obtained from the present work, the following were obtained: The percentage (%) of harvesting of the Huaycha variety is 90%, black Imilla 88%, in the height of the plant, the Huaycha variety reaches 0.15 m and black Imilla 0.26 m, in the diameter of the stem, the huaycha variety is 2.29 mm and the Black Mile is 2.76 mm, in addition to the number of tubers per plant, the Huaycha variety is 3 tubers and the Imilla Negra is 4 tubers. Regarding treatments,  $D_4$  and  $D_3$  with an average of 4 and 3 tubers per plant, in relation to the weight of tubers per plant;  $D_3 = 126.99$  g, the  $D_4 = 110.06$  g. On the other hand, the yield of both potato varieties is as follows; black Imilla variety 1.72 kg/m<sup>2</sup> and the huaycha variety 0.93 kg/m<sup>2</sup>.

Keywords: Biotechnology, culture medium, vitro plants, acclimatization pre-basic seed, Cota Cota, densities and caliber.

## 1. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum sp andigenum*), planta herbácea semi-erecto, de producción anual, el centro de origen está en los países de sud américa principalmente Bolivia-Perú, fue domesticado hace más siete mil años, en las riveras del lago sagrado Titicaca, se ha constituido en la base de la dieta alimentaria de pobladores de la región, por algunos atributos nutricionales que ofrece el tubérculo, tales como el almidón, proteínas, minerales y vitaminas, este cultivo tiene un valor económico importante para las familias de la región (Nogales, 2016,p.8).

En la actualidad, se tiene alrededor de cuatro mil variedades de papa entre las nativas en su mayoría se encuentra en Los Andes, hay 151 especies de papa silvestre, aunque son muy amargas, la papa se pueden sembrar desde el nivel de mar hasta una altitud de 4700 m.s.n.m., se producen en más de 100 países de todo el mundo, CIP mantiene las más grandes colecciones de papas en el mundo con 7000 accesiones de variedades nativas, silvestres y mejoradas CIP, (2022).

La papa se constituye como el principal alimento mundial, que ocupa el cuarto lugar estratégico en la producción agroindustrial.

La papa es una especie de gran importancia en la seguridad y soberanía alimentaria de los pobladores de las zonas andinas, la gran mayoría de la producción del tubérculo se destina para el autoconsumo, es la base de la agricultura familiar y campesina.

El cultivo de la papa en las regiones del altiplano y valles interandinos de Bolivia se cultivan bajo condiciones secano y riego. Los factores que afectan en el rendimiento son: producción en parcelas, empleando las tecnologías tradicionales, suelos con baja fertilidad, calidad de la semilla, uso excesivo de fertilizantes químicos (dosis) y factores ambientales adversos, sequias, heladas, granizadas, los cuales intervienen en rendimiento bajos.

La calidad tubérculo-semilla de la papa, es esencial para el rendimiento del cultivo, el cual refleja la vigorosidad de las plantas, la pureza varietal y sanidad de las mismas. Entre las variedades comerciales se tiene las variedades: Huaycha, Imilla negra, Desiree, Marcela, Revolución y otros.

Bolivia produce anualmente más de 1,1 millones de toneladas de papa. La Paz es el primer productor a nivel nacional, con 335.520 toneladas al año y una superficie cultivada de 55.195 hectáreas. Cochabamba es el segundo, con 298.069 toneladas anuales y 47.571 hectáreas cultivadas y en tercer lugar aparece Potosí, con 138.525 toneladas y 30.757 hectáreas. En Bolivia, cada persona consume entre 90 y 100 kilos del tubérculos, que anualmente es cultivado por unas 250 mil familias bolivianas (YPFB-BOLIVIA, 2018)

### **1.1. Objetivos**

#### **1.2. Objetivo general**

- Obtener semilla pre-básica de dos variedades de vitro plantas de papa (*Solanum tuberosum* sp.) Huaycha paceña e Imilla negra en invernadero del centro experimental de Cota Cota.

#### **1.3. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de las densidades de trasplante en variedades Huaycha e Imilla negra.
- Evaluar el comportamiento agronómico de las dos variedades de papas nativas bajo cultivo en invernadero.
- Determinar el rendimiento de las variedades en estudio Huaycha e Imilla negra.



## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades de la papa

La papa fue introducida a Europa en 1580, procedente de América, siendo después diseminada por todo el mundo. Es uno de los cultivos de mayor importancia mundial, y ocupa el cuarto lugar entre los diez principales. Seleccionada y mejorada por los países desarrollados, la papa regresó a donde se originó, condicionando a muchos países a importar material de siembra (semillas) y en consecuencia, a depender de ellos. Este rubro ha recibido constantemente la influencia de los avances técnicos y científicos, lo que ha permitido mejorarla genéticamente en aspectos de rendimiento, calidad, manejo de cultivo, conservación, industrialización y resistencia a plagas y enfermedades (Larios *et al.*, 2013, p.5).

#### 2.1.1. Origen del Cultivo

El centro de origen de la papa está ubicado entre Perú y Bolivia, cerca del lago Titicaca. Cuando los españoles llegaron a América, la papa constituía el alimento básico de las poblaciones andinas. En 1537, Juan de Castellanos hizo la primera referencia de la papa cultivada en el Perú (Molina *et al.*, 2009).

Menciona MDRyT-VDRA, (2012) que es “*originaria de América del Sur, de la región de la cordillera andina, la papa fue domesticada en el Altiplano andino por sus habitantes hace aproximadamente 7.000 años*” (p. 41).

Menciona IBTA - PROINPA, (1994) en el libro, *Catálogo Bolivianos de Cultivares de papa Nativa*. “*Bolivia es uno de los principales centros de origen de recursos Fito-genéticos de tubérculos como la papa, oca, papalisa e isaño; granos como la quinua, amaranto, kañahua y raíces como yacón arracacha, achira y ahipa*” (p.2).

Nogales (2016), destaca en el documento. *El Mercado de la Papa en los Países del CAS*, la papa (*Solanum tuberosum*), es una planta herbácea anual que produce tubérculos subterráneos. Tiene sus orígenes en los Andes y su cultivo se habría

iniciado hace unos 8.000 años, por las comunidades de cazadores y recolectores que poblaban las zonas aledañas a las riveras del Lago Titicaca entre Bolivia y Perú. Un centro secundario de origen se ubica en la isla de Chiloé, en el sur de Chile. Investigaciones recientes, indican que el *S. tuberosum* se divide en dos grupos de cultivares ligeramente distintos: el *Andigenum*, adaptado a condiciones de días breves, cultivado principalmente en los Andes, y el *Chilotanum*, que responde para su tuberización a días largos (p.8).

### **2.1.2. Importancia de la papa**

Indica FAO (2008), que la papa es un alimento versátil y tiene un gran contenido de carbohidratos [...] y es muy alto en comparación con otras raíces y tubérculos. Además, la papa tiene poca grasa. Las papas tienen abundantes micronutrientes, sobre todo vitamina C: una papa media, de 150 gramos, consumida con su piel, aporta casi la mitad de las necesidades diarias del adulto (100 mg). La papa contiene una cantidad moderada de hierro, pero el gran contenido de vitamina C, fomenta la absorción de este mineral. Además, este tubérculo tiene vitaminas B1, B3 y B6, y otros minerales como potasio, fósforo y magnesio, así como folato, ácido pantoténico y riboflavina. También contiene antioxidantes alimentarios, los cuales pueden contribuir a prevenir enfermedades relacionadas con el envejecimiento, y tiene fibra, cuyo consumo es bueno para la salud (p.27).

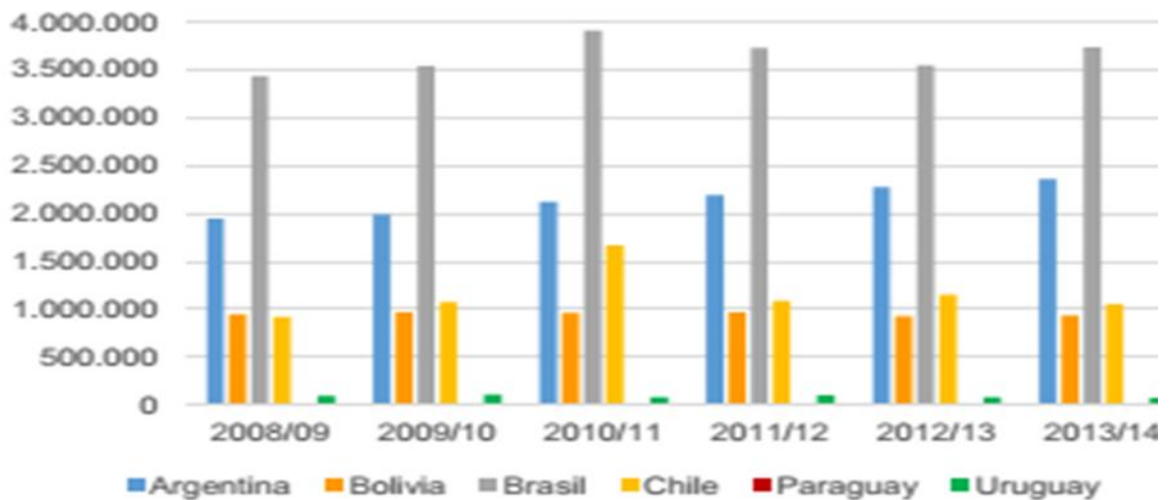
La importancia de la papa radica en que sus tubérculos son parte de la dieta de millones de personas a nivel mundial; contienen 80 % de agua y la materia seca constituida por carbohidratos, proteínas, celulosa, minerales, vitaminas A, C, y complejo B, proporcionan una dieta balanceada, además son utilizados en la industria para la producción de almidón, comidas rápidas (papas a la francesa), chips (hojuelas) y puré (Molina *et al.*, 2009).

Menciona Oliver (2018), el cultivo de papa es un alimento estratégico para la seguridad alimentaria por su alto contenido nutricional y fuente fácilmente digerible, libre de grasa, con valores mínimos de azúcares solubles, en comparación con otras fuentes

ricas en almidón, aporta pocas calorías a la dieta. El rendimiento en USA es 46444 kg ha<sup>-1</sup>, Argentina de 29255 kg ha<sup>-1</sup>, para Chile de 23793 kg ha<sup>-1</sup>, para Brasil de 18399 kg ha<sup>-1</sup> y para Bolivia de 5457 kg ha<sup>-1</sup> (p.56).

Nogales (2016), menciona en el documento. El *Mercado de la Papa en los Países del CAS*, la figura 1 muestra, la mayor producción de papa de la región corresponde al Brasil con un 45,6%, seguido de Argentina (28,9%), Chile (12,9%) y Bolivia (11,5%). Se tiene una mínima participación de Uruguay y Paraguay, en este último más bien es un rubro de importación en mayor proporción respecto a la producción para satisfacer su demanda interna (p.15).

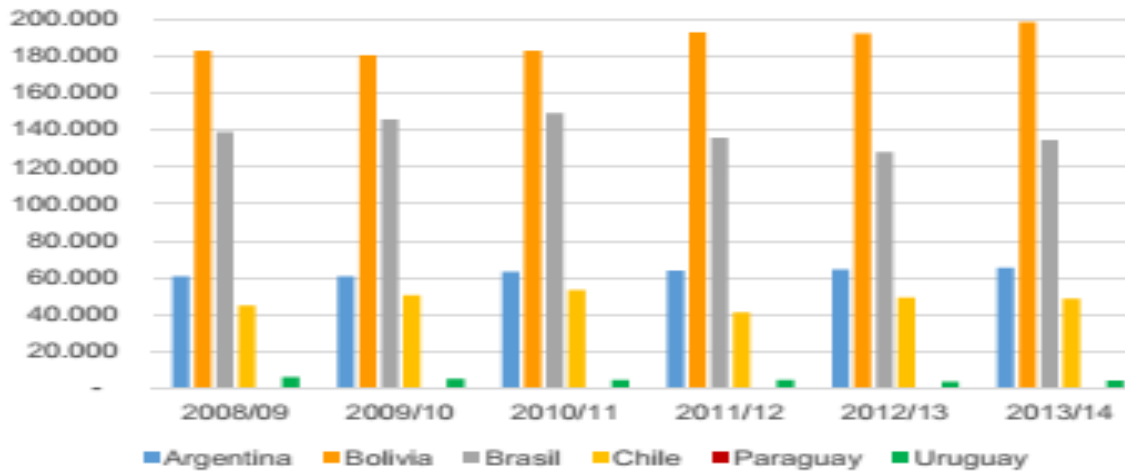
**Figura 1** Producción de papa en los países del CAS (tm)



**Fuente:** Elaboración con información de los países del CAS

Si bien Bolivia tiene la mayor superficie cultivada (figura 2), obtiene los rendimientos más bajos de la región (figura 1), en promedio 4,7 t/ha, para la campaña 2013/14.

**Figura 2** Superficie cultivada de papa de los países del CAS (hectáreas)



**Fuente:** Elaboración propia con la información de los países CAS

### 2.1.3. Importancia de la papa en Bolivia

El Estado Plurinacional de Bolivia, es uno de los países más ricos en diversidad genética en el cultivo de la papa, la cual se concentra en áreas o zonas geográficas llamadas centros de agro biodiversidad. Actualmente, los recursos genéticos son conservados en gran medida por agricultores en forma in situ. Asimismo, la conservación ex situ, se realiza en los Bancos de Germoplasma administrados por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) en la estación Experimental de Tora lapa (Nogales, 2016, p. 27).

Este tubérculo es el alimento más consumido en el país: cada persona come entre 90 a 100 kilos al año. En todo el territorio hay casi 200 mil hectáreas de este cultivo, una tarea en la que están involucradas más de 250 mil familias bolivianas. Aun así, no alcanza para satisfacer la demanda nacional y esto promueve indirectamente el contrabando de la papa peruana (CORREO DEL SUR, 2018).

Según FAO ( 2018), el cultivo de papa se constituye en un recurso estratégico para el logro de la soberanía y la seguridad alimentaria, en Bolivia, ya que es el principal alimento consumido por la población, con un consumo per cápita de 92 kilos

por año. Sin embargo, el rendimiento promedio de producción de este alimento es de 6,5 toneladas por hectárea, uno de los más bajos de la región.

### **2.1.3.1. Principales productores de papa a nivel departamental**

Montaldo (1984), en el libro *Cultivo y Mejoramiento de la Papa*, menciona. “El cultivo de la papa está localizado en las regiones frías del altiplano andino. Las principales zonas productoras están en los departamentos de Chuquisaca, La Paz, Oruro, Cochabamba, Tarija y Santa Cruz”.

Menciona CORREO DEL SUR (2018), que en Bolivia produce más de 1,1 millones de toneladas de papa anuales. La Paz es el primer departamento productor, con 335.520 toneladas anuales y una superficie cultivada de 55,195 hectáreas. El segundo es Cochabamba, con 298.069 toneladas anuales y 47.571 hectáreas cultivadas. El tercer lugar aparece Potosí, con 138.525 toneladas y 30.757 hectáreas y en cuarto Chuquisaca, con 112.287 toneladas anuales 22.888 hectáreas de superficie cultivada.

### **2.1.3.2. Variedades cultivada en la región del altiplano (La Paz)**

Afirma MDRyT-VDRA (2012), que la subespecie *andigenum* cuenta con una gran diversidad genética de innumerables variedades, además es la subespecie que ha dado origen al *tuberosum*. En la región del Altiplano boliviano existe producción de variedades *andigenas* (nativas), como la Huaycha, Sani Imilla, Imilla Negra, Imilla blanca y otras, con rendimientos relativamente bajos que varían entre 4 y 14 t/ha.

En la revista científica, *Identificación de variedades de papa nativa (Solanum sp.) producidas en tres comunidades del municipio de Tiahuanaco*. Bustillos et al., (2018), obtuvo los siguientes resultados, el 100% de los productores cultivan variedades de papa nativa, Imilla negra, como papa hervida y puré, el 74% de los productores cultivan las variedades Saq'anpaya y Surimana, consumidas como papa hervida y chuño. El 63% de los productores cultivan la variedad Wila Pala, el 52% cultivan la variedad Sani

Imilla, el 46% la variedad Waych'a, el 41% la variedad Luk'i y el 26% cultivan la variedad Khati Señorita. El estudio se realizó en la provincia Ingavi del municipio de Tiahuanaco del departamento de La Paz, en las comunidades de Caluyo, Pillapi y Huacuyo, que presenta temperaturas máximas de 19.0°C, las temperaturas mínimas bajo cero -5.6°C, la precipitación mínima fluctúa 39.1 mm, con mayor precipitación de 113.5 a 131.0 mm, las coordenadas geográficas de 16° 24' a 16° 41' de latitud sur y 68° 57' a 68° 35' de longitud oeste.

Iriarte *et al.*, (2009) en su *Catálogo Etnobotánico de Papas Nativas del Altiplano Norte de La Paz-Bolivia*, menciona, la diversidad de especies y variedades producidas en el altiplano norte de La Paz, es un micro-centro de agro diversidad que alberga a 370 variedades de papa que corresponde a las especies: *S. x juzepczukii*, *S. x curtilobum*, *S. stenotomum*, *S. x ajahuiri*, *S. genoicalyx*, *S. tuberosum* ssp. *Andigenum* estas especies son manejadas por diferentes sistemas de producción y uso del suelo; como las *Aynocas*, *Uyus*, *Sayañas* y *Kutiramas*, se caracterizan estas zonas como nicho ecológico por presentar la diversidad de diferentes variedades de papa, las zonas de producción están situadas a una altitud de 3.330 a 4.300 m.s.n.m. el catálogo, refleja las 21 comunidades muestreadas, solo seis tienen más de 10 variedades, 11 comunidades llegan a cinco variedades y 4 comunidades menos de cinco variedades, el presente trabajo, identificó las variedades nativas cultivadas para su seguridad alimentaria es muy probable que la zona tenga más de 10 variedades de papa nativa, las comunidades manejan las variedades de papa de acuerdo al uso, *Munti*, *Qhati*, *Luki*, *Pala*, *Axawiri*, *Polo* y *Mixa*, las comunidades producen *qhati* y *munta* con preferencia, cultivar papa con diversidad de variedades son estrategias a los factores climáticos adversos que presenta el altiplano norte de La Paz (pp.11-15).

## 2.2. Clasificación taxonómica de la papa

Desde un punto de vista taxonómico Iñaguazo (2015), en el documento *Evaluación del Rendimiento de las dos Variedades de Papa*, clasifica a la papa de la siguiente manera:

- **Reino:** *Plantae*
- **División:** *Magnoliophyta*
- **Clase:** *Magnoliopsida*
- **Subclase:** *Asteridae*
- **Orden:** *Solanales*
- **Familia:** *Solanaceae*
- **Género:** *Solanum*
- **Especie:** *tuberosum*
- **N. común:** papa, patata

### 2.2.1. Descripción de variedades de interés

Bolivia cuenta con 33 variedades de papa registradas y certificadas oficialmente, pero además con 1.508 “accesiones”, es decir, posibles variedades que no han sido inscritas por la dificultad que representa este trámite y, además, porque muchas de ellas no tienen el rendimiento de las más comerciales (IBCE, 2018)

#### 2.2.1.1. Variedad Imilla negra

Ochoa (2001), en el libro. *Las Papas de Sudamérica Bolivia*, menciona que, “*las papas cultivadas de Bolivia, la var. Chiar-imilla constituye un grupo muy importante, es la más extensamente cultivada entre las varias formas de la subsp. andigena .su nombre nativo chiar- emilla significa en Aymara muchacha negra*”.

- Especie: *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*
- Ploidía:  $2n = 4x = 48$
- **Caracteres morfológicos**
- Color de la flor: Azul morado con jaspes violetas.
- Forma del tubérculo: Redondo con ojos profundos.
- Color de la piel: Negro.
- Color de la pulpa: Blanco.

- **Calidad de tubérculo**
  - Peso específico: 1.095
  - Materia seca total: 23.1 %
  - Almidón: 16.60 %
  - Calidad culinaria: Excelente para ser consumida como papa hervida y en puré.
  - Glico alcaloides: Bajo contenido (no amarga).
- **Caracteres agronómicos**
  - Hábito de crecimiento: Semi-erecto.
  - Ciclo vegetativo: Tardío (150 a 180 días).
- **Disponibilidad de semilla pre-básica**
  - PROINPA.
- **Zonas de cultivo**
  - Alturas entre 3000 a 4000 msnm de los departamentos de La Paz, Potosí, Oruro, Chuquisaca y Cochabamba
- **Reacción a enfermedades y factores abióticos**
  - Susceptible al nematodo rosario (*Nacobbus aberrans*).
  - Susceptible a verruga (*Synchytrium endobioticum*).
  - Tolerante al virus PLRV.
  - Ligera tolerancia a sequía y heladas (IBTA - PROINPA, 1994, p.4).

#### 2.2.1.2. Variedad Huaycha

- Especie: *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*
- Ploidea:  $2n=4x=48$
- **Calidad del tubérculo**
  - Peso específico: 1.101
  - Materia seca total: 24.3 %
  - Almidón: 17.71 %



- Calidad culinaria: Excelente para ser consumida como papa hervida y en puré.

- Glicoalcaloides: Bajo contenido (no amarga).

- **Características agronómicas**

- Hábito de crecimiento: Semi-erecto.

- Ciclo vegetativo: Tardío (150 a 180 días).

- **Zonas de cultivo**

- Alturas entre 2500 a 3800 msnm de los departamentos de Cochabamba, La Paz, Potosí, Chuquisaca y Oruro.

- **Caracteres morfológicos**

- Color de la flor: Lila con rojo morado.

- Forma del tubérculo: Redondo con ojos profundos.

- Color de la piel: Rojo con áreas de color amarillo alrededor de los ojos.

- Color de la pulpa: Crema.

- **Reacciones a Enfermedades**

- Tolerancia al nematodo rosario (*Nacobbus aberrans*).

- Ligera tolerancia a tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

- **Disponibilidad de semilla pre básica**

- UPS/SEPA

Fuente (IBTA - PROINPA, 1994, p.12)

### **2.3. Densidad de siembra**

La densidad de un cultivo se expresa como el número de plantas por unidad de área. En el caso de la papa, cada planta proveniente de un tubérculo forma un conjunto de tallos. Cada tallo que forma raíces, estolones y tubérculos y se comporta como una planta individual que se conoce como un tallo principal. La densidad de tallos m<sup>-2</sup> influye en la cantidad de tubérculos que pueden alcanzar un tamaño comercial, y por eso es un factor agronómico determinante en la producción (Velasque, *et al.*, 2017, p. 24).

Afirma Montaldo, (1984), en su libro. *Cultivo y Mejoramiento de la Papa*, menciona, “*ha demostrado experimentalmente que los espacios más reducidos son mejores porque dan más altos rendimientos, tubérculos de tamaño más uniforme y hay menos tendencia a grandes tubérculos, en los que se puede presentar el daño fisiológico del corazón hueco*” (p. 252).

Menciona, Salgues *et al.*, (1998), la densidad de 50 plantas por metro cuadrado fue establecido como la óptima después de numerosas ensayos en los que emplearon densidades mayores y menores (desde 30 hasta 100 plántulas por metro cuadrado). Las densidades menores, inciden en un incremento en peso de los tubérculos obteniendo en ciertas variedades, rendimientos hasta 8,5 kg/m<sup>2</sup> con una reducción del 50 por ciento del número por unidad de superficie. Las densidades mayores solo incrementan la cantidad de micro tubérculos, situación que no justifica la diferencia en el costo del número de plántulas empleadas adicionalmente (p.45).

#### **2.4. Producción de semilla pre-básica de papa**

Menciona, Montesdeoca, (2005) “*el tubérculo que muestra las condiciones genéticas, físicas, fisiológicas y sanitarias para reproducir plantas que, en condiciones adecuadas de cultivo, reproducirán las características y el potencial de la variedad que se ha sembrado*”. (p.9)

FAO, (2008) las papas semilla por lo general son el insumo más costoso en la producción de papas, y representa del 30% al 50% de los costos de producción. En las partes del mundo en desarrollo donde no hay un sistema oficial de suministro de semillas, los agricultores han creado sus propios métodos de selección de los tubérculos semilla: venden las papas más grandes para obtener efectivo, consumen en casa las de tamaño medio y conservan las más pequeñas como futuro material de siembra.

### **a. Producción sexual**

Larios *et al.*, (2013), es también conocida como la semilla verdadera, o botánica. Consiste en la fertilización del ovario de la flor hasta convertirse en un fruto. Por lo general, este es de forma esférica, pero algunas variedades producen frutos ovoides, o cónicos, de color verde, denominados bayas.

Su utilización para la producción de papa comercial es mínima, pero representa una tecnología que podría convertirse en una excelente alternativa para aquellos pequeños productores que no tienen ninguna posibilidad de acceder a semilla certificada (Previa Validación).

### **b. Producción asexual**

Se realiza mediante la semilla- tubérculo, se clonan tubérculos o secciones suyas (brotes, meristemas, o subdivisiones) y secciones de planta (esquejes apicales o laterales), esto puede ser a partir de multiplicación in vitro u otros sistemas de multiplicación, como: aeronomía, hidroponía o SAH, por lo tanto, su patrón genético no se modifica ni altera después de ciclos reproductivos, porque no hay un cruce de dos individuos que modifiquen su identidad genética. Por lo tanto, su categorización como semilla-tubérculo está determinado por factores exógenos que disminuyen su potencial productivo como: agentes bióticos (virus, hongos, bacterias, o mico plasmas), y abióticos (temperatura, humedad o altitud) (Larios *et al.*, (2013)

Estrada (2020), en el documento. *La Biodiversidad en el Mejoramiento Genético, de la Papa*, menciona, la propagación asexual (también conocido como reproducción vegetativa) o mitosis se obtiene una progenie genéticamente idéntica a su único progenitor. La propagación de la papa mediante tubérculos-semilla es un ejemplo excelente de la producción asexual. Un grupo de plantas derivadas de una sola célula progenitora por división mitótica se llama un clon.

En la guía. *La Producción de Semilla Pre-basica*. Salaues *et al.*, (1998), menciona que. La producción de semilla pre-básica, solo tiene sentido si se parte de

un material libre de todos los endo y ex patógenos conocidos, sanidad que se debe intentar conservar en lo posible hasta la semilla comercial certificada, por esta razón se hace imperativo el iniciar el trabajo partiendo de material *in vitro* única forma que con los cuidados necesarios puede conservar su sanidad por tiempo indefinido (p.7).

#### **2.4.1. Producción de semilla-tubérculo de papa por categoría**

Se establecen categorías de semilla, con la finalidad de asegurar que en las distintas multiplicaciones se mantengan las características genéticas y fitosanitarias de las variedades. Las categorías reconocidas en la producción de la semilla certificada son: genética, pre básico, básico registrado y certificado. En las normas específicas para cada especie, se determinan la secuencia obligatoria de multiplicación de las diferentes categorías (INIAF, 2017, p. 9).

##### **a. Pre-básica**

Esta categoría está destinada para semillas de aquellas especies que por su naturaleza requiere de una multiplicación vegetativa mediante el cultivo de tejidos, de acuerdo a reglamentación específica.

##### **b. Básica**

Producida bajo responsabilidad y control directo del obtentor responsable del registro de la variedad, de acuerdo a la metodología de mantenimiento de la variedad, descrita al momento de su registro. Para producir esta categoría se deberá sembrar semillas de las categorías “genética, Pre Básica o Básica”. Podrá ser mantenida dentro de su categoría siempre y cuando cumpla con los requisitos de calidad exigidos para la categoría. Se le otorga una etiqueta oficial de color blanco, las categorías de las etiquetas están en anexo 1.

### **c. Registrada**

Semilla resultante de la multiplicación de semilla Básica, puede ser producida por cualquier productor siempre que cumpla con las normas específicas de cada especie. Se le otorga una etiqueta oficial de color Rosado.

### **d. Certificada**

Semilla resultante de la multiplicación de semilla registrada. Puede ser producida por cualquier productor interesado en producir semilla de calidad, la condición es el cumplimiento de las normativas específicas de cada especie. Se le otorga una etiqueta oficial de color Celeste.

Generaciones: El número de generaciones para cada categoría sujeta a certificación, es determinado en la Normas Específicas de Certificación de cada especie. El número de generación está indicado en la etiquetas (INIAF, 2020).

### **e. Fiscalizada**

Esta categoría llevara una etiqueta oficial amarilla. Es el proceso de verificación de la calidad de la semilla, mediante muestreo en el envase final y/o durante la comercialización con el fin de dar cumplimiento a las normas vigentes. Comprende aquellas especies que para la comercialización y distribución, se realizan únicamente análisis de laboratorio. Comprende como mínimo la verificación de los siguientes parámetros de calidad: fisiológica, física, sanitaria y genética (cuando fuera posible).

- El proceso de fiscalización, se aplica a semilla importada.
- Certificada en la gestión pasada, pudiendo provenir esta de otra región.
- Semilla para lo cual no se cuenta con normas específicas de certificación.
- Semilla para la cual en sus respectivas normas específicas se establece este proceso.
- Semilla de uso propio

(INIAF, 2017).

## **2.4.2. Importancia de la calidad y sanidad de semilla- tubérculo de papa**

La calidad de la semilla garantiza altos rendimientos, esta debe presentar uniformidad en tamaño, pureza varietal y sanidad, cuando el tubérculo-semilla está en brotación óptima (3 a 5 brotes cortos y verdeados), garantiza germinación vigorosa, uniforme y con abundante número de tallos, lo que no es posible obtener sembrando tubérculo-semilla en estado de dominancia apical o vejez del tubérculo semilla (Molina, *et al.*, 2004, p.17)

Así afirma Montesdeoca, (2005) la semilla es el principal insumo para desarrollar buenos cultivos. En el caso de papa, el uso de semilla de buena calidad es importante, ya que, se emplea la propagación vegetativa (por medio de sus tubérculos). Una semilla que no esté en condiciones sanitarias, físicas y fisiológicas adecuadas, producirá germinación des uniforme, un pobre desarrollo de plantas y bajos rendimientos y se corre el riesgo de diseminar, involuntariamente, plagas y enfermedades, que se transmiten a través de la semilla de mala calidad (p.7).

## **2.5. Fase de laboratorio**

### **2.5.1. Cultivo de tejidos vegetales**

Menciona CIAT (1993) el cultivo de tejidos, como técnica, consiste esencialmente en aislar una porción de la planta (*ex plante*) y proporcionarle artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su potencial intrínseco o inducido. Es necesario además adoptar procedimientos de asepsia para, mantener los cultivos libres de contaminación microbiana (p. 2).

Indica Georgen *et al.*, (2008) el cultivo de tejidos vegetales es la ciencia del cultivo de plantas células, tejidos u órganos aislados de la planta madre, en medios artificiales. Incluye técnicas y métodos utilizados para la investigación en diferentes disciplinas y tiene varios objetivos prácticos (p.1).

Afirma Espinoza, (2013) “*El cultivo de tejidos puede definirse como un conjunto de técnicas que permiten el cultivo en condiciones asépticas de órganos, tejidos, células y protoplastos empleados sustrato (medios de cultivo) artificiales*” (p.11).

El cultivo de tejidos vegetales es una importante técnica relativamente nueva de planta que se halla a disposición del agricultor, pero no es ampliamente usada debido a su poca difusión. Esta técnica debe tener una mayor investigación e integrar progresivamente al trabajo del agricultor (Rodríguez, 2011, p.3)

#### **2.5.1.1. Ex plante**

El cultivo de tejidos se inicia con el empleo de pequeñas porciones u órganos de la planta denominados explanes, los cuales son capaces de originar la planta completa con la misma información genética de la planta madre deben ser desinfectados y, posteriormente, cultivados en medios sólidos o líquidos con diferentes requerimientos nutricionales y hormonales, dependiendo del objetivo de la investigación. Las plantas seleccionadas deben presentar características importantes durante el proceso. se recomienda disponer de plantas sanas, vigorosas, con estabilidad climática, con el fin de no modificar los niveles de carbohidrato, proteína y reguladores hormonales endógeno sin alterar los procesos *in vitro* (Perea, 2009, p. 24)

Para la selección del material inicial se debe considerar el lugar de origen, fenotipo, genotipo, estado fisiológico, y época de cosecha. Además, se debe conocer el historial de la sanidad del cultivo en lo relacionado al ataque de hongos, virus, bacterias y otros fitopatógenos, con el objetivo de seleccionar materiales que realmente provengan de lotes de semilla libres de los mismos (Larios, 2013, p.13)

Según Murillo, (2014) en el libro, *Introducción a la Biotecnología Agrícola*, menciona. La selección de un adecuado ex plante inicial determina mejores resultados en la regeneración o formación de plantas *in vitro*. La selección de tejido utilizada varía en dependencia de las características morfológicas de las diferentes especies, como

regla general, se toman las yemas del tallo principal y de los brotes axilares de las plantas (p.58).

### **2.5.1.2. Micro propagación de vitro plantas**

Afirma Rodríguez, (2011) que “*la micro propagación para producción de tubérculos semilla pre-básicos, se utilizaran nudos de plántulas in vitro a partir del cual se propagara una determinada cantidad de ex plantas, dependiendo de la necesidad requerida*” (p.47).

Menciona Espinoza, (2013), la micro propagación es una propagación clonal que ocurre en condiciones asépticas, esta técnica tiene su mayor aplicación en la multiplicación rápida de variedades nuevas o introducidas recientemente, o en aquellas especies que tienen un bajo porcentaje de reproducción, también es usado ampliamente en programas de mejoramiento genético (p. 47).

Según Murillo, (2014), la palabra micro propagación fue empleada por primera vez en 1968 por Hartman y Kaster para designar varias técnicas utilizadas en la multiplicación *in vitro*. Se entiende por micro propagación cualquier procedimiento aséptico que comprenda la manipulación en plantas, de órganos, tejidos o células que produzcan poblaciones de plántulas y que permitan el desvío tanto del proceso sexual normal como de la propagación vegetativa no aséptica que se practica convencionalmente (p.40).

El cultivo *in vitro* se refiere al cultivo de cualquier estructura viva de una planta, sea esta una célula, un tejido o un órgano, bajo condiciones asépticas (libres de enfermedades). La técnica significa literalmente “en vidrio”, debido a que el cultivo se encuentra dentro de un frasco de vidrio o de plástico transparente. A esta propagación también se le conoce como micro propagación, debido a la obtención y manejo de plantas en miniatura llamadas “plántulas”. Para la implementación de estos procesos se requiere un laboratorio con las condiciones apropiadas (Aviles & Piedra, 2017, p. 31).



### **a. Factores físicos**

Wampash *et al.*, (2011) en el documento. “Implementación, Adecuada y Valoración de un Sistema Climatizado, Para el Área de Incubación del Laboratorio de Micro Propagación del Campus Juan Lunardi, Cantón Paute, Provincia del Azuay” Indica que aun cuando muchos factores pueden influir en la micro propagación, los factores físicos más extensivamente estudiados. La temperatura de incubación para la propagación de la mayoría de las familias fluctúa 24 y 28 °C. Se han variado los regímenes de temperatura en el día y la noche, y se ha encontrado que únicamente en un reducido número de especies tal variación es ventajosa. [...]. Recientes investigaciones han comprobado que la luz es un factor fundamental en la morfogénesis. Al respecto se ha observado, en el caso de *Pinus radiata*, que a luz interacciona con una cito quinina durante la diferenciación de los brotes adventicios y que la morfogénesis no ocurre cuando falta uno de esos dos componentes como son la intensidad, el fotoperiodo y la calidad; aunque se reconoce la importancia morfo genética de estos componentes, los estudios realizados con el fin de analizarlos son escasos [...]. (pp. 43-44).

### **b. Medios de cultivo artificial**

Menciona Salaués *et al.*, (1998) Los diferentes cultivares de papa al igual que la mayoría de las especies vegetales que pueden ser micro propagadas *in vitro*, se desarrollan en el medio propuesto por Murashige y Skoog MS (1962); sin embargo, para conseguir un desarrollo óptimo que responda a las exigencias de una acelerada propagación, se requiere hacer ajustes no solo para cada especie sino para cada cultivar (p.9).

Diversas formulaciones de medios básicos han sido utilizadas, más o menos MS (Murashige & Skoog, 1962), sus modificaciones y disoluciones han presentado más resultados para diversas especies. Como especies leñosas, entre tanto, o más MS. no

se mostraron satisfactorio en algunos casos, y composiciones más diluidas en macronutrientes tuvieron mejor desempeño (Torres, *et al.*, 1998, p. 205).

Indica Perea, (2009), la composición de los medios de cultivo ha sido estudiada por diferentes científicos, quienes de acuerdo con sus investigaciones han sido formulados. El medio debe estar conformado principalmente por los siguientes componentes: macronutrientes, micronutrientes, vitaminas, amino ácidos, azúcares y gelificantes; sin embargo, la composición puede variar dependiendo del genotipo de la planta y el objetivo de la investigación (p.12).

Afirma Espinoza, (2013) el medio de cultivo es una sustancia artificial de composición completa, utilizado para el crecimiento y desarrollo de la vitro plantas, también es necesario tener conocimiento sobre los requerimientos nutricionales de cada especie vegetal que se quiera multiplicar y realizando las combinaciones apropiadas de nutrientes, así como su forma química, luego establecer medios de cultivo para diversas especies.

### **2.5.1.3. Composición de un medio de cultivo**

Menciona Rodríguez, (2011) para tener éxito en el cultivo de tejidos está muy influenciado por la composición del medio de cultivo y de los factores ambientales. Para el crecimiento adecuado de una plántula in vitro, se necesita cantidades importantes de los siguientes elementos químicos:

- Macronutrientes: como sales de nitrógeno, potasio, calcio, fosforo, magnesio y azufre.

Micronutrientes: como sales de hierro, zinc boro, cobre molibdeno y cobalto, además de carbohidratos (sacarosa) como fuente de energía, también se requiere de compuestos orgánicos como vitaminas y reguladores de crecimiento (p.31).

#### **a. Reguladores de crecimiento**

Se entiende por regulador de crecimiento a las hormonas vegetales, las mismas son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro donde

actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo o metabolismo del vegetal. El término “sustancias reguladoras de crecimiento” es más general y abarca a las sustancias, tanto de origen natural como sintetizadas en laboratorio que determinan respuestas a nivel de crecimiento, metabolismo o desarrollo de la planta (Aguirre, *et al.*, 2018, p.74).

Según George, *et al.*, (2008) indica que algunas sustancias químicas ocurren naturalmente dentro de las plantas, tejidos (es decir, de forma endógena), tienen un regulador, más bien que un papel nutricional en el crecimiento y el desarrollo. Estos compuestos, que generalmente son activos a muy bajas concentraciones, se conocen como hormonas vegetales (o sustancias para el crecimiento de las plantas) (p.175).

- **Auxinas**

Menciona Espinoza, (2013) que las auxinas ayudan a la elongación de las células, entre ellas tenemos al auxina natural AIA (ácido indolacético) y las auxinas artificiales ANA (ácido naftalenacético), IBA (ácido indolbutírico), PCPA (ácido p-clorofenoxiacético), 2,4-D (diclofenoxiacético) siendo esto es la más potente y mundialmente usado en los medios de cultivo para células y tejidos con finalidad de obtener callos porque ocasiona un crecimiento desorganizado en las células y el más débil es el AIA por que fácilmente es inactivo por la luz, los tejidos con alta actividad y es considerado un compuesto termolábil por que reacciona con temperaturas altas (p.29).

Afirma Rodríguez, (2011) “*Tienen efecto en la dominancia apical y formación de órganos; estimulan el alargamiento y división celular tanto en las yemas adventicias; también promueven el enraizamiento. Las auxinas que más se usan en cultivo de tejido son el ANA, AIA y 2-4-D*” (p.33).

- **Citoquininas**

Son considerados citoquininas aquellas sustancias químicas que pueden estimular principalmente la división celular o citoquinesis. Casi todas las citoquininas son sintéticas y derivados de la adenina dentro de este grupo se encuentra la Kinetina (6-furfutil amino-purina), BAP (6- benzil aminopurina), 2 ip (6 dimetil alil purina) y la Zeatina (6-hidroxi.3 metil,2 bunitil) adenina, esta última es considerada citoquinina natural porque es extraída del endospermo del maíz (Espinoza, 2013, p.30).

- **Giberilinas**

Menciona Espinoza, (2013) otro regulador de crecimiento es el ácido giberelico (GA3), aunque no tiene uso tan amplio pero si es esencial en el cultivo de meristemas en algunas especies de plantas como la micropropagación con medios líquidos de vitro plantas de papa, banano, piña y totora (p.31).

*“Promueve el crecimiento de entrenudos, estimula y acelera la floración e induce a la partenocarpia se usa con frecuencia AG3”* (Rodríguez, 2011, p.34)

- **Etileno**

Indica Aguirre, *et al.*, (2018) Es una hormona de la absorción casi universal la absorción está controlada por la planta de forma predeterminada. En el peciolo esta la zona de abscisión, que con la acción de enzimas rompen las células provocando la caída de las estructuras. Los frutos pueden caer por otro fenómeno diferente a abscisión. Acelera la senescencia en tejidos vegetales, es responsable de la maduración de los frutos climatéricos (tomate, manzana, aguacate, excepto en cítricos), y otros tejidos como las hojas, tallos y flores. En los tomates transgénicos se inhibe la síntesis de etileno (p.76).

- **Ácido abscísico**

Menciona Perea, (2009) el “(ABA) *facilita la formación de bulbos y tubérculos, ayuda a la maduración de embriones somáticos y facilita la aclimatación de las plántulas en condiciones de invernadero*” (p.33).

- b) **Productos orgánicos**

- **Vitaminas**

Espinoza, (2013) Menciona que las vitaminas son necesarias para llevar a cabo una serie de reacciones catalíticas en el metabolismo y son requeridas en pequeñas cantidades, las vitaminas más usadas son: la Tiamina o Vitamina B1, Àcido nicotínico (niacina) y la Piridoxina (vitamina B6), Àcido Pantotènico, Àcido Fólico, Riboflavina y la Vitamina E ayuda en la formación de callos proveniente de embriones (pp.31-32).

- **Fuentes de carbono y energía**

Menciona Perea, (2009) “*La fuente de carbono más utilizada es la sacarosa y glucosa, pueden usarse otros carbohidratos como: fructosa, lactosa, dextrosa por sus efectos son inferiores*” (pp.34-35).

- **Agentes gelificantes**

Menciona Murillo, (2014), el agar es el material de soporte más ampliamente utilizado, pues provee al medio un excelente gel húmedo que sirve como soporte al inóculo, se derrite al calentarlo y se enfría a temperatura ambiente. Fisiológicamente no es inerte puesto que es una fuente de cantidades variables de sustancias inhibitoras o estimulantes de crecimiento.

El agar es un producto en polvo que se obtiene de ciertas especies algas rojas. La cantidad de agar puede variar en las distintas presentaciones comerciales (Phytigel,

Gelrite, Bacto agar, Alginato, Poliacrilamida, Silicagel, etc). Dos factores que afectan al agar son la concentración y el pH (p36).

#### **2.5.1.4. Etapas o fases de micro propagación**

Menciona Murillo, (2014) que, según experiencia en la propagación comercial puede identificarse cinco etapas bien definidas con sus objetivos específicos:

Fase 0: En esta etapa, se incluye la selección de la planta donadora y una serie de pre tratamientos en condiciones higiénicas controladas, cuyo objetivo es mejorar la eficiencia en la implantación y el desarrollo de los cultivos *in vitro*.

Fase I: Establecimiento o iniciación de los cultivos: el objetivo de esta fase es establecer cultivos exéncicos y viables con los cuales iniciar el proceso de propagación.

Fase II: Multiplicación: Es considerado la etapa más importante del proceso donde se debe garantizar la propagación de los brotes y la estabilidad genética de las plantas producidas.

Fase III: Enraizamiento: Su objetivo es preparar las plántulas para su restablecimiento en condiciones del suelo.

Fase IV: Aclimatación: Es la fase final del proceso y por tanto su meta es lograr plantas listas para su trasplante definitivo a campo comerciales de producción, casa de vidrio o invernadero (p.45).

#### **2.5.1.5. Plagas y enfermedades en la producción de semilla-tubérculo de papa**

Menciona sobre el tema Aviles & Piedra, (2017) Para el manejo apropiado de una enfermedad en el campo se requiere tener conocimientos sobre los factores que intervienen para que esta se manifieste y sobre las relaciones que se dan entre los factores. Debe existir un hospedero susceptible (planta de papa), un patógeno (hongo, virus o bacteria) agresivo y las condiciones ambientales (temperatura, humedad

relativa, etc.) favorables, y en el caso de muchos virus, la presencia del insecto u otro organismo vector, para que se desarrolle la enfermedad (p.56).

### **a. Plagas**

Indica Aviles & Piedra, (2017), el cultivo de la papa es afectado por un gran número de insectos desde la siembra hasta la cosecha y posterior almacenamiento, de ahí la importancia de la correcta identificación de la plaga, su ciclo de vida y prácticas de manejo para un control eficiente y sostenible (p.70).

Molina *et al.*, (2004), “*Los insectos que causan daños económicos al cultivo de la papa son: la gallina ciega, gusanos cortadores, gusano alambre, áfidos, mosca blanca, mayas o diabroticas, salta hojas y la polilla de la papa*” (p.28).

### **a. Enfermedades fungosas**

Molina *et al.*, (2004), “*Una de las limitantes importantes en la producción de papa, son las enfermedades causadas por hongos, bacterias, virus, carencias nutricionales y efectos ambientales, las que disminuyen los rendimientos y por ende la rentabilidad del cultivo*” (p.39).

### **b. Enfermedades bacterianas**

La enfermedad reviste gran importancia en los campos de producción de semilla de papa, ya que en las zonas en que esta se produce las condiciones son muy favorables para su desarrollo (alta humedad relativa y bajas temperaturas). Por lo anterior, la erradicación temprana de plantas enfermas es la medida más adecuada para detener la diseminación en el campo y la contaminación de los tubérculos semilla.

Una característica importante de este patógeno es que puede estar presente en la planta sin manifestar síntomas, lo que se conoce como infección latente. Este tipo de infecciones son sumamente peligrosas, ya que al no manifestar los síntomas, los tubérculos semilla son portadores de la enfermedad (Aviles & Piedra, 2017, p. 64).

### **c. Enfermedades virales**

Menciona Avilés & Piedra, (2017), las enfermedades virales tienen gran importancia en el cultivo de la papa, ya que son las responsables del fenómeno denominado “degeneración de la semilla”. Este fenómeno produce reducciones en el rendimiento que oscilan del 10 % al 90 %, dependiendo del grado de contaminación de los tubérculos semilla, así como de los virus presentes (p.66).

- **Técnicas para erradicar enfermedades virales**

Indica Larios *et al.*, (2013), De alguna manera se encuentra que las vitro plantas obtenidas de meristemas están contaminadas con un virus y demostrado a través de cualquier método de diagnóstico, se procede a utilizar técnicas de eliminación de virus mediante las siguientes prácticas la técnicas de ELISA (enzymelinked immuno absorbent assay) que ha mejorado considerablemente la detección y el diagnóstico de enfermedades virales de la papa. Esta técnica es muy precisa y sencilla de aplicar, su eficiencia se basa en la alta especificidad de la preparación de los anticuerpos requeridos, la termoterapia que consiste en la exposición de plantas infectadas a tratamientos con altas temperaturas (30°C a 52°C), o bajas temperaturas (4°C) durante determinados períodos de tiempo y quimioterapia, método mediante el cual se utilizan productos químicos. Esta práctica es muy limitada. (p.15).

Rojas & Alvarado, (2008), se conocen aproximadamente 25 virus diferentes y un viroide que infectan el cultivo de papa bajo condiciones naturales. No obstante, solo algunos pocos de ellos causan los daños más severos al cultivo en la mayoría de las regiones productoras del mundo. Los más importantes son el Virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV), Virus Y (PVY), Virus X (PVX), Virus S (PVS), Virus A (PVA) y Virus M (PVM).



## 2.6. Rendimiento de semilla

Gabriel *et al.* (2017) en su *Memoria del VII Congreso Ecuatoriano de la papa*, estudió el rendimiento y la cantidad de papa destinada a la industria. El trabajo de tres años (2013 - 2016), mostró que el cultivar Desirée tuvo un rendimiento promedio de 17.0 t ha<sup>-1</sup>, en 154 cambio la cultivar Jatun Puka mostró un rendimiento promedio de 35.0 t ha<sup>-1</sup>, Pafrita tuvo un promedio de 23.0 t ha<sup>-1</sup> y Pinker mostró un promedio de 29.0 t ha<sup>-1</sup> (pp. 153-154).

## 2.7. Producción de tubérculos-semilla en invernadero

Las plantas provenientes del laboratorio de cultivo de tejidos, obtenidas por los métodos anteriormente descritos, son transferidas al invernadero para someterlas a un acondicionamiento de luz y temperatura. Inicialmente se colocan en macetas o vasos plásticos pequeños. Luego son trasplantadas a macetas o pots plásticos con un sustrato de suelo esterilizado (tratado con calor o químicamente) y mezclado con materiales inertes y materia orgánica para darle una estructura y fertilidad adecuadas que permitan la producción de tubérculos. (Avilés & Piedra, 2017, p. 34).

Menciona Salaues *et al.*, (1998) siendo los áfidos los principales agentes transmisores de virus y el suelo el principal contaminante con nematodos, bacterias y hongos, las plantas deberán tuberizar en un ambiente adecuado para aislarlas del contacto de los pulgones, que solo es posible en estructuras cubiertas de una fina malla denominada antiáfidos y un suelo o sustrato debidamente esterilizado (p.35).

El cultivo de la papa requiere de temperaturas que van desde 18 °C a 26 °C, las que se ven incrementadas por la alta radiación de la zona y por el material cobertor. Cuando las temperaturas son altas, afectan negativamente la fotosíntesis y otros procesos metabólicos; por consiguiente, la producción de carbohidratos que son transformados en tubérculos se ve perjudicada, que en este caso es el interés principal. (Larios, *et al.*, 2013).

### **2.7.1. Áreas del invernadero**

#### **a. Área preventiva**

A la entrada del invernadero debe construirse un pre-cuarto con una pileta, a la que se le agrega una solución desinfectante, que permita a las personas que ingresan a desinfectar sus zapatos antes de pasar al área de siembra. Este pre-cuarto también sirve como trampa para cualquier plaga que entre a la hora de abrir la puerta, evitando posibles contaminantes del material vegetal. Es recomendable no ingresar al invernadero después de haber realizado labores en el campo; de ser necesario, debe usarse una gabacha con el fin de evitar el transporte de agentes contaminantes (Flores & Brenes, 2001, p.7).

Menciona Rodríguez, (2011) pre-sala es la sección de comunicación del invernadero con el medio exterior y su función es aislar el área exterior, que debe mantener condiciones especiales de sanidad en. Este ambiente debe ubicarse un lavadero para las maniobras de limpieza, aseo personal, así con desinfección del material que se usa en el invernadero. También se ubica casilleros, mandiles, mamelucos, botas de trabajo, un escritorio y todos los materiales e insumos de limpieza y desinfección necesarios para ejecutar las diferentes labores de trabajo en el invernadero (p.75).

#### **b. Área de preparación de sustrato**

*“Esta sección debe poseer una puerta principal por donde se introducen los materiales para preparar la tierra y otra puerta por donde se entra al área de siembra. También debe haber dos piletas de desinfección”* (Flores & Brenes, 2001, p.8).

La preparación del sustrato se realiza en una instalación destinada para ese uso específico. Los sustratos pueden elaborarse con materiales disponibles en la zona, siempre y cuando reúnan las características requeridas y no alteren negativamente la composición química, física y biológica del mismo. El sustrato debe ser muy suelto, con

el fin de facilitar la tuberización. Se puede utilizar aserrín totalmente descompuesto, casulla de arroz, pulpa de café descompuesta o tierra virgen (de montaña). El sustrato se prepara en una proporción del 47.6% de tierra, 21.4% de cascarilla de café, 11.9% de aserrín, y cal según el pH del sustrato (Larios, *et al.*, 2013, p.17).

Se denomina sustrato a cualquier medio que se utilice para cultivar plantas en contenedores, este medio es un sustituto del suelo en el que normalmente, se realiza la producción vegetal, o a todo material solido distinto al suelo natural, de síntesis residual mineral u orgánico, que en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando un papel de soporte para la planta. (Hernandez, 2012).

### **c. Área de siembra**

Destaca, Flores & Brenes, (2001). “*En esta área se debe disponer de mesas y pilas de lavado. El piso debe estar cubierto con piedra cuarta para evitar el crecimiento de malezas que posteriormente sirvan de hospedaje a plagas y enfermedades*”.

### **d. Aclimatación**

Espinoza (2013), en Biotecnología Agrícola, afirma que la fase es conocida como aclimatación y endurecimiento en el proceso de micro propagación, considerado como Fase IV, se realiza usualmente en invernadero o casas de crecimiento para plantas, en algunos laboratorios pequeños usan construcciones más sencillas como umbráculos en los cuales se regula la intensidad lumínica mediante telas, mallas milimétricas de plástico o cualquier otro material (p.25).

La aclimatación de vitro plantas consiste en el paso de condiciones *in vitro* a condiciones donde se desarrollan para su cultivo, con el objetivo de que estas superen las dificultades ocasionadas cuando son removidas del ambiente *in vitro*; de esta manera, se preparan para su trasplante definitivo. (Hernandez, 2012 ).

Las plantas producidas en condiciones *in vitro* son altamente ineficientes en la síntesis de carbohidratos y en el control de la deshidratación. La baja competencia fotosintética se deriva de la nutrición heterotrófica por el suministro de fuentes externas de carbohidratos, que resulta en un pobre desarrollo de los cloroplastos y una baja capacidad para fijar CO<sub>2</sub>. Mientras que, los altos porcentajes de humedad relativa presentes en el interior del recipiente, evitan que las hojas desarrollen estructuras como la acumulación de una cutícula cerosa e impermeable, y estomas con un funcionamiento adecuado para responder de acuerdo con el estado de hidratación de la planta (Suárez, 2020, p. 66).

#### **e. Cambios en la morfología y fisiología de las plantas**

Deng & Donnelly en su artículo *In vitro hardening of red raspberry through CO<sub>2</sub> enrichment and relative humidity reduction on sugar-free medium* (1993). Realizaron la evaluación de supervivencia en; longitud del tallo, número de raíz, área foliar, tasa de intercambio de gases y las características estomáticas, antes del trasplante al suelo y a intervalos durante 6 semanas *ex vitro*. Indican que al enriquecer CO<sub>2</sub> *in vitro*, promovió el crecimiento de las plántulas, el enraizamiento y la supervivencia y el crecimiento, también se observaron que al enriquecer CO<sub>2</sub> aumenta la apertura estomática de las hojas, también menciona que al reducir la HR *in vitro*, no afecta al crecimiento de las plántulas, pero disminuye en la apertura estomática en las hojas. El enriquecimiento con CO<sub>2</sub> en *in vitro* actúa de forma sinérgica con la reducción de HR para mejorar el crecimiento tanto *in vitro* como *ex vitro*, el trabajo se realizó con plántulas de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) ya endurecidas, las cuales fueron transferidas directa sin necesidad de aclimatación al invernadero.

#### **f. Fotosíntesis en vitro plantas**

Menciona con respecto fisiología de las plantas Lira, (1994), que es un proceso o secuencia continua y natural de eventos en plantas vivas, como fotosíntesis, respiración, absorción de iones, translocación, apertura y cierre estomático

transpiración, floración y formación de semillas. Una función es la actividad natural de una célula, tejido, órgano, sustancia química o alguna otra cosa (p.11).

## **2.7.2. Prácticas agronómicas en invernadero**

A continuación se presenta una descripción de las principales prácticas de manejo que se deben seguir durante el ciclo de desarrollo de las plantas hasta su cosecha:

### **2.7.2.1. Fertilización**

Para obtener los niveles de rendimiento requeridos se hace necesario que las plantas dispongan de nutrientes sin restricciones por eso se aplican 60 gramos de (12-24-12) a la plantación y 40 gramos al aporque, por metro cuadrado (el equivalente de N120, P<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 240 y K<sub>2</sub>O 120 Kg/ha, equivalentes a 1000 kg/ha (Salaues, *et al.*, 1998, p. 45).

Menciona con respecto al tema, Montesdeoca, (2005), se debe tomarse en cuenta en la siembra, es la fertilización; esta debe realizarse de acuerdo a los siguientes criterios:

- A base del análisis químico del suelo, se aplican fertilizantes químicos.
- El Nitrógeno se aplica dividiéndolo en dos partes: 50% al momento de la siembra y el resto a los 45 días, aproximadamente, después de la siembra. Los otros elementos nutricionales (fósforo, potasio y azufre) se aplican en su totalidad al momento de la siembra.
- De ser necesario, se realizan fertilizaciones foliares al momento de ejecutar los controles fitosanitarios. Es preferible utilizar productos de formulación completa (p.24).

**Tabla 1** Recomendaciones para la aplicación de cantidades de fertilizantes

Interpretación Fertilización que se debe aplicar (Kg/ha)				
análisis de suelo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	S
Bajo	150 a 200	300 a 400	100 a 150	40 a 60
Medio	100 a 150	200 a 300	60 a 100	20 a 40
Alto	50 a 100	60 a 200	30 a 60	1 a 20

**Fuente:** Fertilización del Cultivo de Papa. 1998. Página 33.

Según Salgues, *et al.*, (1998) “se aplica una mezcla comercial tal como: Greenzit, Fetrilon, Biofol, etc. Al follaje tres veces en todo el ciclo” (p.45).

### 2.7.2.2. Riego

El riego, en el cultivo de papa se efectúa por surcos o por aspersión [...] no debería abusarse de los riegos ya que el exceso de agua produce menores rendimientos por falta de aireación del suelo, originando tubérculos con lenticelas abiertas y tejidos corchoso. Si el suelo, por otro lado, se pone muy seco, los tubérculos maduran prematuramente y el suministro de agua posterior puede causar en ellos crecimientos secundarios (Montaldo, 1984, p. 261).

“Los primeros días de trasplante se mantiene la humedad de las camas con un fino rocío de agua que se aplica hasta 3 veces al día” (Salgues, *et al.*, 1998, p.48).

Menciona Velasquez *et al.*, (2017) El cultivo y producción de papa necesita entre 600 - 700 mm de agua, distribuida en forma más o menos uniforme a lo largo del ciclo vegetativo. Las etapas críticas, durante la cual no debe faltar agua, corresponden a los periodos de floración y tuberización. En las condiciones de la sierra, en que por ciclo existen 700 - 800 mm bien distribuidos, el riego no es indispensable excepto en periodos de sequía prolongada (P.25).

### **2.7.2.3. Aporque**

Según Salaués *et al.*, (1998) Los aporques se realizan a medida que las plantas se desarrollan pudiendo efectuarse dos o tres hasta el llenado de la cama; sin embargo, por razones económicas se vio la posibilidad de simplificar los procesos y reducir los volúmenes de sustrato previo estudio de su efecto sobre el rendimiento, la reducción del número de aporques incremento el número de tubérculos por metro cuadrado estableciendo que es necesario solo un aporque (p. 50).

Indica Larios *et al.*, (2013) El aporque consiste en aproximar suelo a las plantas, dejando camellones bien formados, se hace cuando las plantas alcanzan una altura de 25 a 30 centímetros (aproximadamente entre los 20 a 30 días después de siembra del cultivo). Durante esta actividad se hace el control manual de malezas, usando azadón (p.24).

### **2.7.2.4. Control fitosanitario**

Indica Salaués *et al.*, (1998) que “*se debe emplean fungicidas preventivos para las tres enfermedades más frecuentes en la época lluviosa: Alternaría, Erishiphe, y Phythophthora; para esta última se requieren algunas veces fungicidas sistémicos*” (p. 51).

Afirma, Castro & Mèndez, (2011) que existe una variada gama de enfermedades que afectan tanto a la planta como el tubérculo de papa. Los patógenos que provocan las numerosas patologías, por lo general están presentes en el suelo o bien, pueden ser transmitidos por la papa semilla. Todos los agentes patógenos se multiplicarán a medida que el hospedero sea abundante y permanente, de esta manera, en la medida que un suelo este siendo utilizado como monocultivo y/o se use papa-semilla de mala calidad, se aumentará el inóculo y también las pérdidas debidas a un bajo rendimiento (p.7).

Durante el desarrollo del cultivo se presentan ataques de plagas del follaje. A grandes rasgos se clasifican en: insectos chupadores, como minadores de la hoja (*Liriomyza* spp.), áfidos, trips, mosca blanca (*Bemisia* spp.), ácaros, y actualmente la bactericera cockerelli (paratrioza, la que por su importancia se describe con mayor detalle). Entre los insectos masticadores se encuentran las tortuguillas (diabroticas), coleópteros, pulgones, chinches, falso medidor, saltamontes y larvas de lepidópteros, entre otros (Larios *et al.*, 2013, p. 26).

#### **a. Virus en la planta**

Salaues, *et al.*, (1998) en la guía. La producción de semilla pre- básica menciona, “*para tener la certeza de ausencia de virus se realiza controles cada tres semanas en invernadero por medio del test de ELISA (Enzyme Linked Immuno sorbedt Assay) para los siguientes virus: PVX, PVY, PLRV, PVS, APMV y APLV*” (p.51).

Menciona, Castro & Mèndez (2011), los virus de papa pueden ser transmisión de los virus pueden realizarse vía mecánica, es decir por contacto entre plantas, por equipos, maquinaria, animales y ropa de operarios. Probablemente esto ocurre por transmisión a plantas sanas vía heridas ocasionadas durante el manejo del cultivo. Los virus que se transmiten mecánicamente son: PVX, PVS, APMV, APLV, TMV y el viroide del tubérculo puntudo (PSTV) (p. 40).

#### **b. Patógeno del suelo**

Indica que se debe aplicar Monceren (fungicida de contacto) al momento de trasplante y en el aporque para asegurar el control de *Spongospora*, *Sinchytrium* y *Rhizoctonia* en las camas del cultivo Salaues *et al.*, (1998), mientras que Larios *et al.*, 2013 menciona, cuando los niveles de las plagas superan las normas permisibles según reglamentación, y como última alternativa, se aplica al momento de la siembra un insecticida nematicida o un controlador biológico.



### **2.7.2.5. Defoliación**

Completando el ciclo de cultivo en general o cuando los tubérculos presentan un desarrollo adecuado, se suspende el riego y se procede al arranque manual del follaje(defoliación), en algunas variedades particularmente andinas la tuberización se presenta muy superficial ,para evitar que la erradicación dañe los tuberculillos se coloca nuevamente la malla semi sombra (Salaues, *et al.*, 1998, p. 52).

### **2.7.2.6. Cosecha**

Indica Montaldo, (1984) *“la cosecha se efectúa cuando el cultivo alcanza su madures fisiológica, caracterizada por que las plantas se ponen amarillentas, instante en que es recomendable aplicar algún defoliador o bien eliminar el follaje mediante una segadora o rotativa”* (p. 275).

Dos semanas despues de la desfoliacion la piel del tubérculo, se presenta lo suficientemente consistente para realizar la cosecha, con la ayuda de adecuadas herramientas: hurquetas y pequeñas palas se remueve el sustrato, se escojen los tuberculos, se colocan en cajas plasticas, se lavan y se dejan secar, para pasarlos luego a la clasificadora (Salaues *et al.*,1998, p. 52).

Después de la defoliación, los tubérculos se dejan en el suelo, para que se subericen (fortalecimiento de la epidermis o cáscara) y así evitar daños mecánicos, o raspones durante la cosecha. Este período varía de acuerdo a la época y variedad, pero en promedio se obtiene entre 15 y 20 días después de la defoliación del cultivo. Luego de esto, los tubérculos están listos para ser cosechados (Larios *et al.*, 2013, p. 29).

#### **a. Selección**

Con la ayuda de una pequeña mesa calibradora diseñada y construida en los talleres de SEPA se procede a la clasificación de tubérculos por tamaños recibiendo el

número V los inferiores a 12 milímetros, el número IV los que están entre 12 y 20 milímetros, el número III entre 20 y 30 milímetros, el número II los que están entre 30 y 40 milímetros, los de mayor diámetro corresponden al número (Salaues *et al.*, 1998, pp. 52-53).

#### **b. Almacenaje**

*“El almacenaje en un sistema de producción continua por razones sanitarias de tubérculos consiste, en almacenar en una cámara fría regulada entre 10 y 12 grados centígrados, posteriormente es almacenada entre dos y cuatro grados centígrados hasta siguiente ciclo agrícola”* (Salaues, *et al.*, 1998, p.54).

Después de la cosecha, los tubérculos se almacenan para continuar sus etapas fenológicas hasta estar listas para la siguiente multiplicación o para ser comercializadas como semilla, deben de presentar un buen estado sanitario. Se pesan y se depositan en estructuras de germinación que pueden ser tarimas o cajas, se rotulan las cantidades y calibres. Cada categoría de semilla cuenta con almacenes específicos, es decir, hay almacenes para germinación de material pre-básico, básico, registrado y certificado (Larios, *et al.*, 2013, p. 30).

### 3. LOCALIZACIÓN

#### 3.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación, se realizó en el Centro Experimental de Cota-Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, situada en la Provincia Murillo del Departamento de La Paz, a 3445 m.s.n.m. y a 16°32'04" latitud sur y 68°03'44" longitud oeste.

**Figura 3** Ubicación del Centro Experimental de Cota Cota (Invernadero de Biotecnología de cultivos Agrícolas).



**Nota:** La flecha indica el invernadero de Biotecnología de Cultivos Agrícolas

### **3.2. Fecha de inicio y culminación del trabajo**

El estudio experimental se desarrolló a partir del 18 de enero y culminó el 16 de julio del 2019 en el invernadero.

## **4. MATERIALES Y METODOLOGIA**

### **4.1. Materiales**

#### **4.2. Material de gabinete**

- Material de escritorio
- Cámara fotográfica
- Impresora
- Escáner
- Computadora

#### **4.2.1. Material instrumental y equipo de Laboratorio**

##### **a. Equipos de laboratorio**

Autoclave tipo vertical, (vapor bajo presión), balanzas (analítica y precisión), cámara de flujo laminar de aire, cámara de crecimiento, horno microondas, *pH*-metro, secadora de materiales, refrigerador, termómetros de máximas y mínimas, destilador de agua.

##### **b. Materiales de vidrio**

Pipetas graduadas (1 y 5 ml), probetas (250 ml), vasitos de vidrio cocteleras (40 x 80 mm), magentas, placas petri, vaso de precipitado de 500 ml, varilla de vidrio, goteros, botellas de agua destilada, pipetas de diferente volumen,(1,2,5,10) ml, papel aluminio.

### **c. Instrumental de disección e implementos de laboratorio**

Hojas de bisturí (N° 11,20), mangos para bisturí (N° 4 y 3), agitador magnético, pinzas largas y pinzas cortas, tijeras, mechero de alcohol, bandeja de metal, papel aluminio, para film y espátulas.

### **d. Indumentaria y materiales de asepsia**

Guardapolvos, barbijos, gorro, detergente, jabón líquido, sanitizador de mano, algodón, guantes de látex desechables, papel secante y fosforo.

## **4.2.2. Reactivos y soluciones**

- a. Medios de cultivo:** Medio basal MS. Murashige y Skoog, 1962. Sales. Minerales, Myo-inositol y Carbono activo.
- b. Reguladores de crecimiento:** auxina, AIB (Ácido indolbutírico).
- c. Reactivos:** Hidróxido de sodio (NaOH al 1N), ácido clorhídrico (HCl al 1N), agua destilada, alcohol etílico al 70% y 96% (v/v), hipoclorito de sodio (NaClO) 3% (p/v), agar 0,45% (p/v) y sacarosa 3% (p/v).

## **4.2.3. Material vegetal**

Vitro plantas de papa (*Solanum tuberosum* sp *andigenum*.). Huaycha e Imilla Negra, ya se encontraban establecidos en Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía.

## **4.2.4. Materiales de Campo (invernadero)**

Termómetro de máximas y mínimas, cinta métrica, manguera, pala, picota, malla semi sombra 50%, regaderas, estacas, cintas de color, alcohol ,hipoclorito de sodio, fertilizante químico, abono foliar, carretilla, bolsas nylon 15x20 centímetros ,nylon negro, pH metro, cal, arena, tierra negra, turba, baldes, tablero, cuaderno de apuntes, planilla de datos, cuerdas, atomizador, calculadora y marbetes.

### **4.3. Metodología**

Para el establecimiento de las bandejas de producción se realizaron los trabajos previos para asegurar la producción de semilla pre-básica para un buen trabajo se dividen en dos fases Laboratorio e Invernadero:

#### **4.3.1. Fase de laboratorio**

En esta fase se realiza una serie de actividades previas y preparatorias de las vitro plantas antes de llevar al invernadero para su producción de la semilla pre-básica de papa. Para lo cual se describe a continuación las diferentes áreas que compone el Laboratorio de Biotecnología de Cultivos Agrícolas:

##### **a. Área sucia**

En esta área del laboratorio se realiza trabajo de lavado de cristalería, instrumentos y equipos para la preparación de medios de cultivo y la esterilización del material a utilizar.

- **Área de lavado**

Esta área es específicamente destinada para desinfectar los diferentes materiales, que cuenta con numerosos bañadores, grifos de agua potable y agua atemperada, en esta área se realizan diferentes pasos de lavado; se inicia con el jabonado de los diferentes materiales que se va a utilizar en la preparación de un medio de cultivo, luego se realiza el respectivo enjuague con abundante agua (atemperada) para que no quede ningún resto de detergente, seguidamente, se somete al alcohol al 96%, es para eliminar algún agente externo presente en la superficie del material y por último se enjuaga con agua destilada, finalmente se lleva los materiales a un área de secado, destinado a la limpieza de instrumental, frascos, recipientes, material vegetal.

- **Área de preparación de medio de cultivo y esterilización**

En esta área de trabajo se cuenta con varios equipos de trabajo como: balanza analítica y de precisión, pH metro, agitador magnético, el autoclave vertical (para esterilizar los materiales de vidrio, de plástico y los medios de cultivo), refrigeradores, dispensadores, microondas y estantes de materiales de cristal.

Esta área es destinada para preparar medios de cultivo, el trabajo empieza con el pesaje de los diferentes reactivos necesarios en las balanzas y la dilución se realiza en un vaso precipitado de capacidad 2L de volumen, se agrega los diferentes componentes del medio de cultivo el cual es mezclada con un agitador magnético y la distribución de los medios de cultivo se realiza con la ayuda de un dispensador de medios el cual se realiza en magentas.

- b. **Área limpia**

En esta área se realizan todas las manipulaciones de los ex plantas y el área crecimiento de los cultivos *in vitro*, deben poseer una extrema limpieza para evitar la entrada de polvo el cual es el principal portador de agentes contaminantes.

- **Área de micro propagación**

Esta área es destinada para trabajos de transferencia de ex plantas a condiciones *in vitro*; provista de una cámara de flujo laminar, incubadora y la secadora de materiales de trabajo, esta área cuenta con altos niveles de asepsia para evitar la presencia de cualquier agente contaminante.

- **Área de crecimiento**

En esta área es restringida y provee condiciones asépticas y ambientales controladas mínimamente requeridas para el crecimiento óptimo de las vitro plantas,

llegando a tener una temperatura promedio de 20 - 28 ° C y humedad relativa 60 - 70%.

El fotoperiodo es controlado por un temporizador programable (thaimer) en esta Área de crecimiento se requiere es de 16 horas luz y 8 horas de oscuridad, para el buen desarrollo de las vitro planta.

#### **4.3.1.1. Desinfección y esterilización**

La eliminación artificial de los microorganismos contaminante se realiza mediante el empleo de calor (vapor de agua) generado por el equipo que es autoclave a una temperatura de 121 grados centígrados y a una presión atmosférica 15 libras, durante 30 minutos y radiaciones ionizantes UV se expone en un tiempo de 15 minutos, estos equipos se utiliza para garantizar una condición estéril el área de trabajo para no tener la presencia de ningún tipo de patógenos y microorganismos contaminantes esta condición es muy fundamental en el proceso de multiplicación de los vitro plantas, para obtener éxito en el cultivo de tejidos, la figura que representa esta en el anexo 4.

#### **4.3.1.2. Preparación de Medios de Cultivo**

Para preparar 1000 ml (35 ml/magenta) de medio de cultivo, se procedió de la siguiente manera:

Se disolvió y mezcló el medio basal Murashige y Skoog (1962), en un vaso de precipitado previamente lavado y enjuagado con agua estéril (ADE).

Posteriormente se agregó sacarosa (azúcar comercial) en cantidades, según requerimiento 3% (m/v) y myoinositol 100 mg/L

Se agrega el regulador de crecimiento, la auxina, ácido indol butírico (AIB) a una concentración de 1,5mg/L según lo requerido al volumen.

El pH del medio de cultivo se ajusta de 5,7 (utilizando hidróxido de sodio NaOH, y el ácido clorhídrico 1N), para elevar y bajar el PH respectivamente.

Se agregó 2 g/L de carbón activo al medio de cultivo.



Se añade 4.5 g/L de agar agar como agente gelificante, obteniéndose un medio en estado semisólido.

Luego se disuelve el agente gelificante con un agitador magnético hasta homogenizar totalmente, posteriormente se lleva al horno microondas durante 8 minutos variable con el volumen el tiempo, así obteniendo una solución homogénea, evitando la pérdida por evaporación excesiva.

Se distribuyó 35 ml del medio de cultivo de inducción *in vitro*, por cada magenta, previamente lavado, esterilizado, procediéndose con su sellado en papel aluminio y plasti-film.

Luego se lleva al (autoclave), a una temperatura de 121 °C y 15 libras de presión, durante 30 minutos, pasado el tiempo, se extrae el medio de cultivo con mucho cuidado sobre una superficie cubierta con toalla se espera un tiempo de 15 minutos para que coagule el medio de cultivo.

#### **4.3.1.3. Micro propagación**

##### **a) Multiplicación**

La fase de multiplicación de las vitro-plantas de papa, se realizó en la cámara de flujo laminar horizontal. Para ello previamente, se realizó una desinfección con alcohol al 70%(v/v). Empleando bisturí y pinzas esterilizadas, seleccionando de 1 o 2 nudos, de inmediato, se introdujo 25 unidades por magenta.

Una vez realizada la siembra de explantes en magentas con medios de cultivo, estos se sellaron con plasti-film y el respectivo etiquetado, transfiriéndolos a sala de crecimiento o incubación, bajo condiciones controladas temperatura 28 °C, con una humedad de 70 a 80% y un fotoperiodo de 16/8 horas luz/oscuridad, el mismo es controlado con un temporizador (thimer), para tener un desarrollo favorable de las vitro plantas de papa.

##### **b) Enraizado**

Para la etapa del enraizado de vitro plantas de papa se utilizó una auxina ácido indol butírico (AIB), el cual se agregó al medio base con la ayuda de una pipeta 1,5

mg/L, posteriormente se adiciona el carbón activo 2 g/L luego. Los cuales tuvieron un enraizamiento ideal en esta fase.

### **4.3.2. Fase de Invernadero**

#### **4.3.2.1. Descripción del invernadero**

El invernadero tiene un emplazamiento de 147 m<sup>2</sup> del ambiente para la producción, el modelo es de doble agua con paredes laterales de una altura de 1 metro en la parte superior se encuentra ventanas en todo alrededor del invernadero y tiene una puerta con dos abatimiento de dimensiones 1.20 m x 2 m metros presenta la parte central con una altura de 3,30 m, el piso es de cemento, el techo está cubierto con agro-film de 250 micras y con malla antiafido cubierto todo el ambiente. Las temperaturas fluctúan en promedio de 12 °C, como mínimo y 40°C como máximo, en el interior cuenta con agua potable y energía eléctrica.

#### **4.3.2.2. Preparación de camas de producción**

La preparación de las camas se realizó de forma manual se adecuó tres camas de producción construidas de madera con refuerzo de fierro (angular 1”), la dimensión de largo de 4 metros ancho de 1 metro y una altura de 50 centímetros.

Para su uso fueron sometidos a la desinfección con detergente y lavandina al 3%; luego se procedió al forrado de las maderas con plástico (nylon) es para evitar a los hongos y el deterioro de la madera, en la base extendió grava de piedra con una altura de 10 cm de espesor el cual es para facilitar el drenaje, sobre la capa se extendió malla milimetrada, posteriormente fue llenado sustrato esterilizado en el caldero hasta una altura de 35 centímetros.

#### **4.3.2.3. Preparación y desinfección de sustrato**

Para la preparación del sustrato se utilizó los siguientes materiales de trabajo:

- Arena fina el material fue transportado de los ríos aledaños de la región.
- Tierra negra el material fue transportado de los lugares cercanos a la estación.
- Turba el material es proveniente de la acumulación de materiales inerte de la cumbre de La Paz.

Una vez listo los materiales se procedió a la mezcla de sustrato en las siguientes proporciones: el sustrato fue mezclado con 30% de turba, 30% de arena fina y 40% de tierra negra. Luego de la mezcla se realizó la esterilización a 95°C y a 4 atmósferas de presión durante 2 horas, el equipo tiene una capacidad de un cubo, el vapor fue generado por un caldero de vapor, posteriormente el sustrato fue depositado en las camas.

#### **4.3.2.4. Análisis de suelo**

El análisis se realizó en Laboratorio de suelos (LAFASA) dependiente de la carrera de ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía (UMSA).

##### **a. Muestreo del suelo**

El muestreo de suelo se realizó una vez esterilizada el sustrato, se muestreo una cantidad de 1kg de sustrato y se introdujo la muestra a una bolsa plástica con su respectiva identificación específica para su posterior análisis en laboratorio.

**b. Resultados de análisis**

Los resultados del análisis de suelo se muestran en el siguiente:

**Tabla 2**

*Los resultados del análisis de laboratorio de suelo*

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Arena	%	66	
TEXTURA Limo	%	11	
Arcilla	%	23	Bouyucus
Clase textural		Franco Arcillo Arenoso	
Densidad Aparente	g /cm <sup>3</sup>	0,945	Probeta
pH en H <sub>2</sub> O relación 1:5		5,05	Potenciómetro
Acidez Intercambiable	meq /100gS.	2,44	Volumetría
Potasio intercambiable	meq /100gS.	0,12	Asetato de amonio 1N (Espectrofotométrico de emisión atómica)
Materia orgánica	%	4,08	Walkley y Black
Capacidad de Intercambio Catiónico	de meq /100gS.	10,74	Acetato de amonio IN(Espectrómetro de emisión y absorción atómica)Volumetría
Nitrógeno total	%	0,43	Kjendahl
Fosforo disponible	pmm	3,25	Espectrofotometría UV. Visible

**Fuente:** LAFASA 2019

Posteriormente se realiza la aplicación de fertilizantes granulados en las siguientes proporciones; 12 gramos de Nitrato de Amonio, 62 gramos de Superfosfato de Triple y 39 gramos de sulfato de potasio haciendo un total en metro cuadrado de 113 gramos/m<sup>2</sup>, los cuales fueron mezclados con el sustrato, luego se debe realizar el riego hasta alcanzar capacidad de campo (CC), se deja dos días antes del trasplante con los vitro plantas.

#### **4.3.2.5. Aclimatación de Vitro plantas**

La aclimatación es la fase complementaria en la técnica de micro propagación, se realiza cuando el vitro-planta habría alcanzado una altura de 8-10 centímetros, las raíces un número de 8-12 unidades de raicillas y un número de hojas 5-8. Esta práctica se realiza una vez se cumpla con estos parámetros de los vitro plantas, el aclimatado se realiza 48 horas antes de trasplante a las camas definitivas, la técnica se realiza primero realizando baño María a 40 grados centígrados, que consiste sumergir la magenta con vitro-plantas en la fuente con agua caliente, para que el agente gelificante suelte las raíces de las vitro-plantas, con la ayuda de pinzas se extrae, posteriormente se sumerge a una solución de fungicida sistémico (Benlate) y luego se lleva las vitro plantas a una fuente con agua destilada para el enjuague correspondiente.

#### **4.3.2.6. Trasplante de vitro plantas a las camas**

El trabajo de trasplante se realizó por la tarde, en el cual la temperatura baja en invernadero y es óptimo para realizar esta práctica, posteriormente se realizó el clavado en los bordes de las camas con estacas es para que sujetar la sombra como se ve en la anexo 4.

Se procedió con el trasplante en las diferentes camas con diferentes densidades realizando hoyos con la ayuda de un punzón de madera con las siguientes densidades; densidad uno (18 plantas/m<sup>2</sup>), densidad dos, (16 plantas/m<sup>2</sup>), densidad tres, (14 plantas/m<sup>2</sup>, densidad cuatro (12 plantas/m<sup>2</sup>), teniendo en total de plantas por 60 por cada cama de la variedad uno (V1), los cuales fueron identificados con diferentes colores, posteriormente se cubrió con sombra para evitar la deshidratación de las plantas y exceso de evaporamiento de las camas, se cubrió con la sombra durante los primera semana después del trasplante a las camas con sustrato, posteriormente se retira la sombra.

#### **4.3.2.7. Preparación de soluciones (fungicidas)**

Se preparó una solución de fungicida (Ben late), en una relación de 50 gramos se disuelve en 10 litros de agua, este fungicida se aplicó luego del trasplante de los vitro plantas, es una medida preventiva para evitar alguna contaminación en las plantas de papa.

#### **4.3.2.8. Labores culturales**

Las diferentes prácticas culturales realizadas durante el ciclo vegetativo de los dos genotipos de papa nativa los siguientes:

##### **a. Riego**

La principal labor de este trabajo fue el riego durante los primeros tres días en diferentes turnos por la mañana, medio día y por la tarde con agua de grifo, luego se riega día por medio, durante 60 días, posteriormente se riega de acuerdo al requerimiento del cultivo.

##### **b. Aporques y adición de sustrato**

El aporque se realizó después de 60 días, dependiendo del desarrollo y crecimiento de las plantas en función de la variedad. Luego de realizar la adición de sustrato se aplicó un fertilizante foliar (súper foliar 20-20-20), en una relación de 8 gramos/ litro, el producto es para estimular la formación de hojas.

##### **c. Instalación de mallas de soporte**

La instalación de mallas de soporte se realiza para evitar el acamado de las plantas de papa, es cuando alcance una altura de 25 cm, los cuales son soportados por listones de madera en los costados ver el anexo 4.

#### **d. Control fitosanitario**

Se realizó control de virus mediante el análisis serológico test de ELIZA para comprobar la presencia o ausencia de virus, el PVX, PVY PLRV y PVS, para el dicho análisis serológico se colectó y se llevó muestras de hojas de papa, al laboratorio de Cochabamba (UMSS) al laboratorio “Centro de Biotecnología y Nanotecnología” para su previo análisis de virus ver en anexo 2.

Para el control preventivo se hizo la aplicación de fungicida sistémico (Redimil) es un producto preventivo, con la ayuda de un atomizador se aspiró en el follaje de la papa, con un intervalo de tiempo 7 días, es para evitar algún brote de cualquier agente patógeno.

#### **e. Defoliación**

Esta práctica se debe realizar para acelerar madurez fisiológica de los tubérculos, cortando todo el follaje a 10 cm de la base de la planta y también se realiza para evitar plagas y enfermedades.

#### **f. cosecha**

La cosecha se realiza luego 15 días de la defoliación aproximadamente, se extrae los tubérculos a los 179 días, se realiza la cosecha con la ayuda de un chuntillo pequeño.

#### **g. Selección**

Esta es la última fase en el cual se realiza la selección de acuerdo al tamaño o también denominado calibre, los cuales fueron medidos con la ayuda de un vernier. Luego se realizó el lavado con hipoclorito de sodio los tubérculos y por último se desinfecta con fungicida (Fordazim) para evitar la contaminación de algún patógeno ya sea hongo o plagas ver el anexo 4.

#### 4.4. Diseño experimental

Para la evaluación de este trabajo de investigación se empleó el Diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, con la siguiente descripción; parcela mayor (PM) está comprendida por las dos variedades de papa (huaycha e imilla negra) y parcela menor (Pm) que representa las densidad;  $D_1 = (0,15 \text{ m} \times 0,20 \text{ m})$ ,  $D_2 = (0,20 \text{ m} \times 0,20 \text{ m})$ ,  $D_3 = (0,25 \text{ m} \times 0,20 \text{ m})$  y  $D_4 = (0,30 \text{ m} \times 0,20 \text{ m})$ .

##### 4.4.1. Descripción de los factores en estudio

El trabajo de investigación fue planteado de la siguiente manera;

**Parcela mayor (PM):** Variedades      **Parcela menor (Pm):** Densidades

**Tabla 3** Descripción de los factores y niveles de tratamiento de estudio

Parcela mayor (Variedad )	Parcela menor (Densidad de plantas)
$V_1 = \text{Huaycha}$	$D_1 = 18 \text{ plantas/m}^2$
	$D_2 = 16 \text{ plantas/m}^2$
	$D_3 = 14 \text{ plantas/m}^2$
	$D_4 = 12 \text{ plantas/m}^2$
$V_2 = \text{Imilla negra}$	$D_1 = 18 \text{ plantas/m}^2$
	$D_2 = 16 \text{ plantas/m}^2$
	$D_3 = 14 \text{ plantas/m}^2$
	$D_4 = 12 \text{ plantas/m}^2$



### a. Combinación factorial

La combinación de los factores da como resultado a ocho tratamientos con cuatro repeticiones, haciendo un total de treinta y dos unidades experimentales. A continuación se detalla de la siguiente manera.

**Tabla 4** La presente tabla muestra la combinación: Parcela mayor (PM) por parcela menor (Pm)

PM	Pm	Combinación	Tratamientos
V <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	v <sub>1</sub> d <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>
	D <sub>2</sub>	v <sub>1</sub> d <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>
	D <sub>3</sub>	v <sub>1</sub> d <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>
	D <sub>4</sub>	v <sub>1</sub> d <sub>4</sub>	T <sub>4</sub>
V <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	v <sub>2</sub> d <sub>1</sub>	T <sub>5</sub>
	D <sub>2</sub>	v <sub>2</sub> d <sub>2</sub>	T <sub>6</sub>
	D <sub>3</sub>	v <sub>2</sub> d <sub>3</sub>	T <sub>7</sub>
	D <sub>4</sub>	v <sub>2</sub> d <sub>4</sub>	T <sub>8</sub>

### b. Modelo lineal

Las parcelas divididas son útiles en aquellos experimentos donde la naturaleza de los factores deben aplicarse a unidades experimentales grandes, no constituye un diseño experimental si no, un arreglo factorial que se acomoda a un determinado diseño experimental. Se los utiliza cuando se tiene que evaluar con mejor precisión los niveles de cualquiera de los factores y por otro lado los factores son priorizados en función de los objetivos experimentales.

El modelo lineal para un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas está dado por: (Ochoa, 2009).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

**Dónde:**

**$Y_{ijk}$**  = Observación cualquiera.

**$\mu$**  = Media poblacional

**$\alpha_i$**  = Efecto i-ésimo nivel del factor variedad A.

**$\epsilon_{ik}$**  = Error experimental de la parcela mayor (EPPM)

**$\beta_j$**  = Efecto de j-ésimo nivel del factor densidad B.

**$(\alpha\beta)_{ij}$**  = Interacción del i-ésimo nivel del factor variedad PM con el j-ésimo nivel del factor densidad Pm (Interacción PMxPm).

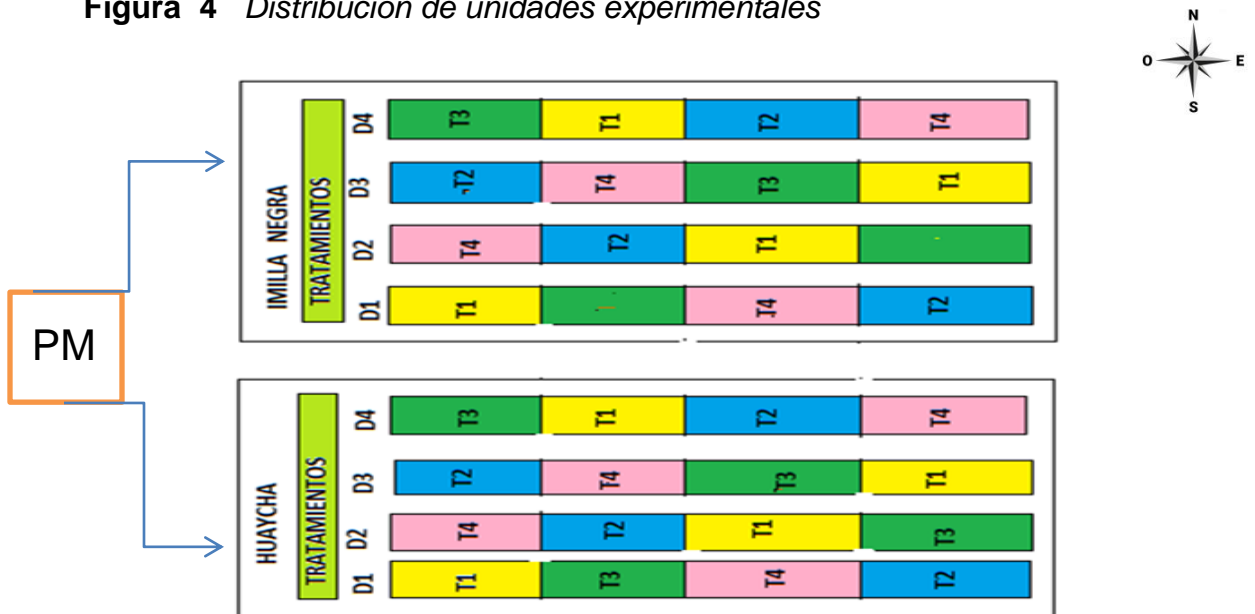
**$\epsilon_{ijk}$**  = Error experimental de la parcela menor (EEPm)

#### **4.4.2. Análisis estadístico**

Se realizó empleando un análisis de varianza (ANVA), para realizar la comparación de medias y así determinar las significancias estadísticas de la prueba, se realizó con la prueba Duncan a un nivel de significancia de 5%. para la prueba se apoyó con el programa de *Infostat* versión 10,5.

4.4.3. Croquis experimental representa la distribución de las unidades de estudio.

Figura 4 Distribución de unidades experimentales



#### 4.4.4. Variables de respuesta

La evaluación del comportamiento de los tratamientos y así llegar a los objetivos propuestos, se evaluaron dos veces por semana, durante 5 meses y dos semanas, en función a las siguientes variables:

##### a) Porcentaje de prendimiento

Se evaluó a partir de la primera semana hasta segunda semana (14 días), después del trasplante de plantas de papa provenientes de laboratorio, se realizó un conteo visual de plantas que agarraron el suelo en cada platabanda, de los ocho tratamientos y doce repeticiones de las dos variedades de papa (huaycha e imilla negra), las evaluaciones, se realizó dos veces por semana durante 14 días.

## **b) Altura de planta**

Para registrar la altura de la planta se evaluó a partir del día quince después del trasplante, se tomaron las doce plantas de cada tratamiento de las dos variedades, al principio se midió con la ayuda de una regla, posteriormente, se realizó el registro con la ayuda de un cinta métrica, se midió una vez por semana hasta la floración.

## **c. Diámetro de tallo**

La evaluación del diámetro del tallo, se realizó paralelamente con la altura de la planta, pasados quince días del trasplante de las dos variedades en estudio, se midió en milímetros (mm) con la ayuda de un vernier, se realizó una vez por semana, hasta antes de la defoliación.

## **d. Número de tubérculos por planta**

Se contabilizó, el número de tubérculos por cada tratamiento con sus respectivas repeticiones de las dos variedades de papa, dichas planta, fueron evaluadas desde el inicio del trabajo.

## **e. Peso de tubérculos por planta**

Los tubérculos cosechados de las 96 plantas, se realizó el respectivo pesaje con la ayuda de una balanza analítica, los tubérculos provenientes del invernadero.

## **f. Rendimiento**

El rendimiento se evaluó una vez cosechado los tubérculos de cada platabanda, los tubérculos cosechados de las dos variedades y de los tratamientos, se clasifico de acuerdo al calibre que corresponde, los pesos totales de los tubérculos semillas de las variedades (Huaycha e Imilla negra). Luego de la cosecha, los tubérculos son clasificados de acuerdo al tamaño, el trabajo se realizó, con la ayuda de un vernier el

cual se procede a medir el diámetro de acuerdo al siguiente parámetro: calibre I corresponde mayores a 40 milímetros (mm), calibre II están entre 30 y 40 milímetros (mm), calibre III, está entre 20 y 30 milímetros (mm), el calibre IV está entre 12 y 20 milímetros (mm) y por último el calibre V está representada inferiores a 12 milímetros (mm) de diámetro.

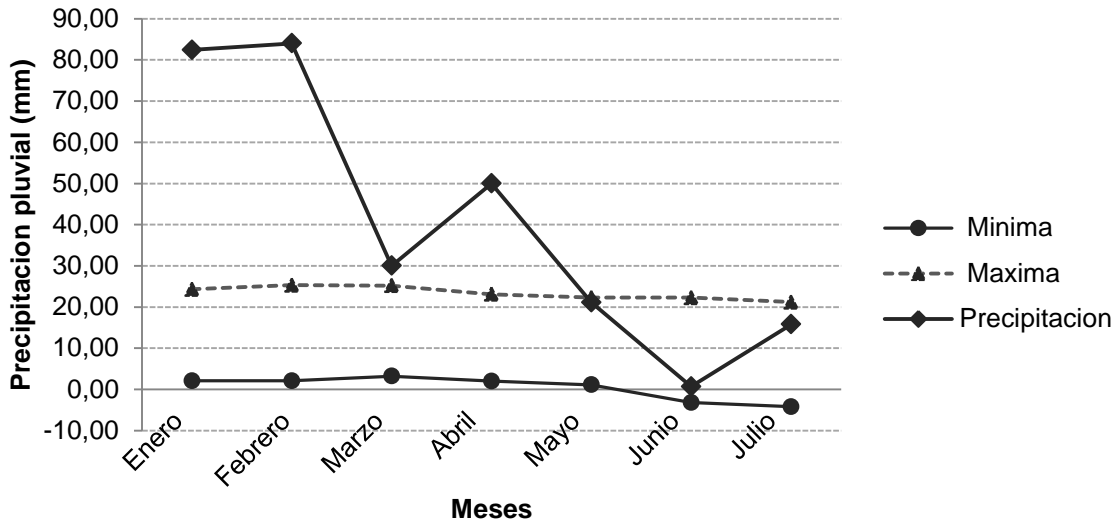
## **5. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

De acuerdo a los objetivos planteados, sobre obtención de semilla pre-básica, de dos variedades de vitro plantas de papa (*Solanum tuberosum* ssp.) Huaycha Paceña e Imilla Negra en invernadero del Centro Experimental de Cota Cota, se obtuvo los siguientes resultados:

### **5.1. Datos meteorológicos externo**

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, aclara que la información sea confiable, facilitar los datos históricos de estaciones hidrometeorológicas de todo el territorio nacional. Los datos de temperatura se obtuvieron de la estación meteorológica de Franco boliviano de Achumani de los meses enero a julio.

**Figura 4** Resumen mensual de los datos meteorológicos de durante el año 2019

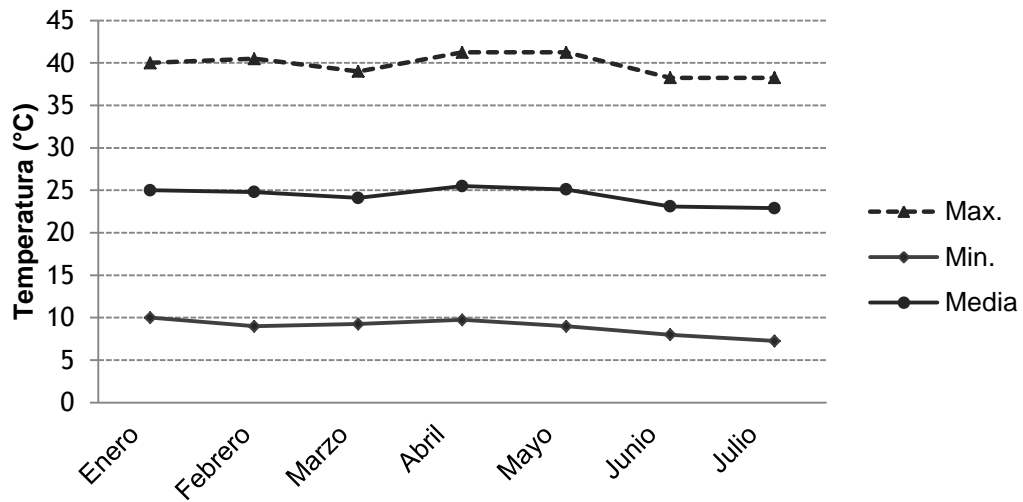


Fuente: SENAMHI - BOLIVIA, 2019

## 5.2. Datos de temperatura en el interior del invernadero

Se registró la temperatura en el interior del invernadero con la ayuda de un termómetro digital, las máximas alcanzó 40°C aproximadamente, a medio día durante 11:00 am a 14:00 pm, luego empieza a descender, las mínimas se registró hasta 5 °C por las mañanas y tardes el proceso de investigación desde el trasplante de plantines de papa hasta la cosecha.

**Figura 5** *Temperatura de del interior del invernadero*



### 5.3. Variable de Análisis

#### 5.3.1. Porcentaje de prendimiento (%Pp)

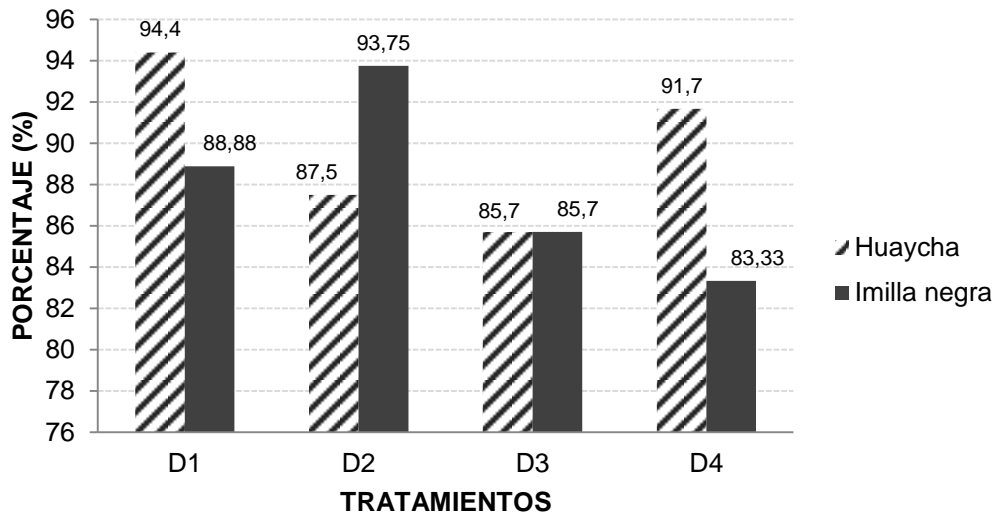
Para el análisis de la variable se utilizó la siguiente fórmula:

$$Pp\% = \text{Plantas vivas} / N^{\circ} \text{ total de plantas} * 100\%$$

#### 5.3.2. Porcentaje de prendimiento de la variedad Huaycha e imilla

El trabajo se realizó tomando los diferentes variables de respuesta en la investigación a partir de los vitro plantas de papa, ya obtenidas en el laboratorio de Biotecnología de cultivos Agrícolas.

Figura 6 Porcentaje de prendimiento en las densidades dos semanas de prueba



Varietal huaycha, in the figure 6, shows that the density 1 (0,15 m x 0,29 m) the germination percentage is 94%, for the density 2 (0,20 m x 0,20 m) the germination percentage is 87 %, the density 3 (0,25 m x 0,20 m) the germination percentage is 85,7 % and the density 4 (0,30 m x 0,20 m), the germination percentage is 91,7 %.

With respect to the variety Imilla negra the figure 18, reflects the density 1 (0,15 m x 0,20 m), the germination percentage is 88,9%, the density 2 (0,20 m x 0,20 m) the germination percentage is 93,8%, the density 3 (0,25 m x 0,20 m) the germination percentage is 85,7 % and the density 4 (0,30 m x 0,20 m) the germination percentage is 83,3 %.

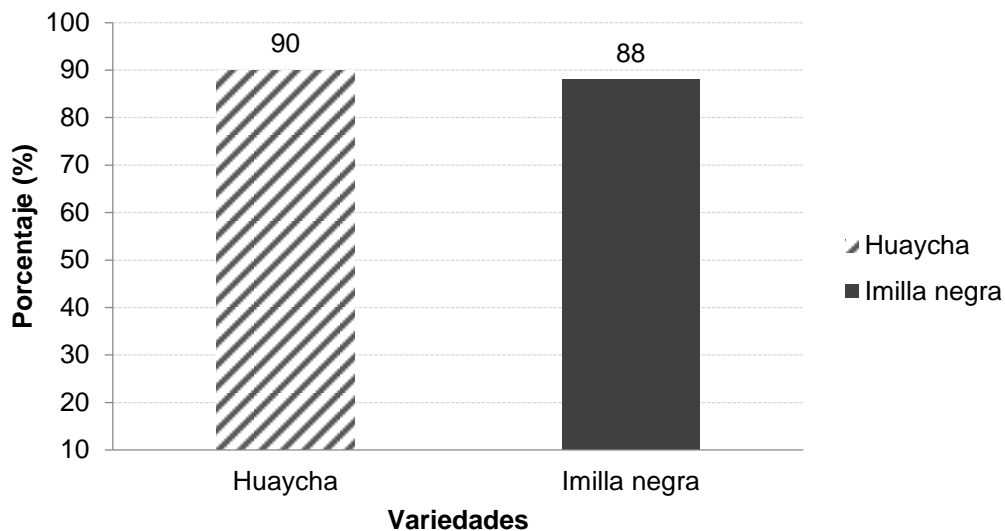
Both varieties of potato did not have high percentage of mortality for the reason that the adequate care and pre-acclimation prior to transplant in the definitive soil.



### 5.3.3. Porcentaje de prendimiento de dos variedades de papa (huaycha e imilla negra)

Los datos de campo para porcentaje de prendimiento en invernadero fueron evaluados, efecto de las densidades, no influyó estadísticamente en el porcentaje de prendimiento en invernadero en la figura muestra los resultados.

**Figura 7** *Porcentaje de prendimiento de la variedad Huaycha e Imilla negra*



En la figura 7, se observa la variedad huaycha de 60 plantas que representa el 100%, donde el porcentaje de prendimiento es de 90% (54 plantas) y el porcentaje de plantas muertas es de 10% equivale a (6 plantas) y la variedad imilla negra 60 plantas representa el 100%, donde el porcentaje de prendimiento es de 88% que equivalente a (53 plantas) y el porcentaje de plantas muertas con es de 12% equivalente a (7 plantas), la variedad huaycha tiene mejor porcentaje de prendimiento con 90% mientras que la variedad Imilla negra es de 88%, sucede por diferentes factores abióticos y fisiológicos de cada variedad.

Mamani (2011), obtuvo la media general para el porcentaje de prendimiento fue de 99,37 %, la distancia entre líneas de 20 cm con un valor de 99,60 % seguida de un promedio de 99,14 % para la distancia de 25 cm. La distancia entre plantas de 10 cm presentó un promedio en porcentaje de prendimiento con un valor de 99,80 % seguida de un promedio de 99,26 %, para la distancia de 13 cm y finalmente el promedio de 99,05 % para la distancia de 15 cm. (pp. 73)

#### 5.4. Altura de planta

##### 5.4.1. Análisis de varianza en altura de plantas

**Tabla 5.** Análisis de Varianza Altura de Planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
(PM)Variedad	848,00	1	848,00	125,71	<0,0001**
EEPM	40,47	6	6,75		
(Pm)Densidad	20,52	3	6,84	4,96	0,0111*
(PM*Pm)Variedad*Densidad	22,98	3	7,66	5,55	0,0071**
EEPm	24,84	18	1,38		
Total	956,81	31			

No significativo=NS

Significativo \*

Altamente significativo \*\*

CV=5,74%

El coeficiente de variación es de 5,74 %, este resultado indica que los datos manejados en el diseño experimental para la altura de planta son confiables, debido que representa el grado de dispersión de las observaciones en términos porcentuales

El análisis de varianza realizado para la altura de planta muestra en la tabla 5, que existe diferencia altamente significativa en PM (variedad), lo que nos da a entender,

que es bueno trabajar con dos variedades diferentes (Huaycha e Imilla negra), ya que habrá diferencia en el promedio de altura.

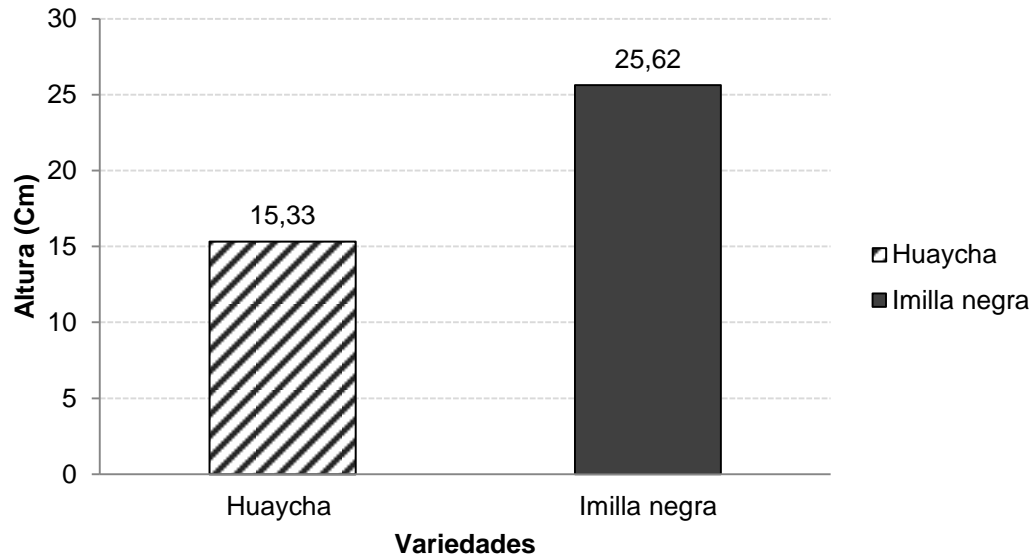
Por tanto, se observa que existe diferencia significativa en Pm (densidad), lo que demuestra que tiene influencia significativa en la altura, al trabajar con las diferentes densidades (12 pt/m<sup>2</sup>, 14 pt/m<sup>2</sup>, 16 pt/m<sup>2</sup> y 18 pt/m<sup>2</sup>).

Con respecto a la interacción en la PM\*Pm (variedad por densidad), al ser altamente significativo, indica que ambos actúan de forma dependiente, en relación a esta variable.

#### **5.4.2. Altura de planta, respecto al PM variedad**

A una probabilidad (5%) se observaron diferencias altamente significativas para el factor variedad, respecto a la altura de planta, para comprobar la diferencia se realizó la prueba Duncan.

**Figura 8** Prueba de Duncan Diferencia de Factor Variedad con Respecto Altura de la Planta.



La figura 8, se muestra que a un nivel de significancia 5%, establece que la variedad huaycha obtuvo un promedio de 15,33 cm de altura de planta, así mismo la variedad Imilla Negra presenta un promedio general en altura de 25,62 cm, determinando que si existe diferencias significativas entre ambas variedades.

La variedad imilla negra llego aclimatarse fácilmente en el invernadero, por la asimilación y disponibilidad de nutrientes en el sustrato y textura, mientras que la variedad huaycha tardo en aclimatarse debido a la lenta asimilación de nutrientes del sustrato y por factores abióticos.

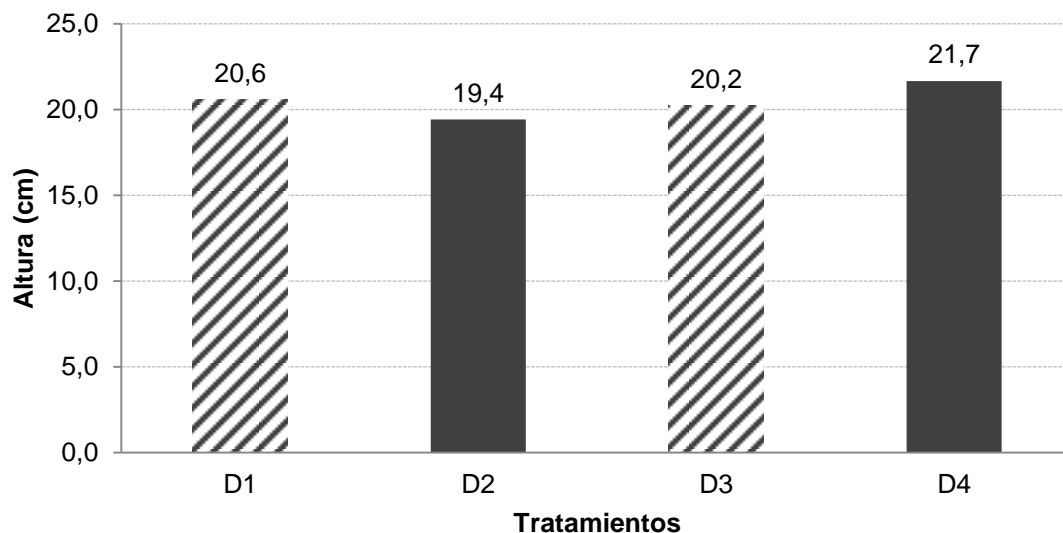
Con respecto al resultado de la altura de la papa menciona ,Pinaya, (2013) los resultados obtenidos con respecto a la altura de la planta ,fueron por el efecto de las características de textura del sustrato,que ayudaron a la aireacion y drenaje de l agua,temperatura, luz y la disponibilidad de nutrientes a las cuales fueron expuestas las tres variedades de papa. (pág. 30)

Romero ,(2019), Obtuvo altura promedio en cm de las plantas de papa Chaucha roja a los 94 días de siembra, van desde 44.3 a 45,9cm el ensayo experimental se realizó en el campus Querochaca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, ubicado a una altura de 2 865 m.s.n.m. Las plantas de papa chaucha roja son pequeñas si se compara con las alturas que alcanzan otras variedades de papa, esto se debe a las características genéticas de su variedad. (pp. 42-53)

#### 5.4.3. Altura de planta, respecto al factor Pm (densidad)

A una probabilidad (5%) se observaron diferencias significativas para el factor tratamiento (Pm) con respecto a la altura, para comprobar la diferencia se realizó la prueba Duncan.

**Figura 9** Prueba de Promedios Duncan con respecto altura de la planta por el efecto de tratamientos



En las diferentes densidades en estudio, la figura 9, muestra diferencias significativas, que está determinado con cuatro estratificaciones en altura; la densidad 1 (0,15m x 0,20 m entre plantas), presentó un promedio en altura de 20, cm; seguido por la densidad 2 (0,20 m x 0,20m entre plantas) con 19,4 cm; la densidad 3 (0,25 m x

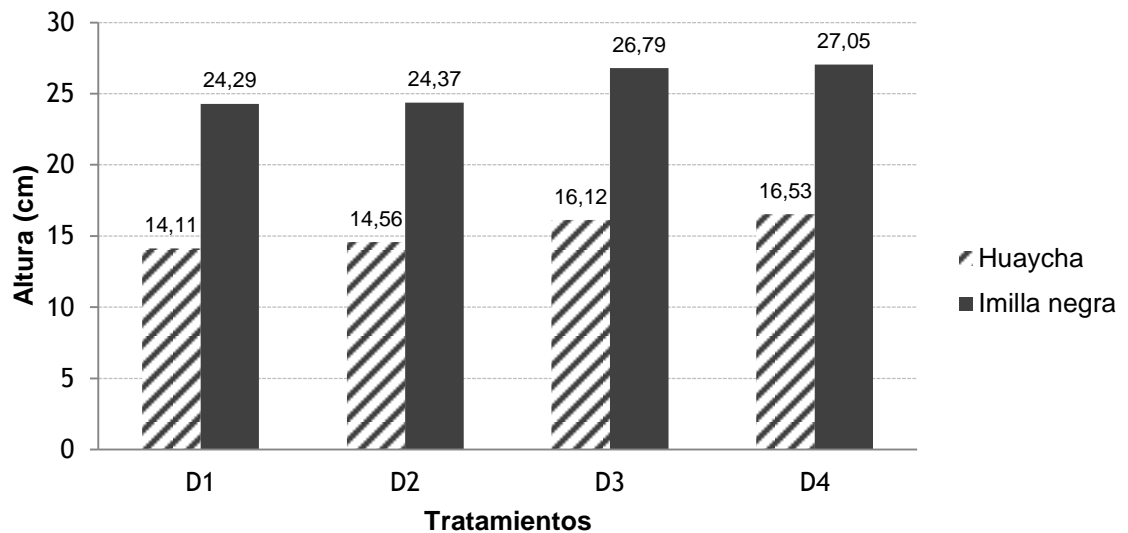
0,20 entre plantas), presentó 20,2 cm de altura y finalmente la densidad 4 (0,30 m x 0,20m entre plantas), obtuvo 21,7 cm, considerada la altura más alta.

Se observa un desarrollo longitudinal de las variedades (Huaycha e Imilla negra), con respecto a los tratamientos (Pm) la influencia es parcial en desarrollo de la altura de la planta, se debe a diferentes factores abióticos en el invernadero.

#### 5.4.4. Altura de planta, respecto a la interacción

A una probabilidad (5%) se observaron diferencias altamente significativas PM x Pm (variedad por densidad) para el factor variedad, respecto a la altura de planta, para comprobar la diferencia se realizó la prueba Duncan.

**Figura 10** Variación en altura de planta por Interacción entre (PM x Pm) variedades por diferentes densidades



Como se observa en la Figura 10, la variedad Imilla negra tiene mayores alturas la densidad 4 (0,30m x 0,20 m entre plantas), alcanzó una altura de 27,05 cm, la densidad 3 (0,25 m x 0,20 m entre plantas), tiene una altura de 26,79 cm, mientras que la densidad 2 (0,20 m x 0,20 m entre plantas), tiene una altura de 24,37 cm y la densidad 1 (0,15 m x 0,20 m entre plantas), alcanzo una altura menor de 24,29 cm.

En la variedad Huaycha se observa menores alturas: la densidad 4 (0,30 m x 0,20 m entre plantas), alcanzó una altura de 16,53 cm, densidad 3 (0,25 m x 0,20 m entre plantas), tiene una altura de 16,12 cm, mientras que la densidad 2 (0,20 m x 0,20 m entre plantas), tiene una altura de 14,56 cm, densidad 1 (0,15 m x 0,20 m entre plantas), alcanzó una altura menor de 14,11 cm.

En la figura 10, refleja ambas variedades Huaycha e Imilla negra, con respecto a la altura presenta diferencias entre ambos es por el factor varietal y abióticos del invernadero.

Reportó Baron, *et al.*, (2021) para la variables altura de la planta, realizando comparación de medias entre variedades al 95% registro los siguientes resultados: La variedad Romano 33,97 cm, Desirée 24,37 cm, Huaycha 44,27 cm, Pinta boca 19,67 cm, la variedad huaycha reportó el mayor desarrollo en altura de las cuatro variedades. (pp.75-76)

## 5.5. Diámetro del tallo de la planta

### 5.5.1. Análisis de varianza para el diámetro de tallo de la planta.

**Tabla 6** Análisis de Varianza Diámetro de la Planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
(PM)Variedad	1,02	1	1,02	9,75	0,0205*
EEPM	0,04	6	0,10		
(Pm)Densidad	0,04	3	0,01	0,41	0,7451NS
(PM*Pm)Variedad*Densidad	0,03	3	0,01	0,39	0,7585NS
EEPm	0,52	18	0,03		
Total	2,36	31			

No significativo=NS

Significativo \*

Altamente significativo \*\*

CV=6,89%

El coeficiente de variación es de 6,89 %, este resultado indica que los datos manejados en el diseño experimental para el diámetro de tallo por planta son confiables, debido que representa el grado de dispersión de las observaciones en términos porcentuales.

Por tanto, como se observa en la tabla 6, existe diferencia significativa en PM variedad, lo que nos da a entender que es bueno utilizar las variedades (Huaycha e Imilla Negra), ya que de todas maneras habrá diferencias en diámetro del tallo.

El análisis de varianza para el diámetro de tallo, muestra que no existe diferencia significativa en Pm (densidad), lo que demuestra que este factor no tiene influencia en el promedio de diámetro.

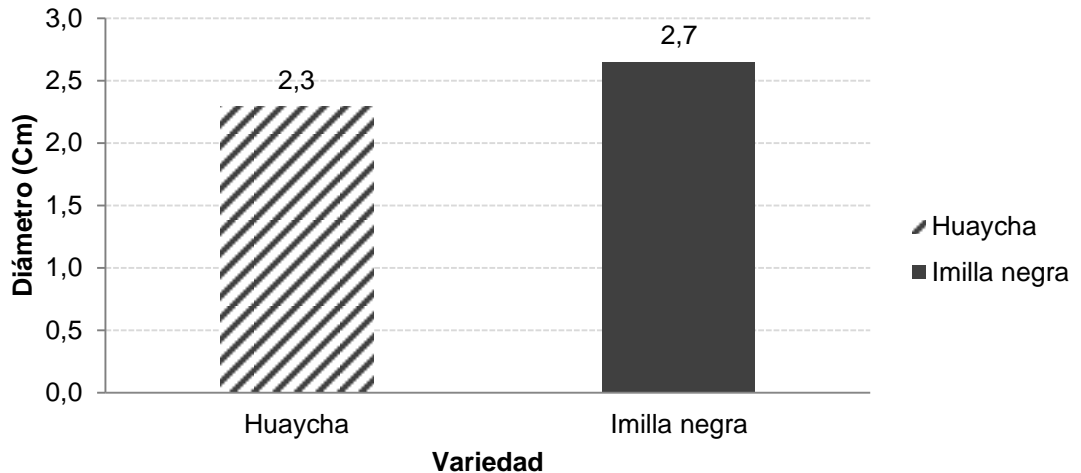
Con respecto a la interacción PM\*Pm (variedad por densidad), al ser no significativo, indica que ambos factores actúan de forma independiente, en relación a esta variable.

### **5.5.2. Diámetro del tallo de la planta, respecto al factor variedad**

A una probabilidad (5%) se observaron diferencias significativas para el factor variedad, respecto al diámetro de planta, para comprobar la diferencia se realizó la prueba Duncan.



**Figura 11** Prueba de Promedios Duncan para el diámetro de panta con respecto a Variedad



En la figura 11, se afirma que a un nivel de significancia 5%, establece que la variedad huaycha obtuvo un promedio de 2,3 mm en diámetro del tallo por planta, así mismo la variedad Imilla Negra presenta un promedio general en diámetro de 2,7 mm, determinando que si existe diferencias significativas entre ambas variedades.

Debido a que la variedad imilla negra llego aclimatarse fácilmente y gano el diámetro del tallo, por la asimilación de nutrientes del sustrato, mientras que la variedad huaycha tardo en aclimatarse, debido a la lenta asimilación de nutrientes del sustrato.

Coral (2016), evaluó a nivel de invernadero la producción de semilla de la variedad Capiro (*Solanum tuberosum*), por lo cual se tomó 180 (dds) el mejor diámetro de los tratamiento, tubérculo-semilla con 7,06 mm, finalizando a este tiempo su ciclo vegetativo, seguido del tratamiento dos brote con 6,25 mm, el menor diámetro lo registró el tratamiento uno esqueje con 5,43mm respectivamente. El trabajo se realizó en el centro Experimental San Francisco UPEC, que se encuentra ubicado en el cantón Huaca sector denominado la Calera. Provincia Carchi, Cantón Huaca, Altitud,

2785 m.s.n.m. Temperatura promedio 12.8°C, Latitud X: 77°39'20"UTM Longitud Y: 00°33'59". UTM (p. 27-51)

Mamani (2011), Obtuvo los siguientes resultados; diámetro de tallo para una distancia de 15 cm se obtuvo un promedio de 0,596 cm seguido de 0,591 cm para 10 cm y finalmente 0,573 cm para 13 cm de distancia, el presente trabajo de investigación se realizó en los invernaderos de la Unidad de Producción de Semilla de Papa (SEPA-SAM), provincia de Quillacollo, Cochabamba. Geográficamente se encuentra ubicada a 17° 20.93' L. S. y 66° 15.535' L. O. a una altitud de 2.620 m.s.n.m. (pp.39-71).

## 5.6. Número de tubérculos producidos por planta

### 5.6.1. Análisis de varianza para el número de tubérculos planta.

**Tabla 7** Análisis de varianza para el número de tubérculos producidos por planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
(PM)Variedad	7,01	1	7,01	63,04	<0,0002**
EEPM	0,67	6	0,11		
(Pm)Densidad	2,98	3	0,99	6,34	0,0040*
(PM*Pm)Variedad*Densidad	0,71	3	0,24	1,51	0,2449NS
EEPm	2,82	18	0,16		
Total	14,19	31			

No significativo=NS

Significativo \*

Altamente significativo \*\*

CV=10,96%

El coeficiente de variación es de 10,96 %, este resultado indica que los datos manejados en el diseño experimental para el número de tubérculos producidos por tratamientos son confiables, debido que representa el grado de dispersión de las observaciones en términos porcentuales.

El análisis realizado en la tabla 7, para el número de tubérculos producidos por planta, se observa que existe diferencia altamente significativa en PM variedad, lo que nos da a entender que es bueno utilizar las variedades (Huacha e Imilla Negra), ya que de todas maneras habrá diferencia en el número de tubérculos por planta.

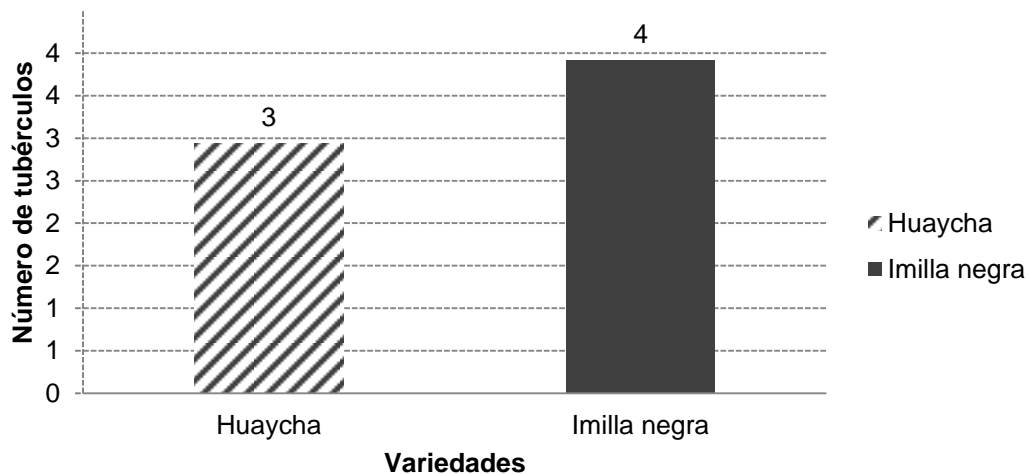
Con respecto al Pm densidad, lo que demuestra que este factor tiene influencia significativa en el promedio de número de tubérculos por tratamiento.

Con respecto a la interacción de la variedad por densidad, al ser no significativo, indica que ambos factores actúan de forma independiente, en relación a esta variable.

### 5.6.2. Número de tubérculos producidos, respecto al factor variedad

A una probabilidad (5%) se observaron diferencias altamente significativas para el factor variedad, respecto al número de tubérculos, para comprobar la diferencia se realizó la prueba Duncan.

**Figura 12** Prueba de promedios Duncan para el número de tubérculos por la variedad.



En la figura 12, se refleja que a un nivel de significancia 5%, establece que la variedad huaycha obtuvo un promedio de 3 tubérculos, así mismo la variedad Imilla

Negra presenta un promedio general de 4 tubérculos, determinando que si existe diferencias altamente significativas entre ambas variedades.

Debido a que la variedad imilla negra llego aclimatarse fácilmente en el invernadero, por la asimilación de nutrientes, sustrato, mientras que la variedad huaycha tardo en aclimatarse, debido a la lenta asimilación de nutrientes del sustrato es lenta.

Pinaya (2013), "*Indica sobre la producción del número total de tubérculos de las tres variedades, que obtuvo en la comparación de medias las diferencias entre variedades Wila Phiño con 44 tuberculos, Waycha e india 24 y 18 tuberculos respectivamente*". (p. 51)

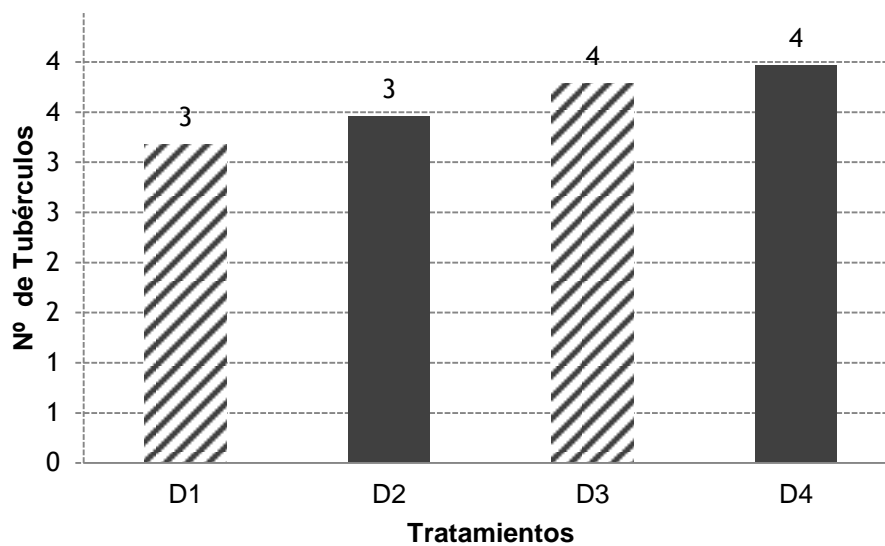
Afirma Choque, *et al.*, (2021), reporto en relación al número de tubérculos por planta, Saq'ampaya tiene 11.55; Imilla Negra con 10.52 y Waych'a con 8.46. El trabajo de investigación se desarrolló en la comunidad Jiwasi Chico municipio de tiawanacu y Causaya municipio de Taraco del departamento de La Paz, geográficamente situado a 16° 28' 05.3" de latitud sur y 68° 55' 22.8" longitud oeste, a una altitud de 3 845 m s.n.m. y situado a 16° 24' y 16° 40' latitud sur y 68° 47' y 68° 35' latitud oeste, a una altura de 3 840 m.s.n.m. (pp. 48-49)

Mullo (2014), el ensayo se desarrolla en el Campo Docente Experimental "La Tola"(CADET) ubicada en Canton Quito, provincia de Pichincha a una altitud de 2465m.s.n.m., Latitud 00°11 45' y longitud de 78° 30 14' Oeste, temperatura media de 15,75°C. En el análisis de los resultados del indicador "Número de tubérculos por planta" la variedad Super chola presentó un promedio de 9.93 tubérculos y para la variedad Diacol - Capiro el promedio fue de 6.94 tubérculos. (pp. 17-40)

### 5.6.3. Número de tubérculos producidos, respecto a los tratamientos (densidades)

A una probabilidad (5%) se observaron diferencias altamente significativas para el factor densidad, respecto al número de tubérculos, para comprobar la diferencia se realizó la prueba Duncan.

**Figura 13** Prueba de promedios Duncan para el número de tubérculos por efecto de las diferentes densidades



Por efecto se estima, que las diferentes densidades (figura 13), establece diferencias significativas, determinando cuatro estratificaciones de número de tubérculos por planta; la densidad 1 (0,15 m x 0,20 m entre plantas), presentó un promedio en número de tubérculos 3; seguido por la densidad 2 (0,20 m x 0,20 m entre plantas) con 3 tubérculos; la tercera densidad (0,25 m x 0, 20 m entre plantas), que presento 4 tubérculos y la densidad 4 (0,30 m x 0, 20 m entre plantas), obtuvo 4 tubérculos, consideradas, la de mayor número de tubérculos.

Mamani (2014), obtuvo tubérculos-semilla de ambos sistemas de proveniencia; aeropónico y convencional número de tubérculos por planta entre las variedades

estudiadas fluctúan entre un máximo de 64 tub/pl (Puka katawi) y un mínimo de 16 tub/pl. (Polonial), el presente trabajo se realizó en la comunidad de Chuto Orcko del Municipio de Cocapata de la Provincia Ayopaya del Departamento de Cochabamba, área de producción de semilla de papa SEPA. La parcela está situada geográficamente a 16°47'37.61" de latitud Sud y 66°39'0.38" de longitud Oeste y a una altura de 3808 m.s.n.m. (pp.26 - 99)

Archi, (2020) registró los promedios del número de tubérculos por planta, se aprecia que en los tratamientos 4 (0.40 m x 0.40 m) con un promedio 3.22 (11 tubérculos), tratamiento 3 (0,30 m x 0,30 m) con un promedio de 2,58 (7 tubérculos), tratamiento 2 (0,20 m x 0,30 m) con un promedio de 3,03 (9,50 tubérculos), la densidad 1 (0,20 m x 0,20 m) con un promedio de 2,52 (6,50 tubérculos) las diferencias es a causa de que a mayor densidad de plantas por área existe competencia de agua, luz, nutrientes, etc.; por ende disminuye el número y tamaño de tubérculos. El presente trabajo de investigación fue desarrollado en la Localidad Cooperativa Santa Isabel, durante la campaña agrícola 2018 Distrito: Huancayo Provincia: Huancayo Región: Junín Ubicación geográfica Altitud: 3250 msnm Latitud Sur: 12°03' 12", Longitud Oeste: 75°11'18 ".

## 5.7. Peso de tubérculos

### 5.7.1. Análisis de varianza para el peso de tubérculos producidos por planta.

**Tabla 8** Análisis de varianza para el peso de tubérculos producidos

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
(PM)Variedad	1797,65	1	1797,65	1,99	<0,2078NS
EEPM	5414,13	6	902,36		
(Pm)Densidad	3958,95	3	1319,65	5,26	0,0088*
(PM*Pm)Variedad*Densidad	658,67	3	219,56	0,88	0,4721NS
EEPm	4513,52	18	250,75		
Total	16342,92	31			

No significativo=NS

Significativo \*

Altamente significativo \*\*

CV= 14,44%

El coeficiente de variación es de 14,44 %, este resultado indica que los datos manejados en el diseño experimental para el peso del tubérculo, son confiables, debido que representa el grado de dispersión de las observaciones en términos de porcentaje

El análisis de varianza realizado para el peso de tubérculos producidos muestra la (Tabla 8), que no existe diferencias en PM Variedad, lo que demuestra que este factor tiene influencia no significativa en el promedio de peso de tubérculos por planta.

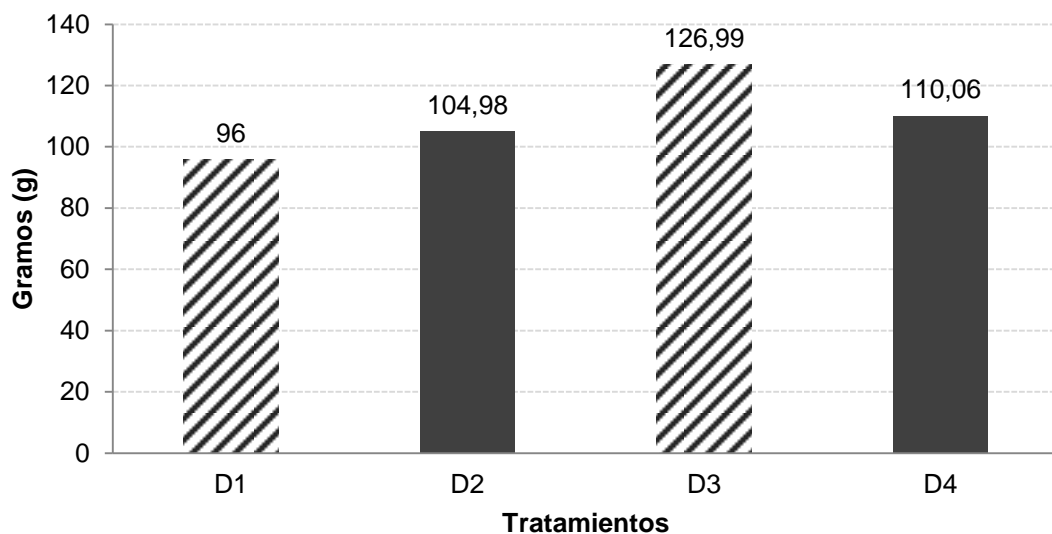
Por tanto, se observa que existe diferencia significativa en Pm densidad, lo que nos da a entender que es bueno trabajar con las diferentes densidades (0,15 m, 0,20 m, 0,25 m y 0,30 m), ya que de todas maneras habrá diferencias en peso de tubérculos producidos por planta.

Con respecto a la interacción PM\*Pm (variedad por densidad), al ser no significativo, indica que ambos factores actúan de forma independiente, en relación a esta variable.

### 5.7.2. Peso de tubérculos producidos, respecto al factor (densidad)

A una probabilidad (5%) se observaron diferencias significativas para el factor densidad, respecto al peso de tubérculos, para comprobar la diferencia se realizó la prueba Duncan.

**Figura 14** Prueba de promedios Duncan para el peso de tubérculos por efecto de las diferentes densidades



Por efecto se estima que las diferentes densidades (figura 14), establece diferencias significativas, determinando cuatro estratificaciones del peso de tubérculos por planta; la densidad 1 (0,15 m x 0,20 m entre plantas), presentó un promedio en peso de tubérculos de 96 gramos/planta; seguido por la densidad 2 (0,20 m x 0,20 m entre plantas), con 104,98 gramos/planta; la densidad 3 (0,25 m x 0,20



m entre plantas), que presentó 126,99 gramos/planta y finalmente la densidad 4 (0,30 m x 0,20 m entre plantas), obtuvo 110,06 gramos/planta, la densidad 3 es considerada de mayor peso de tubérculos por planta.

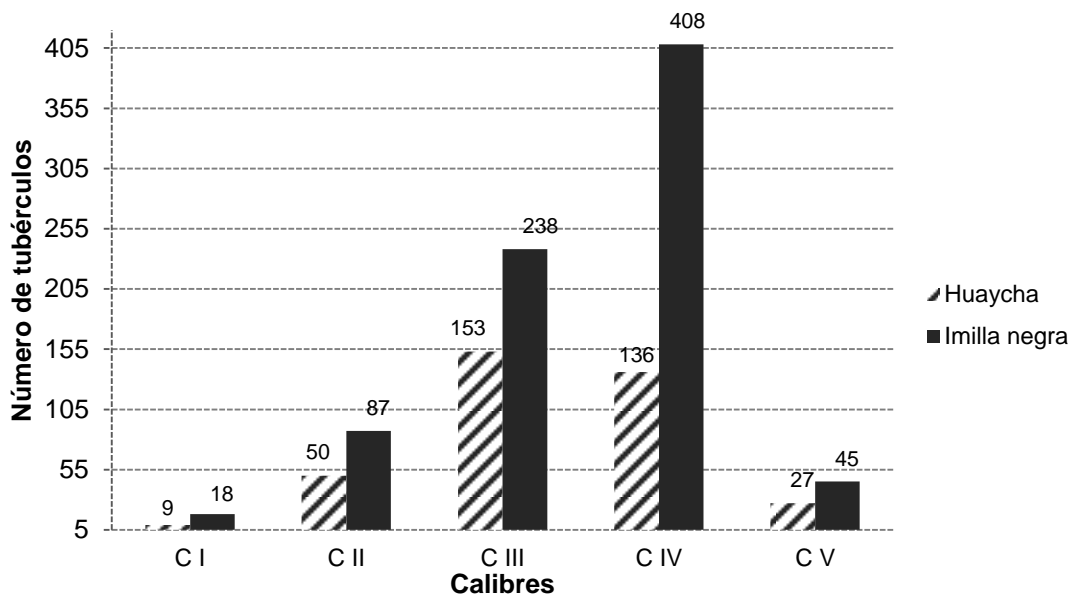
Coral, (2016), demuestra que la variedad Capiro, alcanza un peso de tubérculo-semilla con 1811,42 g/planta seguido de los tratamientos: tres brotes compartidos con 1019,15 g/planta, tratamiento dos brote con 1016,10 g/planta, el menor rendimiento lo registra el tratamiento uno esqueje con 645 g/planta.(p.55)

Choque *et al.*, (2021) “obtuvo el promedio del rendimiento por variedades para la variedad Saq'ampaya fue de 307.79 g/planta, Waych'a fue de 276,34g /planta e Imilla negra de 251.61 g/planta. No existe diferencia, pero la variedad nativa comercial muestra mejor rendimiento”. (p.49.)

### 5.8. Comparación de número de tubérculos por calibres

Se observa la comparación de cinco diferentes calibres o tamaños de tubérculos de papa.

Figura 15 Número de tubérculos por calibres



Según la figura 15, se compara el promedio de número de tubérculos con respecto a los calibres: la variedad imilla negra tiene mayor número de tubérculos, respecto a los calibres, el calibre IV presenta mayor número de tubérculos de 408, seguido del calibre III que tiene 238 tubérculos, mientras que el calibre II tiene 87 tubérculos, el calibre V, presento 45 tubérculos y el calibre I presentó menor a 18 tubérculos.

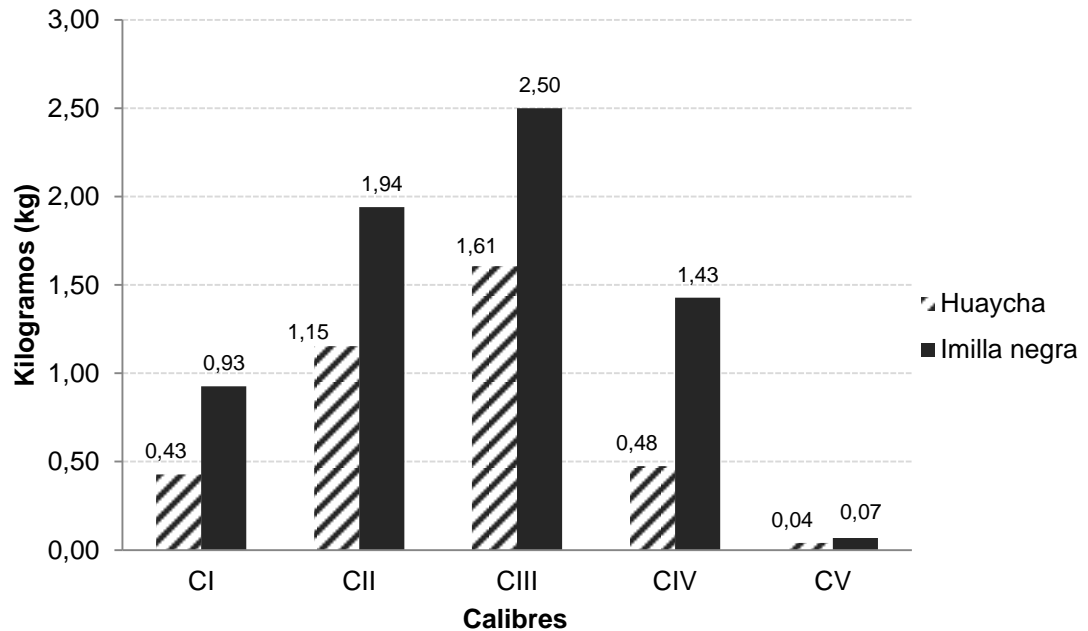
En la variedad huaycha, reporta, menor número de tubérculos: respecto a los calibres, el calibre III, presenta mayor número de tubérculos de 153, seguido del calibre IV que tiene 136 tubérculos, mientras que el calibre II tiene 50 tubérculos, el calibre V, presento 27 tubérculos y el calibre I presento, menor a 9 tubérculos.

Mamani, (2011) *“obtuvo en la variedad Agata semilla tuberculo-papa los siguientes resultados a una media general para el número de tubérculos por calibre; el calibre II fue de 23 tubérculos, calibre III fue de 117 tubérculos, calibre IV fue de 450 tubérculos, calibre V fue de 231 tubérculos, calibre VI es de 119 tubérculos”*.

### 5.9. Comparación peso de tubérculos (g) por calibre

En la figura se muestra, los pesos de tubérculos en relación a los diferentes calibres.

**Figura 16** *Peso de tubérculos por calibres.*



Según la figura16, comparamos el promedio de los calibres, con respecto al peso: en la variedad imilla negra tiene mayor peso en tubérculos, respecto a los calibres, el calibre III, presenta mayor peso en tubérculos de 2,50 kilogramos, seguido del calibre II que tiene 1,94 kilogramos, mientras que el calibre IV, tiene un peso de 1,43 kilogramos, el calibre I, presentó 0,93 kilogramos y por último el calibre V, presentó un peso menor de 0,07 gramos en peso.

En la variedad huaycha, se observa menor peso de tubérculos: respecto a los calibres, el calibre III, presenta mayor peso en tubérculos de 1,61 kilogramos, seguido del calibre II, que tiene 1,15 kilogramos, mientras que el calibre IV, tiene 0,48

kilogramos, el calibre I, presentó 0,43 kilogramos y el calibre V presentó un peso menor de 0,04 kilogramos.

En general significa que la variedad imilla negra presenta con mejor número de tubérculos es el calibre II y III, mientras en la variedad huaycha de igual manera el mejor son en calibre II y III tienen mayor número de tubérculos, mencionadas categorías son más preferibles para la producción de semilla, para la siguiente generación de categoría que es la categoría básica.

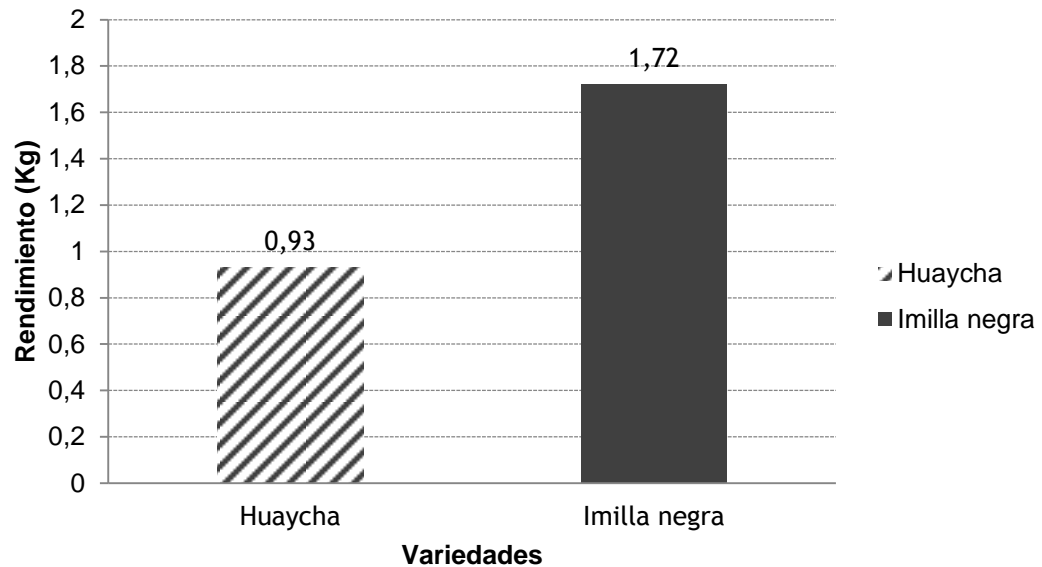
Mamani (2011), Obtuvo la media general peso de tubérculos por calibre de la variedad de papa Agata con los siguientes resultados; el calibre II fue de 1,067 kg, calibre III fue de 3,171 kg, calibre IV fue de 5,463 kg, calibre V fue de 0,967 kg y calibre VI fue de 0,288 kg. (pp.100 - 111)

Calle, (2013) El procedimiento se inicia con la selección de individuos sobresalientes de las variedades comerciales Huaycha e Imilla negra la producción de tubérculos-semilla clasificados por peso corresponde al calibre C1= 3350 g, C2 = 2424g, C3 = 5274g, C4 = 1774 y C5 = 424 g. El trabajo se desarrolló en los predios de la Estación Experimental de Toralapa, ubicada en el Municipio de Tiraque, Cochabamba. (p.65)

### 5.10. Comparación de rendimiento de las variedades

La figura 17, demuestra el rendimiento de las dos variedades de papa tubérculo-semilla por metro cuadrado.

**Figura 17** Comparación del rendimiento de las variedades Huaycha e Imilla negra.



Como se observa en la figura 17, la variedad Imilla negra tiene mayor rendimiento en área de cuatro metros cuadrados total de 6,861 kg/m<sup>2</sup> y por metro cuadrado su rendimiento es de 1,715 kg/m<sup>2</sup>.

La variedad Huaycha, en área de cuatro metros cuadrados tuvo un rendimiento de 3,706 Kg/m<sup>2</sup> y por metro cuadrado el rendimiento es de 0,927 kg/m<sup>2</sup>.

Calle *et al.*,(2013), “Los rendimientos por metro cuadrado para la Imilla negra fueron de 1,037 kg/m<sup>2</sup> y para la variedad Huaycha fue de 1,477 kg/m<sup>2</sup>”. (p.65).

Con respecto al rendimiento, Mamani (2014), obtuvo los rendimientos en t/ha, fueron similares para ambos sistemas de procedencia del tubérculo-semilla, fluctúan entre un máximo de 44.9 t/ha (Huaycha de procedencia aeropónico) y un mínimo y 28.8 t/ha (Imilla Blanca de procedencia convencional). Entre tanto también las características climatológicas del lugar favorecieron la producción, como también los niveles de fertilización. (p.99)

## 6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos de las dos variedades comerciales mostró diferencias en las densidades, dentro del ambiente invernadero, se establece las siguientes conclusiones:

- El porcentaje de prendimiento en relación a los tratamientos, la variedad huaycha, de la densidad 1(0,15 m x 0, 29 m), presenta el mejor porcentaje de prendimiento de 94% y en la variedad Imilla negra sobresale la densidad 2(0,20 m x 0, 20 m) el porcentaje de prendimiento es de 93,8%.
- El porcentaje de prendimiento en relación en las dos variedades, posterior al trasplante (dos semanas), alcanzó, huaycha 87,5 % e Imilla negra 85,5%
- Con respecto a la altura de planta de papa: la variedad huaycha obtuvo un promedio de 15,33 cm de altura de planta, así mismo la variedad Imilla Negra presenta un promedio general en altura de 25,62 cm, determinando que si existe diferencias significativas entre ambas variedades.
- Con respecto a la influencia en altura de la planta en las densidades: la densidad 4 alcanzó una altura promedio de 21,7 cm y la menor altura presenta la densidad 2 con 19,4 cm.
- En la interacción de las variedades y densidades con respecto en la altura de la planta de papa, la variedad Huaycha, en la densidad 4 con alcanzó 16,56 cm y la variedad Imilla negra en la densidad 4 presenta la mayor altura de 27, 05 cm.
- En cuanto al diámetro del tallo de la planta de papa, establece que la variedad huaycha obtuvo un promedio de 2,3 mm en diámetro y la variedad Imilla negra presenta un promedio general en diámetro de 2,7 mm.
- Para el número de tubérculos por planta, establece que la variedad huaycha obtuvo un promedio de 3 tubérculos, así mismo la variedad imilla negra presenta un promedio general de 4 tubérculos.
- En relación al número de tubérculos por planta con respecto a las densidades: la densidad 4 (0,30 m x 0, 20 m entre plantas), obtuvo 4 tubérculos en

promedio y la densidad 1 (0,15 m x 0,20 m entre plantas) presento 3 tubérculos en promedio.

- La comparación en el peso de tubérculos en las diferentes densidades: sobresale con mejor peso la densidad 3 (0,25 m x 0,20 m entre plantas) con 126,99 g y con menor peso es la densidad 1 (0,15 m x 0,20 m entre plantas).
- Comparamos el número de tubérculos con respecto a los calibres: la variedad imilla negra tiene mayor número de tubérculos, el calibre IV presenta 408 tubérculos y el calibre I presentó menor a 18 tubérculos en la variedad huaycha, presento menor número de tubérculos: respecto a los calibres, el calibre III, presenta 153 tubérculos, y el calibre I presentó menor a 9 tubérculos
- Con respecto al promedio, peso por calibre: la variedad imilla negra tiene mayor peso: el calibre III, presenta mayor peso en tubérculos de 2,5 kilo y por último el calibre V presenta 0,07 Kilogramos, en la variedad huaycha, se observa, el calibre III presenta 1,61 kilo gramos, y con menor peso el calibre V con 0,04 kilogramos.
- El rendimiento por metro cuadrado, la variedad imilla negra tiene mayor rendimiento, un total de 1,715 kg/m<sup>2</sup>, a su vez, la variedad huaycha, en área similar tuvo un rendimiento de 0,927 kg/m<sup>2</sup> de peso.



## 7. RECOMENDACIONES

Sobre la base de las conclusiones obtenidas, se recomienda lo siguiente:

- Se recomienda, realizar la pre-aclimatación de las vitro plantas de papa, provenientes del laboratorio previo al trasplante en el invernadero.
- Se recomienda trabajar con la densidad 4 (0,30 m x 0, 20 m entre plantas), donde se obtuvo 4 tubérculos promedio, considerada la densidad de mayor número de tubérculos, en otras variedades de papa.
- Se sugiere utilizar las técnicas que ofrecen la biotecnología con la obtención de semilla pre –básica de papa de alto valor varietal.
- La técnica de Biotecnología, es recomendable utilizar en diferentes cultivos, que se dedican a la producción de semillas de alta calidad y el incremento del rendimiento.
- Se recomienda cumplir, con la técnica de la producción en ambiente controlado, para garantizar la calidad fitosanitaria de los tubérculos- semilla.
- También se recomienda, realizar el trabajo con otras variedades de papa en el invernadero en la obtención de la semilla pre básica.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS

- Aguirre Villarroel, G., Pierre Baudoin, J., & leigue Arnés, L. (2018). *Aplicación del Cultivo de Tejidos en la Multiplicación y conservación de los Recursos Filogenéticos* (Segunda ed.). Cochabamba- Bolivia.
- Archi, L. M. (2020). *Densidad de Plantas de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en la Producción de Tubérculos del Cultivar Unica, en Contenedores para Autoconsumo*. Tesis. Universidad Nacional del Centro del Perú Facultad de Agronomía, Jauja, Perú.
- Avilés, C. J., & Piedra, N. R. (2017). *Manual del Cultivo de Papa en Costa Rica (*Solanum tuberosum* L.)* Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en. San José, Costa Rica: INTA.
- Barón Ruiz, A., Aguirre Villarroel, G., Delgadillo Copa, R., & Baudoin Salguero, A. (2021). *Producción de semilla pre básica de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* sp.) en tres soluciones nutritivas en sistema hidropónico de agua profunda*. FCAyP - UMSS Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
- Bryan, J., & Bron, G. (1989). *Producción y Control Sanitario de Tubérculo de Semilla de Categoría Pre-Básica. Memorias de las Reuniones* (CIP). Loma - Perú.
- Bustillos Siñani, L., Rojas Pardo, A., Fernández Chávez, C., & Aparicio Porres, J. J. (2018). *Identificación de variedades de papa nativa (*Solanum* sp.) producidas en*

- tres comunidades del municipio de Tiahuanaco*. Revista de Investigación e Innovación agropecuaria y de Recursos Naturales, 117-124.
- Calle, E. Q.(2013). *Evaluación Agronomía de tres Genotipos de Vitro plantas de papa Nativa (Solanum tuberosum ssp.andigenum L.)Bajo tres Diferentes Sustratos Hidropónicos Para la Producción de Semilla Pre-Básica en Invernadero* (Tesis de Pregrado). Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía, La Paz - Bolivia.
- Calle, Margarita; Vaca, Lisett; Maldonado, Elián. (2013). *Producción de semilla pre básica de papa*. INFO-INIAF Laboratorio de Toralapa, 5.
- Castro Urrutia, I., & Contreras Méndez, A. (2011). *Manejo de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Papa*. Chile: Austral,Valdivia.
- Choque, G., Oviedo, E., Mamani, F., & Aparicio, J. (2021). *Producción de Semilla a Partir de Brotes de Tres Variedades de Papas Nativas (saq'ampaya, imilla negra y waych'a) Bajo Ambiente Protegido Tipo Túnel - La Paz*. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales.
- CIAT, (. (1993). *Cultivo de Tejidos en la Agricultura " Principios Básicos, Metodologías y Técnicas del Cultivo de Tejidos Vegetales"* Parte A, Roca, William M; Mroginski, Luis. Cali, Colombia: L.A.
- CIP Centro Internacional de la Papa. (2022). *Datos y Cifras de la Papa*. (Fondo Fiduciario del CGIAR) Obtenido de <https://cipotato.org/es/potato/potato-facts-and>



- FAO. (2008). *Año Internacional de la Papa*. <https://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/cultivo.html>
- FAO;. (16 de marzo de 2018). FAO en Bolivia. *Agricultores del Altiplano Paceño Fortalecen Capacidades para la Producción de Semillas de Papa de Alta Calidad*: <https://www.fao.org/bolivia/noticias/detail-events/ru/c/1109388/>
- Flores, M. D., & Brenes, M. J. (2001). *Producción en Invernadero de Semilla de Papa a Partir de Viro plantas*. Centro de Información Tecnológica .Instituto Tecnológico de Costa Rica. Serie Informativa Tecnología Aprobada Nº 26, 13.
- Gabriel, J., Oros, R., Nisttahusz, S., Rodríguez, F., & Mendoza, O. (2017). *Memorias del VII Congreso Ecuatoriano de la Papa*. Experiencia piloto del cambio varietal en los mercados de papa con aptitud para la industria en Bolivia. Quito, Ecuador: Ibarra.
- Gabriel, Julio. (2010). *Estrategias y Perspectivas del Mejoramiento Genético de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en Bolivia*, PROINPA. Cochabamba - Bolivia: Samantha Cabrera.
- Gabriel, Julio; Pereira, Renè; Garandillas, Antonio. (2011). *Catálogo de Nuevas Variedades de Papa en Bolivia*. Cochabamba- Bolivia: PROINPA.
- George, E. F., Hall, M. A., & De Klerk, G.-J. (2008). *Plant Propagation by Tissue Culture* (Tercera ed.). Epinger.

Hernández, H. A. (2012). *Evaluación del Efecto del Tipo de Sustrato y Nutrición en La Aclimatación de Vitro plantas de Tres Variedades de Papa (Solanum tuberosum L.,ssp.tuberosum)* (Maestría). Recursos Naturales y Medio Ambiente. Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa, Guasave; México. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:nVYwOI1d-sMJ:https://correodelsur.com/capitales/20180522>.

IBCE. (23 de Mayo de 2018). *Bolivia tiene 33 Variedades de Papa, Pero Baja Capacidad de Producción*. NOTICIAS NACIONALES, pág. 1.

IBTA - PROINPA. (1994). *Catálogo Bolivianos de Cultivares de papa Nativa*. <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/83f5f95f6896e9c20e13634e538bdfa7.pdf>

INIAF. (2017). *Informe Anual de Resultados, Dirección Nacional de Semillas-INIAF - MDRyT*. La Paz, Bolivia.

INIAF. (2020). *Innovación y Saber Local con la Madre Tierra (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal)* INIAF. La Paz: <https://portal.iniaf.gob.bo/unidad-de-certificacion-de-semillas/>.

Iñaguazo, M. J. (2015). *Evaluación del Rendimiento de las dos Variedades de Papa*. <http://josefabricioinformatica.blogspot.com/2015/09/proyecto-cultivo-de-papa.html>

Iriarte, V., Condori, B., Parapo, D., & Acuña, D. (2009). *Catálogo Etnobotánico de Papas Nativas del Altiplano Norte de La Paz-Bolivia*, Fundación- PROINPA. La Paz: APROECA Y APRA-NORTE.

J.E. Fernández. (2011). *Costo de Producción del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum* L.) En el valle y cofre de perote* "Universidad Veracruzana Facultad de Ciencias Agrícolas". México.

Kloos, J. P., & Caero, G. (1992). *Sistemas de Producción de Semilla de Papa. II curso sobre Producción de Papa con Énfasis en Semilla*. Uncía - Potosí: PROSEMPA-CNS-MCTH-EUROCONSULT.

Larios Mejía, R., Méndez, J. S., Pineda, L., & Hernández, S. (2013). *Manual de producción de semilla de papa mediante técnicas de multiplicación asexual*. (F. P. Esther Galeano, Ed.) Tegucigalpa, Honduras: PYMERURAL.

Lira, S. R. (1994). *Fisiología Vegetal*, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (Primera ed.). México: Trillas.

Mamani, Aquino H. Hilda (2014). *Evaluación del Rendimiento de Seis Variedades de Semilla Pre básica de Papa (*Solanum tuberosum* ssp. andígena, *Solanum stenotomum* sp.) Provenientes de dos Sistemas (Aeropónico y Convencional) Para la Producción de Semilla Básica, en la Provincia Ayopaya Cbba*. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica, La Paz - Bolivia.

Mamani, M. M.A.(2011) *Producción de Semilla Pre-básica de Papa Variedad Ágata (Solanum tuberosum L. spp. tuberosum), a Partir de Vitro Plantas Bajo Seis Densidades de Plantación en Ambiente Protegido.* Tesis de Grado. UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMÍA CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA, La Paz.

MDRyT-VDRA. (2012). *Compendio Agropecuario Observatorio Agroambiental y Productivo.* <https://www.bivica.org/files/compendio-agropecuario.pdf>

MINAGRI.(2020). *Análisis de Mercado Papa.*  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Papa%202020.pdf>

Molina, J., Santos, B. M., & Aguilar, L. (2004). *Guía MIP en el Cultivo de Papa.*  
<https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>

Montaldo, A. (1984). *Cultivo y Mejoramiento de la Papa, Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agricultura (IICA)* (Vol. II). (J. E. B., Ed.) San Jose, Costa Rica: LEVANTEX S.A.

Montes, S., Aguirre, J., Félix, J., & Salazar, S. (2016). *Factores Bióticos y Abióticos que Influyen en la Aclimatación de las Vitro Plantas en Invernadero.*  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5761558>: Fundación Dialnet.

Montesdeoca, F. (2005). *Guía papa la producción, comercialización y uso de semilla de Papa de Calidad* (Primera ed.). Quito, Ecuador.



- Mullo, F.(2014). *Producción de Semilla Pre básica de Papa (Solanum tuberosum) de Dos Variedades Para la Agroindustria, Utilizando el Sistema de Inmersión Temporal*. Tumbaco, Pichincha. TESIS DE GRADO. Universidad central del Ecuador facultad de ciencias agrícolas Carrera de Ingeniería Agronómica, Quito, Ecuador.
- Murillo, G. R. (2014). *Introducción a la Biotecnología Agrícola*, Facultad de Agronomía - UMSA. La Paz - Bolivia: COPYRIHT.
- Nogales, E. (2016). *El Mercado dela Papa en los Países del CAS “Grupo Técnico 2. Sistemas de Información de Mercados”*. [http://consejocas.org/wp-content/uploads/2015/03/el\\_mercado\\_de\\_la-papa\\_redpa.pdf](http://consejocas.org/wp-content/uploads/2015/03/el_mercado_de_la-papa_redpa.pdf)
- Ochoa Torres, R. R. (2009). *Diseños Experimentales*. La Paz-Bolivia: 2da Edición.
- Ochoa, C. M. (2001). *Las Papas de Sudamérica Bolivia* (primera ed.). La Paz, Bolivia: Plural editores/CID.
- Oliver, J. C. (2018). *Rendimiento de dos Variedades de la Papa (Solanum tuberosum L.) Con la Aplicación de Tierra Negra y Fertilizantes*. Facultad de Agronomía-UMSA, [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n2/v4n2\\_a08.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n2/v4n2_a08.pdf)
- Perea, M. (2009). *Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro*, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Departamento de Biología. <http://ciencias.bogota.unal.edu.co/>

Pinaya, W.(2013). *Producción de Semilla Pre-básica de Tres Variedades de Papa con la Aplicación de dos Niveles de Fertilización bajo Ambiente Atemperado en el Centro Experimental Quipaquipani, Viacha*. (Tesis de Pregrado). Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía Carrera de Ingeniería Agronómica, La Paz - Bolivia.

Pizarro, F. C. (2012). *Cultivo de Tejidos Vegetales*, Departamento de Ciencias Agrícolas, Facultad de Estudios de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de México. México: Sección de Producción Agrícola.

PROSEMPA. (1990). *Programa de Semilla de Papa-producción-rendimiento técnicas de mejoramiento*. Boletín informativo.

Rodríguez, P. M. (2011). *Cultivo in vitro de Tejidos Vegetales*. "Universidad Nacional del Altiplano Oficina Universitaria de Investigación " Facultad de Ciencias Agrarias de Ingeniería Agronómica. Puno-Perú: Texto Universitario.

Rojas, J. S., & Alvarado, S. O. (2008). *Control de Enfermedades Virales en el Cultivo de la Papa*. Informativo (65), p.8.

Romero, Larrea C.A. (2019). *Rendimiento de Semilla Pre Básica de Papa (solanum tuberosum) Variedad Chaucha Roja, Provenientes del Sistema de Producción Aeropónico*. (Tesis de pre-grado). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera Ingeniería Agronómica, Zevallos-Ecuador.

Salgues, R., Rocabado, C., & Blanc, D. (1998). Unidad de Producción de Semilla de Papa "La Producción de Semilla Pre-Básica" SEPA. Cochabamba-Bolivia.

Santos, J. (1989). *Producción y control Sanitario de Tubérculo de Semilla de Categoría Pre-básica* CIP. Lima- Perú.

SENAMHI - BOLIVIA. (2019). *Información Nacional de datos Hidrometeoro lógicos*.  
<http://senamhi.gob.bo/index.php/sysparametros>

SEPA. (2021). *Categoría y Generaciones de Semilla de Papa*.  
<http://sepa.com.bo/web/productos-y-servicios/semilla-de-papa/161-semillas-de-papas>.

Suarez .Padrón, I. E. (2020). *Cultivo de tejidos vegetales*, "Facultada de Ciencias Agrícolas ", Universidad de Córdoba.

Torres, A. C., Caldas, L. S., & Buso, J. A. (1998). *Cultura de tecidos e Transforma cao Genética de Plantas* Volumen I, Centro Brasileiro Argentino de Biotecnología ( CBAB), Brasilia: Embrapa- SPI.

Velásquez, J. (2002). *Producción de Tubérculos-Semillas de Papa en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP y su relación con el Sector semillero Nacional*.

Velásquez, J., Paula, N., Racines, M., Cruz, E., & Araujo, A. (2017). *Memorias del VII Congreso Ecuatoriano de la Papa, el Cultivo de Papa (Solanum tuberosum L.) en*

el Ecuador: Tecnología de producción y manejo de semilla. Quito, Ecuador: Inst. Nacional de Investigaciones Agropecuarias – INIAP.

Wampash Najamtai, G. B., Nieves, G. R., & Barriga Castillo, F. M. (2011). *"Implementación, Adecuada y Valoración de un Sistema Climatizado, Para el Área de Incubación del Laboratorio de Micro Propagación del Campus Juan Lunardi, Cantón Paute, Provincia del Azuay"*. (CUENCA, Editor)  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1097/12/UPS-CT002122.pdf>:

YPFB-BOLIVIA. (2018). *Urea Incrementa Producción de Papa Huaycha en La Paz*.  
<https://www.ypfb.gob.bo/es/informacion-institucional/noticias/915-urea-incrementa-produccion-de-papa-huaycha-en-la-paz.html>.

Yujra, I. D. (2018). *Evaluación de precios de papa (*Solanum tuberosum*) en Bolivia*. AGRO-VET. Vol.2 N°1, 1.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Componentes de las soluciones stock para medio ms al 100%

#### Soluciones A Macronutrientes para 10 L de medio

Reactivos	Formula	Concentración	Formula	Concentración
Nitrato de amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	16500 mg		
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	19000 mg		
Fosfato mono potásico	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1700 mg		
Sulfato de magnesio	MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	3700 mg	MgSO <sub>4</sub>	1807 mg

#### Solución B Micronutrientes para 10L de medio

Reactivos	Formula	Concentración	Formula	Concentración
Yoduro de potasio	KI	8,3 ml		
Ácido bórico	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	62 mg		
Sulfato de Manganeso	MnSO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	223 mg	MnSO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	169 mg
Sulfato de zinc	ZnSO <sub>4</sub> *1H <sub>2</sub> O	86 mg		
Molibdenato de sodio	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	2,5 ml		
Sulfato de cobre	CuSO <sub>4</sub> *5H <sub>2</sub> O	0,25 ml		
Cloruro de cobalto	CoCl <sub>2</sub> *2H <sub>2</sub> O	0,25 ml		

#### Solución C - Cloruro de Calcio para 10 L de medio

Reactivos	Formula	Concentración	Fórmula	Concentración
Cloruro de calcio	CaCl <sub>2</sub> *2H <sub>2</sub> O	440 ml	CaCl <sub>2</sub>	332,2 ml

#### Solución D – Quelatos de hierro para 10 L de medio

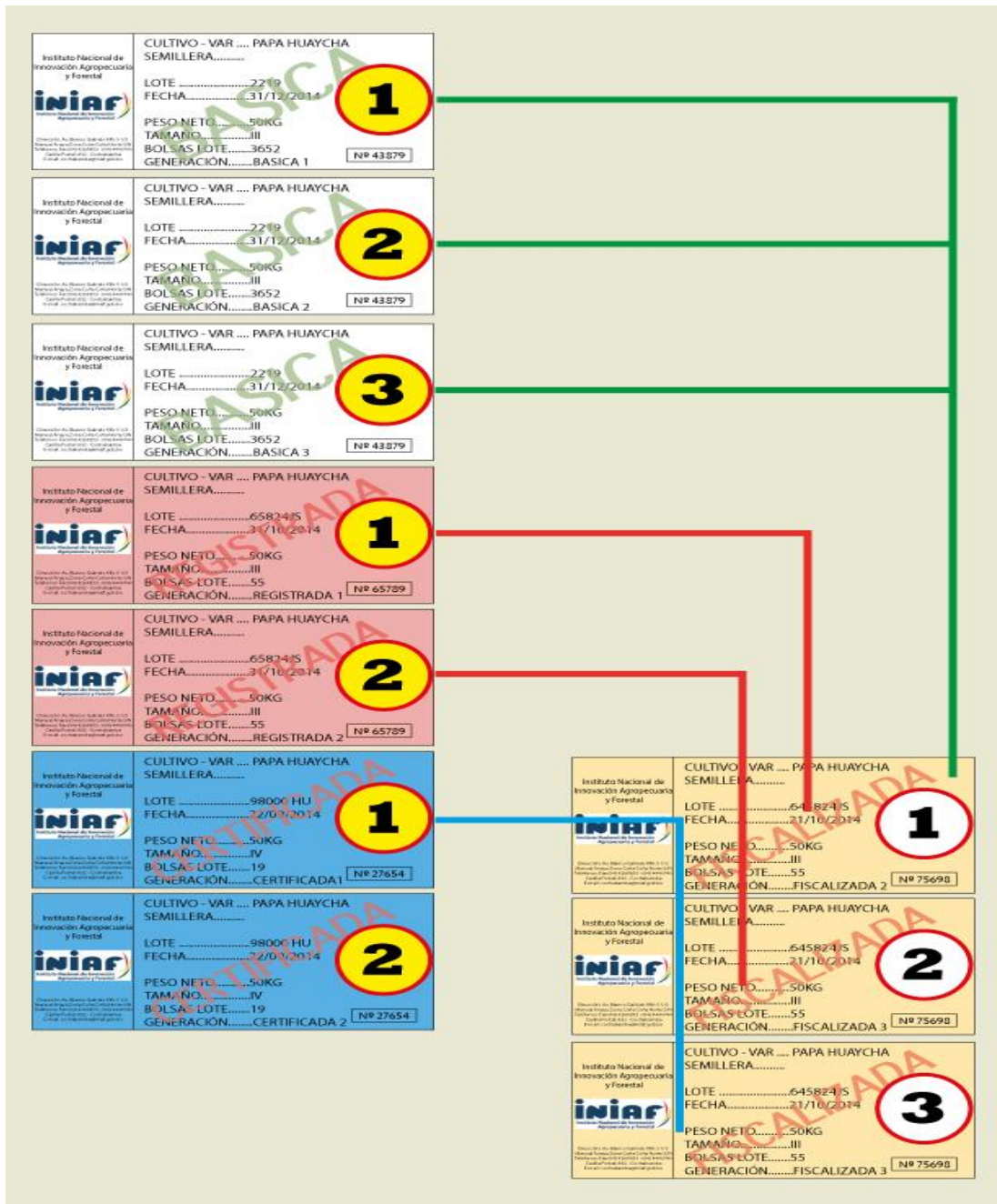
Reactivos	Formula	Concentración	Formula	Concentración
Sulfato ferroso	FeSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	278 mg		
EDTA Di sódico	Na <sub>2</sub> EDTA*2H <sub>2</sub> O	372,6 mg		

#### Solución E – Vitaminas y Aminoácidos para 10 L de medio

Reactivos	Formula	Concentración
Tiamina – HCl	C <sub>12</sub> H <sub>17</sub> ClN <sub>4</sub> O <sub>5</sub> HCl	1 ml
Piridoxina –HCl	C <sub>8</sub> H <sub>11</sub> NO <sub>3</sub> *HCl	5 ml
Acido nicótico	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	5 ml
Myo – inositol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	1000 ml
Glicina	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	20 ml

Fuente: Murillo (2014)

## Anexo 2. Categoría y Generaciones de Semilla de Papa



Fuente; SEPA(2021).

## 1. Datos meteorológicos del año 2019

Gestión	Mes	TEMPERATURA ( °C)		Precipitación (mm)
		Mínima	Máxima	
2019	Enero	2,10	24,30	82,40
2019	Febrero	2,10	25,30	84,00
2019	Marzo	3,20	25,20	30,00
2019	Abril	2,00	23,10	50,00
2019	Mayo	1,10	22,30	21,10
2019	Junio	-3,20	22,30	0,70
2019	Julio	-4,20	21,20	15,80

Fuente: SENAMHI-Bolivia 2019

## 2. Datos meteorológicos del invernadero

Mes	Max.	Min.	Media
Enero	40	10	25
Febrero	40,5	9	24,8
Marzo	39	9,25	24,1
Abril	41	10	25,5
Mayo	41,3	9,00	25,1
Junio	38,25	8	23,1
Julio	38,25	7,25	22,9

Fuente: Elaboración a base de datos registrados

### Anexo 3. Análisis serológico de Virus de papa

#### 1. Análisis de laboratorio (Test de Eliza)



**Centro de Biotecnología y Nanotecnología**  
Centro Universitario de Excelencia en Investigación y Formación Académica

Cochabamba, 10 de mayo del 2019

Señor  
Ing. Rafael A. Murillo García  
**COORDINADOR PROYECTO PRODUCCION DE SEMILLA DE PAPA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA - UMSA**

**REF: RESULTADOS ANALISIS SEROLOGICO ELISA DE VARIEDADES HUAYCHA E IMILLA NEGRA**

De mi mayor consideración:

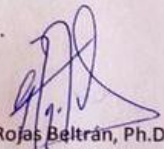
A tiempo de expresar un cordial saludo, mediante la presente nos dirigimos a usted para hacerle llegar los resultados serológicos de las muestras de hoja para las variedades Huaycha Paceña e Imilla Negra:

VARIEDAD	HUAYCHA PACEÑA		
	POSITIVO (P)	NEGATIVO (N)	OBSERVACION
PVX		N	Ninguna
PVY		N	Ninguna
PLRV		N	Ninguna
PVS		N	Ninguna

VARIEDAD	IMILLA NEGRA		
	POSITIVO (P)	NEGATIVO (N)	OBSERVACION
PVX		N	Ninguna
PVY		N	Ninguna
PLRV		N	Ninguna
PVS		N	Ninguna

Es cuanto se certifica para los fines consiguientes.

  
Jorge A. Rojas Beltrán, Ph.D.  
Director a.i. CByN  
UMSS

C.C. Arch

Centro de Biotecnología y Nanotecnología  
Av. Los Molles Esq. 10 de Noviembre, Zona Molle-Molle, Tiquipaya  
Cochabamba - BOLIVIA



## 2. Análisis de suelo estéril en laboratorio de Suelos



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA EN SUELOS Y AGUAS  
(LAFASA)



**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS**

INTERESADO: Gonzalo Richard Saravia Sirpa      SOLICITUD: LAF 468  
PROCEDENCIA: Departamento La Paz      FECHA DE ENTREGA: 23/12/2019

pPARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	66	Bouyoucos
	Limo	%	11	
	Arcilla	%	23	
	Clase Textural		Franco Arcillo Arenoso	
Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	0.945	Probeta	
pH en H <sub>2</sub> O relación 1:5		5.05	Potenciometría	
Acidez Intercambiable	meq/100g S.	2.44	Volumetría	
Potasio intercambiable	meq/100g S.	0.12	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)	
Materia orgánica	%	4.08	Walkley y Black	
Capacidad de Intercambio Catiónico	meq/100g S.	10.74	Acetato de amonio 1N(Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría	
Nitrógeno total	%	0.43	Kjendahl	
Fosforo disponible	ppm	3.25	Espectrofotometría UV-Visible	



Ph.D. Roberto Miranda Casas  
LABORATORIO DE SUELOS

Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850 Facultad de Agronomía  
Telf. IAREN 2484647-74016356-73075328

## Anexo 4. Cómputo de datos de campo

### 1. Porcentaje de prendimiento de la variedad huaycha

Densidad (D1)	Plantas muertas	Plantas Vivas	Total	Porcentaje de prendimiento (%)
D1	1	17	18	94,4
D2	2	14	16	87,5
D3	2	12	14	85,7
D4	1	11	12	91,7
Total	6	54	60	90

### 2. Porcentaje de prendimiento de la variedad imilla negra

Densidad (D2)	Plantas muertas	Plantas Vivas	Total	Porcentaje de prendimiento (%)
D1	2	16	18	88,88
D2	1	15	16	93,75
D3	2	12	14	85,7
D4	2	10	12	83,33
Total	7	53	60	88,33

### 3. Porcentaje de prendimiento de la variedad Huaycha e Imilla negra

Variedades	Plantas muertas	Plantas Vivas	Total	Porcentaje de prendimiento (%)
Huaycha	6	54	60	90
Imilla negra	7	53	60	88,33

**4. Datos de campo de la parcela de acuerdo a las muestras obtenidas**

Rep	PM	Pm	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4
R1	V1	d1	16,07	2,26	2,823	101,2
R1	V1	d2	15,69	2,29	3,215	118,7
R1	V1	d3	16,7	2,36	3,559	121,2
R1	V1	d4	16,71	2,38	2,887	122,9
R1	V2	d1	24,58	2,1	3,786	147,6
R1	V2	d2	25,96	2,45	3,055	140,8
R1	V2	d3	23,63	2,66	4,583	158,6
R1	V2	d4	25,31	2,04	4,967	120,1
R2	V1	d1	13,39	2,27	3,367	88,29
R2	V1	d2	13,2	2,25	3	101,7
R2	V1	d3	15,43	2,26	2,944	157,5
R2	V1	d4	16,33	2,29	3,416	96,39
R2	V2	d1	24,27	2,88	3,416	79,43
R2	V2	d2	22,19	2,49	4,082	107,8
R2	V2	d3	22,57	2,58	4,435	120,2
R2	V2	d4	25,38	2,83	4,472	132,6
R3	V1	d1	13,51	2,12	2,887	94,52
R3	V1	d2	15,42	2,36	3,055	71,43
R3	V1	d3	15,34	2,31	3,464	102,9
R3	V1	d4	16,75	2,43	4,163	86,34
R3	V2	d1	28,63	2,87	3,416	80,47
R3	V2	d2	25,05	2,48	4,282	124
R3	V2	d3	25,17	2,77	4,655	127,7
R3	V2	d4	28,33	2,97	4,397	108,5
R4	V1	d1	13,47	2,29	2,769	98,23
R4	V1	d2	13,93	2,21	2,769	77,83
R4	V1	d3	17	2,32	2,769	103,6
R4	V1	d4	16,33	2,22	3,215	91,52
R4	V2	d1	30,73	2,86	3,055	82,5
R4	V2	d2	23,96	2,83	4,32	97,51
R4	V2	d3	26,12	2,83	4	124,2
R4	V2	d4	28,12	2,69	4,359	122,1

Dónde: R=tratamientos de las dos variedades de papa

PM= Parcela Mayor (variedades)

Pm=parcela menor (densidades)

V1, V2, V3, V4 = Variables de estudio

**Anexo 5.** Análisis de la varianza de las cuatro variables de estudio

**1. VAR1 ALTURA DE LA PLANTA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VAR1	32	0,97	0,96	5,74

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo.	931,98	13	71,69	51,96	<0,0001
PM	848,00	1	848,00	125,71	<0,0001 (PM>Rep)
PM>Rep	40,47	6	6,75	4,89	0,0040
Pm1	20,52	3	6,84	4,96	0,0111
PM*Pm1	22,98	3	7,66	5,55	0,0071
Error	24,84	18	1,38		
Total	956,81	31			

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 6,7457 gl: 6

PM Medias n E.E.

V1 15,33 16 0,65 A

V2 25,63 16 0,65 B

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

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 1,3798 gl: 18

Pm1 Medias n E.E.

d2 19,43 8 0,42 A

d3 20,25 8 0,42 A

d1 20,58 8 0,42 A B

d4 21,66 8 0,42 B

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

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 1,3798 gl: 18

PM Pm1 Medias n E.E.

V1 d1 14,11 4 0,59 A

V1 d2 14,56 4 0,59 A B

V1 d3 16,12 4 0,59 B C

V1 d4 16,53 4 0,59 C

V2 d2 24,29 4 0,59 D

V2 d3 24,37 4 0,59 D

V2 d4 26,79 4 0,59 E

V2 d1 27,05 4 0,59 E

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

**VAR2 DIÁMETRO DEL TALLO**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VAR2	32	0,77	0,60	6,89

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	1,72	13	0,13	4,57	0,0018	
PM	1,02	1	1,02	9,75	0,0205	(PM>Rep)
PM>Rep	0,63	6	0,10	3,62	0,0157	
Pm1	0,04	3	0,01	0,41	0,7451	
PM*Pm1	0,03	3	0,01	0,39	0,7585	
Error	0,52	18	0,03			
Total	2,24	31				

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,1045 gl: 6

PM Medias n E.E.

V1 2,29 16 0,08 A

V2 2,65 16 0,08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0289 gl: 18

PM Rep Medias n E.E.

V1 R4 2,26 4 0,09 A

V1 R2 2,27 4 0,09 A

V1 R3 2,31 4 0,09 A

V2 R1 2,31 4 0,09 A

V1 R1 2,32 4 0,09 A

V2 R2 2,70 4 0,09 B

V2 R3 2,77 4 0,09 B

V2 R4 2,80 4 0,09 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 0,0289 gl: 18

PM Pm1 Medias n E.E.

V1 d1 2,24 4 0,09 A

V1 d2 2,28 4 0,09 A

V1 d3 2,31 4 0,09 A B

V1 d4 2,33 4 0,09 A B

V2 d2 2,56 4 0,09 B C

V2 d4 2,63 4 0,09 C

V2 d1 2,68 4 0,09 C

V2 d3 2,71 4 0,09 C

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

### VAR3 NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VAR3	32	0,80	0,66	10,96

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	11,37	13	0,87	5,58	0,0005	
PM	7,01	1	7,01	63,04	0,0002	(PM>Rep)
PM>Rep	0,67	6	0,11	0,71	0,6458	
Pm1	2,98	3	0,99	6,34	0,0040	
PM*Pm1	0,71	3	0,24	1,51	0,2449	
Error	2,82	18	0,16			
Total	14,19	31				

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1112 gl: 6

PM Medias n E.E.

V1 3,14 16 0,08 A

V2 4,08 16 0,08 B

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

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1566 gl: 18

Pm1 Medias n E.E.

d1 3,19 8 0,14 A

d2 3,47 8 0,14 A B

d3 3,80 8 0,14 B C

d4 3,98 8 0,14 C

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

#### Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1566 gl: 18

PM Pm1 Medias n E.E.

V1 d1 2,96 4 0,20 A

V1 d2 3,01 4 0,20 A

V1 d3 3,18 4 0,20 A

V2 d1 3,42 4 0,20 A B

V1 d4 3,42 4 0,20 A B

V2 d2 3,93 4 0,20 B C

V2 d3 4,42 4 0,20 C

V2 d4 4,55 4 0,20 C

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

**VAR4 PESO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
VAR4	32	0,72	0,52	14,44

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor (Error)
Modelo.	11829,40	13	909,95	3,63	0,0063
PM	1797,65	1	1797,65	1,99	0,2078 (PM>Rep)
PM>Rep	5414,13	6	902,36	3,60	0,0160
Pm1	3958,95	3	1319,65	5,26	0,0088
PM*Pm1	658,67	3	219,56	0,88	0,4721
Error	4513,52	18	250,75		
Total	16342,92	31			

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 902,3550 gl: 6

PM Medias n E.E.

V1 102,14 16 7,51 A

V2 117,13 16 7,51 A

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

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 250,7512 gl: 18

Pm1 Medias n E.E.

d1 96,53 8 5,60 A

d2 104,98 8 5,60 A

d4 110,06 8 5,60 A

d3 126,99 8 5,60 B

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

**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 250,7512 gl: 18

PM Pm1 Medias n E.E.

V1 d2 92,43 4 7,92 A

V1 d1 95,57 4 7,92 A B

V2 d1 97,49 4 7,92 A B

V1 d4 99,28 4 7,92 A B

V2 d2 117,54 4 7,92 A B C

V2 d4 120,84 4 7,92 B C

V1 d3 121,31 4 7,92 B C

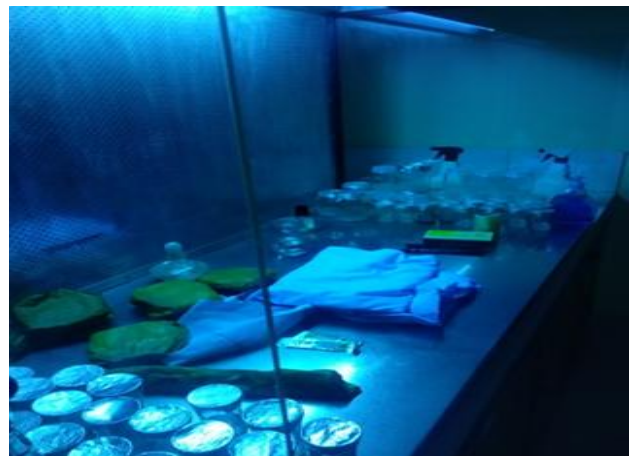
V2 d3 132,68 4 7,92 C

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

## Anexo 6. Archivo fotográfico durante la trabajo de investigación



La figura muestra el Autoclave vertical



La figura refleja, cámara de flujo laminar encendida con luz UV.



La figura muestra el proceso de pesado de solutos



Agregando las fitohormonas al medio de cultivo

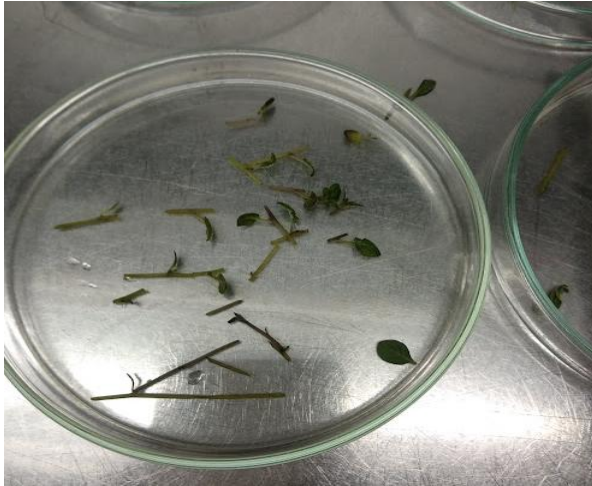


Medios de cultivo sellado con para film



Vitroplantas para la etapa de multiplicación





Se muestras de vitro plantas para introducir a magenta



Sala de crecimiento con vitro plantas en los estantes



La variedad huayvha pasado los 15 días posterior a la multiplicación



La variedad imilla negra pasado los 15 días posterior a la multiplicación



Proceso de techado del invernadero con agro film



Vista interna con malla antiafido del invernadero



El proceso de forrado con nylon negro de las paredes de cada platabanda



Extendido de la malla sobre grava ya esterilizada



Mezclado del sustrato previo para la esterilización



Expulsión de vapor del cubo con material esterilizado sustrato



Sustrato esterilizado a vapor



Equipo para la esterilización del sustrato "caldero de vapor"



Sustrato estéril sobre la platabanda e incorporación fertilizante químico



Riego profundo con agua 48 horas antes del trasplante



Lavado de vitroplantas con agua destilada



Desinfección con fungicida sistémico "ben late" antes del trasplante

Etapa de trasplante de vitroplantas en suelo



definitivo(18/02/19)



Aplicación de riego posterior al trasplante



Fertilizante químico foliar 20-20-20



Preparación de del fertilizante químico



Plantines de papa a los 22 días luego del trasplante



Aumentando sustrato y aporque



Desarrollo de la papa a los 72 días de la variedad Imilla negra



Inicio de botón floral a los 85 días posterior al trasplante



Armado de la red de tutoraje para un crecimiento vertical



Floración de la papa a los 96 días



Tomando datos a los 118 días



La variedad imilla negra a los 139 días



Madures fisiológica de las hojas a los 164 días



Defoliación a los 164 días antes a la cosecha de tubérculos



Cosecha de los tubérculos de papa a los 179 días la variedad huaycha



Cosecha de los tubérculos de papa a los 179 días la variedad imilla negra



Lavado con agua y desinfección con fungicida (Fordazim) etiqueta azul



Pesado de los tubérculos desinfectados de la variedad imilla negra



Proceso de pesado los tubérculos de la variedad huaycha



Medición del diámetro con la ayuda de vernier de acuerdo al calibre que corresponda



Realizando la selección de acuerdo al calibre los tubérculos



Muestras cosechadas y pesada por repetición de la variedad huaycha



Clasificación de los tubérculos de acuerdo al calibre que corresponda de la variedad huaycha



Clasificación de los tubérculos de acuerdo al calibre de la variedad imilla negra



Varietal huaycha luego de desinfectar



Empacado en sobre manila de acuerdo al calibre