

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



**TESIS DE GRADO**

**PRODUCCIÓN DE PAPA “GOURMET” A PARTIR DE SEMILLA SEXUAL Y  
ASEXUAL CON TRES VARIEDADES NATIVAS EN AMBIENTE ATEMPERADO  
DE QUIPAQUIPANI, PROVINCIA INGAVI, LA PAZ**

**JULIO MAMANI ALVAREZ**

La Paz – Bolivia

2014

**Universidad Mayor de San Andrés**  
**Facultad de Agronomía**  
**Carrera de Ingeniería Agronómica**

PRODUCCIÓN DE PAPA “GOURMET” A PARTIR DE SEMILLA SEXUAL Y  
ASEXUAL CON TRES VARIEDADES NATIVAS EN AMBIENTE ATEMPERADO  
DE QUIPAQUIPANI, PROVINCIA INGAVI, LA PAZ

Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo

**JULIO MAMANI ALVAREZ**

**Asesores:**

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores .....

Ing. Ph. D. Bruno Condori Alí .....

Ing. Abel Rojas Pardo .....

**Tribunales:**

Ing. M.Sc. Félix Rojas Ponce .....

Ing. M.Sc. Eduardo Chilón Camacho .....

Ing. Carlos Mena Herrera .....

**APROBADO**

Presidente Tribunal Examinador: .....

## **DEDICATORIA**

*A Dios por su amor y misericordia infinita.*

*A mis padres Francisco y Paulina por enseñarme el camino de la vida, por su apoyo, cariño, amor y comprensión que siempre me brindaron.*

*A mis hermanos: Freddy, Eliseo y Ros Mery por enseñarme que la familia es el mejor regalo que la vida te da.*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento infinito a Dios, por darme la vida, fuerza y sabiduría para enfrentar dificultades y obstáculos en la vida.

A mis padres: Francisco Mamani y Paulina Alvarez, con todo mi corazón por darme la oportunidad de culminar el presente trabajo. También a mis hermanos Fredy, Eliseo y Ros Mery por su apoyo incondicional.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, al personal docente y administrativo por haber contribuido en mi formación profesional.

La más sincera gratitud y reconocimiento a mis asesores Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores, Ph. D. Bruno Condori Alí e Ing. Abel Rojas Pardo por sus constantes colaboraciones, orientaciones y sugerencias para la culminación del presente trabajo de investigación.

A mis revisores Ings. Félix Rojas, Eduardo Chilon y Carlos Mena cuyas observaciones y sugerencias enriquecieron el presente trabajo de investigación.

Al Proyecto de Innovación para la Seguridad y la Soberanía Alimentaria en la Región Andina (ISSANDES), ejecutado por las instituciones Alternativa Agropecuaria (ALTAGRO) y Centro Internacional de la Papa (CIP), quienes facilitaron la beca tesis que permitió el desarrollo de la investigación.

También agradecer al Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores director del Centro Experimental de Quipaquipani de la Fundación PROINPA, por permitirme desarrollar el presente trabajo en cuyos predios.

Un agradecimiento muy especial a Unidad de Producción Socialista (UPS) Editorial, a su gerente general Manuel Morales Olivera y a todos los compañeros de trabajo, por haberme apoyado en mis estudios.

Agradezco a la compañera Julieta Pinaya por el apoyo durante el proceso del presente trabajo y también agradecer a todos mis amigos y amigas por su apoyo.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en los predios del Centro Experimental Quipaquipani, Municipio de Viacha, Departamento de La Paz, Bolivia. Se empleó dos tipos de semilla de papa (asexual y sexual) con tres variedades (Chiar Imilla, Waycha y Sakampaya) de la especie (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*), planteándose los siguientes objetivos: producir papa “gourmet” a partir de semilla sexual y asexual con tres variedades nativas en ambiente atemperado, cuantificar número de tubérculos en tres variedades para papa “gourmet”, evaluar el rendimiento de tubérculos obtenidos vía semilla sexual y asexual, evaluar rendimiento de tubérculos para papa “gourmet” y realizar el análisis económico de producción.

Para el trabajo de investigación se empleó el diseño experimental Parcelas Divididas, tomando dos factores de estudio, tipos de semilla y variedades. Se evaluaron durante la investigación las variables: porcentaje de emergencia, altura de planta, número de tubérculos por planta, número de tubérculos tamaño “gourmet” por planta, peso de tubérculos por planta, rendimiento en kg/m<sup>2</sup>, rendimiento de tubérculos para papa “gourmet” kg/m<sup>2</sup>, análisis económico y otros.

Los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de emergencia a los 21 días después de la siembra muestra diferencias significativas entre la variedad Waycha con 92.38% y las variedades Chiar Imilla con 77.75% y Sakampaya con 76.63%.

En tubérculos por planta, tenemos mayor cantidad vía semilla sexual alcanzando un 7.48 tubérculos planta, estadísticamente diferente a tubérculos por vía semilla asexual con 6.13 tubérculo planta. En número de tubérculos para papa “gourmet” por planta no hubo diferencias entre tipo de semilla asexual y sexual ni tampoco entre variedades.

El rendimiento de tubérculos por dos vías de reproducción (asexual y sexual) mostró diferencias significativas, con mayor rendimiento vía semilla sexual con 4.35 kg/m<sup>2</sup>, mientras que vía semilla asexual se obtuvo 2.38 kg/m<sup>2</sup>. El rendimiento para papa “gourmet” mostró diferencia significativa entre tipo de semilla con 1.38

kg/m<sup>2</sup> para semilla sexual y 1.08 kg/m<sup>2</sup> para semilla asexual. El costo de producción de papa en invernadero es de 5.8 Bs/Kg cuando se emplea semilla asexual y 4.0 Bs/kg por semilla botánica.

La segregación fue evidente en tubérculos obtenidos vía semilla sexual, de las tres variedades empleadas la variedad con mayor segregación fue la Chiar Imilla formando 24 grupos, seguido de Sakampaya con solo 22 grupos y por último la Waycha quien tuvo formando 9 grupos.

## ABSTRACT

This research was conducted in the premises of the Centre Experimental Quipaquipani, Viacha Municipality, Department of La Paz, Bolivia. Two types of seed potatoes (asexual and sexual) with three varieties (Chiar Imilla, Waycha and Sakampaya) species (*Solanum tuberosum* subsp *andigena*) was used, it considering the following objectives: to produce "gourmet" potatoes from true seed asexual and three native varieties tempered environment, quantify numbers of tubers in three varieties for "gourmet" potato tuber yield rate obtained via sexual and asexual seed tuber yield rate for "gourmet" potato and perform economic analysis production.

For the experimental research design was used Divided Plots, taking two factors study, seed types and varieties. Emergence percentage, plant height, number of tubers per plant, number of tubers "gourmet" size per plant, weight of tubers per plant, yield kg/m<sup>2</sup>, for potato tuber yield: the variables were assessed during the investigation "gourmet" kg/m<sup>2</sup>, economic analysis and others.

The results show that the percentage of emergence at 21 days after sowing shows significant differences between Waycha variety with 92.38% and Chiar Imilla varieties with 77.75 % and 76.63% with Sakampaya.

In tubers per plant , we have as much via sexual seed tubers plant reaching 7.48, statistically different from asexual seed tubers with tuber plant 6.13. In number of tubers for "gourmet" potato per plant there were no differences between sexual and asexual type of seed or between varieties.

The tuber yield two ways of reproduction (asexual and sexual) showed significant differences, with higher performance via sexual seed with 4.35 kg/m<sup>2</sup>, while asexual seed was obtained 2.38 kg/m<sup>2</sup>. The performance for "gourmet" potato showed significant difference between type of seed with 1.38 kg/m<sup>2</sup> to 1.08 kg/m<sup>2</sup> sexual seed and asexual seed for. The cost of potato production in greenhouses is 5.8 B / Kg when asexual seed and 4.0 B / kg is used by TPS.

The segregation was evident in tubers obtained via sexual seed of the three varieties used more variety segregation was the Chiar Imilla forming 24 groups, followed by just 22 Sakampaya groups and finally forming Waycha who had 9 groups .



## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN .....	iii
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS .....	xiiv
INDICE DE FOTOS.....	xivi
INDICE DE ANEXOS .....	xvii
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
<b>3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>4</b>
3.1 Cultivo de papa .....	4
3.1.1 Origen y domesticación .....	4
3.1.2 Importancia .....	4
3.1.3 Producción de papa en Bolivia .....	5
3.2 Calibres o tamaños de papa .....	6
3.3 Formas de reproducción de la papa .....	6
3.3.1 Reproducción sexual .....	7
3.3.2 Reproducción asexual .....	9
3.4 Papas “gourmet” .....	9
3.4.1 Que son las papas “gourmet” .....	9

3.4.2 Producción de papa “gourmet” y lugares de producción .....	10
3.5 Variedades de papas .....	11
3.5.1 Variedad Chiar Imilla .....	11
3.5.2 Variedad Waycha .....	13
3.5.3 Variedad Sakampaya .....	14
3.6 Requerimiento del cultivo.....	16
3.7 Sustrato .....	17
3.7.1 Qué es un sustrato .....	17
3.7.2 Turba.....	18
3.7.3 Arena .....	18
3.8 Tipo de esterilización.....	19
<b>4. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>20</b>
4.1 Localización.....	20
4.2 Comportamiento de temperatura (invernadero).....	21
4.3 Materiales .....	21
4.3.1 Materiales de Invernadero .....	21
4.3.2 Sustrato.....	22
4.3.3 Material genético .....	22
4.3.4 Materiales de gabinete y equipos.....	23
4.4 Metodología.....	23
4.4.1 Procedimiento experimental en invernadero.....	23
4.4.1.1 Infraestructura .....	23
4.4.1.2 Nivelado de sustrato .....	24
4.4.1.3 Preparación de semilla .....	24

4.4.1.4 Trazado de parcelas .....	24
4.4.1.5 Siembra .....	25
4.4.1.6 Labores del cultivo .....	26
4.4.1.7 Marcado de plantas .....	27
4.4.1.8 Defoliación .....	28
4.4.1.9 Cosecha .....	28
4.4.1.10 Clasificación por calibre y pesaje de tubérculos.....	29
4.4.1.11 Evaluación de características de tubérculos obtenidos vía semilla sexual .....	30
4.4.2 Diseño de investigación.....	31
4.4.2.1 Factores de estudio .....	31
4.4.2.2 Croquis de Experimento .....	32
4.4.3 Variables de respuesta.....	32
4.4.3.1 Variables evaluadas en progenies de semilla asexual y sexual .....	32
4.4.3.2 Otras variables evaluadas en tubérculos de semilla sexual.....	35
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
5.1 Porcentaje de emergencia. ....	38
5.2 Altura de planta .....	40
5.3 Número de tubérculos .....	43
5.3.1 Número de tubérculos por planta .....	43
5.3.2 Número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” por planta.....	46
5.4 Peso de los tubérculos por planta.....	47
5.5 Evaluación de Rendimiento .....	49
5.5.1 Evaluación de rendimiento total en kg/m <sup>2</sup> .....	49

5.5.2 Evaluación de rendimiento tamaño para “gourmet” en kg/m <sup>2</sup> .....	51
5.6 Análisis de segregación de tubérculos vía semilla sexual.....	56
5.6.1 Segregación variedad Chiar Imilla.....	56
5.6.2 Segregación variedad Waycha.....	58
5.6.3 Segregación variedad Sakampaya .....	60
5.7 Resultado de Análisis de Sustrato .....	62
5.7.1 Análisis Químico de Sustrato .....	62
5.7.2 Análisis Hidrofísico de Sustrato.....	65
5.8 Análisis Económico .....	66
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>7. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>69</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>1</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación de tubérculos por calibre o tamaño.....	6
<b>Cuadro 2.</b> Ventajas y desventajas del uso de semilla sexual.....	8
<b>Cuadro 3.</b> Valores de clasificación de tubérculos por calibre o tamaño.....	29
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de varianza porcentaje de emergencia a 21 días.....	38
<b>Cuadro 5.</b> Análisis de varianza para altura de planta.....	40
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza para número de tubérculos por planta.....	43
<b>Cuadro 7.</b> Análisis de varianza para número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” por planta.....	46
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de varianza para peso de tubérculos por planta.....	47
<b>Cuadro 9.</b> Análisis de varianza de total rendimiento en kg/m <sup>2</sup> .....	49
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de varianza de rendimiento tamaño papa “gourmet” en kg/m <sup>2</sup> .....	51
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza en porcentaje de número de tubérculos tamaño “gourmet” sobre el total.....	53
<b>Cuadro 12.</b> Resumen de resultados de análisis Químico de sustrato.....	63
<b>Cuadro 13.</b> Resultados de análisis Hidrofísico de sustrato.....	65
<b>Cuadro 14.</b> Costo de producción con semilla asexual y sexual, área de 105m <sup>2</sup> ....	66
<b>Cuadro 15.</b> Análisis económico de Beneficio Costo.....	66

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación de la zona del trabajo de investigación.....	20
<b>Figura 2.</b> Comportamiento de temperatura durante la investigación.....	21
<b>Figura 3.</b> Croquis de la investigación y distribución de parcelas en invernadero...	32
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de emergencia a los 21 días por variedades.....	38
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de emergencia por interacción tipo de semilla*variedad.....	39
<b>Figura 6.</b> Altura de planta por tipo de semilla asexual y sexual.....	40
<b>Figura 7.</b> Promedios de altura de planta por tipo de semilla y variedades.....	41
<b>Figura 8.</b> Dinámica de crecimiento del cultivo de papa por dos vías de reproducción, asexual y sexual.....	42
<b>Figura 9.</b> Cantidad de tubérculos por tipo de semilla en tubérculo/planta.....	44
<b>Figura 10.</b> Número de tubérculos por planta para la interacción tipo de semilla*variedad.....	45
<b>Figura 11.</b> Número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” por planta, en interacción tipo de semilla*variedad.....	46
<b>Figura 12.</b> Peso de tubérculos por tipo de semilla en gramos por planta.....	48
<b>Figura 13.</b> Rendimiento de papa por tipo de semilla en kg/m <sup>2</sup> .....	49
<b>Figura 14.</b> Rendimiento de papa por variedades y tipo de semilla en kg/m <sup>2</sup> .....	50
<b>Figura 15.</b> Rendimiento de tamaño para papa “gourmet” por tipo de semilla en Kg/m <sup>2</sup> .....	52
<b>Figura 16.</b> Rendimiento de papa “gourmet” por variedades y tipos de semilla en Kg/m <sup>2</sup> .....	53
<b>Figura 17.</b> Porcentaje número de tubérculos tamaño “gourmet” en semilla asexual y sexual, sobre el número total.....	54

<b>Figura 18.</b> Porcentaje número de tubérculos tamaño “gourmet” sobre el número total por variedades.....	55
<b>Figura 19.</b> Porcentaje de número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” sobre el total por interacción tipo de semilla*variedad.....	55
<b>Figura 20.</b> Diagrama de dispersión biespacial multivariable variedad Chiar Imilla.	57
<b>Figura 21.</b> Diagrama de dispersión biespacial multivariable variedad Waycha....	59
<b>Figura 22.</b> Diagrama de dispersión biespacial multivariable variedad Sakampaya.....	61

## INDICE DE FOTOS

<b>Foto 1.</b> Características de flor y tubérculo de variedad Chiar Imilla.....	12
<b>Foto 2.</b> Características de flor y tubérculo de variedad Waycha.....	13
<b>Foto 3.</b> Características de flor y tubérculo de variedad Sakampaya.....	14
<b>Foto 4.</b> Desinfección de sustrato a vapor.....	22
<b>Foto 5.</b> Infraestructura externa e interna de la investigación.....	23
<b>Foto 6.</b> Tipos de semillas sexual y asexual con tres variedades.....	24
<b>Foto 7.</b> Siembra de semillas de papa en platabandas y por parcelas.....	25
<b>Foto 8.</b> Sistema de riego con cintas de goteo.....	26
<b>Foto 9.</b> Aporque de plántulas vía sexual y sustrato para el aporque.....	26
<b>Foto 10.</b> Defoliación del follaje y retirado del follaje cortado.....	28
<b>Foto 11.</b> Cosecha de los tubérculos por tipo de semilla y variedades.....	29
<b>Foto 12.</b> Clasificación por calibre y pesaje de los tubérculos.....	30
<b>Foto 13.</b> Tubérculos segregados de semilla sexual variedad Chiar Imilla, 24 grupos.	58
<b>Foto 14.</b> Tubérculos segregados de semilla sexual variedad Waycha, 9 grupos.	60
<b>Foto 15.</b> Tubérculos segregados de semilla sexual variedad Sakampaya, formando 22 grupos.....	62



## INDICE DE ANEXOS

**Anexo 1.** Costo de producción vía semilla asexual en un área de 52.5 m<sup>2</sup>

**Anexo 2.** Costo de producción vía semilla sexual en un área de 52.5 m<sup>2</sup>

**Anexo 3.** Características de tubérculos de variedad Waycha obtenidas por semilla sexual

**Anexo 4.** Características de tubérculos de variedad Chiar Imilla obtenidas por semilla sexual.

**Anexo 5.** Características de tubérculos de variedad Sakampaya obtenidas por semilla sexual.

**Anexo 6.** Análisis químico e hidrofísico de sustrato

**Anexo 7.** Imágenes del trabajo de investigación en campo.

**Anexo 8.** Tabla de colores de la piel del tubérculo de papa

## 1. INTRODUCCIÓN

La papa es uno de los alimentos más importantes del mundo, está presente con más frecuencia en la mesa de los hogares. La papa es un tubérculo cuyo valor nutritivo ha sido subestimado, la mayoría de la gente la considera como un alimento nutritivamente pobre, lo cual no es correcto, porque aporta más nutrientes que energía al organismo humano.

El cultivo es originario de la zona andina, fue domesticada y aprovechada por culturas predecesoras como la Tiahuanacota e Incaica, su importancia radica en el rol social, nutricional y económica que representa para los habitantes del Altiplano y Valles.

El tubérculo de la papa es uno de los cuatro productos más consumidos en el mundo, después del trigo, maíz y arroz, a los que supera en valor nutricional. Los principales países productores de papa a nivel mundial son China, Holanda, Rusia, Estados Unidos, India, Polonia, Ucrania, Perú, Bolivia, Chile, Canadá y otros.

En Bolivia, la papa es muy utilizada en la dieta familiar diaria, sin embargo su consumo, en gran parte se limita a papas blancas, en papas fritas, papa saltada, purés. Con el objetivo de enriquecer sus bondades gastronómicas y para el deleite de los paladares más exigentes, en los últimos años se preparan diferentes platillos, utilizando papas “gourmet”, esta papa que es de tamaño pequeño y que bajo las formas de consumo común eran desechados o era destinado a la elaboración del chuño.

Por ser un tubérculo de uso versátil, de agradable sabor y fácil asimilación, la papa es ingrediente básico en muchas preparaciones culinarias nacionales e internacionales, entre las que destacan: Papa rellena, puré de papas, papa a la huancaína, ají de papas, papa con maní, tortilla de papas, papas fritas y otros.

La papa se propaga tradicionalmente por tubérculo semilla, aunque desde 1975 en el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Lima, Perú, se realizan investigaciones y trabajos de campo para la producción a través de semilla sexual.

Las plantas provenientes de semilla y de tubérculo no son idénticas. De la semilla, proviene una plántula con cotiledones y una raíz principal o pivotante. La planta originada de un tubérculo es un clon, no tiene raíz principal ni cotiledones ya que proviene de una yema. Las raíces de un clon, son por tanto, adventicias.

La papa se propaga vegetativamente, es decir que puede crecer una nueva planta a partir de una papa o un pedazo de papa, llamado "semilla". La planta nueva puede producir entre cinco y 20 tubérculos nuevos, los cuales serán clones genéticos de la planta semilla madre. Las plantas de papa también producen flores y bayas que contienen entre 100 y 400 semillas botánicas. Estas pueden plantarse para producir nuevos tubérculos, que serán genéticamente diferentes de la planta madre.

La mayor producción de papa en el mundo utiliza la semilla asexual o vía vegetativa, sin embargo, en la mayoría de las especies es posible la reproducción por semilla sexual. La vía sexual de multiplicación permite generar variabilidad genética y esta variabilidad puede ser empleada en la selección de clones adaptadas a las condiciones cambiantes de clima y suelo. Por otra parte, las plantas generadas por semilla verdadera generalmente producen tubérculos de menor diámetro, los mismos que pueden ser empleados para continuar el proceso de producción o ser comercializados como papa "gourmet" dependiendo de sus cualidades requeridas en el mercado.

Los tubérculos pequeños de papa (quinta categoría en la clasificación por tamaño) son llamados papa "gourmet". La Tikapapa es una papa "gourmet" nativa y orgánica que proviene de las zonas altas de Cochabamba, donde las familias de pequeños productores comercializan con precios alentadores en las grandes ciudades principales de nuestro país.

Con el presente estudio se ha evaluado la diferencia en el rendimiento producción, número de tubérculos por planta, entre una semilla sexual y la asexual y el costo económico en la producción de papa "gourmet".

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Producir papa “gourmet” a partir de semilla sexual y asexual con tres variedades nativas en ambiente atemperado de Quipaquipani.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar el número de tubérculos en tres variedades para papa “gourmet”, a través de dos vías de reproducción sexual y asexual.
- Evaluar el rendimiento total de tubérculos obtenidos vía semilla sexual y asexual.
- Evaluar el rendimiento de tubérculos para papa “gourmet” por dos vías de reproducción sexual y asexual.
- Realizar el análisis económico de producción en semilla sexual y asexual, en las tres variedades.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Cultivo de papa**

##### **3.1.1 Origen y domesticación**

Las primeras papas cultivadas probablemente fueron seleccionadas entre 6.000 y 10.000 años atrás, al norte del lago Titicaca, en los Andes del sur de Perú. Allí, a partir de las especies silvestres *Solanum bukasovii*, *S. canasense* y *S. multissectum*, pertenecientes al complejo *S. brevicaule*, se cree que se originó *S. stenotomum*, que es considerada la primera papa domesticada. Esta, a su vez, habría dado origen a *S. andigena* a través de repetidos procesos de poliploidización en diferentes zonas de cultivo, con la consiguiente hibridación interespecífica e intervarietal que permitió ampliar la diversidad y adaptabilidad genética de la papa de los Andes (Rodríguez, 2010).

La papa fue domesticada hace 10.000 años en el altiplano, al sureste de Perú y al Noreste de Bolivia, según el análisis de carbono 14. No se conoce con exactitud la especie silvestre que originó las especies cultivadas diploides, y lo más probable es que esta especie haya desaparecido al cruzarse con otras especies semicultivadas o silvestres (Soto, 2006)

La papa cultivada es originaria de la Región Andina de América del Sur entre el Perú (Departamento de Puno y Cuzco) y el Norte de Bolivia, por la existencia de una gran diversidad genética de especies cultivadas y silvestres (Cahuana *et al.*, 1993).

##### **3.1.2 Importancia**

La papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el maíz y el trigo. Es el que aporta mayor cantidad de carbohidratos a la dieta de millones de personas en los países en desarrollo, siendo fundamental para los países de Sudamérica, África, y el continente asiático en su totalidad (Chávez, 2008).

Entre los tubérculos andinos, la papa es el de mayor importancia para la agricultura y consumo en Bolivia, ya que involucra a más de 200 mil familias que la cultivan, alcanzando a producciones mayores a las 650.000 tn/año. Además de los

productores están los rescatistas, acopiadores, comercializadores e industrias transformadoras de la papa, que abastecen de papa y sus derivados a la población consumidora. De esta manera los efectos multiplicadores del cultivo de papa en la economía nacional son significativos ya que están relacionados principalmente con los sectores de la población de más bajos ingresos (Guido y Mamani, 2001).

Según CIP (2010) la papa es una excelente fuente de carbohidratos baja en grasa, con un cuarto de las calorías del pan. Una porción promedio de papas sin pelar suministra cerca del 10 por ciento de la dosis diaria recomendada de fibra. Una sola papa mediana contiene cerca de la mitad del requerimiento diario de vitamina C de una persona adulta, así como una cantidad significativa de hierro, potasio y zinc. La papa también contiene una cantidad sustantiva de vitamina B y provisiones valiosas de oligoelementos esenciales, como manganeso, cromo, selenio y molibdeno. El alto contenido de vitamina C favorece la absorción de hierro.

### **3.1.3 Producción de papa en Bolivia**

Según Línea de Base Productiva Cochabamba - Papa (2012) Bolivia ocupa el séptimo lugar entre los países latinoamericanos que producen papa, sin embargo es considerado como un país privilegiado al poseer alrededor de 2.000 variedades del tubérculo. La región de los valles es la que concentra la mayor cantidad de productores de papa. En Cochabamba, la papa es uno de los cultivos más importantes para los pequeños agricultores, siendo el Cono Sur y Andina las regiones productoras más importantes.

Según Coca M. (2012) las estadísticas oficiales indican que en Bolivia se cultiva aproximadamente entre 125 a 130,000 has, distribuidos en seis departamentos andinos (La Paz, Cochabamba, Potosí, Oruro, y parte de Chuquisaca y Tarija), de los cuales, las mayores superficies cultivadas están en los departamentos de La Paz (30.000 has), Potosí (28.000 has) y Cochabamba (26.000 has) (INE 2011). La localización andina de estos departamentos hace que gran parte, o casi toda su producción, se encuentre en las montañas Altoandinas, y en el caso de La Paz, gran parte, en el Altiplano.

El rendimiento promedio de la producción de papa en nuestro país esta entre 5 y 6 tn/ha. (INE 2011).

### 3.2 Calibres o tamaños de papa

Según el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INAF) (2013), existe normas de categorización y de calibres o tamaños determinados, estas normas son vigentes desde 1999 bajo la resolución Ministerial N° 101. Utilizando la siguiente escala de clasificación por tamaño de los tubérculos:

**Cuadro 1.** Clasificación de tubérculos por calibre o tamaño.

TAMAÑO	CALIBRE O TAMAÑO
Tamaño I	>55 mm
Tamaño II	45 - 55 mm
Tamaño III	30 - 45 mm
Tamaño IV	20 - 30 mm

### 3.3 Formas de reproducción de la papa

Consejo Nacional de Semilla (1994) citado por Choque (2000) indica que las plantas de la papa pueden ser propagadas de diferentes formas, dentro de las cuales la más común es la propagación por tubérculos, otra forma de propagación es a través de esquejes y se multiplica también por vía de la semilla botánica que es frecuentemente utilizada en los programas de mejoramiento genético de la papa.

La papa se propaga tradicionalmente por tubérculos semilla, aunque desde 1975 en el CIP (Centro Internacional de la Papa en Lima, Perú) se realizan investigaciones y trabajos de campo para la producción a través de semilla sexual (Graziano, 2011).

Las papas son propagadas en dos formas, de semilla (usualmente llamada semilla verdadera) y de tubérculos (llamada semilla tubérculo). La semilla verdadera ha sido usada por siglos en los Andes, pero se encontró que la semilla verdadera fue difícil de manejar y raramente produjo igual cantidad y calidad de cultivos que aquellos producidos por semilla tubérculo. Como las papas son normalmente propagadas

vegetativamente pueden acumular y transferir patógenos sistemáticos de una generación del cultivo a otra y cuando esto ocurre se deteriora el potencial de rendimiento de las plantas.

El alto rendimiento de papas empieza con la producción de semillas de papa de alta calidad y claramente una clave de esto es reducir el número de generaciones de campo que se necesitan para multiplicar semillas pre-básicas o élite a semilla comercial (Nichols, 2009).

### **3.3.1 Reproducción sexual**

La semilla sexual de papa (SSP) se define como un óvulo fecundado y maduro que consta de una planta embriónica, una fuente de alimento almacenado y una testa o cubierta protectora, la cual, de acuerdo con su viabilidad, podrá dar origen a una nueva planta. La SSP es el producto de la unión sexual de los gametos de dos plantas compatibles, por lo que cada semilla contiene un genotipo diferente. También se le conoce como semilla botánica de papa, semilla verdadera o simplemente "semilla". Se sugiere, sin embargo, usar el término semilla sexual de papa (SSP) y evitar el uso, a veces frecuente, de "TPS" que es la sigla en inglés de "true potato seed" (Hidalgo, 1997).

La semilla sexual tiene un período de latencia de cuatro a seis meses, dependiendo de la progenie. Esta latencia se puede interrumpir inmediatamente después de la cosecha, si se sumergen en una solución de 1.500 partes por millón de ácido giberélico durante 24 horas. Posteriormente, la semilla se lava con agua, se seca a la sombra y luego se almacena (Ortega, *et al.*, 2004)

La conservación como semilla sexual de papa consiste en mantener a aproximadamente  $-20^{\circ}\text{C}$ , las pequeñas semillas extraídas de la baya de la papa, similares a una fruta, siendo material barato y fácil de almacenar, con una vida útil de 40 años. Sin embargo, a diferencia de los tubérculos propagados asexualmente, la estructura genética de las semillas de polinización cruzada es impredecible (CIP, 2012).



En el siguiente (Cuadro 2), mostraremos las ventajas y desventajas del uso de semilla sexual sobre el cultivo tradicional.

**Cuadro 2.** Ventajas y desventajas del uso de semilla sexual.

<b>Semilla sexual (botánica) de papa</b>	<b>Tubérculos-semillas (semilla asexual)</b>
1.-Se necesita de 30 a 50 gr. /ha de semilla sexual de acuerdo a la densidad en el semillero.	1 a 2 t/ha de tubérculo de acuerdo al tamaño de los tubérculos
2.-Libre de la mayoría de virus, plagas y enfermedades	Puede estar infectada por nemátodos, bacterias, hongos y virus.
3.-Mayor atención y cuidado en las primeras etapas del cultivo.	Menor atención y cuidado en las primeras etapas del cultivo.
4.-En las etapas iniciales de crecimiento, la plántula es vulnerable a la competencia de malezas, plagas y estrés por lo delicado del material.	En las etapas iniciales es menos vulnerable al estrés, debido al mayor vigor y crecimiento uniforme.
5.-Rendimiento comprable o mayor. Menor uniformidad debido a la segregación genética	Uniforme en cuanto a calidad comercial del tubérculo.
6.-Tubérculos menos adecuados para el procesamiento industrial	Algunas variedades se adaptan muy bien para su procesamiento industrial
7.-Costo de almacenamiento y transporte muy bajo	Costo de almacenamiento y transporte de la semilla alto.
8.-El costo total de producción se reduce por eliminación de los costos en tubérculos-semilla, transporte y almacenamiento	El costo total de producción es mucho más alto.
9.-Es fáciles de almacenar por mucho tiempo. Su distribución es fácil y, económica. Se adapta fácilmente a los sistemas de cultivo debido que la época de siembra no depende del envejecimiento de los tubérculos	Exige conocimientos especiales para un buen almacenamiento y tiene poco margen de adaptación a los sistemas de cultivo.

Fuente; Ortiz (2005).

Las plántulas procedentes de la semilla sexual se pueden considerar como semilla pre-básica, ya que están libres de la mayoría de virus plagas y enfermedades (Ortiz, 2005).

### **3.3.2 Reproducción asexual**

Según Hidalgo (1997), el tubérculo-semilla, corresponde a la parte de la planta (tubérculo en este caso) que se usa para la siembra. Otras partes de la planta también se usan como material de siembra como los esquejes y brotes enraizados. En este caso la denominación correcta debería ser esqueje-semilla o brote-semilla o los respectivos plurales.

Según Orrillo y Boniebale (2009), la propagación vegetativa, una nueva planta se forma a partir de tubérculos, brotes o yemas dando lugar a clones genéticamente idénticos a la planta original, siendo la reproducción por mitosis. La propagación asexual de la papa es la forma más común de multiplicar y es la forma practicada por los agricultores por milenios.

### **3.4 Papas “gourmet”**

#### **3.4.1 Que son las papas “gourmet”**

El término gourmet se utiliza como adjetivo para calificar a aquellas comidas de elaboración refinada. La calidad de los ingredientes y la forma de preparación es lo que determina que un plato sea considerado gourmet o no. Los alimentos gourmet son preparaciones elaborados con ingredientes exquisitamente seleccionados, con exhaustivos cuidados de higiene y de las propiedades organolépticas.

El concepto de producto gourmet puede variar de un país a otro, se trata de aquellos productos de la gama de alta calidad dentro de cada grupo de alimentos, con un alto valor añadido incorporado y con un consumo, en general, esporádico (INFOCENTER, 2009).

Según INFOCENNTER (2009) y PROCHILE (2011), un producto gourmet es aquel alimento de alta calidad, que se diferencia por cumplir al menos una de las siguientes características:

Carácter único, Origen exótico, Procesamiento particular, Diseño, Oferta limitada, Aplicación o uso atípico, Envasado o canal de distribución diferenciado, producción

limitada, proceso productivo diferenciado o especial (artesanal), distribución especializada y limitada, calidad superior a la de productos de su misma naturaleza en el mercado general, originalidad y unicidad, presentación única, distintiva, carácter regional o étnico que se perciba de forma positiva en el mercado consumidor, la categoría orgánico le añade un plus especial, precio superior a los de sus sustitutos, su valor se construye en base a la diferenciación y a la segmentación, se dirigen a un público selecto, en general no se utiliza estrategia de marketing de promoción masiva

La papa gourmet por ser un tubérculo muy versátil, de agradable sabor y fácil asimilación, es ingrediente básico en muchas preparaciones culinarias nacionales e internacionales (Brack, 2009).

Las papas nativas han conservado un perfil tradicional en el ámbito rural andino, y son casi desconocidas en las urbes. En los últimos años, las papas nativas han salido hacia mercados industrializados. Por su exquisitez y alto valor nutritivo, son consideradas como un producto gourmet, consiguiendo precios por encima de las papas blancas y amarillas comerciales (Chávez, 2008).

### **3.4.2 Producción de papa “gourmet” y lugares de producción**

CLUB GOURMET DE BOLIVIA (2011), menciona que existen muchos tipos de papa: las cultivadas (que se comen) y las silvestres (que viven como grupos de plantas). Las papas silvestres están distribuidas desde el Sur de Estados Unidos hasta el Sur de Chile. Las cultivadas sólo se encuentran en la franja Andina de América del Sur. La mayor diversidad de papas silvestres y cultivadas está en la zona Andina de Perú y Bolivia, que son su centro de origen y domesticación.

En Bolivia existen más de 1.000 variedades diferentes de papa nativa cultivada, con diferentes nombres, colores de piel, colores de pulpa, sabores, formas, texturas y usos. Generalmente las papas nativas en su mayoría se caracterizan por tener un menor tamaño o calibre de tubérculos.

### 3.5 Variedades de papas

Según Ugarte e Iriarte (2005), la variabilidad de papa nativa se cultiva en diversas regiones agroecológicas eminentemente paperas de La Paz, Cochabamba, Potosí, Chuquisaca, Oruro, Tarija y Santa Cruz. Estas regiones muestran marcadas diferencias en altitud, clima, suelos y fisiografía. Por ello existen variedades nativas que se producen exclusivamente en regiones frías como variedades Luk'ís, Ajahuiris, Imillas, Palas, Palis, Quyllus y Katis.

La diversidad de especies y variedades producidas generación tras generación por nuestros ancestros, es actualmente conservada en sus lugares de origen en micro-centros de diversidad *in situ* por familias aymaras y quechuas, principalmente. La región del Altiplano Norte de La Paz como micro-centro de agrodiversidad, alberga una población de aproximadamente 370 variedades diferentes de papa que corresponden a las especies: *S. x juzepczukii*, *S. x curtilobum*, *S. stenotomum*, *S. x ajanhuiri*, *S. goniocalyx*, y *S. tuberosum ssp. Andigenum* (Iriarte, et al., 2009).

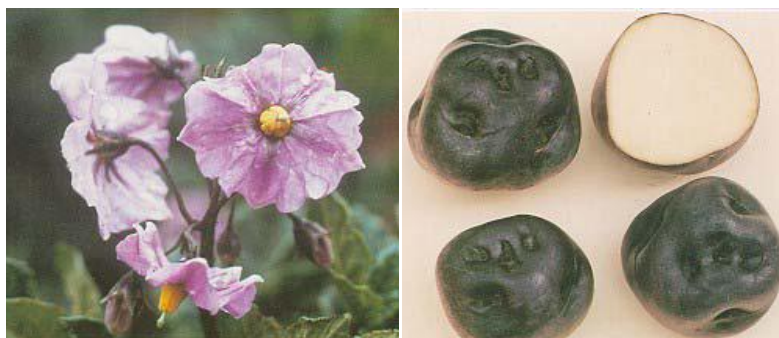
El altiplano produce variedades Andígenas (nativas), como Waycha, Sani Imilla, Imilla Negra, Imilla Blanca que son las de mayor importancia. Los rendimientos obtenidos son relativamente bajos pudiendo ser entre 4 y 14 t/ha. Las siembras son a secano, estas zonas están expuestas además a fenómenos adversos como heladas, granizadas y sequías cíclicas importantes (SEPA, 2006).

#### 3.5.1 Variedad Chiar Imilla

Según Iriarte et al., (2009) las características de la variedad Chiar Imilla son:

**Especie:** *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*

**Ploidía:**  $2n = 4x = 48$



**Foto 1.** Características de flor y tubérculo de variedad Chiar Imilla.

**a) Características agronómicas**

**Ciclo vegetativo:** Tardío (150 a180).

**Rendimiento:** 6.5 t/ha.

**Almacenamiento:** 6 meses.

**b) Información etnobotánica**

**Significado del nombre:** Niña morena

**Exigencias del suelo:** Se comporta bien en suelos vírgenes o *purumas* (suelo que nunca se cultivaron), profundos de color amarillo.

**Antigüedad:** Variedad utilizada hace más de tres generaciones atrás

**Formas de consumo:** Buena para *tunta* (tubérculo deshidratado de color claro), *ch'uñu* (tubérculo deshidratado de color oscuro), *munti* (papa pelada para sopa) y *muraya* (papa congelada para sopa).

**c) Zonas de producción**

**La Paz:** Provincia Camacho, en las comunidades Umanata, Cariquina Grande, Purapurani, Mollipongo, Huarcamarca y Chuani; en parcelas ubicadas entre 3.800 a 4.100 m de altitud.

**d) Descripción morfológica**

**Color de la flor:** Azul.

**Grado de floración:** Moderada.

**Habito de crecimiento:** Erecto

**Color de tallo:** Verde con pocas manchas.

**Diseción de la hoja:** Disectada.

**Forma del tubérculo:** Comprimido con ojos profundos.

**Color de la piel:** Negro.

**Color de la pulpa:** Crema.

**e) Calidad del tubérculo**

**Calidad Culinaria:** Semi harinosa, la cocción dura 45 minutos.

**Glicoalcaloides:** Bajo contenido (no amarga).

### 3.5.2 Variedad Waycha

Según Iriarte et al., (2009) las características de la variedad Waycha son:

**Especie:** *Solanum tuberosum subsp. andigena*

**Ploidía:**  $2n=4x=48$ .



**Foto 2.** Características de flor y tubérculo de variedad Waycha

**a) Caracteres agronómicos**

**Hábito de crecimiento:** Semi-erecto.

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

**b) Características morfológicas**

**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.

**c) Reacciones agronómicas**

Tolerancia al nematodo rosario (*Nacobbus aberrans*).

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

**d) Zonas de cultivo**

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

**e) Calidad de 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).

**3.5.3 Variedad Sakampaya**

Según IBTA y PROINPA (1994) las características de la variedad Sakampaya son:

**Especie:** *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*

**Ploidía:**  $2n = 4x = 48$



**Foto 3.** Características de flor y tubérculo de variedad Sakampaya.

**a) Características agronómicas**

**Ciclo Vegetativo:** Tardío (150 a180).

**Rendimiento:** 3.8 t/ha.

**Almacenamiento:** 7 meses.

**b) Información etnobotánica**

**Exigencias del suelo:** La variedad se comporta bien en suelos vírgenes o *puruma* (suelo que nunca se cultivaron), de tierras amarillas.

**Antigüedad:** Variedad utilizada hace más de tres generaciones atrás

**Formas de consumo:** Buena para *qhati* (papas harinosas cocidas con vapor de agua), *waja* (papas cocidas en terrones calentado), *wathia* (papas cocidas con piedras calentadas) y *ch'uña* (tubérculo deshidratado de color oscuro).

**c) Zonas de producción**

**La Paz:** Provincia Camacho, en las comunidades Purapurani y Cariquina Grande; en parcelas ubicadas entre 3.800 a 4.100 m de altitud.

**d) Descripción morfológica**

**Color de la flor:** Blanco.

**Grado de floración:** Moderada.

**Habito de crecimiento:** Semi erecto

**Color de tallo:** Verde.

**Disección de la hoja:** Disectada.

**Forma del tubérculo:** Elíptico con ojos superficiales.

**Color de la piel:** Blanco crema con rosado en pocos puntos.

**Color de la pulpa:** Crema.

**e) Calidad del tubérculo**

**Calidad Culinaria:** Harinosa, la cocción dura 38 minutos.

**Glicoalcaloides:** Bajo contenido (no amarga).



## **3.6 Requerimiento del cultivo**

### **3.6.1 Agua**

Para satisfacer las necesidades hídricas, la papa necesita entre 500 y 700 mm de agua, de acuerdo con las condiciones climáticas y la duración del cultivo. La producción se reduce, si se agota más del 50 % del total del agua disponible en el suelo durante el período de crecimiento, la etapa más crítica que perjudica al cultivo es durante la formación de tubérculos (FAO, 2008).

### **3.6.2 Suelo**

El suelo debe ser liviano, franco o franco arcillo-limoso, rico en materia orgánica, bien drenado, pero con una buena capacidad de retención de agua; preferentemente no calcáreo. El pH puede estar entre 4.8 y 7, siendo el óptimo entre 5.5 y 6 (Benacchio, 1983).

Según CIP, (1996) la papa crece mejor en suelos franco, franco arenosos, con pH entre 5.0 y 7.0.

Cortes y Hurtado, (2002) indican las siguientes características óptimas de suelos para el cultivo de papa:

#### **Propiedades físicas rango óptimo**

Textura Franca, Profundidad efectiva > 50 cm, Densidad aparente 1.20 g x cm<sup>3</sup>, Color Oscuro, Contenido de materia orgánica > 3.5%, Drenaje Bueno, Capacidad de retención de agua buena a capacidad de campo, Topografía Plana y semi plana.

#### **Propiedades químicas rango óptimo**

Con un pH 5.5 – 6, N Variable, P > 28 mg kg<sup>-1</sup>, K > 5 %, Ca<sup>++</sup> 65 %, Mg<sup>++</sup> 18 %, Acidez total < 10 %, Conductividad eléctrica < 4 dsm<sup>-1</sup>.

#### **Propiedades biológicas**

Presencia de microorganismos y beneficiosos a la fertilidad del suelo Muy alta.

### **3.6.3 Luz y temperatura**

Cortes y Hurtado (2002), indican que el cultivo de papa se comporta mejor con periodos de 8 a 12 horas luz. La luminosidad que reciben las plantas durante el día incide en la función de los cloroplastos y desencadena una serie de reacciones en las que interviene el dióxido de carbono y el agua, que ayudan a la formación de los diferentes tipos de azúcares que pasan a formar parte de los tubérculos.

Midmore (1988), señala que el incremento de la temperatura tiene efecto acelerador, sobre los procesos químicos y con frecuencia, sobre los biológicos siendo el óptimo para la papa entre los 20° a 25°C.

### **3.6.4 Fotoperiodo**

UNT (1986), indica que el fotoperiodo es la duración del período luminoso que se extiende entre el comienzo del crepúsculo matutino hasta la finalización del crepúsculo vespertino. Las plantas de días largos florecen con duración foto periódica mayor a 12-14 horas de luz como el caso de la papa. Asimismo Montaldo (1984), señala que la influencia del fotoperiodo en la papa es marcada en el crecimiento vegetativo, también en crecimiento de los estolones, en la floración y la tuberización.

Palacios (2002), indican que en general la exposición del follaje a días cortos induce a la tuberización, mientras que la exposición a días largos induce a la floración y formación de ramas laterales.

## **3.7 Sustrato**

### **3.7.1 Qué es un sustrato**

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta (Cánovas, 1993).

Hay diversos sustratos y mezclas que se usan en la multiplicación acelerada de papa para la siembra de semilla botánica, enraizamiento de esquejes, plantación de plántulas y tuberculillos in vitro, esquejes a tubérculos procedentes de invernadero en macetas a camas de almácigos. Las combinaciones de suelo, arena y musgo por la general dan mejores resultados que cualquiera de ellos solo salvo casos especiales como el enraizamiento de esquejes, en los que se usa sólo arena. Para determinar la mejor mezcla para macetas y camas, es aconsejable experimentar con las plantas en las condiciones ambientales en que se va a trabajar (Hidalgo *et al.*, 1997).

Según OIRSA (2002), sustrato o medio es el material en el cual se plantan semillas, se insertan brotes, o se establecen plantas. El medio da soporte, almacena y suministra nutrientes, agua y aire para el sistema radicular, existen muchos materiales y mezclas.

Hay cuatro funciones con las que debe cumplir un sustrato para mantener un buen crecimiento de las plantas.

- Proporcionar un anclaje y soporte para la planta.
- Retener humedad de modo que esté disponible para la planta.
- permitir el intercambio de gases entre las raíces y la atmosfera
- Servir como depósito para los nutrientes de la planta.

### **3.7.2 Turba**

La turba, se forma a partir de acumulaciones de sustancias orgánicas incompletamente descompuestas, provenientes del pasto natural, también de restos de vegetación acuática o pastizales que se encuentra bajo el agua en estado de descomposición (Valverde, 1999).

### **3.7.3 Arena**

La arena está formada por pequeños gránulos de piedra de 0.05-2.0 mm de diámetro. Se debe lavar muy bien, fumigar o tratar con calor antes de usarla, ya que

puede contener semillas de malezas u hongos patógenos. La arena no contiene nutrientes minerales (Valverde, 1999).

### **3.8 Tipo de esterilización**

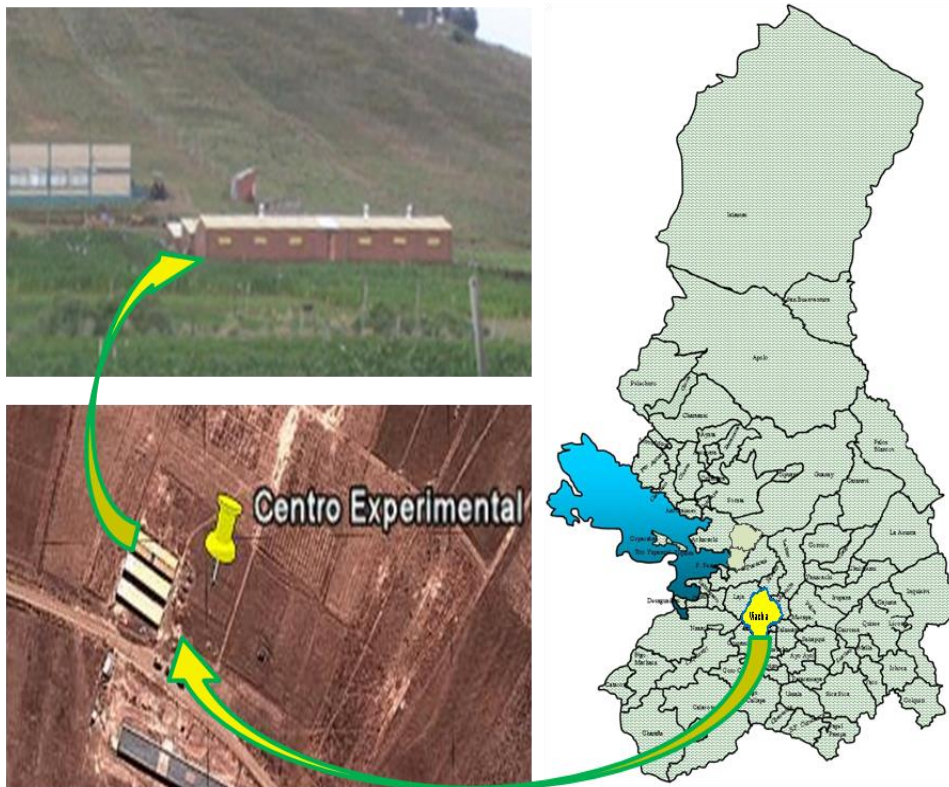
El sustrato puede contener semillas de malezas, nemátodos y ciertos hongos y bacterias nocivas que afectan las plantas, esquejes o tubérculos producidos. La costra negra o “chupadera”, causada por *Rhizoctonia solani*, es una enfermedad muy común en muchas plantas. Para evitar las pérdidas ocasionadas por ésta y otras enfermedades similares es recomendable desinfectar el sustrato o la mezcla (Hidalgo, 1997).

Existen diferentes formas de desinfectar el suelo o medio de las bandejas: con agua caliente, con ceniza y cal, con solarización, con una bio-fumigación, etc. (Meza, 2005).

## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Localización

El presente estudio se realizó en los predios del Centro Experimental Quipaquipani de la Fundación PROINPA, la estación se encuentra en el municipio de Viacha, de la provincia Ingavi del departamento de La Paz, ubicada a 41 Km al suroeste de la ciudad de La Paz.

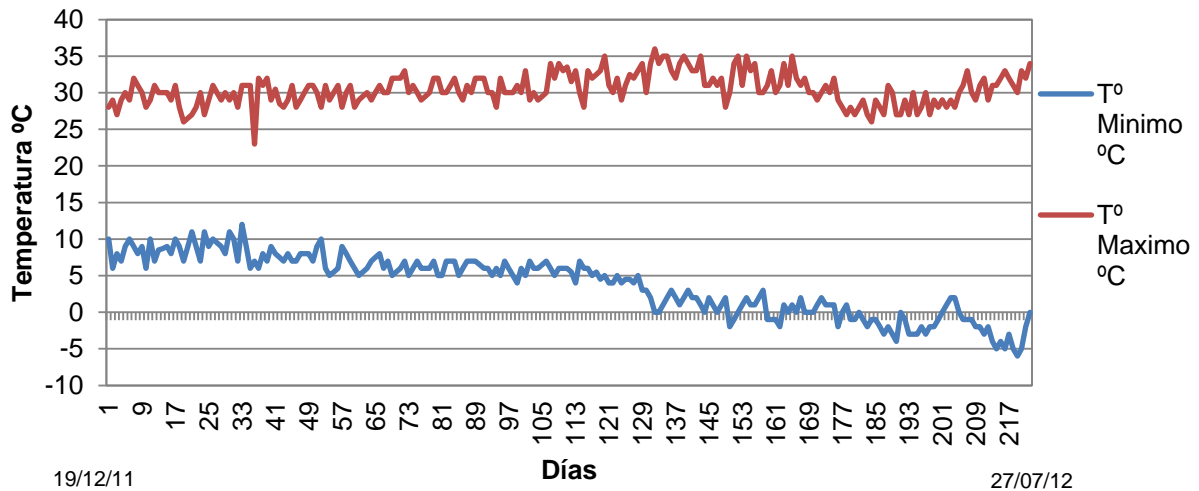


**Figura 1.** Ubicación de la zona del trabajo de investigación.

Geográficamente situada a  $16^{\circ} 40' 30''$  Latitud Sur y  $68^{\circ}17'68''$  Longitud Oeste, a una altitud de 3880 m.

## 4.2 Comportamiento de temperatura (invernadero)

Durante la investigación se colocó dentro el invernadero un termómetro de máximo y mínimo, se registró la temperatura máxima y mínima en un cuaderno todos los días, de esta forma se recabó datos de temperatura.



**Figura 2.** Comportamiento de temperatura durante la investigación.

En la Figura 2, podemos observar el comportamiento de la temperatura dentro el invernadero, esto durante el ciclo del cultivo de papa y la investigación. Los resultados nos muestra una temperatura media de 17°C, la temperatura máxima promedio es de 30.5°C y la temperatura mínima promedio es de 3.8°C.

## 4.3 Materiales

### 4.3.1 Materiales de Invernadero

Entre los materiales que se utilizaron en el invernadero fueron: cintas de colores, marbetes, bolsas plásticas, sobres de papel, frascos de plástico, redes plásticas, yutes, estacas de madera, pitas, picotas, palas, chontillas, azadones, flexómetro, mochila para fumigar, malla milimétrica, malla antiáfidos, regadera, termómetros de máximo y mínimo, malla anti helada, bañadores, baldes, carretilla, yutes, balanza de precisión, vernier, regla, y otros.

Por otro lado para el sistema de riego se utilizó los siguientes materiales: cintas de goteo, llaves de paso para cada platabanda, tubos de alargamiento y otros materiales con que consta un sistema de riego por goteo. También se utilizó insumos como: productos químicos, fertilizantes, insecticidas y fungicidas.

#### 4.3.2 Sustrato

El sustrato que se utilizó para la investigación, estuvo compuesto por turba y arena, este sustrato se mezcló en el lugar y luego se desinfectó a vapor. Las proporciones que se utilizaron son de relación (1:1) de turba y arena respectivamente, esto nos indica en porcentajes de 50% de turba y 50% de arena.



**Foto 4.** Desinfección de sustrato a vapor.

Para la desinfección del sustrato se utilizaron los siguientes materiales: turril, carretilla, garrafa con contenido de gas GLP, cocina, yutes, palas, redes y otros materiales.

El volumen utilizado de sustrato en el presente trabajo de investigación es de  $0.9 \text{ m}^3$  por platabanda, haciendo un total de  $21.6 \text{ m}^3$  de sustrato utilizado para el estudio.

#### 4.3.3 Material genético

El material genético que se utilizó para la investigación, fueron tres variedades de papas nativas: Chiar Imilla, Waycha y Sakampaya, (correspondientes a la especie *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*), empleando semilla sexual y asexual en todos

los casos. El material genético fue obtenido en el Centro de Investigaciones Quipaquipani, perteneciente a Fundación PROINPA.

#### **4.3.4 Materiales de gabinete y equipos**

Los materiales de gabinete que se utilizaron para la investigación son: cuaderno de registro, computadora, cámara fotográfica, cuaderno de apuntes, marcadores, libros, lápices, bolígrafos, calculadora, hojas bon, impresora y otros.

#### **4.4 Metodología**

El trabajo de investigación se desarrolló en un ambiente controlado (invernadero), por tanto el desarrollo de las evaluaciones se realizaron en ella.

##### **4.4.1 Procedimiento experimental en invernadero**

###### **4.4.1.1 Infraestructura**

La infraestructura fue construida tres años antes de la investigación realizada, el invernadero está compuesto por materiales necesarios para el cultivo de papa, la estructura del invernadero está diseñado con platabandas que mide tres metros de largo y un metro de ancho, la cual hace un área de 3m<sup>2</sup> por platabanda, a la vez tiene instalada un sistema de riego por goteo para cada platabanda. También consta: con tres ventiladores en el techo, ventanas de aireación o ventilación, mallas antifidos, un ambiente para almacenar material genético como semilla, fertilizantes, herramientas y otros, también cuenta con pasillos y otros materiales.



**Foto 5.** Infraestructura externa e interna de la investigación



#### 4.4.1.2 Nivelado de sustrato

El sustrato desinfectado se trasladó a cada platabanda, colocando de forma parejo el sustrato a cada platabanda. Luego se niveló el sustrato con la ayuda de una regla de madera, esto para facilitar la siembra.

#### 4.4.1.3 Preparación de semilla

De acuerdo a la superficie que existe dentro el invernadero y la densidad de siembra planteada para la investigación, se prepararon 162 semillas asexuales por variedad para cada platabanda, esto por cuatro repeticiones haciendo un total de 648 semillas asexuales por variedad. Por otro lado también se preparó 486 unidades de semilla botánica por variedad para cada platabanda, considerando que la siembra se realizará colocando tres semillas sexuales por golpe, requiriéndose en total (cuatro repeticiones) un total de 1944 semillas sexuales por variedad.



**Foto 6.** Tipos de semillas sexual y asexual con tres variedades.

#### 4.4.1.4 Trazado de parcelas

Dentro el invernadero ya se tenía platabandas hechas, por tal razón las parcelas solo se adecuaron de acuerdo al diseño planteado para la investigación, el diseño es parcelas divididas completamente al azar, tomando en cuenta los factores de estudio se dividió en dos parcelas, las parcelas grandes que cuenta de tres platabandas

cada una, y por otro lado a las platabandas se denominó como parcelas pequeñas, esto por cuatro repeticiones.

#### 4.4.1.5 Siembra

La siembra de papa se llevó a cabo el 29 de noviembre de 2011 en un invernadero ya construido, de acuerdo al diseño experimental se procedió a ubicar las parcelas grandes, en cada parcela grande se ubicó el tipo de semilla y dentro las parcelas pequeñas se asignaron las variedades correspondientes según el diseño, la siembra se realizó de acuerdo a esta distribución.

Las dimensiones de cada platabanda son de 3 m de largo y 1 m de ancho, esto nos da 3 m<sup>2</sup> por platabanda o parcela pequeña. La semilla fue sembrada con una distancia de 15 cm de distancia entre surco y 10 cm de distancia entre planta, formando 6 surcos en cada platabanda o parcela pequeña, los tubérculos de semilla asexual fueron depositados a una profundidad de 8 cm y las semillas sexuales fueron sembrados por golpe a una profundidad de 3 mm, tomando en cuenta que se depositó tres semillas sexuales por golpe para garantizar la emergencia.

En la estación de Quipaquipani se realizaron varias pruebas de germinación de semilla botánica con diferentes variedades, entre ellas la Waycha, Chiar Imilla y Sakampaya. Los resultados fueron arriba del 50% de germinación.



**Foto 7.** Siembra de semillas de papa en platabandas y por parcelas.

#### 4.4.1.6 Labores del cultivo

Riego: Debido a que el invernadero cuenta con un sistema de riego ya instalado, facilitó en gran manera el riego de la investigación. Es un sistema de riego por goteo, las cintas de riego se instaló para cada surco después de que se terminó con el aporque, de esta manera se regó día por medio con un tiempo duración de 10 a 15 minutos, se utilizó un volumen aproximado de 900 a 1000 metros cúbicos de agua en todo el ciclo del cultivo.



**Foto 8.** Sistema de riego con cintas de goteo.

Aporque: Esta actividad es la más importante dentro los labores del cultivo, el primer aporque se realizó en plantas vía semilla asexual a los 28 días después de la siembra, y para plantas vía semilla sexual el aporque se realizó a los 68 días después de la siembra. Para el aporque se empleó el mismo sustrato, se distribuyó el sustrato en cada surco con la ayuda de una palita de jardín para aporcar uniformemente.



**Foto 9.** Aporque de plántulas vía sexual y sustrato para el aporque.

Control fitosanitario: Para realizar un correcto control y prevención de enfermedades, se ha realizado un calendario fitosanitario, de acuerdo a este calendario se aplicaron insecticida (Karate y Curacrón) en cuatro ocasiones, con una dosis de 10 ml de insecticida en 10 litros de agua, esto para el control de pulgón verde (*Myzus persicae*), pulgón negro (*Aphis fabae*) y gorgojo de los andes (*Phenotripes latitorax*). Por otra parte, en 5 ocasiones se aplicó fungicida (Ridomil) para la prevención y de carácter curativa de enfermedades como tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*).

Fertilización: Se fertilizó a la parcela de investigación con fosfato di amónico FDA (18% nitrógeno, 46% fósforo y 0% potasio) y urea (46% nitrógeno, 0% fósforo y 0% potasio), los fertilizantes se aplicaron en tres ocasiones, la primera aplicación se realizó a los 32 días después de la siembra utilizando 42 gramos de FDA por cada platabanda o parcela pequeña, la segunda y la tercera aplicación se realizó a los 42 y 52 días después de la siembra, utilizando 42 gramos de urea por cada platabanda; haciendo un total en las tres aplicaciones con un total de fertilizantes de 1 kg de FDA y 2 kg de Urea.

También se utilizó fertilizante foliar (Rendimax), el cual se aplicó en tres ocasiones durante la fase fenológico del cultivo, utilizando una mochila fumigadora se aplicó en todas las platabandas de investigación.

#### **4.4.1.7 Marcado de plantas**

Para el registro de variables cuantitativas se marcó 10 plantas al azar por platabandas o parcelas pequeñas, los mismos fueron marcados con un marbete de cartulina blanca con datos de: parcela, tipo de semilla, variedad, número y otros datos, esta labor se realizó el 30 de diciembre 2011 a los 32 días después de la siembra en plantas vía semilla asexual y en plantas vía semilla sexual el 28 de enero de 2012 a los 61 días después de la siembra.

#### 4.4.1.8 Defoliación

La defoliación fue de mucha importancia para uniformizar y para la obtención de papas tamaño “gourmet”, esta labor se efectuó los días 21, 22 y 23 de marzo 2012 a los 114, 115 y 116 días después de la siembra, esto en plantas vía semilla asexual, pero en plantas vía semilla sexual se defolió de forma escalonada en dos ocasiones, la primera defoliación se realizó en variedades Sakampaya y Waycha los días 5 y 6 de julio a los 219 y 220 días después de la siembra, en cambio la variedad Chiar Imilla fue defoliado día 16 de julio a los 230 días después de la siembra. Las plantas fueron cortadas a una altura de 8 a 10 cm desde el cuello de la planta, con la ayuda de materiales como: tijera, hoz, carretilla, mantel, etc.



**Foto 10.** Defoliación del follaje y retiro del follaje cortado.

#### 4.4.1.9 Cosecha

La cosecha se realizó de forma escalonada, el primero en cosecharse fue tubérculos obtenidos vía semilla asexual, las tres variedades fueron cosechadas los días 18, 19 y 20 de abril de 2012, a los 142, 143 y 144 días después de la siembra, las diez plantas marcadas con marbete fueron extraídos cuidadosamente contando el número de tubérculos por cada planta. Los tubérculos obtenidos vía semilla sexual, fue cosechado del 30 de julio al 2 de agosto de 2012, a los 244 a 247 días después de la siembra, también se evaluaron las plantas marcadas en número de tubérculos y el peso por cada planta.



**Foto 11.** Cosecha de los tubérculos por tipo de semilla y variedades

La cosecha se realizó con la ayuda de herramientas como: chontilla, pala, pala de jardinería, caretilla y otros. Primero se vació una parte de la platabanda y luego fue más fácil escarbar los tubérculos, posteriormente se depositó en bolsas de polipropileno (yute) para luego clasificar.

#### **4.4.1.10 Clasificación por calibre y pesaje de tubérculos**

Después de la cosecha se procedió a la clasificación de tubérculos por tamaño de calibre, basándose en las normas de clasificación del Programa Nacional de Semillas dependiente de Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y forestal (INIAF).

Para una mejor clasificación se dividió en tres calibres o tamaños de tubérculos, para papa “gourmet” se tomó en cuenta el tamaño o calibre cuarta según INIAF, El diámetro es de 2 cm a 3 cm, pero se consideró desde 1.5 cm a 3 cm.

**Cuadro 3.** Valores de clasificación de tubérculos por calibre o tamaño.

<b>Tamaño T1</b>	<b>Tamaño “gourmet” T2</b>	<b>Tamaño T3</b>
< 1.5 cm	1.5 cm a 3 cm	> 3 cm

**Fuente:** Elaboración propia en base a normas de INIAF (2013).

En la actualidad no existe un tamaño determinado para papa “gourmet”, pero bajo los datos o normas del país se sugiere el tamaño mostrado en el cuadro 3.

Una vez clasificado los tubérculos por tamaño, se procedió al pesaje de los mismos, tomando en cuenta el número de tubérculos por planta y el peso de los tubérculos por planta. En total se tiene tres calibres de papa, tomando en cuenta el tamaño T2 “gourmet” el cual es el objetivo de esta investigación.



**Foto 12.** Clasificación por calibre y pesaje de los tubérculos.

#### **4.4.1.11 Evaluación de características de tubérculos obtenidos vía semilla sexual**

A los 3 días después de la cosecha se procedió a la evaluación de las variables del tubérculo, la que consistió en la caracterización en base a los descriptores propuesta para la papa nativa (Huamán, 2008). La descripción se hizo en las tres variedades de papa, tomando en cuenta el número de tubérculos caracterizados.

#### 4.4.2 Diseño de investigación

Para el presente estudio se utilizó el diseño de parcelas divididas completamente al azar.

El modelo para este experimento fue:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + U_{j(i)} + V_k + (SV)_{ik} + E_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  = una observación cualquiera

$\mu$  = media general

$S_i$  = es el efecto de tipo semilla (tratamiento de parcela grande)

$U_{j(i)}$  = es el error de parcela grande (aleatorio)

$V_k$  = es el efecto de variedades (tratamiento de parcela pequeña)

$(SV)_{ik}$  = interacción semilla x variedad

$E_{ijk}$  = error de parcela pequeña (aleatorio)

Di Rienzo *et al.* (2005).

##### 4.4.2.1 Factores de estudio

**Factor A:** Tipos de semilla

S1 = Semilla asexual (tubérculo)

S2 = Semilla sexual (SSP)

**Factor B:** Variedades de papa nativa

V1 = (Chiar Imilla)

V2 = (Waycha)

V3 = (Sakampaya)



#### 4.4.2.2 Croquis de Experimento

Semilla sexual			Semilla asexual			Semilla asexual			Semilla sexual		
Var. 2	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 3	Var. 2	Var. 1	Var. 3	Var. 1	Var. 2
Semilla asexual			Semilla sexual			Semilla sexual			Semilla asexual		
Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 2	Var. 3	Var. 1	Var. 2	Var. 3	Var. 1

**Figura 3.** Croquis de la investigación y distribución de parcelas en invernadero.

#### 4.4.3 Variables de respuesta

##### 4.4.3.1 Variables evaluadas en progenies de semilla asexual y sexual

###### - Porcentaje de emergencia

Para la evaluación del porcentaje de emergencia se han contado la cantidad de plantas emergidas a los 21 días después de la siembra y luego con los datos se procedió a calcular el porcentaje de emergencia, esta evaluación se hizo para las tres variedades tanto en progenies de semilla sexual como en progenies de semilla asexual.

###### - Altura de planta

Se midió la altura de planta, tomando la dimensión desde el nivel del suelo (cuello de la planta) hasta la punta del ápice de la planta, estas en plantas ya identificadas con marbete, para ello se utilizó flexómetro graduado en unidad de centímetros. Esta labor se realizó en secuencia cada 15 días durante el ciclo vegetativo del cultivo.

### **- Número de tubérculos por planta**

Durante la cosecha se contabilizó el número de tubérculos por planta, contando la cantidad de tubérculos de cada planta identificada, esto en las tres variedades de papa que son las parcelas pequeñas, y en ambos tipos de semilla sexual como asexual.

### **- Número de tubérculos tamaño para “gourmet” por planta**

El número de tubérculos tamaño “gourmet” por planta se contabilizó durante la clasificación de tubérculos por calibre, esto se realizó en tubérculos obtenidos de plantas identificadas mediante marbetes.

### **- Peso de tubérculos por planta**

El peso de tubérculos por planta se obtuvo pesando los tubérculos de plantas identificadas en cada parcela pequeña inmediatamente después de la cosecha. Los tubérculos se pesaron en una balanza de precisión en el laboratorio de la Estación Experimental de Quipaquipani.

### **- Tamaño de calibre en proporciones por variedad**

Para obtener tubérculos por calibre, se procedió a clasificar en tres categorías, basada en las siguientes dimensiones de diámetro: T1 (< 1.5 cm), T2 o “gourmet” (1.5 cm a 3 cm) y T3 (> 3 cm.), para esto se ha empleado un vernier y se logró clasificar en diferentes categorías. Luego se procedió a pesar y contar el número de tubérculos de cada categoría.

### **- Evaluación de rendimiento kg/m<sup>2</sup>**

Después de terminar la cosecha, se procedió a calcular el rendimiento total de tubérculo, también se calculó el rendimiento por tipo de semilla asexual y sexual y por variedades.

### **- Rendimiento de tubérculos para papa “gourmet”**

Una vez clasificado los tubérculos por categoría, se pasó a contar el número de tubérculos para papa “gourmet”, como también el número de tubérculos de las otras categorías, por otro lado también se procedió a pesar el peso de tubérculos por categoría con la ayuda de una balanza de precisión. Se procedió a contar y pesar los tubérculos tamaño “gourmet” tanto en tubérculos obtenidos por vía sexual y por vía asexual, procediéndose de la misma forma en las tres variedades.

Al igual que para los tubérculos para papa “gourmet”, se realizó el conteo y el pesaje de tubérculos de categoría T1 y T3, esto en tubérculos obtenidos por ambas vías y de las tres variedades.

### **- Análisis de sustrato**

El análisis se realizó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), en base a tres muestras de sustrato, dos de ellas fue para el análisis Químico y la tercera fue para el análisis Hidrofísico, los resultados se muestran a detalle en la parte de anexos.

De las tres muestras, una muestra de sustrato fue recolectada antes de la siembra y la otra muestra fue recolectada después de la cosecha de la investigación, estas dos muestras de sustrato se remitió para la determinación del análisis Químico. Por otro lado también se mandó otra muestra para la determinación del análisis Hidrofísico de sustrato.

### **- Análisis económico**

Luego de terminar la cosecha y la clasificación por calibres en su totalidad se efectuó el análisis económico, para este análisis del presente trabajo de investigación se realizó un cuadro de costos de producción donde se presenta los costos variables a detalle.

#### 4.3.3.2 Otras variables evaluadas en tubérculos de semilla sexual

##### Análisis de segregación de tres variedades

Para este análisis, se evaluaron 12 variables de características de tubérculo, bajo los parámetros de Descriptores Morfológicos de la papa (*Solanum tuberosum* L) de Huamán (2008). La evaluación se realizó de la misma manera en las variedades de Chiar Imilla, Waycha y Sakampaya, tomando en cuenta la cantidad de grupos por cada variedad.

Las características de tubérculos fueron evaluadas bajo las siguientes variables y parámetros:

- **Color predominante de la piel del tubérculo (CPT);** esta variable se determinó comparado con la tabla de colores del descriptor de Huamán, donde: (1) blanco-crema, (2) amarillo, (3) anaranjado, (4) marrón, (5) rosado, (6) rojo, (7) morado rojizo, (8) morado, y (9) morado violeta.
- **Intensidad del color predominante de la piel del tubérculo (ICP);** la codificación es la siguiente: (1) claro, (2) intermedio, (3) oscuro.
- **Color secundario del color de piel del tubérculo (CSP);** se registró bajo siguientes parámetros: (1) ausente, (2) blanco-crema, (3) amarillo, (4) anaranjado, (5) marrón, (6) rodado, (7) rojo, (8) morado rojizo, (9) morado y (10) morado violeta.
- **Distribución del color secundario de la piel del tubérculo (DCP);** se evaluó en base los siguientes codificaciones: (1) ausente, (2) solamente en los ojos, (3) solamente en las cejas, (4) pigmentado en áreas alrededor de los ojos, (5) en manchas dispersas, (6) sin pigmentación en áreas alrededor de los ojos y el resto del tubérculo es pigmentado, (7) en manchas salpicadas y (8) muy pocas manchas.

- **Textura de la piel del tubérculo (TP);** se registró bajo los siguientes parámetros: (1) suave, (2) intermedia, (3) áspera, (4) reticulado y (5) muy reticulado.
- **Color predominante de la carne del tubérculo (CPC);** se evaluó realizando un corte transversal del tubérculo, se comparó con tabla de colores con la siguiente codificación: (1) blanco, (2) crema, (3) amarillo claro, (4) amarillo, (5) amarillo oscuro, (6) rojo, (7) morado y (8) violeta.
- **Color secundario de la carne del tubérculo (CSC);** se determinó el color secundario de la pulpa bajo los parámetros: (1) ausente, (2) blanco, (3) crema, (4) amarillo claro, (5) amarillo, (6) amarillo oscuro, (7) rojo, (8) morado y (9) violeta.
- **Distribución del color secundario de la carne del tubérculo (DCC);** esta variable se evaluó bajo los siguientes parámetros: (1) ausente, (2) manchas dispersas, (3) áreas dispersas, (4) en un anillo vascular ancho, (5) en un anillo vascular ancho, (6) en un anillo vascular en la médula, (7) en toda la pulpa excepto en la médula y (8) en manchas salpicadas uniformemente.
- **Forma del tubérculo (FDT);** de acuerdo a la siguiente codificación: (1) comprimido, el eje mayor es el más corto, (2) esférico, el contorno es casi circular, (3) ovoide, parecido a la sección longitudinal de un huevo, (4) obovoide, inversamente ovoide con la parte más ancha dentro del 1/3 de la distancia desde el extremo apical donde están los ojos, (5) elíptico, con aproximadamente el mismo ancho a distancias iguales desde los extremos que son ligeramente agudos, (6) oblongo, con un contorno casi rectangular que tiene los lados casi paralelos y las esquinas redondeadas, (7) largo-oblongo, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 2 y (8) alargado, la proporción del largo y el ancho debe ser cercana a 3.
- **Formas raras de tubérculo (FR);** los parámetros son los siguientes: (1) ausente, (2) aplanado, el largo de la sección transversal es más de 3 veces más largo que ancho en cualquier punto del tubérculo, (3) clavado, parecido a un mazo alargado engrosado en un extremo, (4) reniforme, parecido a un riñón, (5) fusiforme, (6)

falcado, curvado en forma de una hoz, (7) enroscado, curvado en un extremo, (8) digitado, parecido a una mano abierta, (9) concertinoide y (10) tuberosado, cubierto por pocas o muchas protuberancias que le dan una apariencia a una piña o racimos de uva.

- **Profundidad de los ojos de los tubérculos (PO);** esta variable se determinó con la ayuda de una regla milimétrica y bajo los siguientes parámetros: (1) protuberante o sobresalido, (2) superficial, <2 mm, (3) ligeramente profundo, 2-4 mm, (4) profundo, 5-6 mm, (5) muy profundo, >6 mm.
- **Número de ojos de los tubérculos (NO);** se contabilizó el número de ojos de cada tubérculo bajo los siguientes parámetros: (1) muy pocos, <5, (2) pocos 5-7, (3) intermedio 8-10 y (4) muchos >10.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Porcentaje de emergencia.

El porcentaje de emergencia se evaluó a los 21 días después de la siembra.

**Cuadro 4.** Análisis de varianza porcentaje de emergencia a 21 días

FV	GL	SC	CM	F <sub>c</sub>	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	42,667	42,667	0,24	0,431	ns
Error FA	6	1083,833	180,639			
Variedad	2	1235,250	617,625	9,61	0,003	**
Tipo semilla*variedad	2	783,583	391,792	6,1	0,014	*
Error FB	12	771,167	64,264			
Total	23	3916,500				

CV = 9.75%

Donde:

FV = Fuentes de variación

SC = Suma de cuadrados

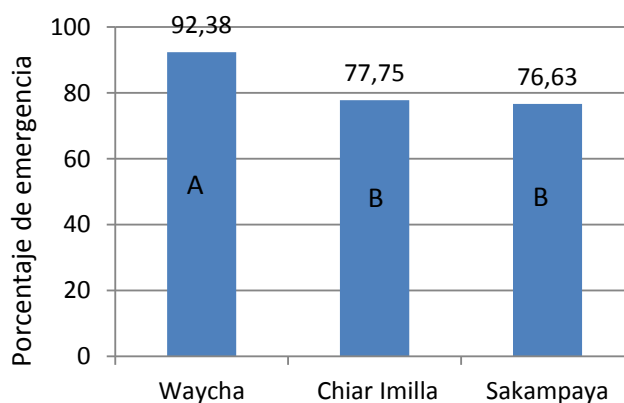
Pr > F = Probabilidad de F (\*\* = altamente significativo; \* = significativo; ns = no significativo)

CV = Coeficiente de Variación

GL = Grados de libertad

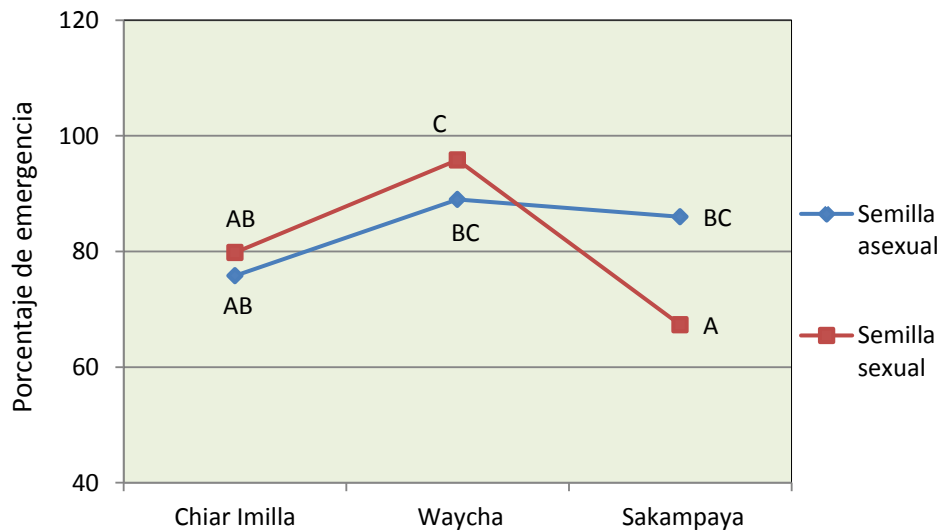
CM = Cuadrado medio

El análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (Cuadro 4), mostró que no existe diferencias significativas entre tipos de semilla, lo que nos indica que el porcentaje de emergencia no difiere entre semilla asexual y sexual. En cambio el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre variedades, esto nos indica que hubo diferencia en porcentaje de emergencia en las tres variedades. Se encontró también diferencia significativa en la interacción entre tipo de semilla y variedad.



**Figura 4.** Porcentaje de emergencia a los 21 días por variedades

En la comparación de medias (Figura 4), se observa valores promedios de variedades, según los resultados la variedad Waycha tiene un mayor porcentaje de emergencia (92.38%), estadísticamente diferente a las variedades Chiar Imilla y Sakampaya (77.75% y 76.63% de emergencia respectivamente) estas dos que estadísticamente son iguales.



**Figura 5.** Porcentaje de emergencia por interacción tipo de semilla\*variedad.

En la Figura 5, observamos porcentaje de emergencia a los 21 días por interacción tipo de semilla\*variedad, Según esta figura existe diferencias significativas entre variedades en ambos tipos de semilla. Se observa que variedad Chiar Imilla, en semilla asexual tuvo 75.8% de emergencia y 79.8% de emergencia en semilla sexual estadísticamente iguales. Sin embargo la variedad Waycha en semilla asexual tuvo 89% de emergencia y 95.8% de emergencia en semilla sexual, estadísticamente son diferentes. Mientras la variedad Sakampaya por semilla asexual alcanzó 86% de emergencia, pero con semilla sexual alcanzó 67.3% de emergencia, estadísticamente diferentes.

Graziano (2011), empleando semilla sexual en la producción de papa en ambientes cuya temperatura variaba entre 16° y 24°C obtuvo 75% de germinación con la



variedad colorada, 68% para la variedad pampeana y 27% para la papa de Jujuy. El conteo que realizó fue a los 14 días después de la siembra de la semilla.

Por otro lado Román y Hurtado (2002) indican que la semilla tubérculo, para germinar tiene que pasar por un período de reposo o dormancia de 2 a 3 meses; después de ese período emite brotes de 0.5 a 1 cm de longitud, y es cuando el tubérculo está apto para la siembra. La emergencia de la planta sucede después de 12 días de haber sido sembrada.

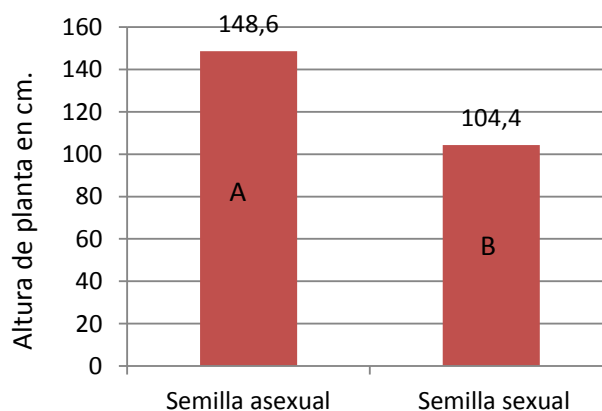
## 5.2 Altura de planta

**Cuadro 5.** Análisis de varianza para altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	11748,375	11748,375	67,47	<.0001	**
Error FA	6	2196,192	366,032			
Variedad	2	154,510	77,255	0,44	0,6518	ns
Tipo semilla*variedad	2	1429,090	714,545	4,10	0,0501	ns
Error FB	12	2089,513	174,126			
Total	23	17617,680				

CV. 10.43%

En el Cuadro 5, muestra el análisis de varianza para la altura de planta durante la floración, se puede observar diferencias altamente significativas entre tipos de semilla asexual y sexual, mientras que entre variedades no existe diferencia significativa. En cambio en la interacción semilla\*variedad existe una diferencia significativa.

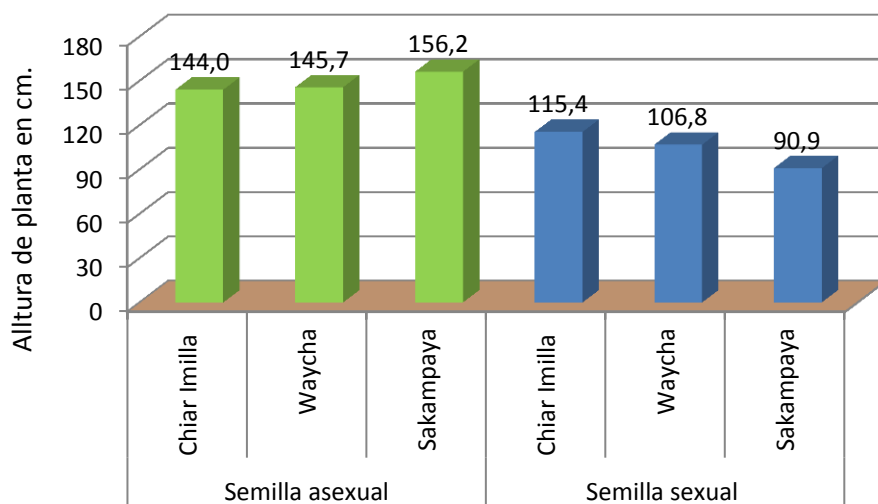


**Figura 6.** Altura de planta por tipo de semilla asexual y sexual.

En la Figura 6, muestra resultados de la prueba de Duncan de la variable altura de planta, donde se constata que el tipo de semilla asexual alcanzó una mayor altura, con un media de 148.6 cm., mientras que el tipo de semilla sexual alcanzó una altura media de 104.4 cm., por tanto podemos indicar que son estadísticamente diferentes.

Estas alturas obtenidas se asemejan con los obtenidos por Pinaya (2013), donde en una evaluación de producción de semilla de tres variedades de papa (India, Waycha y Wila Phiñu) en el centro experimental Quipaquipani, obtuvo resultados de 123.3 cm, 112.5cm y 98 cm respectivamente en altura de planta.

Las alturas alcanzadas por las plantas son mayores a las que se observan en campo, lo cual atribuye a las condiciones ambientales del invernadero (luz, sustrato, riego).



**Figura 7.** Promedios de altura de planta por tipo de semilla y variedades

En la Figura 7, podemos observar la altura de planta las tres variedades y en ambos tipos de semilla, donde se observa mayor altura en plantas vía semilla asexual, siendo 156.2 cm para Sakampaya, 145.7 cm para Waycha y 144.0 cm para Chiar Imilla, estas alturas registradas son estadísticamente iguales. Mientras en plantas vía

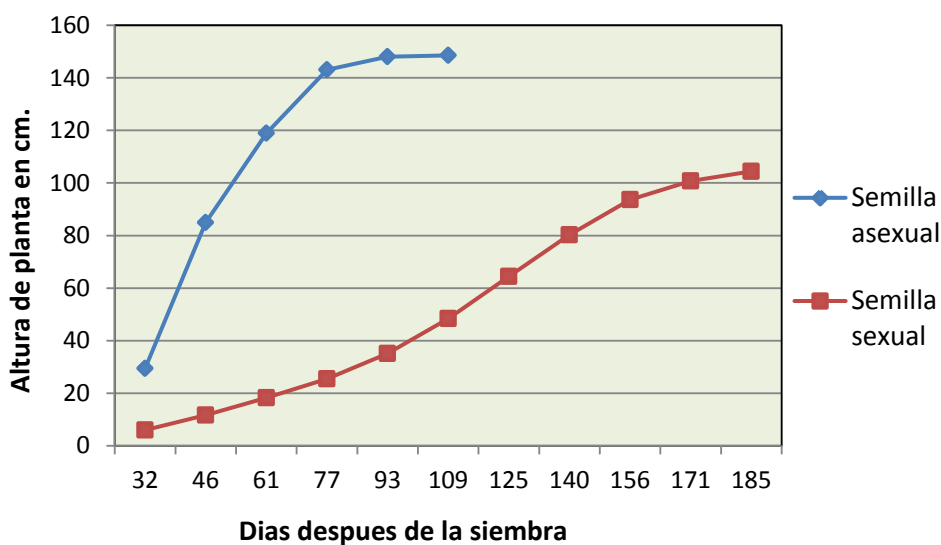
semilla sexual se observa menor altura, siendo 115.4 cm para Chiar Imilla, 106.8 cm para Waycha y 90.9 cm Sakampaya, siendo estadísticamente iguales.

Viendo los resultados, las plantas con mayor altura son vía semilla asexual, esto se puede atribuir a la semilla tubérculo ya que tiene reserva y un mayor vigor al momento de emerger del suelo.

### Dinámica del crecimiento de papa en dos vías de reproducción

En la gráfica de la dinámica de crecimiento de plantas obtenido de semilla asexual y sexual (Figura 8), a los 32 días después de la siembra se aprecia las plantas vía semilla asexual alcanzaron una altura promedio de 29.4 cm, mientras que las plantas vía semilla sexual alcanzaron 5.9 cm de altura. A los 61 días después de la siembra, la diferencia es más grande ya que las plantas obtenidas vía asexual alcanzaron una altura de 118.9 cm, mientras que por semilla sexual alcanzó una altura de 18.2 cm.

Observando las alturas máximas alcanzadas, las plantas vía semilla asexual a 109 días después de la siembra alcanzaron a los 148.6 cm de altura, sin embargo las plantas vía semilla sexual alcanzaron 104.4 cm de altura a los 185 días después de la siembra, es decir, el crecimiento fue menor y lento.



**Figura 8.** Dinámica de crecimiento del cultivo de papa por dos vías de reproducción, asexual y sexual.

Tomando en cuenta el tiempo de crecimiento y observando los resultados, el ciclo de papa vía semilla asexual y en condiciones controladas (invernadero) es corto, aproximadamente de 120 a 135 días. En cambio el ciclo de papa vía semilla sexual y en condiciones controladas (invernadero) es más largo, aproximadamente de 190 a 220 días.

Si tomamos énfasis en el ciclo de producción de tubérculos vía semilla sexual, Ramos (2012) en una evaluación de variabilidad genética en progenies por semilla botánica en papa amarga Choquepito (*solanum curtilobum*), tuvo resultados en invernadero de madurez fisiológica entre 155 a 160 días, este tiempo es tomando en cuenta solo desde el trasplante de plántulas papa, sin tomar en cuenta el tiempo de germinación. Por otro lado también indica que la planta madre alcanzó su madurez fisiológica a los 135 días después de la emergencia.

Según Canqui y Morales (2009) un cultivo de papa común crece de 0,5 a 1m de altura, hojas anchas dispuestas en forma alterna y con folíolos pequeños. Pueden presentar flores terminales que dan como resultado frutos en bayas de 1 a 3 cm de diámetro con gran cantidad de semilla botánica. El periodo vegetativo de la papa común puede variar según las variedades, desde muy precoz (90 días) a muy tardío (180 días). Por otro lado también indica que un cultivo de papa amarga puede alcanzar una altura de planta entre 30 a 50 cm, esto en condiciones de campo.

### 5.3 Número de tubérculos

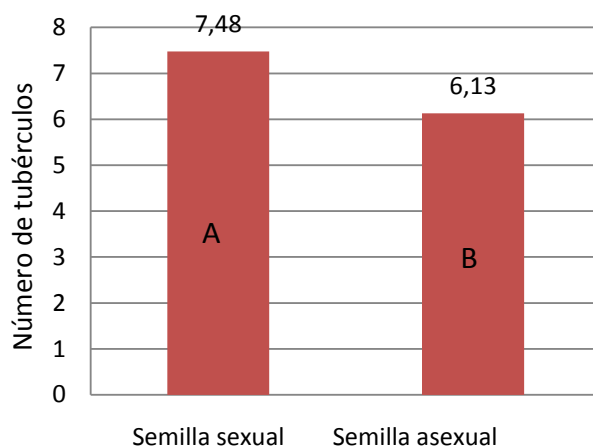
#### 5.3.1 Número de tubérculos por planta

**Cuadro 6.** Análisis de varianza para número de tubérculos por planta

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	10,800	10,800	5,23	0,0412	*
Error FA	6	23,055	3,8426			
Variedad	2	3,573	1,786	0,86	0,4459	ns
Tipo semilla*variedad	2	19,723	9,861	4,77	0,0299	*
Error FB	12	24,796	2,066			
Total	23	81,949				

CV = 21.13%

El análisis de varianza para el número de tubérculos por planta (Cuadro 6), mostró diferencias significativas entre tipos de semilla, esto indica que hay diferencia en número de tubérculos obtenidos por vía semilla sexual y vía semilla asexual. Pero el análisis de varianza nos muestra que no hay diferencia significativa entre variedades. Asimismo mostró diferencia significativa en la interacción entre tipos de semilla y variedades.

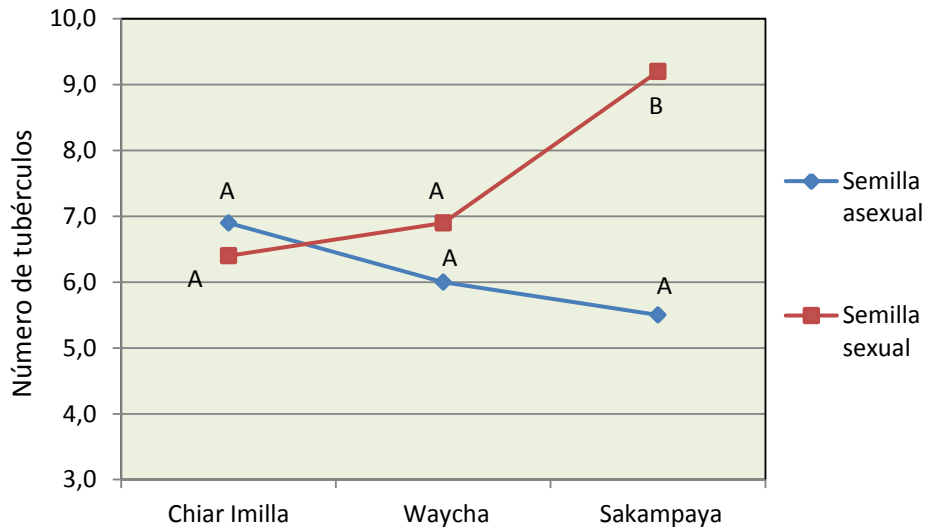


**Figura 9.** Número de tubérculos por planta según tipo de semilla.

La prueba de medias para tipos de semilla, evidencia que existe diferencias entre tipo de semilla sexual y asexual (Figura 9), el tipo de semilla sexual alcanzó un mayor número de tubérculos por planta con 7.48, en cambio el tipo de semilla asexual mostró un menor número de tubérculos por planta con 6.13, siendo estas diferencias estadísticamente significativas entre los dos tipos de semilla empleado para generar plantas. Al respecto Velarde (2010), en una investigación de producción de semilla de papa de la variedad Ágata dentro un invernadero, obtuvo resultados de 16 tubérculos por planta, estos resultados no se asemejan tanto al encontrado en el presente estudio.

Por otro lado Navarrete (2003), menciona que el número de tubérculos por planta y el tamaño de tubérculos dependen de la densidad de siembra.

Gálvez (2001) en invernaderos obtuvo 400 a 800 tubérculos pequeños de 100 plantas sembradas por metro cuadrado cosechando. Esto nos indica de 4 a 8 tubérculos por planta el cual se asemeja con resultados obtenidos en la presente investigación.



**Figura 10.** Número de tubérculos por planta, para la interacción tipo de semilla\*variedad.

En la Figura 10, se puede observar el número de tubérculos por planta en la interacción tipo de semilla\*variedad, según esta figura la variedades Chiar Imilla y Waycha son estadísticamente iguales en número de tubérculos por planta en ambos tipos de semilla. Pero la variedad Sakampaya tuvo mayor número de tubérculos vía semilla sexual con 9.2 tubérculos, en cambio tuvo menor número de tubérculos vía semilla asexual, y estadísticamente son diferentes.

Estos resultados muestran que la variedad Sakampaya vía semilla sexual propaga mayor número de tubérculos por planta en condiciones de invernadero, sobresaliendo entre otras variedades y tipos de semilla.

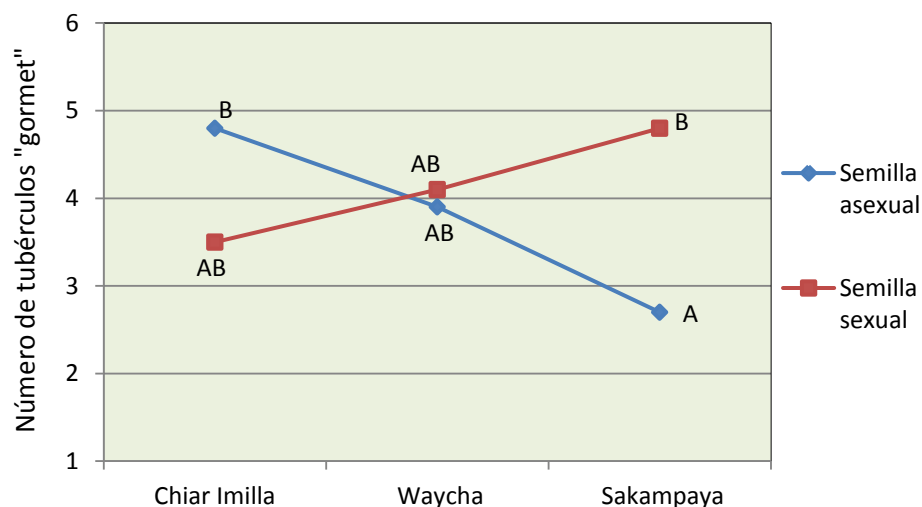
### 5.3.2 Número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” por planta

**Cuadro 7.** Análisis de varianza para número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” por planta.

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	0,5400	0,54000	0,57	0,46	ns
Error FA	6	3,7133	0,61889			
Variedad	2	0,563	0,28167	0,3	0,75	ns
Tipo semilla*variedad	2	11,970	5,98500	6,32	0,01	*
Error FB	12	11,366	0,94722			
Total	23	28,1533				

CV. = 24.5%

En el Cuadro 7, el análisis de varianza nos muestra para la variable número de tubérculos tamaño “gourmet” por planta, constatando que no existe diferencia significativa entre tipos de semilla, por otro lado tampoco existe diferencia significativa entre variedades. En la interacción tipo de semilla y variedad existe diferencias estadísticamente significativas.



**Figura 11.** Número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” por planta, en interacción tipo de semilla\*variedad.

En la Figura 11, se muestra los resultados de la interacción tipo de semilla\*variedad, para la variable número de tubérculos tamaño para papa “gourmet”. Según esta

figura la variedad Chiar Imilla vía semilla asexual tuvo mayor número de tubérculos “gourmet” con 4.8, mientras vía semilla sexual tuvo 3.5 tubérculos, por tanto estadísticamente son diferentes. Por otro lado se observa a la variedad Sakampaya vía semilla sexual con 4.8 tubérculos tamaño para papa “gourmet”, mientras vía semilla asexual esta variedad tuvo 2.7 tubérculos “gourmet” y estadísticamente son diferentes.

Los resultados muestran a las variedades Chiar Imila y Sakampaya con mayor número de tubérculos tamaño para papa “gourmet”, pero estas variedades son de diferentes tipos de semilla. La variedad con buen número de tubérculos “gourmet” vía semilla asexual fue la Chiar Imilla y mientras por vía semilla sexual fue la Sakampaya, sobresaliendo de las otras variedades y tipo de semilla.

#### 5.4 Peso de los tubérculos por planta

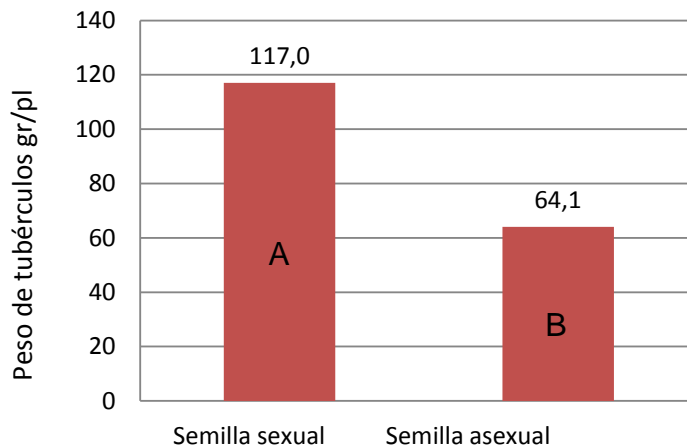
**Cuadro 8.** Análisis de varianza para peso de tubérculos por planta.

FV	GL	SC	CM	FC	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	16827,510	16827,510	47,13	<,0001	<b>**</b>
Error FA	6	10262,517	1710,419			
Variedad	2	1231,556	615,778	1,72	0.219	<b>ns</b>
Tipo semilla*variedad	2	420,438	210,219	0,59	0,570	<b>ns</b>
Error FB	12	4284,946	357,078			
Total	23	33026.969				

CV = 20.87%

El análisis de varianza para peso de tubérculos por planta (Cuadro 8), mostró diferencias altamente significativas entre tipos de semilla, esto indica que un tipo de semilla genera plantas con mayor peso que el otro tipo de semilla. Pero entre variedades, las diferencias no son significativas, como también en la interacción entre tipo de semilla y variedad mostró diferencias no significativas.





**Figura 12.** Peso de tubérculos por tipo de semilla en gramos por planta

En la comparación de medias para peso de tubérculos por planta Figura 12, se observó que los tubérculos obtenidos vía semilla sexual tienen más peso (117.025 gramos/planta), estadísticamente diferente a los tubérculos obtenidos vía semilla asexual con menor peso (64.067 gramos/planta).

Claramente los tubérculos obtenidos vía semilla sexual superan en peso a tubérculos obtenidos vía asexual, esto se atribuye a la segregación de tubérculos y también al ciclo más largo que tuvo las plantas de semilla sexual.

Al respecto, Torres (1998) en una evaluación de producción de papa con semilla sexual en 25 variedades, para generar y conservar *in situ* la variabilidad, obtuvo diferentes resultados de rendimiento, el menor rendimiento fue de 0.75 kg por planta y el más alto de 1.5 kg por planta, esta evaluación lo realizó a una altitud de 1800 msnm en camas de crecimiento.

## 5.5 Evaluación de Rendimiento

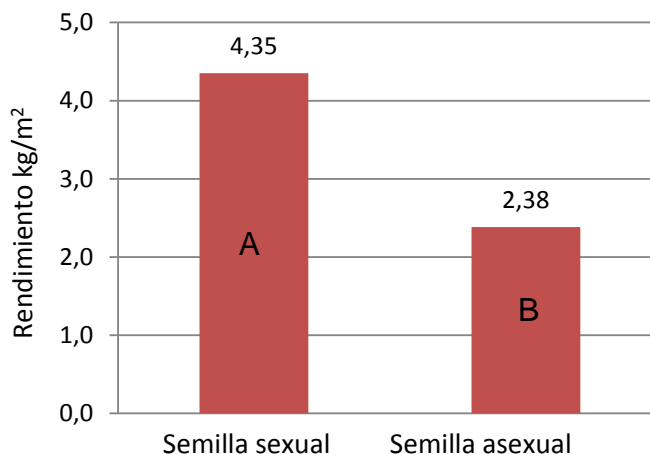
### 5.5.1 Evaluación de rendimiento total en kg/m<sup>2</sup>

**Cuadro 9.** Análisis de varianza de total rendimiento en kg/m<sup>2</sup>

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	23,265	23,265	47,09	<,0001	**
Error FA	6	14,190	2,365			
Variedad	2	1,712	0,856	1,73	0,2183	ns
Tipo semilla*variedad	2	0,583	0,291	0,59	0,5696	ns
Error FB	12	5,928	0,494			
Total	23	45,679				

CV = 20.87%

El análisis de varianza para el rendimiento Cuadro 9, mostró diferencias altamente significativas entre tipo de semilla, esto indica que un tipo de semilla muestra mayor rendimiento a la otra. Mientras que no existe diferencia significativa entre variedades. También no existe diferencia significativa en la interacción tipo de semilla y variedad.



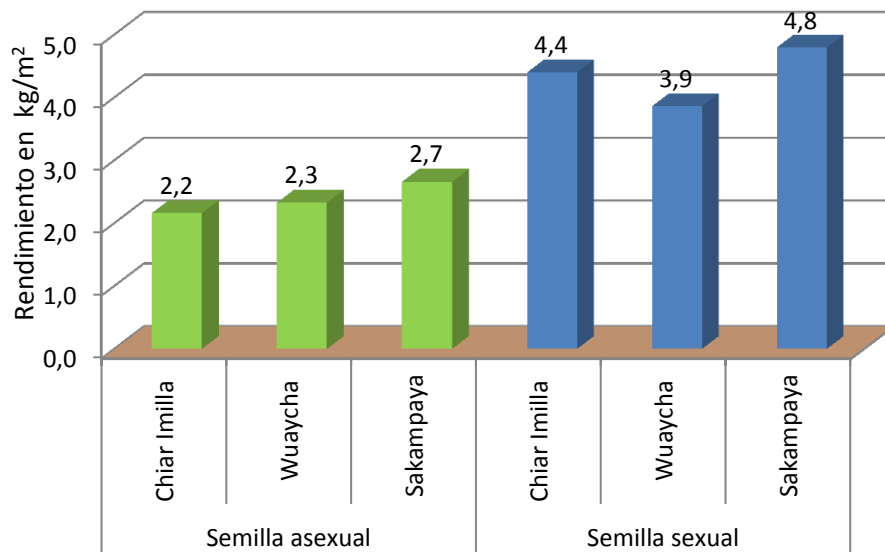
**Figura 13.** Rendimiento de papa por tipo de semilla en kg/m<sup>2</sup>

La prueba de medias en Figura 13, nos muestra diferencias altamente significativas en la evaluación de rendimiento entre tipos de semilla, por tal razón el resultado nos indica que la semilla sexual tiene un mayor rendimiento con 4.35 kg/m<sup>2</sup>, mientras que la semilla asexual tiene un menor rendimiento de 2.38 kg/m<sup>2</sup>, estadísticamente

diferentes entre los tipos de semillas. Estos resultados se atribuyen a un mejor desarrollo de las plantas vía sexual ya que su ciclo es más largo, en más tiempo un mejor fotoperiodo, mayor asimilación de nutrientes, todos estos factores contribuyen en el resultado obtenido.

Al respecto, Ramos (2012) en la evaluación de la variabilidad genética en progenies por semilla botánica en papa amarga Choquepito (*Solanum curtilobum*) en Quipaquipani Provincia Ingavi, La Paz, obtuvo un rendimiento de 9.91 tn/ha, transformando en  $\text{kg/m}^2$  es  $0.99 \text{ kg/m}^2$  prácticamente  $1 \text{ kg/m}^2$ , esto en condiciones de campo, siendo inferiores al obtenido en el presente trabajo.

Por otro lado, con respecto a la producción asexual en invernaderos Gálvez, (2001) indica que los rendimientos que podemos esperar con este sistema de invernaderos son buenos, a razón de 100 plantas por metro cuadrado, van de 400 a 800 minitubérculos cosechados por metro cuadrado, también se pueden considerar los minitubérculos como papa “gourmet”, estos rendimientos se puede transformar 2 a 4  $\text{kg/m}^2$ , sin embargo señala que alcanzaron a cosechar hasta 1200 como producciones record, teniendo un rendimiento de  $6 \text{ kg/m}^2$ .



**Figura 14.** Rendimiento de papa por variedades y tipo de semilla en  $\text{kg/m}^2$

En la Figura 14, podemos observar los resultados de rendimientos en kg/m<sup>2</sup> por variedades y por tipo de semilla, el tipo de semilla sexual tiene un mayor rendimiento con respecto al tipo de semilla asexual en las tres variedades. Las variedades del tipo de semilla sexual tienen un rendimiento de Chiar Imilla 4.4 kg/m<sup>2</sup>, Waycha 3.9 kg/m<sup>2</sup> y Sakampaya 4.8 kg/m<sup>2</sup>; por otro lado las variedades del tipo de semilla asexual tienen un rendimiento de Chiar Imilla 2.2 kg/m<sup>2</sup>, Waycha 2.3 kg/m<sup>2</sup> y Sakampaya 2.7 kg/m<sup>2</sup>.

En variedades también sobresalen con mayor rendimiento las plantas vía sexual, estos rendimientos se atribuyen a factores como: un ciclo más largo, más tiempo de fotoperiodo (fotosíntesis), mayor asimilación de nutrientes y otros que se reflejaron en el resultado.

Las ventajas de producir papa vía semilla sexual son varias, Ortiz (2005) menciona ventajas como: son libre de la mayoría de virus, plagas y enfermedades, un rendimiento comparable o mayor, menor costo de producción, fácil de almacenar la semilla por mucho tiempo, fácil distribución y otras ventajas. Estas ventajas facilitan mucho para tener tubérculos sanos y con un menor costo de producción.

### 5.5.2 Evaluación de rendimiento tamaño para “gourmet” en kg/m<sup>2</sup>

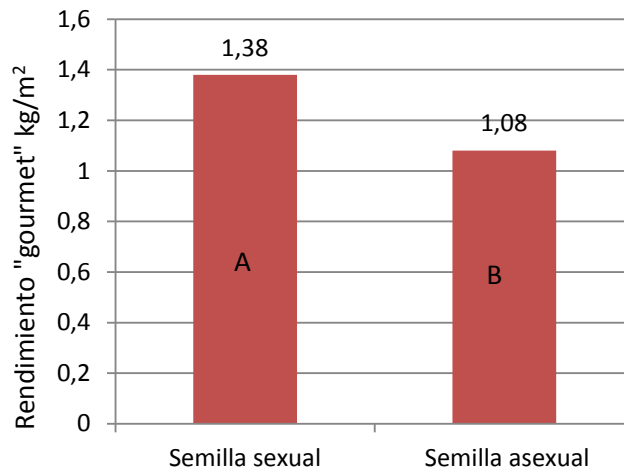
**Cuadro 10.** Análisis de varianza de rendimiento tamaño papa “gourmet” en kg/m<sup>2</sup>

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	0,552067	0,55207	67,47	0,048	*
Error FA	6	0,293333	0,04889			
Variedad	2	0,115208	0,05760	0,51	0,614	ns
Tipo semilla*variedad	2	0,616758	0,30838	2,72	0,106	ns
Error FB	12	1,359167	0,11326			
Total	23	2,936533				

CV = 27.44%

Según el análisis de varianza para el rendimiento tamaño “gourmet” Cuadro 10, mostró diferencias significativas entre los tipos de semilla, esto indica que un tipo de semilla mostró mayor rendimiento en tamaño “gourmet” y la otra menor rendimiento.

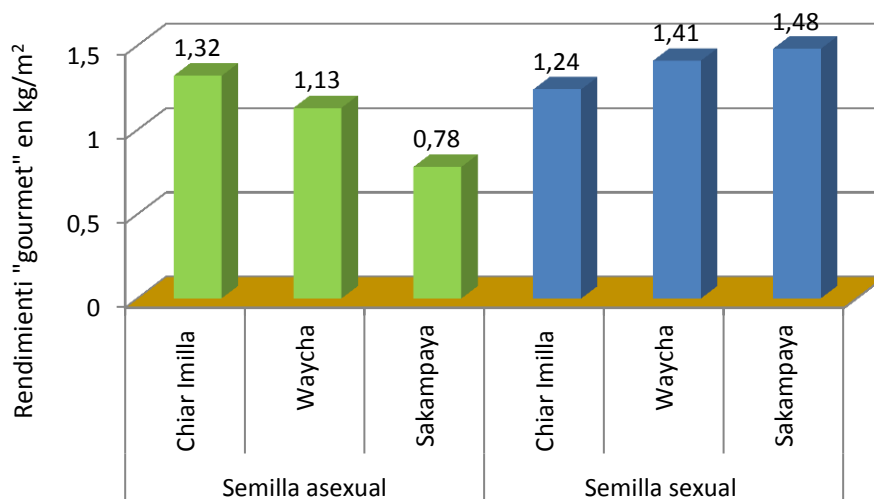
Por otro lado el rendimiento entre variedades mostró diferencias no significativas, esto indica que estadísticamente son iguales en rendimiento tamaño “gourmet”, de la misma manera no existe diferencia significativa en la interacción tipo semilla\*variedad.



**Figura 15.** Rendimiento de tamaño para papa “gourmet” por tipo de semilla en kg/m<sup>2</sup>.

En la comparación de medias para rendimiento tamaño para papa “gourmet” (Figura 15), se observa que el tipo de semilla sexual tuvo un mayor rendimiento en tamaño “gourmet” (1,38 kg/m<sup>2</sup>), mientras que el tipo de semilla asexual tuvo un rendimiento de (1,08 kg/m<sup>2</sup>), esto nos muestra que el rendimiento papa de tamaño “gourmet” existe estadísticamente diferencia entre los tipos de semilla.

Según los resultados obtenidos de rendimiento para papa tamaño “gourmet”, se puede optar producir vía semilla sexual ya que tiene un mayor rendimiento en un ambiente controlado, por otro lado también se cosecha tubérculos sanos y libre de enfermedades, por tal razón es una buena alternativa como papa “gourmet”. También al respecto Brack (2009) considera a la papa “gourmet” un tubérculo muy versátil, de agradable sabor y fácil asimilación, es ingrediente básico en muchas preparaciones culinarias.



**Figura 16.** Rendimiento de papa “gourmet” por variedades y tipos de semilla en kg/m<sup>2</sup>.

En la Figura 16, podemos observar rendimientos de tubérculos “gourmet” por tipos de semilla y por variedades, las variedades con mayor rendimiento son tubérculos obtenidos por vía semilla sexual, entre ellos tenemos la variedad Sakampaya con 1.48 kg/m<sup>2</sup>, variedad Waycha con 1.41 kg/m<sup>2</sup>, variedad Chiar Imilla con 1.24 kg/m<sup>2</sup> y mientras que las variedades por vía asexual tuvieron un menor rendimiento, variedad Chiar Imilla con 1.32 kg/m<sup>2</sup>, variedad Waycha con 1.33 kg/m<sup>2</sup>, variedad Sakampaya con 0.78 kg/m<sup>2</sup>. Esto nos aclara la diferencia en el rendimiento de tubérculos “gourmet” entre ambas vías de reproducción.

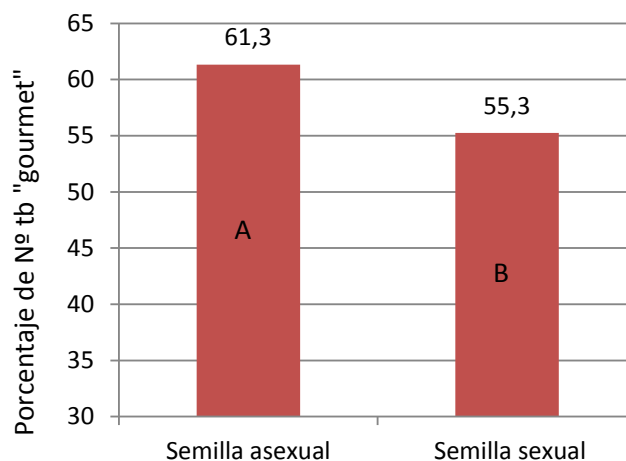
### Porcentaje de número de tubérculos tamaño para “gourmet”

**Cuadro 11.** Análisis de varianza en porcentaje de número de tubérculos tamaño “gourmet” sobre el total.

FV	GL	SC	CM	Fc	P > F	Signif.
Tipo semilla	1	222,041	222,041	6,00	0,0307	*
Error FA	6	442,916	73,819			
Variedad	2	465,333	232,666	6,28	0,0136	*
Tipo semilla*variedad	2	422,333	211,1666	5,70	0,0182	*
Error FB	12	444,333	37,027			
Total	23	1996,958				

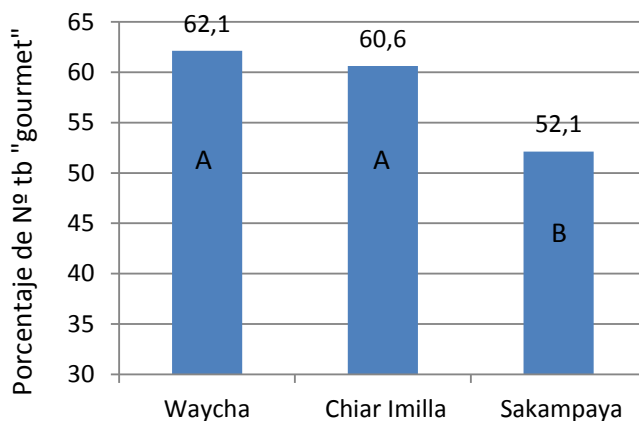
CV =10.43%

El análisis de varianza para el tamaño “gourmet” en porcentaje Cuadro 11, mostró que existe diferencia significativa entre tipos de semilla, lo que nos indica que uno de los tipos de semilla es diferente al otro. Por otro lado el análisis de varianza nos indica que existe diferencia significativa entre variedades y también existe diferencia significativa en la interacción tipo de semilla\*variedad.



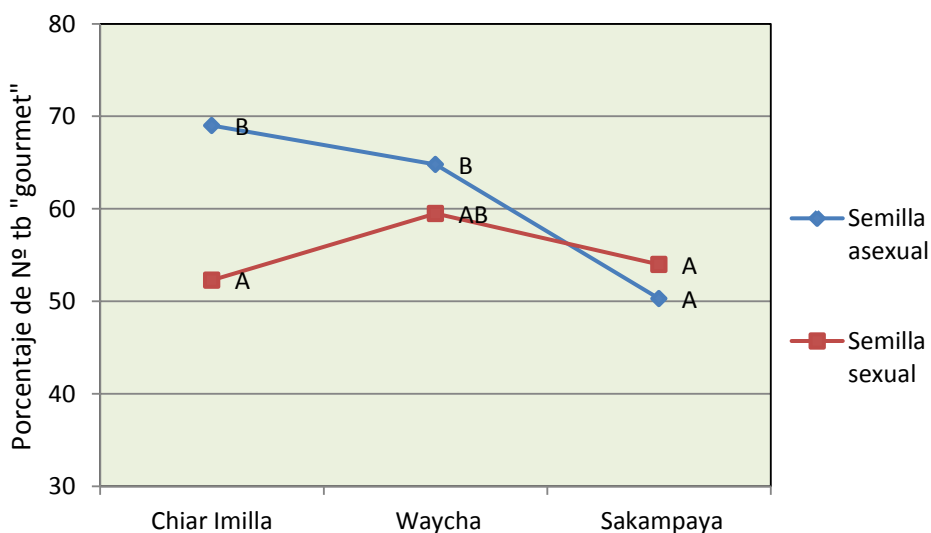
**Figura 17.** Porcentaje número de tubérculos tamaño “gourmet” en semilla asexual y sexual, sobre el número total.

La Figura 17, nos muestra la prueba de medias con respecto al porcentaje de número de tubérculos “gourmet”, esto en ambos tipos de semilla asexual y sexual. Según los resultados obtenidos nos muestra, que el tipo de semilla asexual tiene un mayor porcentaje de número de tubérculos “gourmet” que es de 61.3%, en cambio el tipo de semilla sexual tiene un menor porcentaje de número de tubérculos “gourmet” que es 55.3%, por tal razón el tipo de semilla asexual es diferente estadísticamente con respecto al tipo de semilla sexual en porcentaje de número de tubérculos “gourmet”.



**Figura 18.** Porcentaje número de tubérculos tamaño “gourmet” sobre el número total por variedades

Según la comparación de medias en la Figura 18, podemos ver valores promedios de variedades, según los resultados obtenidos las variedades Waycha y Chiar Imilla tienen un mayor porcentaje de número de tubérculos “gourmet” (62.1% y 60.6% respectivamente) pero estadísticamente iguales, en cambio la variedad Sakampaya tuvo un menor porcentaje de (52.1%), esta variedad es diferente estadísticamente a las dos anteriores variedades.



**Figura 19.** Porcentaje de número de tubérculos tamaño para papa “gourmet” sobre el total por interacción tipo de semilla\*variedad.



En la Figura 19, observamos porcentajes de números de tubérculos tamaño para papa “gourmet” en interacción tipo de semilla\*variedad, donde la variedad Chiar Imilla vía semilla asexual alcanzó mayor porcentaje de tubérculos con 69.0 % y mientras esta misma variedad por vía semilla sexual alcanza 52.3 % de tubérculos, estadísticamente diferentes. Otra variedad que estadísticamente es diferente es la Waycha, con semilla asexual tiene 64.8 % de tubérculos tamaño “gourmet” y con semilla sexual 59.5 %, estadísticamente diferentes.

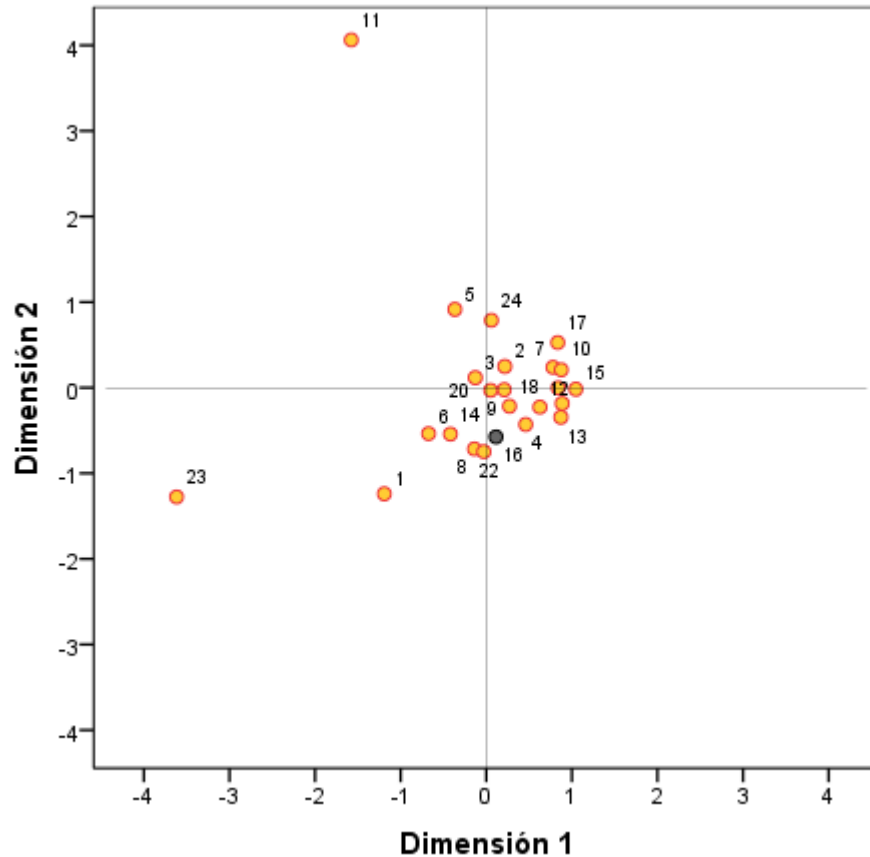
Las variedades de Chiar Imilla y Waycha vía semilla asexual tuvieron mayor porcentaje en cuanto a número de tubérculos de tamaño para papa “gourmet”, esto se puede atribuir a la no segregación de progenies ya que son propagadas de un tubérculo semilla (clon).

## **5.6 Análisis de segregación de tubérculos vía semilla sexual**

### **5.6.1 Segregación variedad Chiar Imilla**

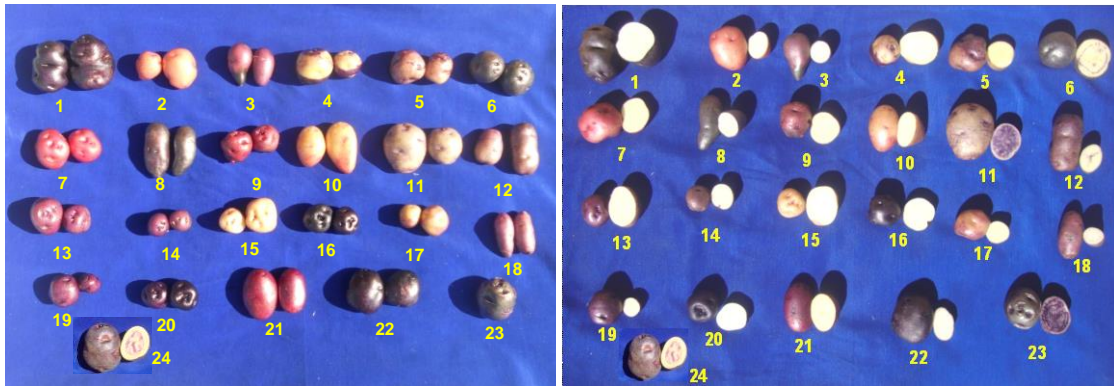
Los tubérculos obtenidos vía semilla Sexual de la variedad Chiar Imilla mostraron mayor segregación con diferentes características fenotípicas, se formaron 24 grupos diferentes, tomando en cuenta 12 variables de caracterización de tubérculo según descriptores Huamán (2008).

Según los resultados del análisis multivariado para la variedad Chiar Imilla, la Figura 20 nos muestra una dispersión moderada a partir del grupo 16, el cual se considera tubérculo patrón con características iguales a las de Chiar Imilla. Sin embargo se puede observar al grupo 11 y 23 muy alejados al grupo 16, estos grupos presentan características morfológicas muy diferentes al patrón (Foto 13). Los grupos de tubérculos 1, 5, 24, 17, 10, 7, 15, 21, 2 y 19 también tienen características diferentes pero con algo de semejanza al tubérculo patrón, los restantes grupos tienen mayor semejanza a las características del tubérculo Chiar Imilla.



**Figura 20.** Diagrama de dispersión bidimensional multivariable variedad Chiar Imilla.

La diferencia del grupo 11 es evidente (Foto 13) en las siguientes características: (CPT) blanco crema, (CSP) morado, (CPC) morado, (CSC) crema, (FDT) ovoide parecido a un huevo, (NO) muchos ojos >10. Por otro lado el grupo 23 también tiene características muy diferentes: (CPT) morado rojizo, (TP) reticulado, (CPC) violeta, (FDT) esférico contorno, (FR) tuberosado como la piña, (PO) profundo, (NO) muchos >10.



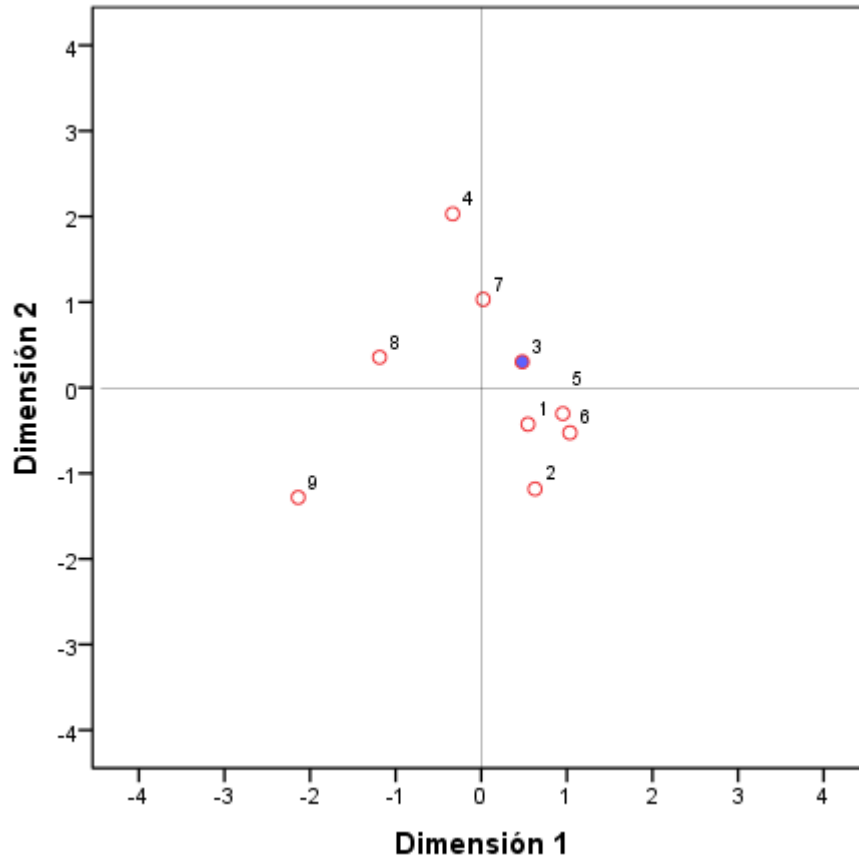
**Foto 13.** Tubérculos segregados de semilla sexual variedad Chiar Imilla, 24 grupos.

En la Foto 13 se observa los 24 grupos de tubérculos segregados de semilla sexual de la variedad Chiar Imilla, Cada uno de estos grupos tiene diferentes características fenotípicas, los cuales fueron evaluados con la ayuda de descriptor de papa propuesto por Huamán (2008).

### 5.6.2 Segregación variedad Waycha

Los tubérculos de la variedad Waycha fueron los que menos segregaron, mostrando menos diferencia en sus características fenotípicas y se formaron 9 grupos diferentes. Para esta variedad solo se tomaron 11 variables de caracterización de tubérculo según descriptores.

En la Figura 21, se puede observar los resultados del análisis de multivariado, donde nos muestra una dispersión moderada a partir del grupo 3, el cual se considera tubérculo patrón con características iguales a las de Waycha. Sin embargo se puede observar a los grupos 9, 4, 2 y 8 muy alejados al grupo 3, estos grupos presentan características morfológicas muy diferentes al patrón (Foto 14). Mientras los restantes grupos tienen mayor semejanza a las características del tubérculo Waycha.



**Figura 21.** Diagrama de dispersión bidimensional multivariable variedad Waycha.

Los grupos más distantes del patrón muestran diferencias evidentes (Foto 14) en siguientes características: *grupo 9* (CPT) color morado, (CSP) color marrón, (DCP) en manchas salpicadas, (CSC) color morado, (PO) ligeramente profundos; *grupo 4* (CPT) color rosado, (CSP) color morado, (DCP) en ojos, (PO) ligeramente profundos; *grupo 2* (CPT) color rojo, (TP) áspera, (FDT) esférico, (PO) superficial; *grupo 8* (CPT) color rosado, (CSP) color marrón, (DCP) en manchas dispersas, (PO) ligeramente profundos, (NO) muchos ojos.

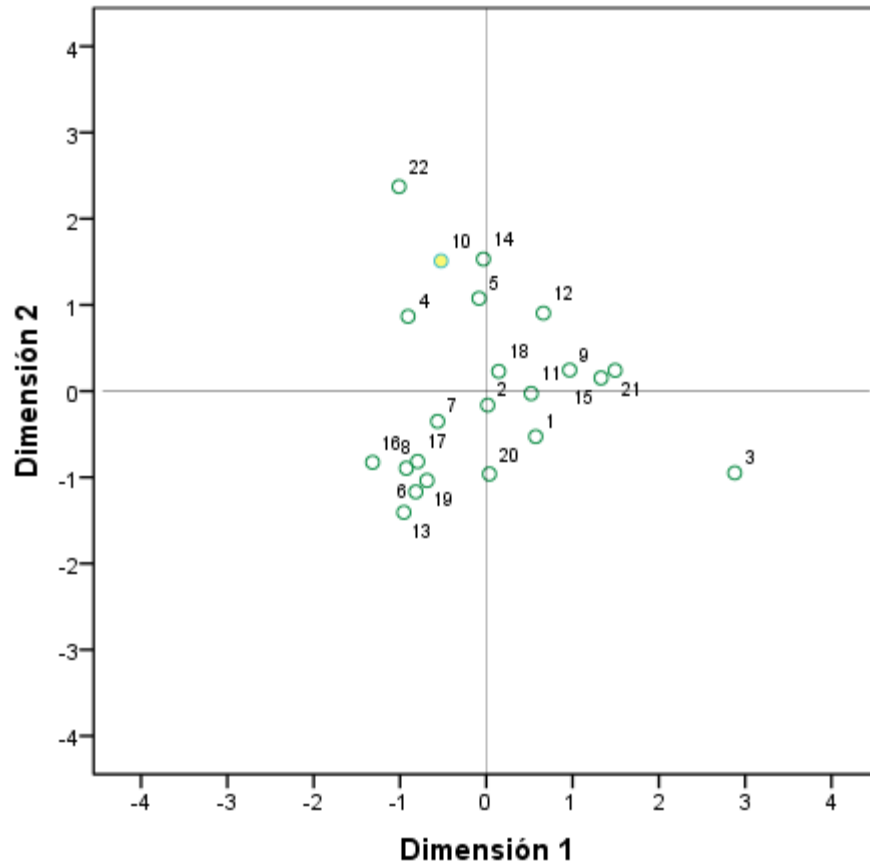


**Foto 14.** Tubérculos segregados de semilla sexual variedad Waycha, 9 grupos.

Se puede observar en la Foto 14, los 9 grupos de tubérculos segregados de semilla sexual de la variedad Waycha, Cada uno de estos grupos tiene diferentes características fenotípicas, pero la mayoría de estos grupos se asemejan a la variedad.

### **5.6.3 Segregación variedad Sakampaya**

Tubérculos obtenidos vía semilla sexual de la variedad Sakampaya mostraron mayor segregación con diferentes características fenotípicas, se formaron 22 grupos diferentes, tomando en cuenta 12 variables de caracterización de tubérculo según descriptores Huamán.



**Figura 22.** Diagrama de dispersión bidimensional multivariable variedad Sakampaya.

Se puede observar en la Figura 22, los resultados de un análisis multivariado, donde la dispersión es mayor a las otras variedades, en esta variedad se considera al grupo 10 como tubérculo patrón con características iguales a las de Sakampaya. Se puede observar a los grupos 3, 13, 19, 16, 20, 6, 8, 17, 21 y 15 muy lejanos al grupo 10, estos grupos presentan características morfológicas muy diferentes al patrón (Foto 15). Mientras los restantes grupos tienen mayor semejanza a las características del tubérculo Sakampaya.



**Foto 15.** Tubérculos segregados de semilla sexual variedad Sakampaya, formando 22 grupos.

Podemos observar en la Foto 15 los grupos de tubérculos que segregaron a partir de semilla sexual de variedad Sakampaya, son 22 grupos características fenotípicas de tubérculos diferentes.

### **Comparación de las tres variedades y sus segregaciones.**

En tubérculos obtenidos vía semilla sexual en tres variedades la segregación fue evidente; la variedad con mayor segregación fue la variedad Chiar Imilla formando 24 grupos diferentes, seguido de la variedad Sakampaya formando 22 grupos diferentes y por último la variedad Waycha quien tuvo menor segregación formando 9 grupos. En cuanto a la dispersión de los grupos, la variedad con mayor dispersión es la Sakampaya, seguido de Waycha y Chiar Imilla quienes tuvieron una dispersión moderada.

## **5.7 Resultado de Análisis de Sustrato**

### **5.7.1 Análisis Químico de Sustrato**

En el Cuadro 12, se muestra el resumen de resultados del análisis químico de sustrato, el reporte de análisis de sustrato fue expedido a detalle en el laboratorio de Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN). El cuadro completo se muestra en anexo.

**Cuadro 12.** Resumen de resultados de análisis Químico de sustrato.

Identificación		Unidad	Antes	Después
pH en agua 1:5			5.45	5.50
Conductividad Eléctrica en agua, 1:5		dS/m	0.562	0.303
Cationes de Cambio	Acidez de cambio (Al+H)	meq/100g	1.30	1.40
	Calcio	meq/100g	7.98	5.16
	Magnesio	meq/100g	1.16	0.06
	Sodio	meq/100g	0.32	0.39
	Potasio	meq/100g	0.13	0.11
	Total de bases	meq/100g	9.58	5.72
	C. I. C.	meq/100g	10.88	7.12
Saturación Básica		%	88.06	80.33
Materia Orgánica		%	4.13	7.86
Nitrógeno Total		%	0.23	0.29
Fósforo Asimilable		ppm	25.06	35.37

El sustrato antes de la siembra tiene una composición de arena y turba con una relación de 1:1 respectivamente. Por otro lado según los resultados de análisis químico, el sustrato se caracterizó por tener un pH 5.45 medianamente ácido, conductividad eléctrica CE menor a 1 por tal motivo no hay problema de sales, asimismo una capacidad de intercambio cationico CIC de 10.88 que se interpreta como medio, en cuanto a potasio esta en una disponibilidad baja, pero tiene un alto contenido de materia orgánica mayor al 4%, de la misma manera un alto porcentaje de nitrógeno mayor al 0.2%. Por ultimo tiene un contenido de fosforo 25.06 ppm se interpreta como medio.

## **PH**

El análisis de sustrato, con relación a este parámetro se observa que el pH tiende a subir ligeramente de 5.39 a 5.50 continuando siendo medianamente ácido. CIP, (1996) menciona que la papa crece mejor en suelos con pH entre 5.0 y 7.0, esto nos indica que el pH del sustrato esta en los requerimientos del cultivo.



### **Conductividad Eléctrica (CE)**

Se puede señalar con respecto a este parámetro una ligera disminución hasta 0.303, por tal motivo se interpreta como un sustrato de no tener problemas de sales.

### **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

Con respecto a este parámetro podemos señalar la disminución de 10.88 a un 7.12, por tal razón se interpreta una Capacidad de Intercambio Catiónico bajo.

### **Materia Orgánica**

Según los resultados se observa un aumento en cuanto a la materia orgánica hasta 7.86 % en comparación al análisis de sustrato antes de la siembra, esto nos indica que se tiene un sustrato con mucho más de materia orgánica. El aumento de la materia orgánica se puede atribuir a la aplicación de fertilizante y algunos residuos de raíces.

Al respecto, Chilón (1997), indica que la materia orgánica representa generalmente menos del 10% del peso total del suelo, por otro lado señala que un nivel adecuado de materia orgánica mejora las propiedades físicas del suelo.

### **Nitrógeno**

Con respecto a la relación a este parámetro podemos indicar que se presentó un aumento en el % de Nitrógeno de acuerdo a los parámetros de interpretación sigue como un porcentaje alto. Este aumento se podría atribuir a la incorporación de fertilización química Urea y FDA.

### **Fosforo**

Este parámetro según el análisis de sustrato también presentó un incremento, siendo alta la disponibilidad de este elemento. Este incremento se puede atribuir a la aplicación o incorporación del fertilizante químico Fosfato Di Amónico (FDA).

Por otro lado, Buckman y Brady, (1991) señalan que una gran proporción de fósforo del suelo es aportado en condiciones orgánicas y que estos compuestos orgánicos de fósforo se mineralizan y pasan a combinaciones inorgánicas.

### **Potasio**

Por los resultados obtenidos podemos observar una ligera disminución en la disponibilidad de este elemento, en comparación al análisis de sustrato antes de la siembra, según la interpretación se considera una disponibilidad baja.

### **5.7.2 Análisis Hidrofísico de Sustrato**

**Cuadro 13.** Resultados de análisis Hidrofísico de sustrato.

<b>Identificación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	0.78
Densidad Real	g/cm <sup>3</sup>	2.51
Porosidad	%	68.92
Capacidad de Campo (CC)	%	18.40
PM	%	8.06
Humedad Aprovechable (HA)	%	10.34

#### **Densidad Aparente**

De acuerdo a los resultados este parámetro es de 0.78 g/cm<sup>3</sup>, considerándose una densidad aparente baja.

#### **Densidad Real**

Se tiene una densidad de 2.51 g/cm<sup>3</sup>, se puede interpretar una densidad buena.

#### **Porosidad**

Según los resultados este parámetro es alto, ya que el sustrato contiene un 50% de turba esto le da una mayor porosidad.

#### **Capacidad de Campo y Punto de Marchites**

Los resultados nos indica 18.40% de Capacidad de Campo y un Punto de Marchites de 8.06 %.

#### **Humedad Aprovechable**

Este parámetro nos indica la humedad aprovechable, por tal razón el resultado nos indica un 10.34 % de HA, Esto nos indica la humedad aprovechada moderadamente.

## 5.8 Análisis Económico

El análisis de costos variables para la producción de papa tamaño “gourmet” empleando dos tipos de semilla, asexual y sexual con tres variedades: Chiar Imilla, Waycha y Sakampaya, se presenta a detalle (anexo 1 y 2)

**Cuadro 14.** Costo de producción con semilla asexual y sexual, área de 105m<sup>2</sup>.

Resumen de análisis económico		
Tipo de Semilla	Costo de Producción (Bs.)	Costo por kg (Bs.)
Semilla Asexual	725	5,8
Semilla Sexual	909	4,0

Se puede observar en el Cuadro 14 el análisis económico, donde la producción de tubérculos vía semilla asexual en un área de 52.5 m<sup>2</sup> cuesta producir 725 Bs, tomando en cuenta el rendimiento, cada kg de tubérculo cuesta 5.8 Bs. Por otro lado los tubérculos vía semilla sexual en un área de 52.5 m<sup>2</sup>, tiene un costo de producción de 909 Bs. y cada kg tiene un valor de 4 Bs.

**Cuadro 15.** Análisis económico de Beneficio Costo.

Tipo de Semilla	Costo de Producción (Bs.)	Beneficio Bruto (Bs/52,5m <sup>2</sup> )	Beneficio Neto (Bs)	Beneficio Costo
Semilla Asexual	725	783,09	58,09	1,1
Semilla Sexual	909	1474,73	565,73	1,6

Según los resultados que se puede observar en el Cuadro 15, nos muestra que los tubérculos vía semilla sexual tiene mayor beneficio costo de 1.6 Bs., mientras que los tubérculos obtenidos vía semilla asexual tuvo un Beneficio Costo de 1.1 Bs. el cual se considera bajo.

## 6. CONCLUSIONES

En condiciones controladas dentro un invernadero, los tipos de semilla de papa (asexual y sexual) registran la emergencia a los 21 días después de la siembra, siendo las diferencias no significativas.

Existió diferencias significativas entre variedades en emergencia, la variedad Waycha presentó 92,38% de emergencia, mientras Chiar Imilla y Sakampaya presentaron 77,75 y 76,63% de emergencia respectivamente, estas dos últimas iguales estadísticamente.

Las plantas provenientes vía semilla asexual alcanzaron mayor altura con 148,6 cm, mientras las plantas vía semilla sexual llegaron a tener menor altura 104,4 cm, ambos siendo diferentes estadísticamente.

El mayor número de tubérculos se obtuvo a través de semilla sexual siendo en promedio 7,48 tubérculos por planta, por el contrario con semilla asexual se obtuvo menor número de tubérculos 6,13 tubérculos por planta, mostrando diferencias significativas entre ambos tipos de semilla.

La semilla asexual y sexual no mostraron diferencias significativas en cuanto al número de tubérculos tamaño para papa “gourmet”, teniendo en promedio 4 tubérculos por planta.

La variedad Chiar Imilla obtuvo mayor número de tubérculos de tamaño para papa “gourmet” vía semilla asexual en promedio 4,8 tubérculos por planta, por el contrario la variedad Sakampaya también obtuvo mayor número de tubérculos de tamaño para papa “gourmet” pero a través de semilla sexual con 4,8 tubérculos por planta, existiendo una interacción tipo de semilla con variedad.

El mayor rendimiento de tubérculos se alcanzó con semilla sexual 4,35 kg/m<sup>2</sup>, mientras que con semilla asexual se obtuvo un menor rendimiento 2,38 kg/m<sup>2</sup>, presentando diferencias estadísticas entre tipo de semilla.

Se alcanzó mayor rendimiento de tubérculos tamaño para papa “gourmet” con semilla sexual 1,38 kg/m<sup>2</sup>, mientras con semilla asexual se obtuvo menor rendimiento 1.08 kg/m<sup>2</sup>, presentando diferencias significativas entre tipo de semilla en rendimiento.

Los costos de producción muestran, para producir 1 kilogramo de papa a través de semilla asexual es necesario 5,8 Bs, por otro lado para producir 1 kilogramo de papa a través de semilla sexual es necesario Bs 4. Siendo de menor costo de producción por vía semilla sexual.

Tubérculos obtenidos vía semilla sexual tiene mayor beneficio costo de 1.6 Bs., mientras que los tubérculos obtenidos vía semilla asexual tuvo un beneficio costo de 1.1 Bs. el cual se considera bajo.

La semilla sexual mostró segregación en las diferentes características de los tubérculos. La variedad con mayor segregación fue Chiar Imilla formando 24 grupos con características diferentes, seguido por la variedad Sakampaya con 22 grupos, y por último con menor segregación fue la variedad Waycha formando 9 grupos.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con más investigaciones sobre la producción de tubérculos tamaño “gourmet”, evaluando la producción con más variedades de papas nativas que existe en nuestro país.

Se sugiere probar la producción de papas nativas en invernadero en diferentes densidades, esto para un mejor desarrollo de la planta (fotosíntesis) y para facilitar las labores de cultivo.

En la propagación vía semilla sexual, se recomienda tener en cuenta el porcentaje de germinación de la semilla.

Se recomienda hacer más evaluaciones del cultivo de papa, utilizando la propagación vía semilla sexual o botánica, en otras especies y variedades.

Dentro el invernadero es necesario controlar la temperatura máxima, ya que en días muy soleados llega a 38°C, por tanto la ventilación de un invernadero es de suma importancia durante el ciclo del cultivo, esto para asegurar la tuberización y un buen rendimiento.

Recomendar a los agricultores, la producción de papa vía semilla sexual es una alternativa, con mejores rendimientos y libre de enfermedades.

## 8. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Brack, A. 2009. La Papa de Cenicienta a Reina de la Alimentación. La Papa, Tesoro de Los Andes – Centro Internacional de la Papa (CIP). (Investigación y Elaboración Perú Ecológico). pp. 1- 5.

Brevis C, A. 2004. Evaluación de Tres Bioestimulantes Comerciales Sobre el Rendimiento de Cuatro Variedades de Papa, Bajo Condiciones de Secano en el Valle Central de La IX Región. Tesis de Ing. Agr. Universidad Católica de Temuco, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Temuco, Chile. pp. 72.

Buckman y Brady, 1991. Naturaleza y propiedades de Iso suelos. Cuarta reimpresión. Editorial LIMUSA MEXICO.pp. 590.

Cahuana, R. y Arcos, J. 1993. Variedades de papa más importantes en Puno y Lineamientos para sus caracterización, Puno – Perú 100 p.

Canovas, F. y Díaz, J. R. 1993. Cultivos Sin suelo. Curso Superior de Especialización. Ed. Instituto de Estudios Almerienses. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería. Almería.

Canqui F. y Morales E. 2009. Conocimiento Local en el Cultivo de la Papa. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) Cochabamba, Bolivia. pp. 267.

CIP, 2006. Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica–Perú. Ed. Rosa Ng Ying de Salazar. Lima Perú. 14 pp.

CIP, 2012. Banco de Germoplasma del CIP el futuro de la papa y el camote. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima – Perú. pp. 1-2.

CIP, 2010. Datos y cifras sobre la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú.

Chávez, P. 2008. La Papa, Tesoro de los Andes, Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. pp. 25.

Chilon, E.1997. Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Edición CIDAT- UMSA-EMI., La Paz-Bolivia. pp. 85.

Contreras, A. 2001. La Papa en su Mesa: Calidad y Uso. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral, Chile. pp.23.

CLUB GOURMET DE BOLIVIA 2011. Variedades de Papa en Bolivia un Tesoro, Muchísimos Frutos. Disponible en:

[http://www.condesan.org/e-foros/insitu99/Saravia%20\(spanish\).html](http://www.condesan.org/e-foros/insitu99/Saravia%20(spanish).html).

Cortes. M, R.; Hurtado, G. 2002. Guía técnica cultivo de la papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENPA. Ciudad Arce, el Salvador. Disponible en, <http://es.scribd.com/doc/20572799/Cultivo-de-la-Papa-en-El-Salvador>.

Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; González, L.; Tablada, E.; Díaz, M.; Robledo, C. y Balzarini, M. 2005. Estadística para las Ciencias Agropecuarias. Córdoba, Argentina. pp.347.

Estrada, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la Papa. PROINPA-CID-CIP. Plural, La Paz, Bolivia. 372 p.

FAO, 2008. La eficiencia del uso de agua en cultivo de papa. Organizaciones de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Gabriel J.; Pereira R. y Gandarillas A. 2011. Catálogo de Nuevas Variedades de Papa en Bolivia. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) Cochabamba, Bolivia. 52 p.

Gálvez A. 2001. Producción de Papa (*Solanum tuberosum* L) con la Técnica de Cultivo de Tejidos Vegetales. INVERNAMEX. Tepotzotlán, Estado de México, Mexico. pp. 15.



Graziano, J. 2011. Producir papa con semilla sexual INTA, Hoja informativa N° 56.

Graziano, J. 2011. Producir Papa Con Semilla Sexual Una Alternativa Posible. Puerto Huerta AER San Martín de los Andes, Argentina. pp 34.

Guido, A. y Mamani, P. 2001. Características de la Cadena Agroalimentaria de la Papa y su Industrialización en Bolivia. Fundación PROINPA – Proyecto Papa Andina, Documento de Trabajo 14. Cochabamba – Bolivia. pp. 73.

Hidalgo, O. 1997. Conceptos Básicos sobre la Producción de Semillas de Papa y de sus Instituciones. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP), Lima, Perú. pp. 20.

Hidalgo, O.; Marca, J.L. y Palomino, L. 1997. Producción de Semilla Pre básica y Básica usando Métodos de Multiplicación Acelerada. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. Fascículo 4.3:1-18.

Huamán, H. 1986. Botánica sistemática y morfología de la papa. CIP, Lima Perú, Boletín de Información. Técnica Nro. 6. pp. 22.

Huamán, Z. 2008. Descriptores morfológicos (*Solanum tuberosum* L.), CCBAT (Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife), CIP (Centro Internacional de la Papa), Lima – Perú. pp. 32.

Ibáñez, D. 2000. Limpieza y conservación de germoplasma in Vitro de papas amargas y dulces del Altiplano Norte y Central del Departamento de La Paz, Bolivia. pp.116.

IBTA y PROINPA, 1994. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria IBTA, Programa de investigación de la papa PROINPA, convenio IBTA-CIP-COTESU. Catalogo Boliviano de Cultivares de Papa Nativa N° 2. Cochabamba, Bolivia. pp. 31.

INFOCENTER. 2009. Productos gourmet. Análisis de benchmarking, tendencias de mercado y modelos de negocio. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile, Chile. 263 p.

Iriarte, V.; Condori, B.; Parapo, D. y Acuña, D. (2009). Catálogo Etnobotánico de Papas Nativas del Altiplano Norte, La Paz, Bolivia. pp. 142.

Línea de Base Productiva Cochabamba • Papa, Boletín Información estadística sobre la producción de papa, Programa para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en Bolivia Disponible en: [http://idh.pnud.bo/administrator/files\\_usr/i281%20Papa%20cbba.pdf](http://idh.pnud.bo/administrator/files_usr/i281%20Papa%20cbba.pdf). Revisado el 14 de noviembre 2012.

Mario C.M. 2012. Una mirada al cultivo de la papa en Bolivia P3, 6,8 Disp.en: [http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/Una mirada al cultivo de la papa en Bolivia.pdf](http://www.cebem.org/cmsfiles/articulos/Una_mirada_al_cultivo_de_la_papa_en_Bolivia.pdf).

Meza, E. 2005. Producción de Papa Con Semilla Sexual. Asociación Nacional Para el Fomento de la Agricultura Ecológica (ANAFEA), Honduras. pp. 12.

Midmore, D.1988. Fisiología de la planta de papa bajo condiciones de clima cálido. Guía de Investigación. Centro Internacional de la Papa CIP.24. Lima, Perú.

Montes De Oca, 1998. Geografía de recursos naturales de Bolivia, La Paz, Bolivia. pp. 368.

Navarrete. J. 2003. Evaluación de dos métodos de micropropagación para la producción de semilla pre-básica de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L) bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador.

Nichols, M. A. 2009. Aeroponía y Papas, Red Hidroponía, Boletín No 43. Lima-Perú. pp 12.

Ochoa C.M. 2001. Las papas de Sudamérica, Bolivia. IFEA-CIP, Plural, La Paz, Bolivia. 535 p.

OIRSA, 2002. Producción de sustratos para Viveros. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). Proyecto regional de Fortalecimiento de

la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional-VIFENEX, Costa Rica. pp. 47.

Ortega E.; Coraspe H. y Montero F. 2004. La semilla sexual de papa como alternativa de propagación innovadora, "INIA" Venezuela. pp 10.

Ortiz, N. 2005. Propagación de Cultivares de Papa a Través de la Multiplicación Sexual como una Alternativa Viable. "FUNDACETA", Táchira – Venezuela. pp 1-6.

Palacios M. A. 2002. Riego en tiempo real para la producción de semilla pre-básica en cultivo de papa. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia pp. 88.

Quispe, A. 2002. Introducción de papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo dos densidades de siembra en la localidad de Phusa – Ichuga provincia Inquisivi, Tesis de grado, La Paz Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía La Paz, Bolivia. pp.105.

Quispe, L. 2010. Comportamiento agronómico de cinco variedades de festuca alta (*Festuca arundinaceae*), bajo condiciones de fertilización nitrogenada en el Instituto Benson Letanías, Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía La Paz, Bolivia. pp.72.

Ramos, P. 2012, Evaluación de la Variabilidad Genética en Progenies por Semilla Botánica en Papa Amarga Choquepito (*Solanum Curtilobum*) en Quipaquipani Provincia Ingavi, La Paz. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. pp. 118.

Rodríguez, L.E. 2010 Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá - Colombia.

Román M. y Hurtado G. 2002. Guía Técnica Cultivo de la Papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), San Salvador- El Salvador. pp. 36.

SEPA, 2009. Producción de semilla de papa en Bolivia a partir de cultivo de tejidos in vitro. Documento de trabajo. Cochabamba, Bolivia. 14 p.

Soto, J. V. 2006. Análisis de la diversidad genética de papa nativa (*Solanum spp.*), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Lima – Perú. pp.13.

Ugarte, M. e Iriarte, V. 2005. Papas Bolivianas. Catálogo de cien variedades nativas. Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), Cochabamba, Bolivia. pp. 113.

PROCHILE. 2011. Estudio de Mercado Gourmet en México. Ciudad de México, México. 40 p.

UNT. (1986) Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola. Fotoperiodo disponible en: <http://www.oyaes.net/reportajes/fotoperiodismo.htm>.

Valverde, 1999. Sustratos de cultivo, composición y tipo de empleo. Lima, Perú. pp. 165.

Velarde H. 2010. Producción de semilla pre- básica de papa, variedad ágata a partir de vitro plantas bajo cuatro densidades de plantación. Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba, Bolivia. pp. 70.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Costo de producción vía semilla asexual en un área de 52.5 m<sup>2</sup>.

<b>Producción de papa vía Semilla Asexual</b>				
<b>CONCEPTO</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (Bs.)</b>	<b>Total (Bs)</b>
<b>Labores para la siembra</b>				
Compra turba	cubos	1	22,2	22
Compra de arena	cubos	1	24	24
Nivelado del sustrato para la siembra	Jornal	0,25	25	6
Mano de obra para la siembra (semilla Asexual)	Jornal	0,5	50	25
Alquiler del invernadero con sistema de riego	meses	6	15	90
<b>Sub total infraestructura y labores de siembra</b>				<b>167,5</b>
<b>Costo de semilla Asexual e insumos</b>				
Semilla variedad Chiar Imilla	kg	10	3	30
Semilla variedad Waycha	kg	10	2,5	25
Semilla variedad Sakampaya	kg	11	3	33
Compra de insecticida (Karate y Curacron)	ml	50	0,38	19
Compra de fungicida (Ridomil)	kg	0,25	55	13,75
Fertilizante FDA y Urea	kg	1,5	8,3	12,45
Fertilizante foliar (Rendimax)	lt	0,15	80	12
<b>Sub total Semilla y insumos</b>				<b>145,2</b>
<b>Total implantación</b>				<b>313</b>
<b>Labores de mantenimiento</b>				
Apertura de ventanas diario (por 3,5 meses)	Jornal	0,5	50	25
Aseo dentro y fuera del invernadero (durante la investigación)	Jornal	0,25	50	12,5
Otras actividades (encalado, arreglo, etc.)	Jornal	0,25	50	12,5
<b>Sub total de labores de mantenimiento</b>				<b>50</b>
<b>Labores de cultivo y control fitosanitario</b>				
Aporque del cultivo	Jornal	2,5	50	125
Riego (sistema de riego goteo)	Jornal	0,25	50	12,5
Colocado de tutorajes (redes de pita)	Jornal	1	50	50
Defoliación del follaje	Jornal	0,25	50	12,5
Aplicación de insecticida (karate y curacron), durante 3 meses	Jornal	0,5	50	25
Aplicación de fungicida (Ridomil), durante 2,5 meses	Jornal	0,25	50	12,5
Aplicación de fertilizante foliar	Jornal	0,25	50	12,5
Aplicación de fertilizante	jornal	0,25	50	12,5
<b>Sub total Labores de cultivo y control fitosanitario</b>				<b>262,5</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra cosecha de tubérculos.	Jornal	1,5	50	75
Selección de tubérculos por calibre	jornal	0,5	50	25
<b>Sub total cosecha</b>				<b>100</b>
<b>Total cosecha + mantenimiento</b>				<b>412,5</b>
<b>TOTAL COSTO DE PRODUCCION (vía semilla Asexual) (Bs)</b>				<b>725</b>

Por variedad en Bs.			<b>241,7</b>
RENDIMIENTO TOTAL vía semilla Asexual:	<b>125</b>	kg	
<b>Costo por kg/ papa (Global)</b>	<b>5,8</b>	<b>Bs/kg de semilla</b>	

**Anexo 2.** Costo de producción vía semilla sexual en un área de 52.5 m<sup>2</sup>.

Producción de papa vía Semilla Sexual				
CONCEPTO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs.)	Total (Bs)
<b>Labores para la siembra</b>				
Compra turba	cubos	1	22,2	22
Compra de arena	cubos	1	24	24
Nivelado del sustrato para la siembra	Jornal	0,25	25	6
Mano de obra para la siembra (semilla Sexual)	Jornal	1	50	50
Alquiler del invernadero con sistema de riego	meses	8	15	120
<b>Sub total infraestructura y labores de siembra</b>				<b>222,5</b>
<b>Costo de semilla Asexual e insumos</b>				
Semilla variedad Chiar Imilla	g	2,5	5	12,5
Semilla variedad Waycha	g	2,5	5	12,5
Semilla variedad Sakampaya	g	2,5	5	12,5
Compra de insecticida (Karate y Curacron)	ml	62,5	0,38	23,75
Compra de fungicida (Ridomil)	kg	0,25	55	13,75
Fertilizante FDA y Urea	kg	1,5	8,3	12,45
Fertilizante foliar (Rendimax)	lt	0,15	80	12
<b>Sub total Semilla y insumos</b>				<b>99,45</b>
<b>Total implantación</b>				<b>322</b>
<b>Labores de mantenimiento</b>				
Apertura de ventanas diario (por 4,5 meses)	Jornal	1	50	50
Aseo dentro y fuera del invernadero (durante la investigación)	Jornal	0,5	50	25
Otras actividades (encalado, arreglo, etc.)	Jornal	0,25	50	12,5
<b>Sub total de labores de mantenimiento</b>				<b>87,5</b>
<b>Labores de cultivo y control fitosanitario</b>				
Aporque del cultivo	Jornal	3,25	50	162,5
Riego (sistema de riego goteo)	Jornal	0,75	50	37,5
Colocado de tutorajes (redes de pita)	Jornal	1	50	50
Defoliación del follaje	Jornal	0,5	50	25
Aplicación de insecticida (karate y curacron), durante 4 meses	Jornal	0,75	50	37,5

Aplicación de fungicida (Ridomil), durante 3,5 meses	Jornal	0,25	50	12,5
Aplicación de fertilizante Foliar	Jornal	0,5	50	25
Aplicación de fertilizante	jornal	0,25	50	12,5
<b>sub total Labores de cultivo y control fitosanitario</b>				<b>362,5</b>
<b>Cosecha</b>				
Mano de obra cosecha de tubérculos.	Jornal	2	50	100
Selección de tubérculos por calibre	jornal	0,75	50	37,5
<b>Sub total cosecha</b>				<b>137,5</b>
<b>Total cosecha + mantenimiento</b>				<b>587,5</b>
<b>TOTAL COSTO DE PRODUCCION (vía semilla Sexual) (Bs)</b>				<b>909</b>

Por variedad en Bs.			<b>303,1</b>	
RENDIMIENTO TOTAL vía semilla Sexual:	<b>228</b>	kg		
<b>Costo por kg/ papa (Global)</b>	<b>4,0</b>	<b>Bs/kg de papa</b>		

**Anexo 3.** Características de tubérculos de variedad Waycha obtenidas por semilla sexual.

Variedad	Grupo	CPT	ICP	CSP	DCP	TP	CPC	CSC	DCC	FDT	FR	PO	NO
Waycha	W-1	6	3	0	0	3	2	0	0	1	0	5	5
Waycha	W-2	6	2	0	0	5	2	0	0	2	0	3	5
Waycha	W-3	6	3	2	5	3	3	0	0	1	0	5	5
Waycha	W-4	5	1	8	1	3	1	0	0	1	0	5	5
Waycha	W-5	1	3	0	0	1	1	0	0	1	0	5	5
Waycha	W-6	1	3	0	0	3	3	0	0	1	0	7	5
Waycha	W-7	4	1	2	5	3	2	0	0	1	0	5	5
Waycha	W-8	5	2	4	4	3	2	0	0	1	0	5	7
Waycha	W-9	8	2	4	6	3	2	7	1	1	0	5	5



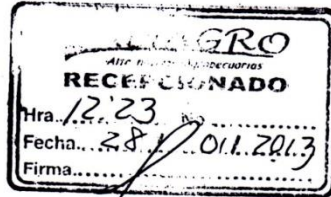
**Anexo 4.** Características de tubérculos de variedad Chiar Imilla obtenidas por semilla sexual.

Variedad	Grupo	CPT	ICP	CSP	DCP	TP	CPC	CSC	DCC	FDT	FR	PO	NO
Chiar Imilla	C-1	9	3	0	0	7	1	0	0	7	8	7	7
Chiar Imilla	C-2	6	1	0	0	3	3	0	0	4	1	5	5
Chiar Imilla	C-3	8	3	0	0	1	2	7	1	4	2	3	3
Chiar Imilla	C-4	9	3	2	5	3	2	0	0	1	0	5	5
Chiar Imilla	C-5	4	1	8	4	5	5	0	0	2	0	7	5
Chiar Imilla	C-6	9	3	0	0	1	5	7	3	2	0	5	5
Chiar Imilla	C-7	6	2	3	4	1	4	0	0	1	0	5	5
Chiar Imilla	C-8	9	2	0	0	1	2	0	0	8	0	3	7
Chiar Imilla	C-9	7	3	0	0	5	3	0	0	1	0	5	5
Chiar Imilla	C-10	4	1	5	4	1	2	0	0	5	1	3	5
Chiar Imilla	C-11	1	3	8	4	5	7	2	4	4	0	3	7
Chiar Imilla	C-12	8	1	5	6	3	4	7	1	7	0	5	7
Chiar Imilla	C-13	8	2	4	6	1	2	0	0	1	0	5	5
Chiar Imilla	C-14	8	2	0	0	1	1	7	1	2	0	3	3
Chiar Imilla	C-15	4	1	7	1	3	2	0	0	1	0	5	5
Chiar Imilla	C-16	9	3	0	0	3	2	0	0	1	0	5	5
Chiar Imilla	C-17	4	1	7	4	3	3	7	1	5	0	5	7
Chiar Imilla	C-18	8	1	0	0	1	2	7	1	5	0	3	7
Chiar Imilla	C-19	8	2	4	6	3	2	0	0	6	0	5	5
Chiar Imilla	C-20	9	3	8	6	3	1	0	0	1	0	5	5
Chiar Imilla	C-21	7	3	4	6	1	5	6	1	5	1	3	3
Chiar Imilla	C-22	9	3	0	0	3	2	0	0	3	1	3	5
Chiar Imilla	C-23	9	3	0	0	7	8	2	2	2	9	7	7
Chiar Imilla	C-24	8	3	3	5	3	5	7	4	6	0	7	7

**Anexo 5.** Características de tubérculos de variedad Sakampaya obtenidas por semilla sexual.

Variedad	Grupo	CPT	ICP	CSP	DCP	TP	CPC	CSC	DCC	FDT	FR	PO	NO
Sacampaya	S-1	6	2	4	4	1	4	0	0	2	0	5	3
Sacampaya	S-2	2	2	6	4	1	2	0	0	3	0	3	3
Sacampaya	S-3	5	3	4	4	1	7	5	7	7	0	5	7
Sacampaya	S-4	2	3	7	2	3	5	0	0	5	2	3	5
Sacampaya	S-5	4	2	7	1	1	4	7	7	5	0	3	3
Sacampaya	S-6	8	2	0	0	3	2	0	0	4	0	5	3
Sacampaya	S-7	6	1	0	0	3	4	0	0	8	5	3	7
Sacampaya	S-8	2	2	0	0	1	2	0	0	6	0	3	3
Sacampaya	S-9	4	1	8	4	3	7	0	0	8	0	5	5
Sacampaya	S-10	3	3	7	6	3	4	0	0	8	0	5	3
Sacampaya	S-11	4	1	8	4	3	1	0	0	8	3	5	3
Sacampaya	S-12	3	1	8	2	5	2	0	0	3	0	7	7
Sacampaya	S-13	9	1	0	0	1	1	0	0	4	0	3	3
Sacampaya	S-14	4	1	7	1	3	2	0	0	8	6	3	5
Sacampaya	S-15	7	1	2	4	5	2	7	1	8	0	5	7
Sacampaya	S-16	8	2	0	0	3	5	8	1	5	2	3	7
Sacampaya	S-17	2	2	0	0	1	4	0	0	8	3	3	3
Sacampaya	S-18	4	3	6	7	3	4	0	0	8	5	3	7
Sacampaya	S-19	2	3	0	0	3	4	0	0	4	0	5	7
Sacampaya	S-20	8	1	9	4	3	5	0	0	2	0	5	3
Sacampaya	S-21	4	1	5	5	3	2	0	0	7	0	5	7
Sacampaya	S-22	6	1	7	3	1	2	0	0	5	1	3	1

Anexo 6. Análisis químico e hidrofísico de sustrato.



INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

## ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : **ALTERNATIVA AGROPECUARIA**  
PROCEDENCIA : **Departamento LA PAZ,**  
**Provincia INGAVI,**  
**Comunidad QUIPAQUIPANI.**

NO SOLICITUD: **257A / 2012**  
FECHA DE RECEPCION : **28 / Noviembre / 2012**  
FECHA DE ENTREGA : **18 / Diciembre / 2012**  
N° Factura : **5921 / 12**

DESCRIPCIÓN : **MUESTRA DE SUELO 1 Antes 1.**

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
674-01 /2012	pH en agua 1:5	5,45	-	Potenciometría	
673-08 /2012	pH en KCl 1N, 1:5	4,09	-	Potenciometría	
673-09 /2012	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,562	dS/m	Potenciometría	
673-10 /2012	C A T I O N E S I O	Acidez de cambio (Al+H)	1,30	meq/100 g	Volumetría
673-11 /2012		Calcio	7,98	meq/100 g	Absorción atómica
673-12 /2012		Magnesio	1,16	meq/100 g	Absorción atómica
673-13 /2012		Sodio	0,32	meq/100 g	Emisión atómica
673-14 /2012		Potasio	0,13	meq/100 g	Emisión atómica
673-15 /2012		Total de bases	9,58	meq/100 g	Suma de base
673-16 /2012		C. I. C.	10,88	meq/100 g	Volumetría
673-17 /2012	SATURACIÓN BÁSICA	88,06	%	Cálculo matemático	
673-18 /2012	Potasio intercambiable	0,13	meq/100 g	Emisión atómica	
673-19 /2012	Materia Orgánica	4,13	%	Walkley Black	
673-20 /2012	Nitrógeno total	0,23	%	Kjeldahl	
673-21 /2012	Fósforo asimilable	25,06	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

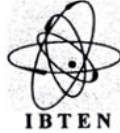
OBSERVACIONES,- \*\* Cationes de Cambio y potasio intercambiable extraídos con acetato de amonio 1N.  
C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.



*[Handwritten Signature]*

RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.



## ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *ALTERNATIVA AGROPECUARIA*  
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*  
*Provincia INGAVI,*  
*Comunidad QUIPAQUIPANI.*

NO SOLICITUD: *257B / 2012*  
FECHA DE RECEPCION : *28 / Noviembre / 2012*  
FECHA DE ENTREGA : *18 / Diciembre / 2012*  
N° Factura : *5921 / 12*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO - Después II.*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
675-01 /2012	pH en agua 1:5	5,50	-	Potenciometría	
675-02 /2012	pH en KCl 1N, 1:5	4,10	-	Potenciometría	
675-03 /2012	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,303	dS/m	Potenciometría	
675-04 /2012	C A T I O N E S I O  D E	Acidez de cambio (Al+H)	1,40	meq/100 g	Volumetría
675-05 /2012		Calcio	5,16	meq/100 g	Absorción atómica
675-06 /2012		Magnesio	0,06	meq/100 g	Absorción atómica
675-07 /2012		Sodio	0,39	meq/100 g	Emisión atómica
675-08 /2012		Potasio	0,11	meq/100 g	Emisión atómica
675-09 /2012		Total de bases	5,72	meq/100 g	Suma de base
675-10 /2012		C. I. C.	7,12	meq/100 g	Volumetría
675-11 /2012		SATURACIÓN BÁSICA	80,33	%	Cálculo matemático
675-12 /2012		Potasio intercambiable	0,11	meq/100 g	Emisión atómica
675-13 /2012		Materia Orgánica	7,86	%	Walkley Black
675-14 /2012	Nitrógeno total	0,29	%	Kjeldahl	
675-15 /2012	Fósforo asimilable	35,37	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,- \*\* Cationes de Cambio y potasio intercambiable extraídos con acetato de amonio 1N.  
C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.



RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA C.

**MINISTERIO DE EDUCACION**

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

## ANALISIS HIDROFÍSICO DE SUELOS

INTERESADO : *ALTERNATIVA AGROPECUARIA*  
PROCÉDENCIA : *Departamento LA PAZ,*  
*Provincia INGAVI,*  
*Comunidad QUIPAQUIPANI.*

N° SOLICITUD: *257C/2012*  
FECHA DE RECEPCION : *28/Noviembre/2012*  
FECHA DE ENTREGA : *18/Diciembre/2012*  
N° Factura : *5921/12*

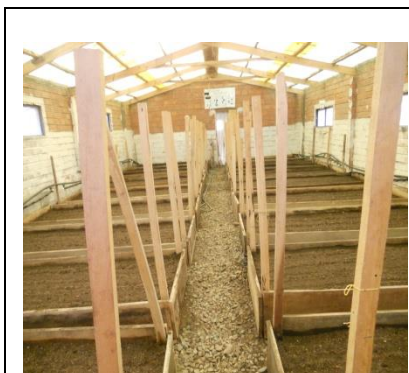
N° Lab	CODIGO	Capacidad de Campo %	P M P %	Densidad aparente g / ml	Densidad real g / ml	Porosidad %
676 /2012	Muestra de suelo	18,40	8,06	0,78	2,51	68,92

OBSERVACIONES *P M P : Punto de Marchitez Permanente*



RESPONSABLE DE LABORATORIO  
JORGE CHUNGARA

**Anexo 7. Imágenes del trabajo de investigación en campo.**



Infraestructura invernadero



Emergencia



Floración



Tubérculos tamaño gourmet



Segregación de tubérculos



Tubérculos gourmet por semilla sexual.



Calendario fitosanitario



Cultivo de papa en invernadero

**Anexo 8.** Tabla de colores de la piel del tubérculo de papa

Color Básico del Tubérculo		Intensidad del Color		
		1	2	3
Blanco-crema	1	155D*	159D	159C
Amarillo	2	1B	7C	9A
Anaranjado	3	14B	21B	24B
Marrón	4	161B	163B	165B
Rosado	5	69B	75B	67D
Rojo	6	45C	46B	53A
Morado rojizo	7	N57A	61A	72A
Morado	8	N78A	77A	79C
Morado violeta	9	N88B	N89B	N92C

\*Equivalente del RHS Color Chart