

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



TESIS DE GRADO

**PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA VARIEDAD HUAYCHA (*Solanum tuberosum*
spp. andigena) A PARTIR DE VITROPLANTAS CON LA APLICACIÓN DE TRES
NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN AMBIENTE PROTEGIDO EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE COTA COTA.**

GONZALO RICHARD SARAVIA SIRPA

La Paz – Bolivia

2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**PRODUCCIÓN DE SEMILLA PRE-BÁSICA VARIEDAD HUAYCHA (*Solanum tuberosum*
spp. andigena) A PARTIR DE VITROPLANTAS CON LA APLICACIÓN DE TRES
NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN AMBIENTE PROTEGIDO EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

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

GONZALO RICHARD SARAVIA SIRPA

ASESORES:

Ing. M.Sc. Rafael Adolfo Murillo García

Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. Marco Antonio Echenique Quezada

Ing. M.Sc. Freddy Cadena Miranda

Ing. Milenka Iturralde Escobar

Presidente tribunal examinador

LA PAZ BOLIVIA

2022

DEDICATORIA

A DIOS, por su inmenso amor, por ser la luz que guía mi camino, por darme sabiduría y entendimiento para culminar el presente trabajo y seguir con muchos otros.

A mis ABUELOS, Eugenio Saravia, Victoria Poma, Cecilio Sirpa y Petrona Escobar que desde el cielo aun guían mi camino.

A MIS PADRES, Demetrio Saravia Poma e Isabel Sirpa Escobar, por brindarme su gran amor, consejos, y apoyo constante.

A mi compañera de vida Ines Lima, quien siempre fue mi ejemplo a seguir y un apoyo en todas las circunstancias.

A mi retoño Liam Rodrigo Saravia Lima quien me alienta cada día más.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco muy profundamente de la forma más sincera a las siguientes instituciones y personas:

A la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), la Facultad de Agronomía y a su plantel docente que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía UMSA, por el apoyo en la realización del trabajo de investigación.

A la Estación Experimental de Cota Cota, por el préstamo de un espacio para la elaboración de este trabajo.

Al Ing. Murillo, por todas las colaboraciones y observaciones recibidas durante la ejecución y revisión del presente trabajo de tesis.

Al Ing. Juan José Vicente, por el apoyo, comprensión y los consejos y brillante orientación antes y durante las actividades desarrolladas para alcanzar el éxito del presente trabajo.

Al Ing. Marco Antonio Echenique Quezada, por todos los consejos y las observaciones recibidas durante la revisión del presente trabajo de tesis.

Al Ing. Freddy Cadena Miranda, por todas las colaboraciones y apoyo recibido durante la realización del presente trabajo de tesis.

A la Ing. Milenka Iturralde Escobar, por todas las ideas y colaboraciones recibidas durante la realización y ejecución del presente trabajo de tesis.

A mis hermanos: Lucero y Oscar. Por estar siempre conmigo en los mejores y peores momentos.

A mis Amigos Eddy (benito), Magaly, Silvia, Rogelia, Cristhian (rurre), Brandom, Fercho y todos mis compañeros de la Facultad de Agronomía por todos los momentos de amistad compartidos durante estos años.

A todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la culminación del presente trabajo de investigación. "MUCHAS GRACIAS"

CONTENIDO GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY.....	xii

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo general	3
2.2	Objetivos específicos	3
3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	Cultivo de Papa	4
3.1.1	Origen.....	4
3.1.2	Características Botánicas de la planta de papa.....	4
3.1.3	Etapas fenológicas de la papa.....	5
3.1.3.1	Dormancia o reposo de la semilla	5
3.1.3.2	Fase de emergencia	6
3.1.3.3	Fase vegetativa.....	6
3.1.4	Producción de papa en Bolivia	7
3.1.5	Requerimientos del cultivo.....	9
3.1.5.1	Suelo.....	9
3.1.5.2	Agua.....	10
3.1.5.3	Temperatura.....	10
3.1.5.4	Fotoperiodo	10
3.1.5.5	Fertilización	10

3.2	Requerimiento nutricional del cultivo de papa.....	11
3.3	Fertilización en el cultivo de papa	12
3.3.1	Nitrógeno	12
3.3.2	Fósforo	13
3.3.3	Potasio.....	13
3.3.4	Calcio.....	13
3.3.5	Magnesio	13
3.3.6	Azufre	14
3.3.7	Micronutrientes	14
3.4	Tipos de fertilizantes	15
3.4.1	Fertilizantes organicos.....	15
3.4.2	Fertilizantes químicos	15
3.4.3	Biofertilizantes	15
3.4.4	Bioestimulantes	16
3.4.5	Fertilizante radicular o al suelo	16
3.4.6	Fertilizante foliar	16
3.4.7	Fertirrigación.....	17
3.5	Propiedades de los fertilizantes	17
3.5.1	Comportamiento de los fertilizantes en el suelo	17
3.5.2	Época de aplicación de fertilizantes.....	18

3.5.3	Características del fertilizante triple 20	18
3.5.4	Absorción de nutrientes por el cultivo de papa	19
3.5.5	Absorción diaria de macronutrientes-Tubérculo	19
3.6	Características de la calidad de la semilla de papa.....	20
3.7	Clasificación de la semilla	21
3.8	Categorización de semilla	22
3.8.1	Categoría genética	23
3.8.2	Categoría Pre-básica.....	23
3.8.3	Categoría Básica	23
3.8.4	Categoría Registrada.....	23
3.8.5	Categoría Certificada.....	24
3.8.6	Categoría fiscalizada	24
3.9	Producción de tubérculos semilla de categoría pre-básica en Bolivia	25
3.10	Cultivo de tejidos vegetales “ <i>in vitro</i> ”	27
3.10.1	Factores a Considerar para el Establecimiento de Cultivos de Tejidos Vegetales <i>in vitro</i>	28
3.10.2	Calidad de la planta madre.....	28
3.10.3	Explante.	29
3.10.4	Normas de asepsia.....	30
3.10.5	Medios de cultivo.....	30

3.10.6	Condiciones ambientales para la incubación.	30
3.11	Cultivo de tejidos y la producción de semilla de papa <i>pre-básica</i>	31
3.12	Trasplante en Invernadero	31
3.13	Cambios en la morfología y fisiología de las plantas	32
4	MATERIALES Y MÉTODOS	33
4.1	Localización	33
4.2	Materiales.....	35
4.2.1	Material biológico.....	35
4.2.2	Equipos.....	35
4.2.3	Materiales de campo	35
4.2.4	Fertilizantes	36
4.2.5	Insumos	36
4.2.6	Materiales de gabinete	36
4.2.7	Invernadero	36
4.3	Metodología	37
4.3.1	Preparación de las camas	37
4.3.2	Preparación y desinfección del sustrato	38
4.3.3	Trasplante.....	40
4.3.4	Prácticas culturales.....	42
4.3.4.1	Aporque.....	43

4.3.4.2	Control fitosanitario:	44
4.3.4.3	Riego.....	44
4.3.4.4	Tutoraje	44
4.3.4.5	Defoliación	45
4.3.4.6	Cosecha.....	46
4.3.4.7	Selección.....	46
4.3.4.8	Almacenaje	48
4.3.5	Diseño Experimental.....	48
4.3.6	Tratamientos.....	48
4.3.7	Modelo lineal aditivo	49
4.3.8	Croquis del experimento.....	50
4.3.9	Variables de respuesta	50
4.3.9.1	Porcentaje de prendimiento al trasplante.....	50
4.3.9.2	Altura de planta.....	50
4.3.9.3	Número de tubérculos producidos por planta.....	51
4.3.9.4	Peso total de tubérculos por planta.....	51
4.3.9.5	Peso de tubérculos por metro cuadrado	51
4.3.9.6	Número de tubérculos por calibre por tratamiento	51
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	52
5.1	Porcentaje de prendimiento al trasplante	52

5.2	Altura de planta	53
5.3	Número de tubérculos producidos por planta.....	54
5.4	Peso total de tubérculos por planta	55
5.5	Peso de tubérculos por metro cuadrado	56
5.6	Análisis descriptivo para el número de tubérculos por calibre y tratamiento.	58
6	CONCLUSIONES	60
7	RECOMENDACIONES	61
8	BIBLIOGRAFÍA	62
9	ANEXOS	70

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Principales productores de papa en Bolivia</i>	9
<i>Tabla 2 Categorías de semilla de papa por tamaño</i>	21
<i>Tabla 3 Relación de precios entre las categorías y calibres de semilla de papa (Bs/50 kg) en el departamento de La Paz.</i>	22
<i>Tabla 4 Instituciones productoras de semilla pre básicas de papa</i>	26
<i>Tabla 5 Semilla pre básica producida en el Centro Biotecnológico de Producción De Semilla de Papa - Chachacomani La Paz.</i>	27
<i>Tabla 6 Distribución de fertilizante por tratamiento</i>	43
<i>Tabla 7 Clasificación de tubérculos de papa según el calibre</i>	48
<i>Tabla 8 Descripción de tratamientos</i>	48
<i>Tabla 9 Características de las unidades experimentales y camas de producción</i>	49
<i>Tabla 10 Número de tubérculos por calibre y tratamiento</i>	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Características botánicas de la planta de papa (Huarte y Capezio 2019).....</i>	5
Figura 2. . <i>Etapas fenológicas de la papa. (Grosso 2017).....</i>	6
Figura 3. <i>Ubicación Geográfica Municipio de La Paz mapa tomado de (EDUCA.COM)</i>	33
Figura 4. <i>Ubicación geográfica del Invernadero de Biotecnología del Centro Experimental de Cota Cota</i>	34
Figura 5. <i>Magentas con vitroplantas de papa de la variedad Huaycha</i>	35
Figura 6. <i>Limpieza y desinfección del invernadero.....</i>	37
Figura 7. <i>Preparación de los cajones usando tablas de madera.....</i>	37
Figura 8. <i>Preparación del drenaje usando una capa de cascajo.....</i>	38
Figura 9. <i>Mezcla del sustrato</i>	39
Figura 10. <i>El sustrato es extendido en las camas de producción.....</i>	39
Figura 11. <i>Esterilización del sustrato con formol.....</i>	40
Figura 12. <i>Aplicación de Maxim a las camas preparadas</i>	40
Figura 13. <i>Marcación de distancias usando reglón de madera especial</i>	41
Figura 14. <i>Trasplante de vitroplantas a las camas de producción.....</i>	41
Figura 15. <i>Se cubren las camas con malla semi sombra</i>	42
Figura 16. <i>Aporque usando sustrato esterilizado</i>	43
Figura 17. <i>Riego de las camas de producción</i>	44
Figura 18. <i>Tutorado de las plantas de papa</i>	45
Figura 19. <i>Corte del follaje antes de la cosecha.....</i>	45
Figura 20. <i>Cosecha de los tubérculos</i>	46

Figura 21. <i>Clasificación de tubérculos por calibre</i>	47
Figura 22. <i>Toma de datos por tratamiento</i>	47
Figura 23. <i>Croquis de la distribución de los Tratamientos</i>	50

INDICE DE GRÁFICAS

<i>Gráfico 1.</i> Producción, superficie y rendimiento de papa en Bolivia (Promedio 2005-2017). Fuente: (INE, 2021).....	8
<i>Gráfico 2.</i> Absorción diaria de macronutrientes en toda la planta de papa. YARA (2022)	19
<i>Gráfico 3.</i> Absorción diaria de macronutrientes-Tubérculo YARA (2022).....	20
<i>Gráfico 4.</i> Porcentaje promedio de prendimiento.....	52
<i>Gráfico 5.</i> Altura de plantas promedio por tratamiento.....	54
<i>Gráfico 6.</i> Nro. De tubérculos en promedio por planta	54
<i>Gráfico 7.</i> Promedio en peso de tubérculos por planta.....	56
<i>Gráfico 8.</i> Promedio en peso de tubérculos por metro cuadrado (g)	57
<i>Gráfico 9.</i> Número de tubérculos por calibre y tratamiento	59

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la producción de semilla pre-básica de la variedad Huaycha (*Solanum tuberosum ssp. andígena*), a partir de vitroplantas aplicando tres niveles de fertilización en ambiente protegido. El presente trabajo se realizó en predios del Centro Experimental de Cota Cota, utilizando vitroplantas de la variedad Huaycha, propagadas en el laboratorio de Biotecnología Vegetal de la Facultad de Agronomía.

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres niveles de fertilización donde se empleó triple 20 (20-20-20) con una dosis por tratamiento que son: T1 (0.15 kg/cama), T2 (0.25 kg/cama), T3 (0.40 kg/cama) con 4 repeticiones, dentro de las prácticas culturales se realizó: preparación y desinfección del sustrato y las camas, trasplante, aporque, control fitosanitario, riego, tutoraje, defoliación, cosecha, selección y almacenaje.

En la variable porcentaje de prendimiento al trasplante, no existe diferencia estadística entre los diferentes niveles de fertilizantes. Los porcentajes de prendimiento fueron T1 =75 %, T2= 76.5%, T3= 66.5%. En la variable altura no existe una diferencia estadística, cabe destacar que los promedios presentados por los tratamientos fueron: T1 = 151,71 cm; T2 = 162,83 cm; T3 = 170,79 cm.

En cuanto al número de tubérculos producidos por planta, el T1 obtuvo más tubérculos con 13,96 seguido del T3 con 13,93 y el T2 con 12,16 tubérculos. No hubo efecto significativo sobre el número de tubérculos por planta.

En la variable peso total de tubérculos por planta no existe diferencia estadística entre los diferentes niveles de fertilización. Sin embargo, el T3 obtuvo mayor peso con 71,75 g seguido del T2 con 59,91 g y el T1 con 56,03 g.

En cuanto al peso de tubérculos por metro cuadrado, el T2 obtuvo el mayor peso con 2541,25 g seguido por el T3 con 2438,45 g y el T1 con 1929,12 g. No hubo efecto significativo sobre el peso de tubérculos por metro cuadrado.

En la variable número de tubérculos por calibre y tratamiento se realizó un análisis descriptivo, el tipo IV (25 – 35 mm) fue el mayor calibre que se obtuvo, el T3 con 174, T1 con 173 y el T2 con 154 tubérculos.

SUMMARY

With the objective of evaluating the production of pre-basic seed of the Huaycha variety (*Solanum tuberosum* ssp. *andígena*) from vitroplants applying three levels of fertilization in a protected environment. The present research work was carried out on the grounds of the Cota Cota Experimental Center, using vitroplants of the Huaycha variety, propagated in the Plant Biotechnology laboratory of the Faculty of Agronomy.

A completely randomized design with three levels of fertilization was used, triple 20 (20-20-20) was used with one dose per treatment: T1 (0.15 kg/bed), T2 (0.25 kg/bed), T3 (0.40 kg/bed). With 4 repetitions, within the cultural practices, the following were carried out: preparation and disinfection of the substrate and the beds, transplantation, hilling, phytosanitary control, irrigation, tutorage, defoliation, harvest, selection and storage.

There is no statistical difference between the different levels of fertilizers in the variable percentage of harvest at transplant. The catch percentages were T1 = 75%, T2 = 76.5%, T3 = 66.5%.

In the height variable there is no statistical difference, it should be noted that the averages presented by the treatments were: T1 = 151.71 cm; T2 = 162.83cm; T3 = 170.79cm.

Regarding the number of tubers produced per plant, T1 obtained more tubers with 13.96 followed by T3 with 13.93 and T2 with 12.16 tubers. There was no significant effect on the number of tubers per plant.

In the variable total weight of tubers per plant there is no statistical difference between the different levels of fertilization. However, the T3 obtained greater weight with 71.75 g followed by the T2 with 59.91 g and the T1 with 56.03 g.

Regarding the weight of tubers per square meter, T2 obtained the highest weight with 2541.25 g followed by T3 with 2438.45 g and T1 with 1929.12 g. There was no significant effect on tuber weight per square meter.

In the variable number of tubers per size and treatment, a descriptive analysis was carried out, type IV (25 - 35 mm) was the largest size obtained, T3 with 174, T1 with 173 and T2 with 154 tubers.

1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), es el cuarto cultivo en importancia mundial, después del arroz, el trigo y el maíz. La papa es un alimento básico y esencial en la dieta del ser humano por su contenido de carbohidratos, proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales. Por otro lado, el cultivo de papa constituye una gran fuente de ingresos económicos para productores, comerciantes e industriales a nivel mundial.

La papa no solo brinda una alternativa económica sino también una fuente sana de alimento, por su alto valor nutricional para la población boliviana. Según el proyecto INNOVA y la Fundación para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Altiplano, la producción tradicional de papa en Bolivia, refleja casi completamente el desarrollo de su economía agrícola, es que el cultivo de la papa en Bolivia se da en 7 de los 9 departamentos del país, posicionándose uno de los cultivos que más productores aglutina, se tiene que más de 200.000 unidades campesinas están involucradas en su producción en el país, o sea más de 900.000 personas, entre el productor, su cónyuge y sus hijos en la zona rural. (FDTA-Altiplano,2004).

En ese contexto, según los datos del Instituto Nacional de Estadística establecen que la papa se ha mantenido como el cultivo ancestral más extenso a lo largo de más de tres décadas, entre los años agrícolas 2016-2017 en Bolivia, registra alrededor de 182.275 hectáreas de cultivo de papa en las regiones andinas, con una producción de 1.174.743,7 quintales, posicionándose como uno de los principales alimentos de subsistencia para la población (INE, 2018).

Por lo que se ve pertinente, implementar herramientas de producción que mejoren su resultado, tomando en cuenta, que este alimento está presente mayormente en los sistemas de cultivo de los pequeños agricultores, que en muchos casos presentan problemas de fertilidad de suelos, fitosanidad, y sobre todo baja calidad de semilla por falta de conocimiento o implementación de estas herramientas o técnicas de producción de semilla.

En tanto, la producción de semilla pre-básica solo tiene sentido, si se parte de un material libre de endo y exopatógenos conocidos. La sanidad se debe conservar hasta que la semilla comercial quede certificada, a este propósito se dispone mecanismos de Control Interno de Calidad (CIC), entre ellos: el test de ELISA para detectar la eventual presencia de virus donde se inicia el proceso de producción y multiplicación de semilla de papa. (Trujillo, 1984).

La fertilización química y es una práctica importante para los productores, porque corrige las deficiencias nutrimentales, de las plantas, favorece el buen desarrollo de los cultivos y mejora el rendimiento y la calidad del producto. La fertilización foliar no sustituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero sí es una práctica que sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se pueden abastecer mediante la fertilización común al suelo. De aquí, que la fertilización para ciertos nutrimentos y cultivos, bajo ciertas etapas del desarrollo de la planta y del medio, sea ventajosa y a veces más eficiente en la corrección de deficiencias que la fertilización edáfica.

Gran parte de la producción de papa en el departamento de La Paz, es afectada por distintos factores como mala semilla, ataque de plagas, enfermedades y otros que afectan directamente en los rendimientos que el productor espera sean altos, la papa semilla que se guarda para cada campaña es la misma de hace varios ciclos incluso años, para esto se necesita realizar capacitaciones en la cual se detalle el error que comete en no cambiar la semilla. Este trabajo ayudará a tener información con respecto a los beneficios de sembrar con semilla garantizada.

El estudio tiene como finalidad aportar conocimiento en producción de semilla pre-básica en el Centro Experimental de Cota Cota con la variedad Huaycha (*Solanum tuberosum* ssp. *andígena*), además de establecer la mejor cantidad de fertilizante triple 20 (150, 250 y 400 g/cama) ya que incide en la producción de semilla pre-básica de papa.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- ✓ Evaluar la producción de semilla pre-básica de la variedad Huaycha (*Solanum tuberosum* ssp. *andígena*) a partir de vitroplantas aplicando tres niveles de fertilización en ambiente protegido.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar la aclimatización de vitroplantas de la variedad Huaycha (*Solanum tuberosum* ssp. *andígena*) en ambiente atemperado.
- ✓ Evaluar el crecimiento de la variedad Huaycha (*Solanum tuberosum* ssp. *andígena*) con diferentes niveles de fertilización.
- ✓ Comparar la producción de semilla pre-básica de papa con distintos niveles de fertilización granular triple 20

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultivo de Papa

3.1.1 Origen

Ochoa (1990), señala que *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* tiene la más amplia distribución geográfica que cualquier especie de papa cultivada, se cultiva entre los 2500-4000 m.s.n.m de la región andina de Sudamérica, desde las serranías del noroeste de Argentina, Punas y Prepunas de Bolivia, centro y sur del Perú, Jalcas del norte de Perú y los Páramos del Ecuador, Colombia y Venezuela. Su cultivo comercial se extiende también hacia las regiones de la costa central y sur del Perú a pocos metros sobre el nivel del mar. El cultivo de esta especie principalmente en el Perú y Bolivia, se encuentra frecuentemente mezclada con otras especies nativas cultivadas. Debido a que *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* tuberiza sólo bajo condiciones de días cortos de 9-12 horas.

3.1.2 Características Botánicas de la planta de papa

Huarte y Capezio (2019), indican que la planta de papa es de naturaleza herbácea con un sistema aéreo (hojas compuestas, inflorescencia, tallos y frutos) y un sistema subterráneo (raíces, estolones y tubérculos).

- ✓ Los tubérculos de papa son tallos modificados y tienen todas las características de un tejido caulinar, en un corte transversal del tubérculo se observan de afuera hacia adentro: piel o peridermo, corteza (tejido de almacenamiento), haz vascular, parénquima de reserva y médula. En la superficie del tubérculo se encuentran distribuidas pequeñas aberturas llamadas lenticelas que permiten el intercambio gaseoso entre el tubérculo y el ambiente.
- ✓ Las hojas son compuestas con diverso grado de segmentación.
- ✓ El sistema radicular de la papa concentra el grueso de las raíces en los primeros 40 cm de profundidad, por ello el cultivo es sensible a sequía y

requiere concentración elevada de nutrientes en la parte superior del suelo.

- ✓ Los tallos sobre el suelo son improductivos, mientras que los tallos bajo el suelo, sean principales o laterales, producen estolones y tubérculos.

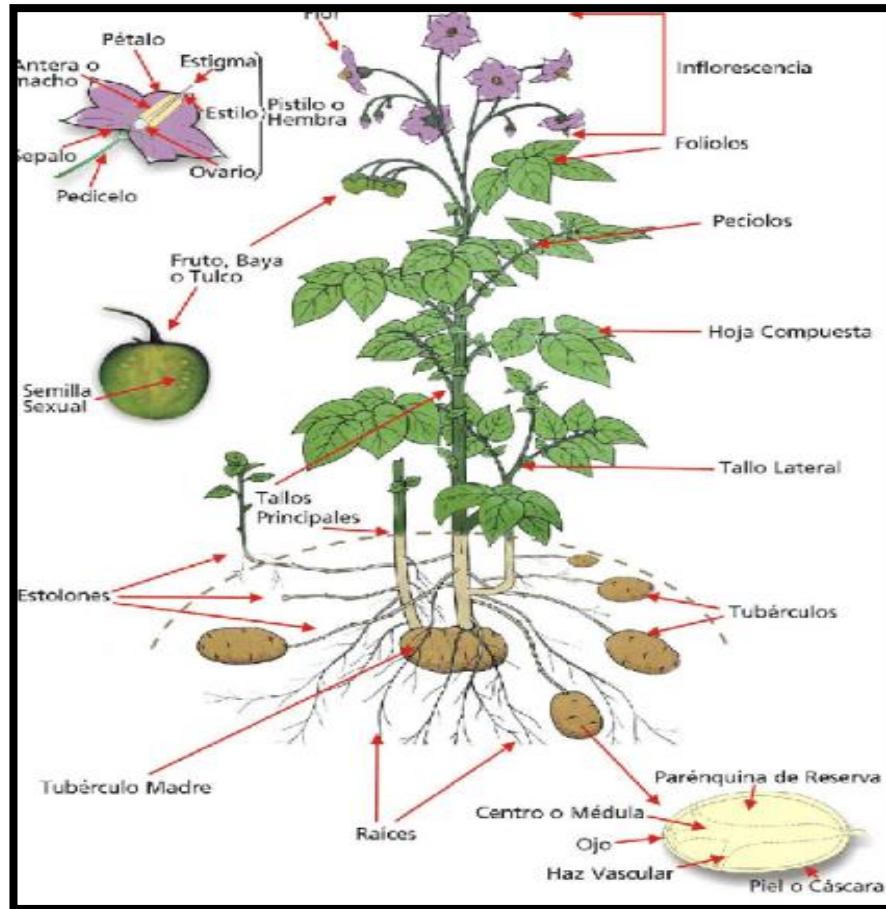


Figura 1. Características botánicas de la planta de papa (Huarte y Capezio 2019)

3.1.3 Etapas fenológicas de la papa

Las etapas fenológicas de la papa se consideran a las siguientes:

3.1.3.1 Dormancia o reposo de la semilla

Es el periodo que transcurre entre la cosecha del tubérculo y la brotación, dura entre 2 a 3 meses, y para la semilla sexual de 4 a 6 meses. La dormancia puede pararse por heridas o alguna enfermedad en el tubérculo, también, puede

inducirse por tratamiento químico utilizando el ácido giberélico en dosis de 1 a 5 ppm (Román y Hurtado 2002).

3.1.3.2 Fase de emergencia

Inicia con el rompimiento de la dormancia de la semilla y termina con el inicio de la formación de tubérculos; varía de 15 a 30 días, dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas del cultivo (Coro, 2015).

3.1.3.3 Fase vegetativa

Es el período entre la emergencia y la iniciación de la tuberización (Figura 2). En esta fase, hay crecimiento de follaje y raíces en forma simultánea, dura entre 20 a 30 días (Grosso, 2017).

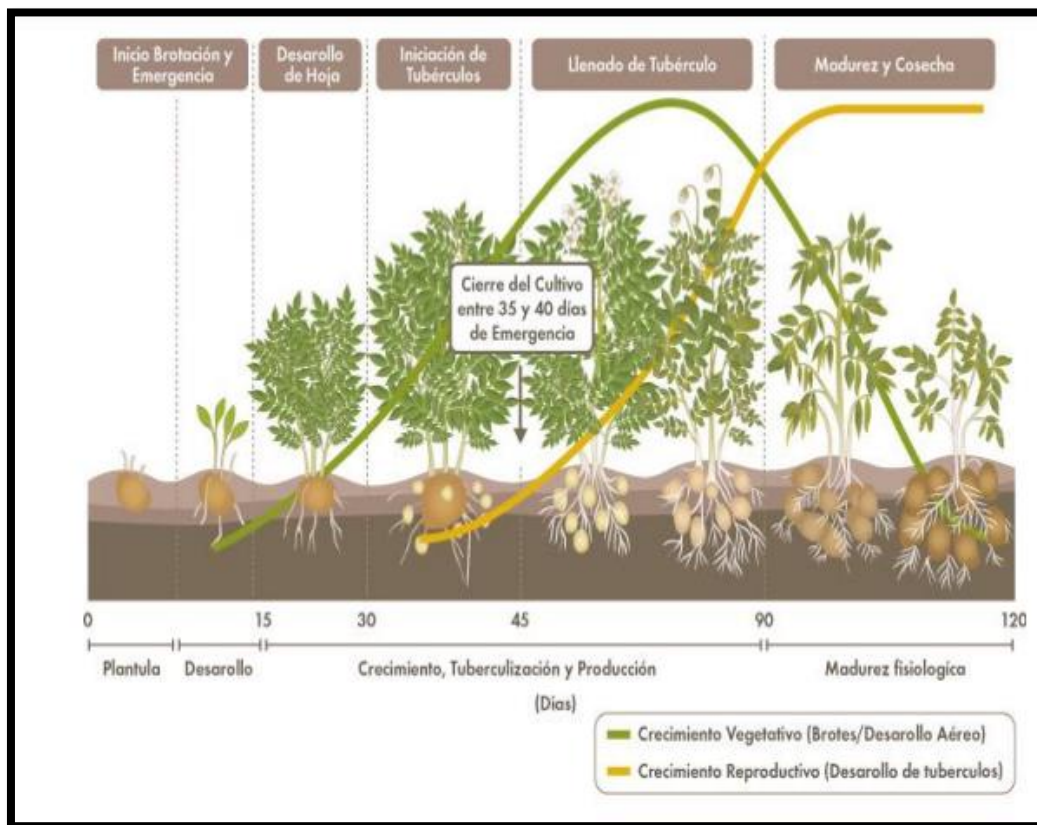


Figura 2. Etapas fenológicas de la papa. (Grosso, 2017)

- a) **Fase de tuberización:** Se caracteriza por la iniciación en la formación del tubérculo y el incremento constante en tamaño y peso, puede durar entre 60 a 90 días. Su inicio podría ser retardado por algunas prácticas agronómicas, como, por ejemplo, una alta fertilización nitrogenada. El crecimiento del tubérculo depende de la humedad, la longitud del día y la temperatura. La humedad del suelo influye en el tamaño y la calidad de las papas y puede retrasarse en su desarrollo en condiciones de estrés hídrico (González, 2015).
- b) **Fase de madurez:** Período entre el máximo desarrollo del follaje y la senescencia total. Los tubérculos alcanzan la madurez fisiológica a los 75 días en variedades precoces, 90 días para variedades intermedias y 120 días para las tardías, en esta etapa los tubérculos pueden cosecharse y almacenarse (Molina et al.,2004).

3.1.4 Producción de papa en Bolivia

La papa es un cultivo asociado con la región andina del territorio nacional altiplanos norte, medio y sud, y los valles mesotérmicos, aunque la migración poblacional interna desde las tierras altas ha expandido el área territorial para incluir provincias del departamento de Santa Cruz y norte de La Paz (Zeballos et al., 2009) mencionado por (Mamani, 2015).

El mismo autor menciona que, el rango de altitud en el cual se realiza el cultivo se extiende ahora desde los 4000 hasta los 800 msnm. Por su parte INNOVA y FDTA Altiplano (2005) mencionado por (Mamani, 2015) señalan que se extiende desde los 400 msnm hasta los 4500 msnm y por su constante demanda en el mercado se cultiva en distintas épocas del año.

Este tubérculo es el alimento más consumido en el país: cada persona come entre 90 y 100 kilos al año. En todo el territorio hay casi 200 mil hectáreas de este cultivo, una tarea en la que están involucradas más de 250 mil familias bolivianas. Aun así, no alcanza para satisfacer la demanda nacional y esto promueve indirectamente el contrabando de la papa peruana. (IBCE, 2017).

Bolivia cuenta con 33 variedades de papa registradas y certificadas oficialmente, pero además con 1.508 “accesiones”, es decir, posibles variedades que no han sido inscritas por la dificultad que representa este trámite, además porque muchas de ellas no tienen el rendimiento de las más comerciales (IBCE, 2017).

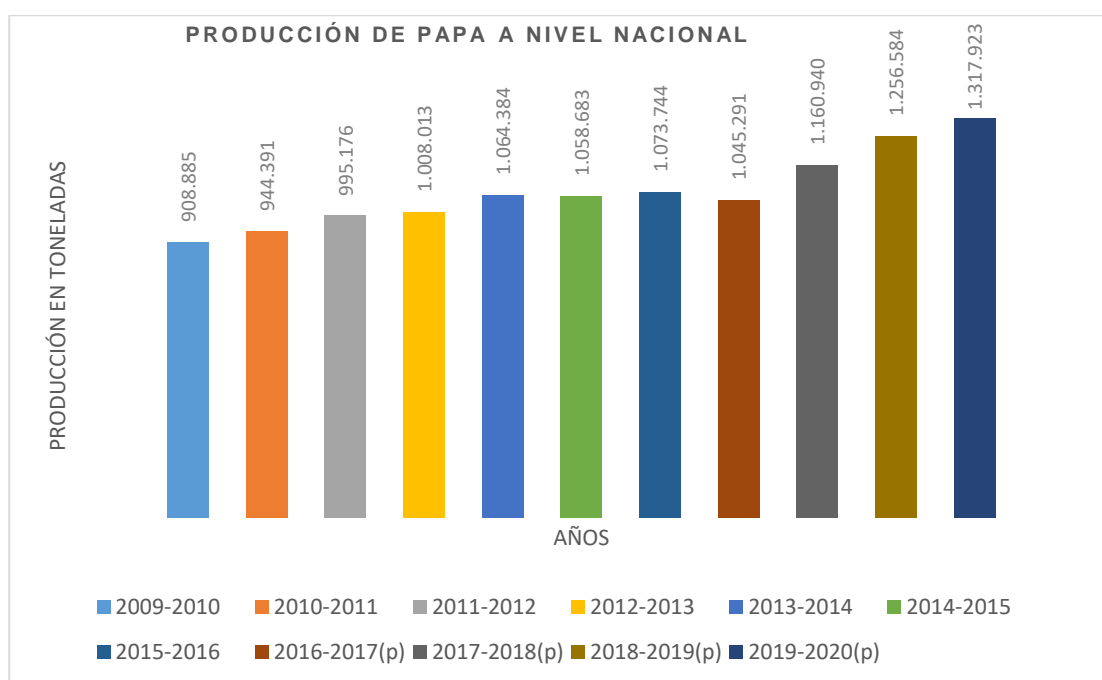


Gráfico 1. Producción, superficie y rendimiento de papa en Bolivia (Promedio 2005-2017). Fuente: (INE, 2021)

Bolivia produce más de 1,1 millones de toneladas de papa anuales. La Paz es el primer departamento productor, con 335.520 toneladas anuales y una superficie cultivada de 55.195 hectáreas, el segundo es Cochabamba, con 298.069 toneladas anuales y 47.571 hectáreas cultivadas.

En tercer lugar, aparece Potosí con 138.525 toneladas y 30.757 hectáreas y en cuarto Chuquisaca, con 112.287 toneladas anuales y 22.888 hectáreas de superficie cultivada.

En Chuquisaca, los principales municipios productores son: Incahuasi, Villa Charcas y Culpina, según dijo a este suplemento Calderón (CORREO DEL SUR, 2018).

Tabla 1 Principales productores de papa en Bolivia

	DEPARTAMENTO	Tn/anual	Superficie cultivada (Ha)
1° LUGAR	La Paz	335.520	55.195
2° LUGAR	Cochabamba	298.069	47.571
3° LUGAR	Potosí	138.525	30.757
4° LUGAR	Chuquisaca	112.287	22.888

Fuente: (CORREO DEL SUR, 2018)

3.1.5 Requerimientos del cultivo

3.1.5.1 Suelo

Este cultivo al igual que otros cultivos, absorbe del suelo todos los minerales necesarios, los cuales son 14 elementos requeridos: carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo y potasio como elementos mayores y entre los micro nutrientes azufre, magnesio, hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno.

La papa presenta un sistema radicular muy ramificado y con innumerables raicillas que fácilmente ocupan 40 cm de profundidad, por ello requiere de un suelo profundo, orgánico, mullido, con buena retención de humedad, es así que los mejores rendimientos se logran en suelos franco arenoso, con un pH de 5.5 a 8.0 (Pardavé, 2004).

Según Villamil (2005), indica que el pH óptimo para su desarrollo oscila entre 4,8 y 6,0 aunque puede cultivarse en suelos con pH de hasta 6,5. Un 50 % del total de la absorción de estos elementos por la planta ocurren durante el periodo comprendido entre la emergencia y el inicio de la floración.

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

- ✓ Propiedades físicas adecuadas para la papa Textura Franca, profundidad efectiva > 50 cm, densidad aparente 1.20 g/cm³, color oscuro, contenido de materia orgánica >3.5%, drenaje bueno, buena capacidad de retención de agua, topografía plana y semi plana.

- ✓ Propiedades químicas adecuadas para la papa Un pH de 5.5 a 6, contenido de N Variable, P > 28 mg/kg, K > 5 %, Ca⁺⁺ 65 %, Mg⁺⁺ 18 %, Acidez total < 10 %, Conductividad eléctrica < 4 dsm- 1.

3.1.5.2 Agua

FAO (2013), indica que, 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.

3.1.5.3 Temperatura

La papa tiene diferencias de requerimientos térmicos según la variedad, las temperaturas máximas o diurnas de 20 a 25 ° C y mínimas o nocturnas de 8 a 13 ° C, son excelentes para una buena tuberización (Pardavé, 2004).

3.1.5.4 Fotoperiodo

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.

Con respecto a la respuesta de la longitud del día o fotoperiodo, la misma depende de la subespecie y variedad considerada. La subespecie tuberosum requiere para desarrollar su área foliar de fotoperiodo largo (más de 14 horas luz) y en su proceso de tuberización (formación y engrosamiento de los tubérculos), de fotoperiodo corto (menor de 14 horas luz) (MINAGRI, 2013).

3.1.5.5 Fertilización

Según Chilón (1997), los fertilizantes químicos son productos manufacturados por métodos químicos industriales, que tienen nutrientes para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas. De ello se concluye que los fertilizantes químicos atribuyen una prioridad especial a la fertilidad de los suelos, pero los

esfuerzos por mejorar su agricultura, han provocado un uso irracional de químicos que han afectado las propiedades biológicas del suelo.

Schwarz (2021), señala que los fertilizantes agrícolas proveen a las cosechas de los nutrientes que necesitan, sobre todo los tres elementos químicos esenciales para las plantas (fertilizante NPK: nitrógeno, fósforo y potasio), aunque muchos fertilizantes también contienen micronutrientes como el hierro, cobre, zinc y otros elementos.

Horton (1987) mencionado por Mamani (2011) indica que el nitrógeno estimula el crecimiento del follaje, pero retrasa la formación de tubérculos. De ahí que un cultivo con un buen nivel de nitrógeno madura más tarde, pero con más rendimiento que un cultivo con menos cantidad. Mientras que una aplicación de fósforo contribuye a un buen desarrollo del cultivo y una tuberización temprana. A la vez señala que un incremento de potasio tiene menos efecto sobre el rendimiento que una adición de nitrógeno o fósforo.

Guerrero (1998), las altas producciones por unidad de superficie de un cultivo de papa, implican igualmente altas extracciones de nutrimentos; estas cantidades dependen de varios factores, tales como las exigencias de la variedad, régimen de humedad, temperatura, producción y manejo del cultivo. Aunque el cultivo de papa presenta respuesta a efectos simples en la fertilización con nitrógeno y fósforo, al aplicarlos simultáneamente los rendimientos son mayores, o sea que existe una interacción muy marcada entre estos elementos, lo cual ha sido probado en varias investigaciones.

3.2 Requerimiento nutricional del cultivo de papa

El cultivo de papa demanda grandes cantidades de nutrimentos, principalmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) durante todo su ciclo (White et al., 2007) y es una de las hortalizas de mayor rentabilidad con altos costos de producción que genera excesiva aplicación de insumos (pesticidas, agua y fertilizantes).

Según SEPA (2015), indica que el requerimiento nutricional del cultivo de la papa es: 175 kg/ha de N, 35 kg/ha de P₂O₅, 257kg/ha de K₂O, 23 kg/ha de MgO y 16kg/ha de S para alcanzar un rendimiento de 30 a 40 tn/ha.

Ospina y Aldana (1995), menciona Marino (2010) indica que, de acuerdo con la FAO, una cosecha de 20000 kg de papa por hectárea extrae del suelo 140 kg de nitrógeno, 32 kg de P₂O₅, 190 kg de K₂O, 3 kg de CaO y 6 kg de S la fertilización se hace de acuerdo con las recomendaciones dadas según el análisis de suelos. En suelos andinos generalmente pobres en fósforo, se utilizan alrededor de 1000 kg de fertilizante 10-30-10 o similar por hectárea.

3.3 Fertilización en el cultivo de papa

Pumisacho y Velásquez (2009), la fertilidad del suelo de cultivo se mide generalmente en función de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, un suelo con alta cantidad de nutrientes no es necesariamente un buen terreno de cultivo, ya que depende de otros factores, como la compactación, el drenaje, la disponibilidad de agua, enfermedades o insectos que puedan limitar la disponibilidad de nutrientes a la planta.

Si se controla bien los factores anteriormente indicados, es necesario tener en la tierra de cultivo, una adecuada cantidad de elementos nutricionales que permita el óptimo desarrollo de la planta, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno, ya que cada uno de los nutrientes cumplen funciones específicas en su crecimiento. La falta de algún nutriente origina un retardo del crecimiento de la planta y disminución del rendimiento de cultivo. A continuación, se indican los nutrientes que se debe considerar en el cultivo de papa, así como el efecto negativo que se produce en la planta, cuando existen deficiencias o exceso de estos nutrientes (Kramm, 2017).

3.3.1 Nitrógeno

Es el nutriente que más influye en el rendimiento y la calidad de los tubérculos; interviene en la fotosíntesis, forma parte de las proteínas, ácidos nucleicos y

vitaminas. Una falta de nitrógeno produce escaso desarrollo de la planta y da clorosis en el tejido foliar. Una elevada cantidad de nitrógeno alarga el ciclo vegetativo de la planta y retrasan el inicio de la tuberización (Coro, 2015).

3.3.2 Fósforo

Es esencial para el crecimiento de las plantas, participa en la fotosíntesis, la transferencia de energía, y en la síntesis y degradación de los carbohidratos. Contribuye a la resistencia de enfermedades y acelera la madurez del tubérculo. La deficiencia de fósforo durante el cultivo produce síntomas de senescencia temprana en la parte aérea de la planta y reduce el rendimiento y la calidad de los tubérculos. Exceso de este elemento en el suelo impide la absorción de zinc en la planta (Romero, 2013).

3.3.3 Potasio

Participa en la fotosíntesis y en la síntesis de proteínas; realiza la estabilización del pH, turgencia y osmorregulación, que son condiciones importantes para el metabolismo de las plantas. Exceso de potasio en el suelo bloquea la fijación del magnesio y calcio. La deficiencia de potasio disminuye el crecimiento y el peso de los tubérculos; da clorosis o amarillamiento en bordes de las hojas maduras, posteriormente hay necrosis y defoliación (Vizcardo, 2011).

3.3.4 Calcio

Es necesario para la división y crecimiento celular, juega un papel importante en la absorción de nutrientes y diversos procesos metabólicos. Las plantas con deficiencia de calcio presentan folíolos enrollados hacia arriba y con clorosis. Los tubérculos muestran necrosis difusa de color castaño en el anillo vascular y manchas de media luna en la médula (Bautista et al., 2010).

3.3.5 Magnesio

Es componente de la molécula de clorofila y de los pectatos en la pared celular, participa en reacciones de metabolismo energético, en síntesis de compuestos del núcleo, cloroplasto y ribosoma, cumple un rol catalítico y con el balance

eléctrico. La deficiencia de magnesio se expresa como una clorosis intervenal que empieza en hojas adultas. No se conoce síntomas de exceso de magnesio (Avilés y Piedra, 2016)

3.3.6 Azufre

Constituye parte de los aminoácidos azufrados, cistina, cisteína y metionina de las proteínas. Es constituyente de la tiamina, biotina y de la coenzima A y participa en el metabolismo de azúcares, grasas y proteínas. El efecto por deficiencia de azufre es parecido a la deficiencia de nitrógeno, da clorosis general, los síntomas aparecen primero en hojas jóvenes. No se indica efectos negativos en la planta por exceso de azufre (González, 2015).

3.3.7 Micronutrientes

Se requiere en cantidades pequeñas, están ampliamente distribuidos en los suelos, aunque, se hallan en forma deficitarios en algunas tierras de cultivo.

Según Valverde y Alvarado (2009), señalan que los micronutrientes detectados como deficientes en los suelos ecuatorianos son los siguientes:

- Zinc, es un activador de numerosas e importantes enzimas y participa en síntesis de proteínas, su deficiencia da lugar a un atrofiamiento y reducción del tamaño de la hoja, así como clorosis intervenal.
- Manganeso, actúa en reacciones del metabolismo del nitrógeno, la fotosíntesis y cumple un papel estructural en los cloroplastos, su deficiencia produce manchas necróticas sobre las hojas.
- Boro, se halla asociado con el transporte y absorción de azúcares y en el desarrollo celular, su deficiencia produce engrosamiento y oscurecimiento de las hojas y dan lugar a la muerte de los vástagos y raíces.

3.4 Tipos de fertilizantes

Schwarz (2021), señala que existen diferentes tipos de fertilizantes agrícolas y cada uno de ellos tiene sus propias ventajas e inconvenientes, entre la amplia variedad actual, estos son los tipos de fertilizantes más demandados:

3.4.1 Fertilizantes orgánicos

También se les conoce como abonos y son de origen animal o vegetal. La desventaja de los fertilizantes orgánicos es que sus nutrientes son menos solubles y la planta tarda más en absorberlos. Por otro lado, su principal beneficio es que el uso de fertilizantes orgánicos mejora el estado del suelo y favorece la retención de agua y nutrientes. Por este motivo, se utilizan sobre todo en la agricultura ecológica. Algunos tipos de fertilizantes orgánicos son el estiércol, el compost y los abonos verdes.

3.4.2 Fertilizantes químicos

El mayor beneficio del uso de fertilizantes químicos en la agricultura es que se obtienen resultados muy rápidamente. De forma visible, mejoran el estado de salud de las plantas y aumentan la producción de las cosechas. Sin embargo, deben usarse eficazmente. En este sentido, las innovaciones de la industria química y los avances tecnológicos, como explicaremos más abajo, han mejorado mucho la aplicación de fertilizantes químicos.

3.4.3 Biofertilizantes

Llamamos así al fertilizante para plantas que contiene microorganismos vivos. Al igual que los fertilizantes orgánicos, también se utilizan en la agricultura ecológica, ya que son muy respetuosos con el medio ambiente.

3.4.4 Bioestimulantes

También incluyen microorganismos. La diferencia respecto a los biofertilizantes es que en este caso los microorganismos no se utilizan como nutriente sino para estimular el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, según su modo de aplicación, los diferentes tipos de fertilizantes se clasifican en:

3.4.5 Fertilizante radicular o al suelo

Este tipo de fertilizante se aplica en la base de la planta y puede hacerse de forma directa o diluida en agua. De este modo, el nutriente para las plantas se asimila muy rápido ya que está más cerca de sus raíces.

3.4.6 Fertilizante foliar

Este tipo de fertilizante líquido se aplica diluido en agua sobre las hojas de las plantas por pulverización. Las hojas también absorben muy rápido los nutrientes, por lo que sus resultados no tardan en ser visibles. Los parámetros de tensión superficial y evaporación son clave para una correcta asimilación de los nutrientes en las plantas.

La fertilización foliar no sustituye la fertilización al suelo, es complemento de la nutrición edáfica, sirve para suplir ciertos nutrimentos en etapas críticas y de gran demanda del cultivo, tales como en la floración, tuberización y maduración.

Acosta (1969) citado por Marino (2010), sostiene que a través de la fertilización foliar se logra inmediato abastecimiento de nutrientes a la hoja, sin que este proceso sea perjudicial para la absorción radicular o translocación dentro de la planta, es útil donde se trata de eliminar en forma rápida síntomas de deficiencia y completar el abastecimiento de nutrientes al suelo.

3.4.7 Fertirrigación

En este caso, los abonos y fertilizantes se disuelven en el agua de riego, de modo que los nutrientes se reparten por todo el terreno.

3.5 Propiedades de los fertilizantes

Bertsch (2003), señala que la fertilización tiene la función de suministrar nutrimentos a los cultivos que no son aportados de manera natural por el suelo. Para una buena producción en términos de cantidad y calidad, usualmente los macronutrimentos NPK, son aplicados al cultivo de papa cuando las reservas del suelo son limitadas.

Lerna et al. (2011), señala que deben acoplarse con sus demandas, debido a ello, es importante conocer las curvas de absorción nutrimental.

Flavia (2009) mencionada por Pinaya (2013), indica que los productos solubles en agua son inmediatamente asimilables o disponibles. Los insolubles pueden ser asimilados lentamente a medida que los factores edáficos y las raíces los van solubilizando.

3.5.1 Comportamiento de los fertilizantes en el suelo

Pinaya (2013), los fertilizantes, una vez incorporados al suelo, están sujetos a diversos fenómenos y transformaciones que tienen lugar según sus respectivas propiedades físico-químicas. La lixiviación es el fenómeno de infiltración del fertilizante hacia la profundidad del suelo, donde los nutrientes están en completa libertad de movimiento, dependiendo del alcance del agua.

Piaggese (2004) mencionado por Mamani (2015), indica que los nutrientes son absorbidos por las plantas en forma de iones el fósforo, el azufre, el cloro, el boro y el molibdeno, son absorbidos respectivamente como fosfatos, sulfatos, cloruros, boratos y molibdatos.

El mismo autor, señala que los otros iones son absorbidos bajo la forma de cationes K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} o Fe^{3+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} . El nitrógeno es absorbido bajo forma de NO_3^- , NO_2^- , o NH_4^+ . Estos iones están disueltos en

la solución del suelo en concentraciones variables y cada suelo tiene su composición típica.

3.5.2 Época de aplicación de fertilizantes

Oltra et al. (2006), señala que el N está reconocido como el nutriente más limitante en el cultivo de patata, debido a su facilidad para lixiviarse.

Por lo que Sierra et al. (2002), señalan que la época de aplicación del nitrógeno puede ser un factor importante dependiendo de la textura del suelo de la precocidad del cultivar y de la época de plantación. Se debe preferir como fuente, nitrógeno nítrico, por su rapidez de acción.

Según Oltra et al. (2006), señala que el P es un elemento poco móvil en el suelo y la práctica habitual consiste en la aplicación del 80-85% del fertilizante fosforado en el momento de la plantación e incluso Sierra et al. (2002) y Torres et al. (2011) recomiendan aplicar el 100% de la dosis de fósforo al momento de la plantación.

Según Torres et al. (2011), indican que la aplicación de la mayoría del fertilizante potásico en la plantación resulta más efectiva que su aplicación por etapas, sin embargo, en suelos arenosos o con problemas de salinidad, debido a la alta movilidad del K en el suelo y su posible pérdida en horizontes más profundos (lixiviación), se recomienda fraccionar la aplicación, la mitad a la siembra y la otra mitad al medio aporque.

3.5.3 Características del fertilizante triple 20

Es un fertilizante granulado el cual contiene 20% Nitrógeno (N) 20% Fósforo (P O) 2 5 20% Potasio (K O) está recomendado para cultivos que requieren alta cantidad de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en las primeras etapas de su desarrollo, como: hortalizas, papa, espárrago, frutales, algodón, etc. Además, es uno de los fertilizantes granulares que se puede encontrar fácilmente en la agrotecnias.

3.5.4 Absorción de nutrientes por el cultivo de papa

YARA (2022), indica que hay un equilibrio correcto entre macro- y micronutrientes es esencial para obtener los mejores resultados posibles del cultivo de la papa. La absorción de nutrientes varía con la fase de desarrollo del cultivo. Potasio es el elemento más consumido por el cultivo de la papa.

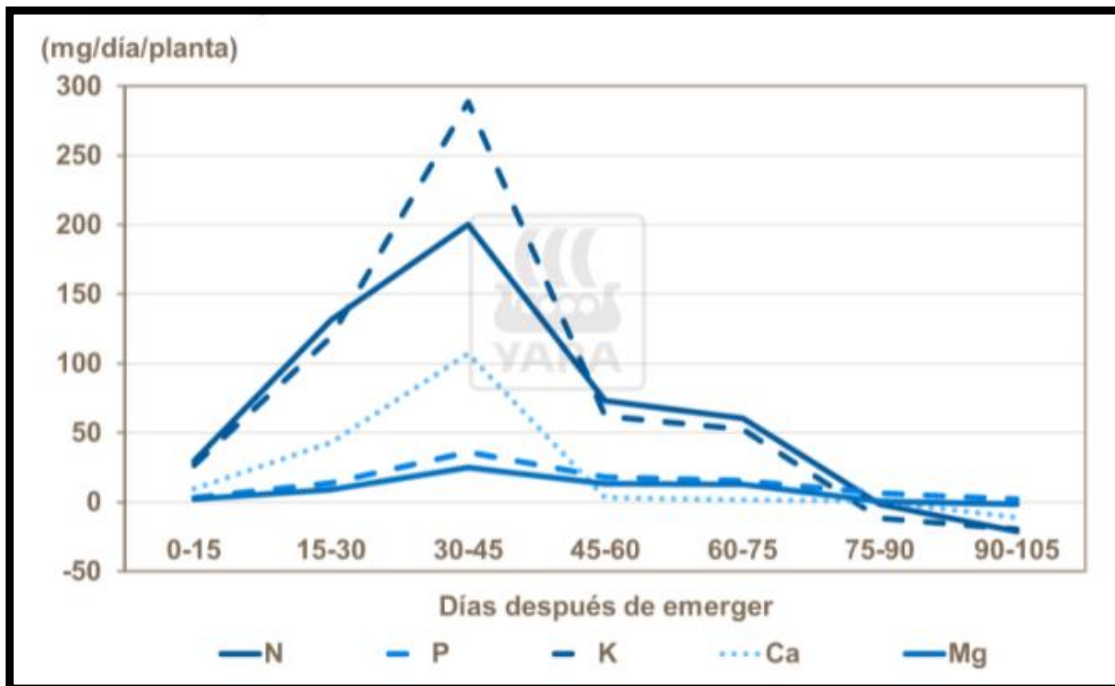


Gráfico 2. Absorción diaria de macronutrientes en toda la planta de papa. YARA (2022)

Quispe (2009), señala que en la investigación realizada en la fase de tuberización no se aplicó nitrato de potasio, el principal elemento responsable de la movilización del almidón desde las hojas hacia el tubérculo es el potasio, de tal forma que un alto contenido de este nutriente es decisivo para la obtención de un alto rendimiento y calidad.

3.5.5 Absorción diaria de macronutrientes-Tubérculo

Las plantas de las papas necesitan tanto potasio como nitrógeno durante todo el desarrollo vegetativo, y durante formación y llenado de los tubérculos. Como indica en el gráfico 3.

Reis, Jr y Fontes (1996), señala que la cantidad de nutrientes extraídos es mayor en tubérculos que en la parte aérea, porque actúan como sumidero de foto asimilados y nutrientes minerales, especialmente en el caso del potasio. Este elemento es necesario para la translocación de azúcares y la síntesis de almidón en el tubérculo.

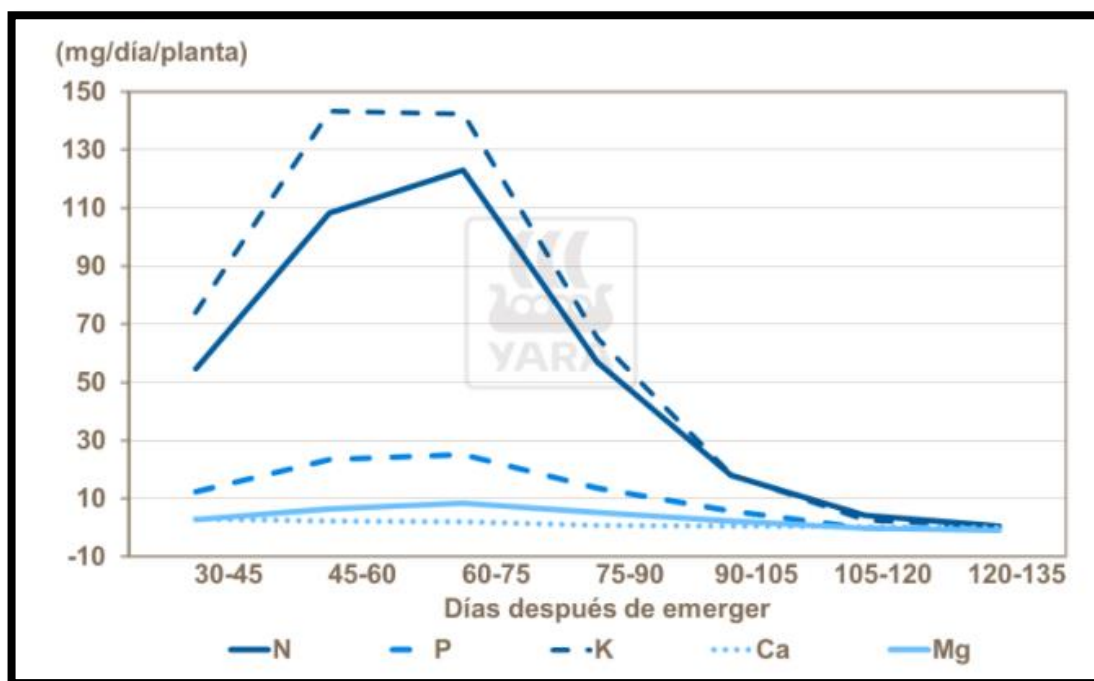


Gráfico 3. Absorción diaria de macronutrientes-Tubérculo YARA (2022)

3.6 Características de la calidad de la semilla de papa

La actividad de producción de semilla de papa de calidad en Bolivia, bajo condiciones técnicas que garanticen su pureza y calidad sanitaria, es una actividad que ha garantizado la provisión de semilla a pequeños y medianos productores de papa consumo, a partir de las cuales se ha logrado incrementar su productividad generando condiciones de seguridad alimentaria y promoción de la producción.

La única empresa en el país que produce semilla de papa de la categoría *pre-básica* en cantidades comerciales es SEPA. A partir de la semilla ofertada por SEPA, existen varias organizaciones de productores e instituciones que se

dedican a la multiplicación de semilla en el país en categorías comerciales (Registrada, Certificada y Fiscalizada), las cuales son utilizadas por otros productores de papa consumo para abastecer al mercado nacional. (Trujillo y Rocabado, 2008).

En Bolivia se utiliza solo el 3 % de semilla certificada de papa para la producción. (Calle, Vaca, & Maldonado, 2013). Esto indica que la semilla de papa es muy importante para la producción e incremento del rendimiento, una alternativa para producir semilla pre-básica de papa de alta calidad fitosanitaria es a través de las técnicas de propagación *in vitro* que facilita la producción masiva en un espacio reducido y corto tiempo.

3.7 Clasificación de la semilla

Se utilizó la siguiente escala para a clasificación por tamaño los tubérculos, con un rango de tolerancia de más menos el 4%, en caso de no cumplir estos requisitos el productor procederá realizar una selección.

Tabla 2 *Categorías de semilla de papa por tamaño*

TAMAÑO	CALIBRE
TAMAÑO I	> 55 mm
TAMAÑO II	45 – 55 mm
TAMAÑO III	35 – 45 mm
TAMAÑO IV	25 – 35 mm

Fuente (INIAF 2012)

Según Pernia y Gonzales (1989), mencionado por Mamani (2011), la semilla *pre – básica* es el material inicial en un programa de producción de semilla. Se la obtiene a partir del cultivo de plántulas *in vitro*, esquejes, brotes o tuberculillos libres de patógenos, que son multiplicados en invernaderos que regulan los

efectos del medio ambiente, la contaminación del material por enfermedades y el aislamiento contra insectos vectores.

3.8 Categorización de semilla

Según INIAF (2010), indica que se establecen categorías de semillas, con la finalidad de asegurar que en las distintas multiplicaciones se mantengan las características genéticas y fitosanitarias de las variedades.

Tabla 3 *Relación de precios entre las categorías y calibres de semilla de papa (Bs/50 kg) en el departamento de La Paz.*

VARIEDAD	CATEGORÍA	CALIBRE	Precio/	Año	Precio/	Año
			2011		2012	
HUAYCHA IMILLA NEGRA	BÁSICA	II	306		337,67	
		III	317,5		344,67	
		IV	329		353	
SANI NEGRA	REGISTRADA	II	288		330,67	
		III	300,5		336,67	
		IV	312		342	
	CERTIFICADA	II	271		326,67	
		III	282		332	
		IV	294,5		337,67	
FISCALIZADA	II	259		321,67		
	III	270,5		326,67		
	IV	282		332		

Fuente: INIAF (2010)

Las categorías reconocidas en la producción de semilla certificada son: la genética, la pre-básica, la básica, la registrada y la certificada. En las normas específicas para cada especie, se determina la secuencia obligatoria de multiplicación de las diferentes categorías como se ve en el anexo 1.

El INIAF (2012) describe algunas condiciones para certificación en cada categoría:

3.8.1 Categoría genética

Semilla producida bajo la responsabilidad y control directo del obtentor de la variedad, de acuerdo a la(s) metodología(s) de mantenimiento de la variedad descrita al momento de su registro. Es la categoría más alta del proceso de producción de semilla certificada.

3.8.2 Categoría Pre-básica

Semilla resultante de la multiplicación de semilla genética. Esta categoría está destinada para semillas de aquellas especies que por su naturaleza requieren de una multiplicación vegetativa mediante el cultivo de tejidos, de acuerdo a la reglamentación específica.

- Deben provenir cultivos de tejidos (material libre de patógenos).
- Contar con infraestructura adecuada y personal capacitado.
- La prueba de esquejes o tubérculos debe realizarse en invernaderos a prueba (condiciones controladas).
- Prueba para control sanitario.

3.8.3 Categoría Básica

Semilla producida bajo la responsabilidad y control directo del obtentor responsable del registro de la variedad, de acuerdo a la metodología de mantenimiento de la variedad descrita al momento de su registro. Para su identificación se otorga una etiqueta oficial de color blanco.

- Para producir su primera generación se deberá sembrar semilla pre – básica que sea procedente de esquejes o tuberculillos.
- En esta generación se pueden establecer hasta tres multiplicaciones (B-1, B-2 y B-3).

3.8.4 Categoría Registrada

- Para producir su primera generación se debe sembrar semilla Básica 3.

- Se podrá multiplicar hasta su segunda generación (R-1 y R-2).
- Se otorga una etiqueta oficial de color rosado.

3.8.5 Categoría Certificada

- Para producirla en su primera generación se deberá sembrar semilla registrada de la segunda categoría (R-2).
- Esta semilla podrá multiplicarse en una segunda generación Certificada (C-1 y C-2).
- Se otorga la etiqueta oficial color celeste.

3.8.6 Categoría fiscalizada

- Esta categoría requiere para su obtención la siembra al menos proveniente de la categoría registrada 1.
- Esta semilla podrá multiplicarse en 2 generaciones, la segunda generación podrá provenir de semilla fiscalizada 1 o registrada 2.

INIAF (2010), indica que la producción de semilla de papa en La Paz se basa principalmente en las variedades Huaycha, Sani Negra e Imilla Negra.

ARGENPAPA (2019), indica que la certificación inicia con la semilla prebásica, esta primera siembra produce 46 kilos de básica 1, que ya es posible ofrecerla a los compradores, esta primera generación va a campo abierto y con tres kilos se puede obtener un quintal del producto. A partir de este momento la tasa de multiplicación es de uno a siete, si se siembra un quintal se cosechará siete, luego del descarta el material dañado se tiene la básica 2, se vuelva sembrar y se obtienes 49 quintales de semilla de papa denominada registrada 1, en la registrada 2 se llega a 343 quintales y finalmente luego de otra siembra se obtiene 2041 quintales de papa certificada que ya es posible liberarla para el consumo: Todo este proceso dura cuatro años.

SEPA (2015), indica que trabajan en conjunto con semilleristas de las alturas de las provincias Carrasco y Ayopaya del departamento de Cochabamba, se procede a la multiplicación de semilla a nivel comercial y trabaja con las siguientes categorías:

- **Pre-básica:** Semilla proveniente de cultivo de tejidos, libre de endo y exopatogenos, producida en invernaderos a prueba de afidios y bajo condiciones controladas de acuerdo a reglamentación específica.
- **Básica:** Deriva de la categoría Pre-básica, que sea procedente de esquejes o tuberculillos. De esta manera, en esta categoría se establecen tres remultiplicaciones: Básica 1 (B1), Básica 2 (B2) y Básica 3 (B3) y puede mantenerse dentro de su categoría siempre y cuando cumpla con ciertos requisitos de calidad. Se le otorga una etiqueta oficial de color blanco.
- **Registrada:** Resulta de la multiplicación de semilla Básica 3 (B3); para producirla en su primera generación. Esta semilla podrá multiplicarse en una segunda generación Registrada 2 (R2). De esta manera en esta categoría se establecen dos remultiplicaciones: Registrada 1(R1) y Registrada 2 (R2). Se le otorga una etiqueta oficial de color rosado

3.9 Producción de tubérculos semilla de categoría pre-básica en Bolivia

SEPA ha realizado los trabajos inherentes para obtener el Análisis de Riesgo de Plagas (ARP) para la exportación (Brasil y Chile) de semilla *pre-básica* proveniente de cultivo de por sus mecanismos de control de calidad (Trujillo y Rocabado, 2008).

Existen algunas instituciones que se dedican a la producción de semilla *pre-básica* los cuales deben presentar los requisitos mínimos para poder producir.

Tabla 4 *Instituciones productoras de semilla pre básicas de papa*

INSTITUCIÓN	UBICACIÓN	ESTACIÓN
UPS-SEPA Sociedad anónima mixta	Cochabamba	Invernaderos Con Malla Antiafidos “El Paso”
INIAF	Cochabamba	Estación Experimental de Toralapa
IBTEN	La Paz	Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear de Viacha
Gobernación del Departamento de Potosí	Potosí	Estación Experimental Chinoli
Gobernación del Departamento de Tarija	Tarija	Estación Experimental de Iscayachi

Fuente: Mamani (2011)

Actualmente existe el Centro Biotecnológico de Semilla de Papa (CBPSP) dependiente del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) que fue inaugurado en julio del 2019 en la comunidad de Chachacomani en el municipio de Batallas del departamento de La Paz, el cual está iniciando con la producción de semilla *pre-básica* y trabaja con las siguientes variedades: Huaycha, Marcela, Jatun Puka y Desiree.

Otra de las instituciones inaugurado en septiembre del 2019 es el Centro Nacional de Innovación de la Papa (CNIP), ubicado en la localidad Tarata del departamento de Cochabamba, entidad a cargo del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) promueve la producción de semilla de calidad para fortalecer la producción de este tubérculo en el territorio nacional, el cual trabaja con la producción de tubérculos semilla de papa en “Aeroponía”, para el cultivo de papa de las variedades: Jatun Puka, Marcela, Desiree, Huaycha y Cardinal, produciendo semilla *pre-básica* con sanidad fitosanitaria y alta calidad. (AGRONEWS, 2022).

Tabla 5 Semilla pre básica producida en el Centro Biotecnológico de Producción De Semilla de Papa - Chachacomani La Paz.

VARIEDAD	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE	CALIBRE
HUAYCHA	I	II	III	IV	V	
MARCELA	I	II	III	IV	V	
JATUN PUKA	I	II	III	IV	V	VI
DESIREE	I	II	III	IV	V	VI

Fuente: CBPSP (2022)

3.10 Cultivo de tejidos vegetales “*in vitro*”

La micro propagación de plantas *in vitro* es una técnica de la biotecnología muy utilizada en cultivos de importancia económica. Permite cultivar células, tejidos, órganos (yemas, tallos, hojas u órganos superiores), semillas, embriones y obtener individuos selectos en forma rápida. Los cultivos son realizados por personal especializado, en un ambiente artificial controlado, empleando un medio de cultivo estéril (Olmos et al., s.f.).

Albarracín (s.f.); Arellano et al. (2010); y Delgado (2012), mencionado por (Mamani, 2015), además detallan en sus textos claramente las siguientes etapas del cultivo *in vitro*:

- Establecimiento del cultivo
- Desarrollo y multiplicación de vástagos o embriones
- Enraizamiento
- Aclimatación de las plántulas.

En algunos casos tiene importancia considerar una etapa previa (Etapa 0) que es la etapa de preparación de los explantos para el establecimiento.

De acuerdo a Rodríguez (2000) citado por Quispe (2009), indica que el cultivo de tejidos vegetales es el proceso que consiste en el empleo de técnicas para el crecimiento y desarrollo de tejidos y células, para obtener plantas nuevas cultivadas en medio de cultivo sólido y aséptico, para ser utilizados en la conservación de recursos genéticos en forma clonal. Clon representa una generación de plantas derivadas asexualmente a partir de un solo individuo, por medio de cortes, multiplicación *in vitro*, etc.

El cultivo de tejidos actualmente se constituye en una alternativa de producción de material de alta calidad genético-sanitaria, por las múltiples ventajas que ofrece, a saber: obtención de grandes volúmenes de producción a partir de poco material vegetal al inicio, en períodos cortos y superficiales reducidas, alta calidad sanitaria del material, incremento de los rendimientos por utilizar material saneado y rejuvenilizado, material disponible en cualquier época del año, facilidad de transporte e intercambio de material a nivel nacional e internacional (Quispe, 2009).

3.10.1 Factores a Considerar para el Establecimiento de Cultivos de Tejidos Vegetales *in vitro*

Según Mendoza (2008) mencionado por (Quispe, 2009) para el establecimiento de los cultivos utilizando cualquiera de los sistemas es necesario tener en cuenta algunos aspectos generales comunes relacionados:

3.10.2 Calidad de la planta madre

La planta madre es determinante para el éxito de los cultivos *in vitro*, entre mejores sean las condiciones fitosanitarias y edad fisiológica de la planta madre, mayor será la calidad y respuesta de los explantes. La edad fisiológica determina el tipo y la velocidad de la morfogénesis. Época del año determina el estado fisiológico en el que se encuentra la planta donadora y el explante al momento de la siembra.

3.10.3 Explante.

Varios factores deben ser tenidos en cuenta en la elección del explante apropiado para el establecimiento de los cultivos *in vitro*. La elección del explante para establecer material vegetal a condiciones *in vitro* dependerá de:

- **Posibilidad de contaminación con microorganismos.** De ser posible, se deben cultivar explantes de plantas donadoras que crecen en condiciones de invernadero, con ello se reduce sustancialmente las tasas de contaminación. Por otra parte, es recomendable evitar el uso de «explantes sucios» (raíces, rizomas) que provienen de plantas crecidas en macetas o en el campo, dado que en la mayoría de los casos no es posible conseguir una buena desinfección de los mismos.
- **Edad fisiológica del explante.** Este es un aspecto de gran influencia en la morfogénesis. Como regla general se puede decir que cuando más joven e indiferenciado se encuentre el explante a cultivar, mejor será su respuesta *in vitro*. Es por ello que los meristemas apicales y axilares son ampliamente usados en numerosas especies. En el caso de la micropropagación de plantas leñosas, la edad del explante es un factor crítico. Si los tejidos son jóvenes, la micropropagación tiene mayores posibilidades de ser exitosa que con tejidos maduros. Este hecho genera la necesidad de realizar tratamientos de rejuvenecimiento de las plantas dadoras de explantes.
- **Tamaño del explante.** En general, cuanto más grande sea el explante mayores serán las posibilidades de inducir la proliferación de callos o la regeneración directa de órganos. Sin embargo, a mayor tamaño de explante también son mayores las probabilidades de que los cultivos se contaminen con microorganismos. También es necesario tener en cuenta que existe un tamaño mínimo del explante, que depende de la especie y del material vegetal, por debajo del cual no es fácil lograr el establecimiento de los cultivos. Los explantes muy pequeños suelen requerir del empleo de medios más complejos o de los denominados medios acondicionados.

- **Época del año.** Es un factor que suele tener mucha importancia en la micropropagación y que generalmente está asociado al grado de dormición que presentan ciertos explantes (yemas, por ejemplo) y también con la posibilidad de mayor o menor proliferación de microorganismos. También puede lograrse explantes de plantas en estado de latencia.

3.10.4 Normas de asepsia.

Uno de los principales problemas que se presentan cuando se tratan de establecer los cultivos es el de la contaminación de los mismos con diversos tipos de microorganismos (hongos, levaduras, bacterias, fitoplasmas, virus). Dos son las fuentes de contaminaciones: microorganismos presentes en el interior o en la superficie de los explantes y fallas en los procedimientos de cultivo en el laboratorio.

3.10.5 Medios de cultivo.

Un medio de cultivo puede ser definido como una formulación de sales inorgánicas y compuestos orgánicos requeridos para la nutrición y manipulación de los cultivos.

3.10.6 Condiciones ambientales para la incubación.

La incubación de los cultivos se debe llevar a cabo en condiciones controladas. Por lo menos en lo que se refiere a temperatura, calidad e intensidad de luz, fotoperíodo, humedad atmosférica e higiene. Estas condiciones se logran con el empleo de cámaras climatizadas o cuartos especialmente preparados con aire acondicionado (frío-calor), una buena y uniforme circulación de aire en el interior, dotados de un buen sistema de alarma para interrumpir la iluminación en caso de no funcionar el aire acondicionado.

En general, los cultivos son incubados a temperatura constante de 25 - 28 °C, con ciclo de luz/oscuridad de 16/8 horas. La luz es generalmente provista por lámparas fluorescentes del tipo «luz día» con una irradiancia de entre 50 y 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. La humedad atmosférica debe ser elevada (80 - 90%).

3.11 Cultivo de tejidos y la producción de semilla de papa *pre-básica*

Según Trigo (1994), debido a su enorme capacidad regenerativa y la totipotencia inherente de las células de papa, ha permitido desarrollar la técnica de cultivo *in vitro* que permite producir plantas en gran escala como se ve en el anexo 2.

3.12 Trasplante en Invernadero

El invernadero es un ambiente que cumple con las condiciones requeridas por las plántulas provenientes del laboratorio.

Portillo (2010), invernadero es cualquier estructura cerrada cubierta por materiales transparentes que sirve de protección a los diferentes cultivos, altamente permeable a la luz solar que preserva a las plantas de los factores climatológicos adversos como alta irradiación solar, lluvias continuas, vientos, temperaturas bajas y altas, que permite el manejo del ambiente interno mediante climatización tecnificada de acuerdo a las necesidades de la planta, para tener un desarrollo óptimo y alta productividad.

Dubois (1980), señala que el invernadero es una estructura con cubierta transparente, en la que es posible mantener un ambiente más o menos controlado con relación a la temperatura, humedad y energía radiante, para proseguir un adelanto o retraso en las cosechas, proteger los cultivos y hacer un mejor uso del agua.

Agramonte et al. (1998), indica que el paso de las plantas desde las condiciones de cultivo *in vitro* (heterótrofas o mixotróficas), a las ambientales (autótrofas), es el periodo más crítico de la micropropagación y donde ocurre el mayor porcentaje de pérdidas, es por esto que un manejo, que garantice la adaptación de las jóvenes plantas es importante.

Sotomayor (2000), menciona que las plántulas de papa que han alcanzado una altura de 3 a 5 cm y tienen un buen desarrollo radicular, pueden ser trasplantadas a macetas o almácigos que tengan una mezcla adecuada de musgo, arena y tierra.

3.13 Cambios en la morfología y fisiología de las plantas

Sotomayor (2000), menciona que al remover plántulas micropropagadas *in vitro* y transferirse a condiciones de invernadero, estas tienden a deshidratarse. La pérdida de agua de las plántulas es tal, que ha sido atribuida a la escasa función estomática y al anormal desarrollo de la cutícula bajo condiciones de humedad alta del cultivo de tejidos.

Debergh, (1991) mencionado por Sotomayor (2000), indica que el pobre funcionamiento de los estomas se atribuye al desarrollo anormal de las microfibrillas de celulosa de la capa celular, como también a la pobre selectividad en la acumulación de Na, K y Mg en la capa celular, durante el cultivo *in vitro*.

Agramonte et al. (1998), afirma que el paso de las plantas desde las condiciones de cultivo *in vitro* (heterótrofas o mixotróficas), a las ambientales (autótrofas), es el periodo más crítico de la micropropagación y donde ocurre el mayor porcentaje de pérdidas, es por esto que un manejo, que garantice la adaptación de las jóvenes plantas es importante.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

El presente estudio se realizó en los predios del Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Mayor de San Andrés, el cual se localiza en el municipio de Nuestra Señora de La Paz, que se encuentra ubicada en la provincia Murillo del departamento de La Paz, registrada a unos 15 km de la ciudad de La Paz. Geográficamente situado a $16^{\circ}32'04''$ de latitud Sur y $68^{\circ}03'44''$ de longitud Oeste a una altitud de 3445 msnm (I.G.M., 2006). (Figura 3.)

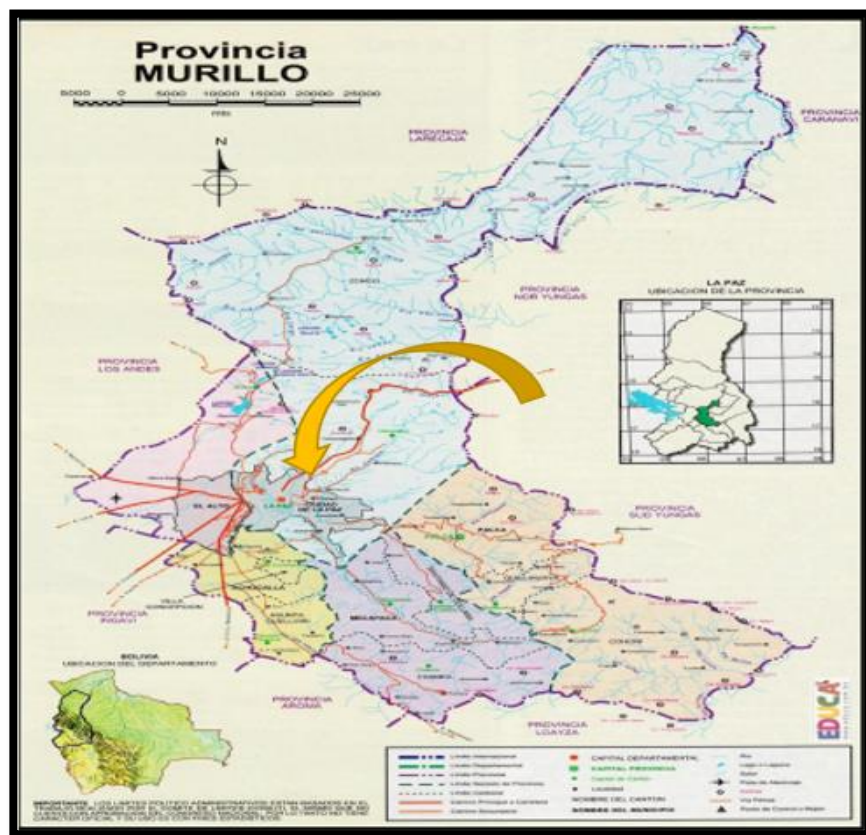


Figura 3. *Ubicación Geográfica Municipio de La Paz mapa tomado de (EDUCA.COM)*

El Centro Experimental Cota Cota se encuentra ubicado a 15 km del kilómetro cero de la ciudad de Nuestra Señora de La Paz, del Macro Distrito Sur del Departamento de La Paz. El campus universitario de la UMSA se encuentra ubicado en la zona de Cota Cota, entre los 3365 y 3475 metros de altitud. La región bio geográfica del campus corresponde a las cabeceras de los valles secos andinos de La Paz en transición a la puna. Es una zona de contacto entre dos regiones bio geográficas, por lo tanto, se encuentran elementos de flora y fauna de ambas regiones, lo que la vuelve una zona relativamente diversa. El piso altitudinal en el cual se encuentra el campus es posiblemente el más diverso en cuanto a especies de plantas Villagómez (2009).

El Centro Experimental Cota-Cota se encuentra situado 16°32'11.53" Latitud S. y 68° 03'51.01" Longitud W (figura 2) (I.G.M., 2019).



Figura 4. *Ubicación geográfica del Invernadero de Biotecnología del Centro Experimental de Cota Cota*

4.2 Materiales

4.2.1 Material biológico

En el presente trabajo de investigación se utilizaron veinte y siete magentas (27), cada magenta con 25 vitroplantas dando un total de seiscientos setenta y cinco plántulas de *Solanum tuberosum spp* de la variedad Huaycha, plántulas de papa propagadas en el laboratorio de Biotecnología Vegetal, de la Facultad de Agronomía dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).



Figura 5. Magentas con vitroplantas de papa de la variedad Huaycha

4.2.2 Equipos

- ✓ Mochila fumigadora
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Termómetro (máxima-mínima)

4.2.3 Materiales de campo

- ✓ Estructura antiafidos
- ✓ Camas de tuberización de 4 m²
- ✓ Malla semi-sombra al 50%
- ✓ Carretilla
- ✓ Juego de palas de jardinería

- ✓ Manguera
- ✓ Regadera
- ✓ Balanza
- ✓ Planilla de datos
- ✓ Marbetes
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Overol
- ✓ Rafias
- ✓ Alambre (rollo)
- ✓ Regla metálica

4.2.4 Fertilizantes

- ✓ Triple 20 (N) 20 %, (P₂O₅) 20 %, (K₂O) 20 %
- ✓ Bioestimulante kelpak

4.2.5 Insumos

- ✓ Maxim (Fluodioxinil, Metalaxyl)
- ✓ Karate (Lambda cyhalotrhin)
- ✓ Formol

4.2.6 Materiales de gabinete

- ✓ Equipo de computación
- ✓ Material de escritorio
- ✓ Material bibliográfico

4.2.7 Invernadero

El Centro Experimental de Cota Cota cuenta con la construcción de un invernadero que presenta las siguientes características: Está construido en un área de 147 m² en el cual cuenta por el momento con 6 camas de 1m x 4m x 0,5m de las cuales se usaron tres camas. La construcción está hecha de hormigón ciclópeo el cual soporta

la estructura de aluminio sobre los que se dispone la malla anti áfidos. El techo es de dos aguas. El área del invernadero está protegida por paredes de ladrillo.

4.3 Metodología

4.3.1 Preparación de las camas

Para realizar la investigación, se realizó una limpieza general del ambiente, además de la desinfección con agua y detergente. Las camas fueron formadas por marcos de madera (4m de largo *1m de ancho) sujetas a un armazón de angular de 1 ½ “que sujeta a las tablas de madera.



Figura 6. *Limpieza y desinfección del invernadero*

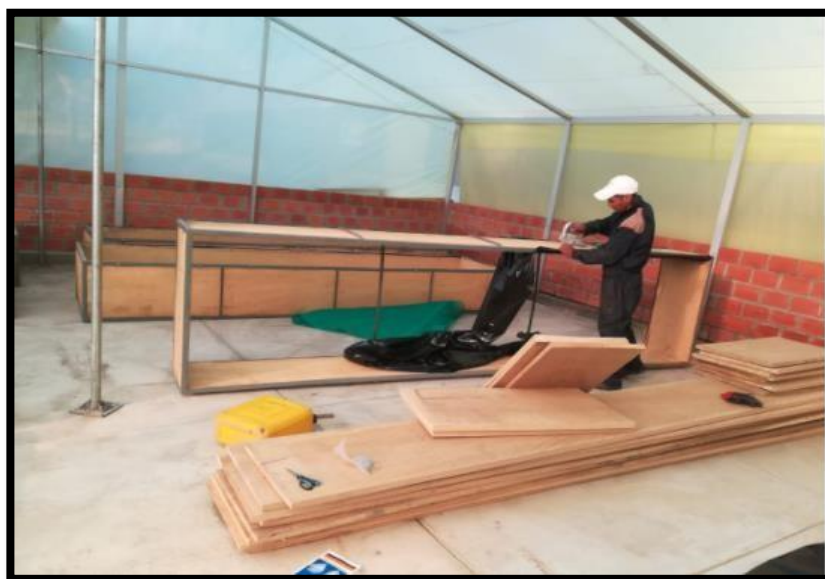


Figura 7. *Preparación de los cajones usando tablas de madera*

En cada cama o platabanda se empleó una capa de cascajo 10 cm de altura, para el drenaje del agua en exceso y evitar problemas fitosanitarios. Encima del cascajo, se cubrió la base de cada platabanda con malla milimétrica para evitar pérdidas de sustrato o mezclas del mismo con el cascajo. Paralelamente se realizó la preparación y desinfección del sustrato.



Figura 8. *Preparación del drenaje usando una capa de cascajo*

4.3.2 Preparación y desinfección del sustrato

El sustrato que se utilizó es una combinación de turba, tierra negra, arena con un porcentaje de 30% 30% 40% respectivamente.



Figura 9. *Mezcla del sustrato*

El sustrato preparado se lo extendió en las camas de producción de madera de 4m², las que en su interior llevaban la rejilla de drenaje y malla de plástico para evitar el escurrimiento del sustrato. Tanto las camas, las rejillas y mallas fueron debidamente desinfectadas mediante un lavado con detergente y agua.



Figura 10. *El sustrato es extendido en las camas de producción*

Posteriormente se lo esterilizó con formol al 1% cubriéndolo con un plástico durante una semana, pasado ese tiempo se dejó 10 días más para que ventile y no quede rastro del formol. Para esto se hizo pruebas de germinación en cebada usando el sustrato en cajas petri para saber si el sustrato aún tenía rastros del formol utilizado.



Figura 11. Esterilización del sustrato con formol

4.3.3 Trasplante

En las camas preparadas se humedecieron 24 horas antes con ayuda de regaderas el sustrato debe estar a Capacidad de Campo. El sustrato debe estar nivelado dentro de las camas y se debe fumigar con Maxim una hora antes de realizar el trasplante.



Figura 12. Aplicación de Maxim a las camas preparadas

Se marcaron distancias de las líneas y luego las distancias entre plantas con reglones de madera ya marcados con la distancia para la densidad planteada con ayuda de punzones.



Figura 13. *Marcación de distancias usando reglón de madera especial*

Para la aclimatación de las plantas *in vitro*, se debe lavar las plántulas con agua destilada para quitar el medio en el cual están, las plántulas tenían una altura promedio de cinco centímetros las cuales estaban de cuatro a seis semanas en la sala de crecimiento en laboratorio.



Figura 14. *Trasplante de vitroplantas a las camas de producción*

Inmediatamente después de haber trasplantado las vitroplantas a las camas se las cubrió con malla semi sombra esto al 50%, esto para que se aclimaten a las condiciones del invernadero.



Figura 15. Se cubren las camas con malla semi sombra

El trasplante se realizó el 18 y 19 de agosto de la gestión agrícola 2019, retirando cuidadosamente las plántulas de los magentas, para no dañarlos, e introduciéndolos en los orificios realizados, presionando ligeramente el sustrato alrededor del tallo. Para la plantación se requirió teóricamente 24 magentas, pero prácticamente se utilizaron 32 magentas, de las cuales el 20% fueron para la reposición de plántulas débiles, muy pequeñas y para el refalle, dando una densidad de plantación de 50 pl./m² o por unidad experimental (0,20 m entre línea y 0,10 m entre planta).

4.3.4 Prácticas culturales

Fertilización: se utilizó el fertilizante triple 20 (20-20-20) con una dosis por tratamiento que son: T1 (0.15 kg/cama), T2 (0.25 kg/cama), T3 (0.40 kg/cama). De las cuales se dividió la cantidad de fertilizante por m² dando la siguiente aplicación de fertilizantes T1 (0.0375 kg/m²), T2 (0.0625 kg/m²) y T3 (0.1kg /m²). El fertilizante se aplicó en dos oportunidades la primera se aplicó el 60% al momento del trasplante y el segundo que es un 40 % fue al momento del aporque.

Tabla 6 *Distribución de fertilizante por tratamiento*

Tratamiento	Cantidad por cama	Cantidad por metro cuadrado	Aplicación al momento del trasplante	Aplicación al momento del aporque
			60%	40%
T1	0.15 kg/cama	0.0375 kg/m ²	0.0225 kg	0.015 kg
T2	0.25 kg/cama	0.0625 kg/m ²	0.0375 kg	0.025 kg
T3	0.40 kg/cama	0.1 kg/m ²	0.06 kg	0.04 kg

Fuente: Elaboración propia

También se realizó la aplicación del bioestimulante kelpak a los 45 días después del trasplante.

4.3.4.1 Aporque

Se realizó el aporque a los 40 días después del trasplante, consistió en la adición de sustrato ya esterilizado haciendo uso de la pala de jardinero, se distribuyó el sustrato en las tres camas uniformemente.



Figura 16. *Aporque usando sustrato esterilizado*

4.3.4.2 Control fitosanitario:

Se realizó 3 fumigaciones preventivas se utilizaron los siguientes productos: Maxim XL + Cruiser 60 FS (ambos una hora antes del trasplante), Maxim (durante el aporque) y el insecticida Karate (a los 30 y 90 días después del trasplante).

4.3.4.3 Riego

Se realizó el riego con la ayuda de la regadera dos veces al día durante las dos primeras semanas, a partir de la tercera semana se regó las camas cada dos y tres días. Luego se suspendió el riego veinte días antes de la defoliación.



Figura 17. *Riego de las camas de producción*

4.3.4.4 Tutoraje

Se lo realizo a los 45 días después del trasplante, usando rafias que estaban colgadas sobre alambres sujetos a listones de madera que le servían como guía para realizar el tutoraje de cada planta.



Figura 18. *Tutorado de las plantas de papa*

El tutorado es importante porque permite guiar a la planta para que no se enreden los tallos y además de sostener el peso de la planta.

4.3.4.5 Defoliación

Se lo realizo a los 140 días después del trasplante, se procedió al arranque del follaje usando tijeras de podar, esto para evitar la pudrición y posibles ataques tardíos de enfermedades además de ayudar a la maduración de los tubérculos.



Figura 19. *Corte del follaje antes de la cosecha*

4.3.4.6 Cosecha

La cosecha se realizó a los 160 días después del trasplante, tres semanas después de la defoliación, cuando la piel de los tubérculos había tuberizado y estaban lo suficientemente consistentes.



Figura 20. Cosecha de los tubérculos

Para la cosecha se removi6 manualmente el sustrato, con la ayuda de unas chuntillas y palas de jardinero se sacaron los tub6rculos, cuidando de no da1arlos y se colocaron en recipientes de pl1stico para su posterior clasificaci6n por peso y calibre.

4.3.4.7 Selecci6n

La selecci6n se realiz6 de cada uno de los tratamientos, descartando los tub6rculos muy peque1os, quemados por el sol o tub6rculos deformes, los cuales no son aptos para semilla y consecuentemente para la comercializaci6n.

Posteriormente se realiz6 la clasificaci6n de los tub6rculos por calibre I, II, III, IV, y V, en zarandas por calibre que fueron construidas con ese fin, por 6ltimo, se realiz6 el conteo y el pesaje por muestra.



Figura 21. Clasificación de tubérculos por calibre

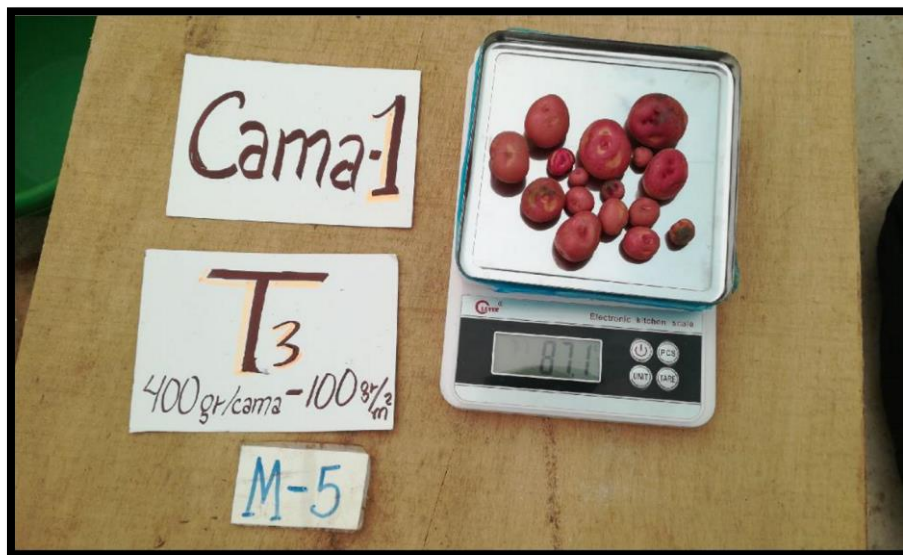


Figura 22. Toma de datos por tratamiento

La clasificación se realizó en base a los parámetros preestablecidos y utilizados por SEPA, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 7 Clasificación de tubérculos de papa según el calibre

Clasificación de tubérculos de papa según el calibre SEPA	
Calibre	Diámetro
I	Mayores a 40 mm.
II	Entre 30 y 40 mm.
III	Entre 20 y 30 mm.
IV	Entre 12 y 20 mm.
V	Menor a 12 mm.

Fuente: Elaboración propia

4.3.4.8 Almacenaje

La semilla cosechada y clasificada se lo almaceno en cajas de cartón en un ambiente ventilado y con luz difusa a una temperatura de 10°C.

4.3.5 Diseño Experimental

Para el presente trabajo se utilizó el Diseño Completamente al Azar, considerando solo la variedad de papa Huaycha (*Solanum tuberosum spp. andígena*) las vitroplantas fueron sembradas en un sustrato compuesto de turba, tierra negra y arena.

4.3.6 Tratamientos

El número total de tratamientos que se emplearon son 3, con 12 unidades experimentales, los tratamientos se describen en el siguiente cuadro:

Tabla 8 Descripción de tratamientos

Tratamiento	Cantidad por cama	Cantidad por metro cuadrado	Aplicación al momento del trasplante	Aplicación al momento del aporque
			60%	40%
T1	0.15 kg/cama	0.0375 kg/m ²	0.0225 kg	0.015 kg
T2	0.25 kg/cama	0.0625 kg/m ²	0.0375 kg	0.025 kg
T3	0.40 kg/cama	0.1 kg/m ²	0.06 kg	0.04 kg

Fuente: Elaboración propia

4.3.7 Modelo lineal aditivo

Modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media general

τ_i = Efecto fijo de la i-ésima nivel de fertilizante triple 20

ε_{ij} = Efecto aleatorio de residuales o error experimental NIID $\sim(0, \sigma_e^2)$

Tabla 9 *Características de las unidades experimentales y camas de producción*

Características	Valores
Número de repeticiones	4
Número de tratamientos	3
Número de platabandas	3
Superficie unidad experimental	1 m ²
Número de líneas por unidad experimental	5
Distancia entre plantas	10 cm
Distancia entre líneas	20cm
Área de cada repetición	1 m ²
Distancia entre platabandas	0,8 m ²
Superficie total del experimento	12 m ²
Total plantas	600 plantas

Fuente: Elaboración propia

4.3.8 Croquis del experimento

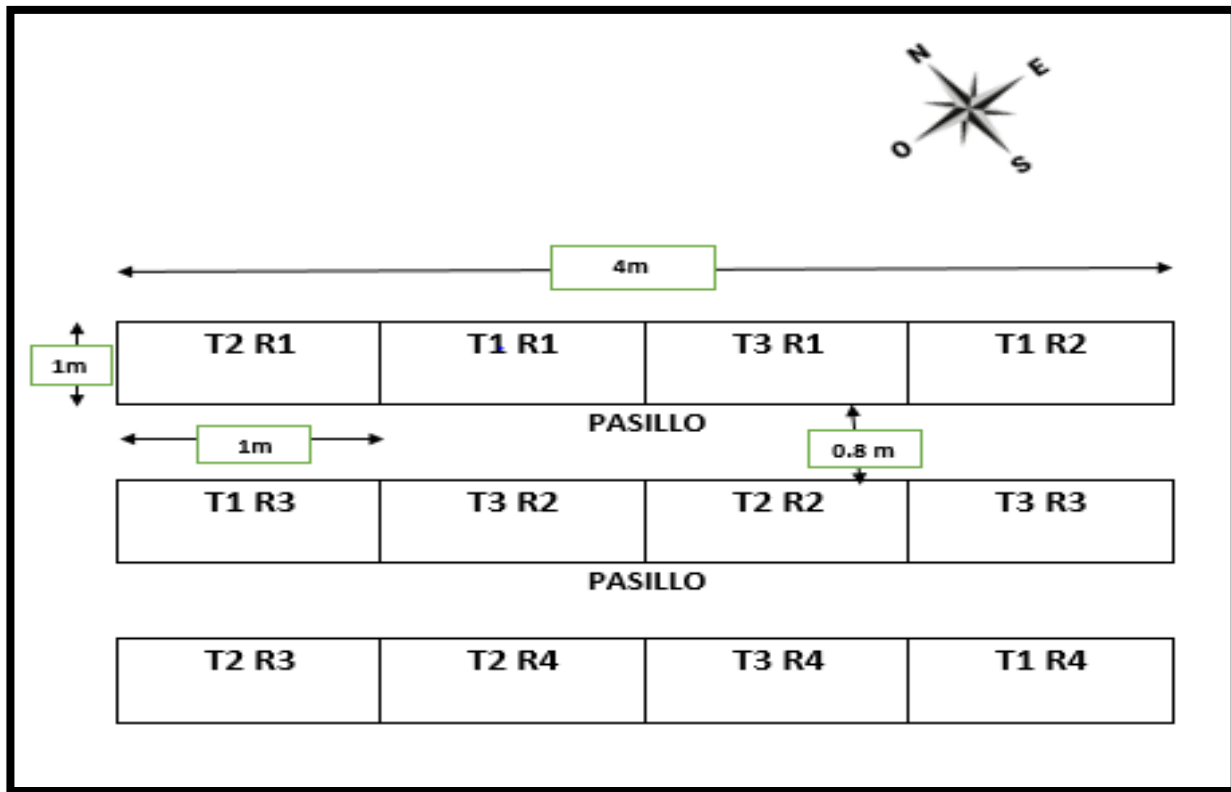


Figura 23. Croquis de la distribución de los Tratamientos

4.3.9 Variables de respuesta

4.3.9.1 Porcentaje de prendimiento al trasplante

La evaluación de prendimiento se lo realizó a los 20 días después del trasplante, tomando como base toda la población de plántulas trasplantadas a las unidades experimentales los cuales se expresó en porcentaje.

4.3.9.2 Altura de planta

La altura de planta se evaluó utilizando un flexómetro y la medición se la realizó desde el cuello de la planta hasta el ápice expresado en cm. Esta medición se realizó cada cuatro semanas después del trasplante.

4.3.9.3 Número de tubérculos producidos por planta

Para evaluar esta variable se tomó en cuenta el número de tubérculos que hay por planta. Este dato se tomó después de la cosecha

4.3.9.4 Peso total de tubérculos por planta

Los pesos fueron determinados mediante pesaje de tubérculos luego de la cosecha mediante el uso de una balanza expresado en gramos.

4.3.9.5 Peso de tubérculos por metro cuadrado

Los rendimientos fueron determinados mediante el clasificado y pesaje de tubérculos luego de la cosecha mediante el uso de una balanza y promediado para un metro cuadrado expresado en gramos.

4.3.9.6 Número de tubérculos por calibre por tratamiento

Una vez seleccionados por calibre se realizó el conteo para obtener las cantidades por calibre de cada unidad experimental, así también cabe mencionar que estos datos fueron tomados una vez cosechados.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los objetivos planteados para esta investigación, se muestra a continuación los resultados a través del análisis de variancia y pruebas Duncan con nivel de significancia 5% para cada variable de respuesta en conformidad al trabajo.

5.1 Porcentaje de prendimiento al trasplante

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede evidenciar en anexo 7 en un análisis de variancia realizado para la variable porcentaje de prendimiento, que no existe diferencia estadística entre los diferentes niveles de fertilizantes para el prendimiento de vitroplantas de papa var. Huaycha, Así también se presenta un coeficiente de variabilidad de 8,56% que nos indica el adecuado manejo de unidades experimentales, sin embargo, por observación directa de los promedios logramos identificar lo que se muestra en la gráfica 4.

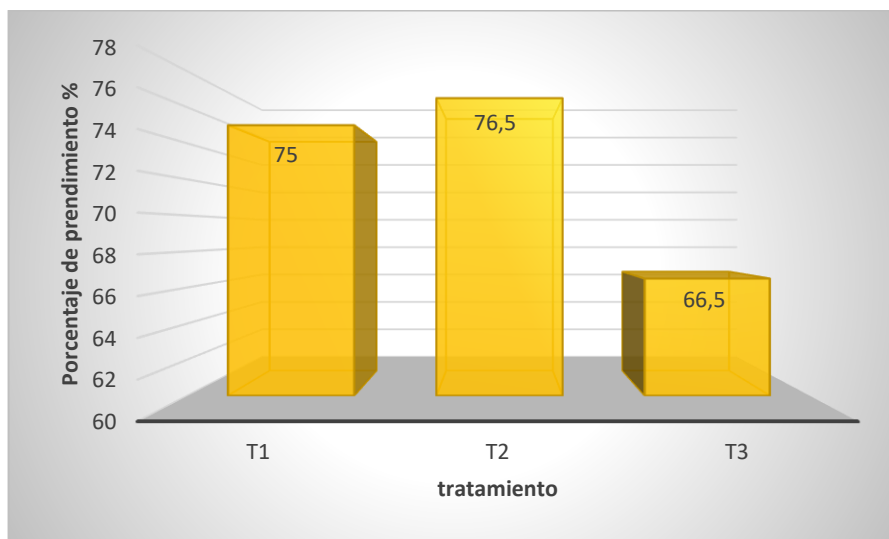


Gráfico 4. Porcentaje promedio de prendimiento por tratamiento.

Según Lucas (1995), el crecimiento de las plantas propagadas in vitro es frecuentemente más vigoroso que el de las clonadas in vivo; esto se debe sobre todo al rejuvenecimiento y/o al hecho de que las plantas in vitro se encuentran libres de enfermedades.

Bryan et al. (1981), señala que el enraizamiento óptimo se logra con esquejes jóvenes que crecen rápidamente, pero algunas variedades por naturaleza producen

raíces con más facilidad que otras. Asimismo, Hidalgo (1997) una de las principales razones para que pueda existir prendimientos variados son las características ambientales del invernadero, las instalaciones requeridas, en el sombreado, ventilación, control de temperatura y humedad.

5.2 Altura de planta

El análisis de varianza realizado para la variable de respuesta altura de planta (cm) donde determinamos que no existe una diferencia estadística (anexo 8) con un C.V. de 6,7 % entre los diferentes tratamientos (niveles de fertilizantes) por lo que se concluye no realizar una prueba de comparación múltiple de medias, sin embargo, cabe destacar que los promedios presentados por los tratamientos fueron: T1 = 151,71 cm; T2 = 162,83 cm; T3 = 170,79 cm. Por observación directa deducimos que el tratamiento con mayor promedio presentado fue el T3 un nivel de fertilización de 0,40 kg/cama, a diferencia del tratamiento 1 quien presento el menor promedio en altura de planta.

De igual forma en el gráfico 5 presentamos un resumen de los promedios presentados por los diferentes tratamientos en relación a altura de planta (cm)

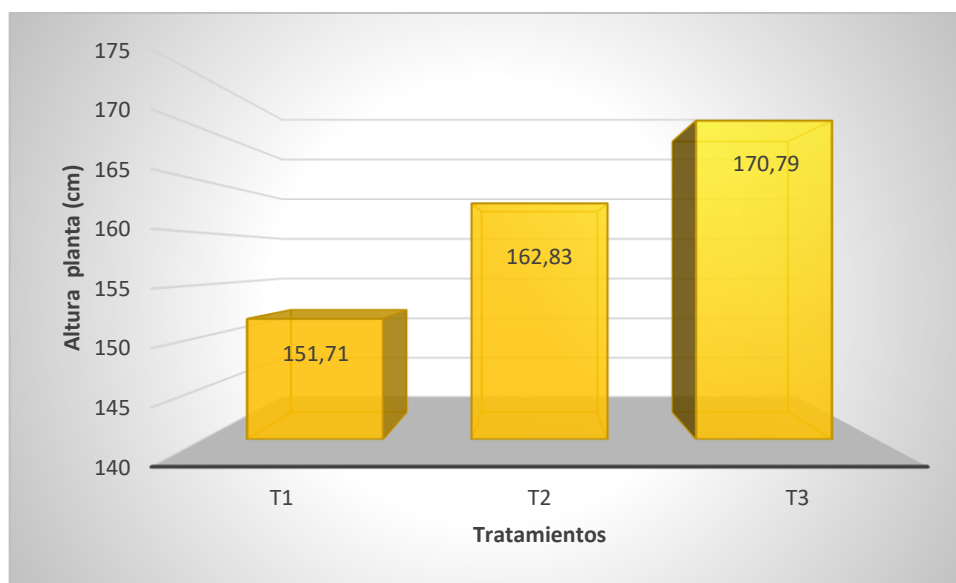


Gráfico 5. Altura de planta promedio por tratamiento

Así mismo Paz (2006), indica que la fertilización química (FDA+ Urea) y Nitro fosca azul no causó efectos significativos en la altura de planta ni en el número de tallos por planta. Probablemente esos resultados se obtuvieron porque ese trabajo se realizó a secano y el presente trabajo se realizó en un ambiente atemperado y con acceso de riego manual.

Al respecto Tavares (2002), indica que el control del crecimiento de la planta y desarrollo del tubérculo depende de la acción de los genes de las células vegetales e influenciado por diversos factores ambientales, tales como luz, agua, nutrientes (NPK), minerales y temperatura.

5.3 Número de tubérculos producidos por planta

El análisis de varianza determinado para la variable de respuesta número de tubérculos por planta, como resultado del mismo se logró determinar que no existe una diferencia estadística entre los tratamientos (diferentes niveles de fertilizante) para el número de tubérculos por planta (anexo 9), no siendo necesario la realización de una comparación múltiple de medias, sin embargo a continuación se presenta la gráfica 4 donde podemos evidenciar por observación directa el promedio en número de tubérculos producidos por planta.

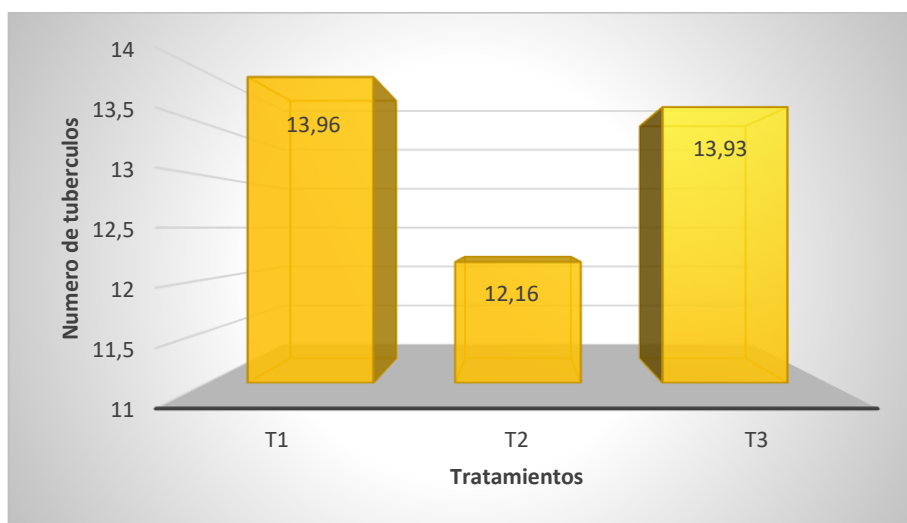


Gráfico 6. Número de tubérculos/planta promedio por planta

El gráfico 6 nos muestra el promedio en número de tubérculos producidos por planta de acuerdo a cada tratamiento donde se evidencia que el tratamiento 1 presenta el mayor promedio con 13,96 seguido del tratamiento 3 con 13,93 y el tratamiento 2 con 12,16 cabe mencionar que el coeficiente de variabilidad presentado en esta variable fue de 9,6 % que nos indica la confiabilidad del manejo en datos para el experimento.

Montalvo (1984), menciona que la formación de tubérculos depende de la cantidad de carbohidratos disponibles, producto de la fotosíntesis después de haber satisfecho las necesidades para el crecimiento, asimismo Palacios (2002), señala que la temperatura afecta a la respiración y por consiguiente al crecimiento y desarrollo de los tubérculos. Las bajas temperaturas son más favorables para el desarrollo de los tubérculos. Temperaturas de 25°C a 30°C son desfavorables, mientras que cercanas a 15°C son ideales.

Respecto al tema, Alonso (2003), indica que el crecimiento y desarrollo del tubérculo depende de la acción de los genes de las células vegetales y es influenciado por diversos factores ambientales, tales como luz, agua, nutrientes, minerales y la temperatura. Así mismo, Sanabria (2003), señala que el crecimiento del tubérculo se detiene bruscamente por debajo de los 7° C y por encima de los 19 o 25°C.

5.4 Peso total de tubérculos por planta

Para esta variable de respuesta se logra determinar que no existe una diferencia significativa (anexo 10) de forma estadística entre los diferentes tratamientos para la variable de respuesta peso total de tubérculos por planta, así también se presenta un C.V. de 9,35 % que nos indica el manejo y confiabilidad en los datos concentrados. Sin embargo, cabe mencionar que por observación directa y de forma aritmética si existe una diferencia que la presento en la gráfica 7 a continuación.

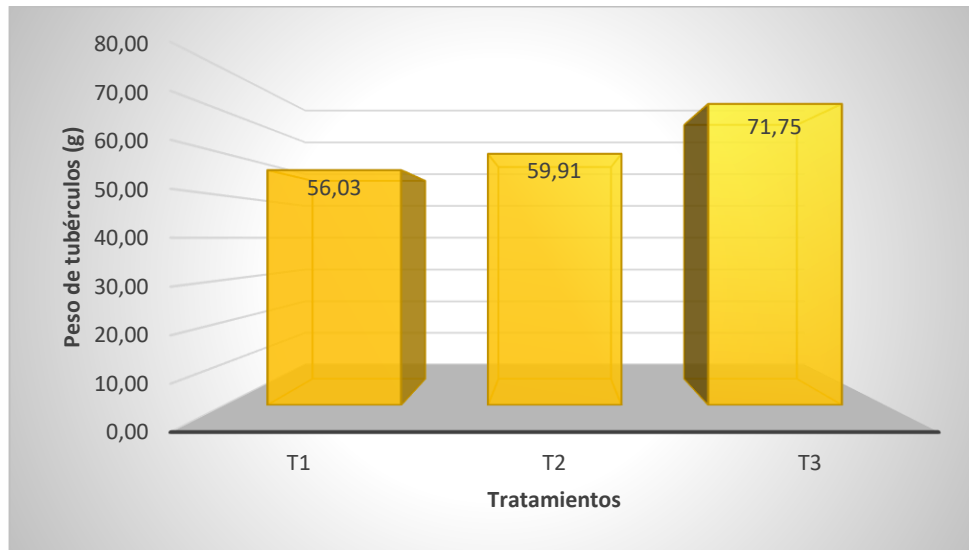


Gráfico 7. Promedio en peso de tubérculos por planta.

La gráfica 7 nos muestra una diferencia no significativa entre los tratamientos 1,2 y 3 cuyos promedios presentados para el peso total de tubérculos por planta fueron 56,03; 59,91; 71,75 de forma respectiva.

Así mismo, Sanabria (2003), señala que el crecimiento del tubérculo se detiene bruscamente por debajo de los 7° C y por encima de los 19 o 25°C.

Además, Alonso (2003), indica que el control del crecimiento y desarrollo del tubérculo depende de la acción de los genes de las células vegetales y es influenciado por diversos factores ambientales, tales como luz, agua, nutrientes, minerales y temperatura. En el presente trabajo el invernadero presento temperaturas de hasta 40° C las altas y 8° C las mínimas el cual pudo influir en el peso de los tubérculos.

5.5 Peso de tubérculos por metro cuadrado

El análisis de varianza efectuado para la variable de respuesta peso de tubérculos por metro cuadrado nos determinó que no existe una diferencia estadística (anexo 11) entre tratamientos por lo que no es necesario realizar la comparación múltiple de medias, así también presenta un C.V. de 9,35 % que nos indica el buen manejo de

las unidades experimentales. Sin embargo, podemos observar una diferencia entre los promedios que se presenta en el gráfico 8.

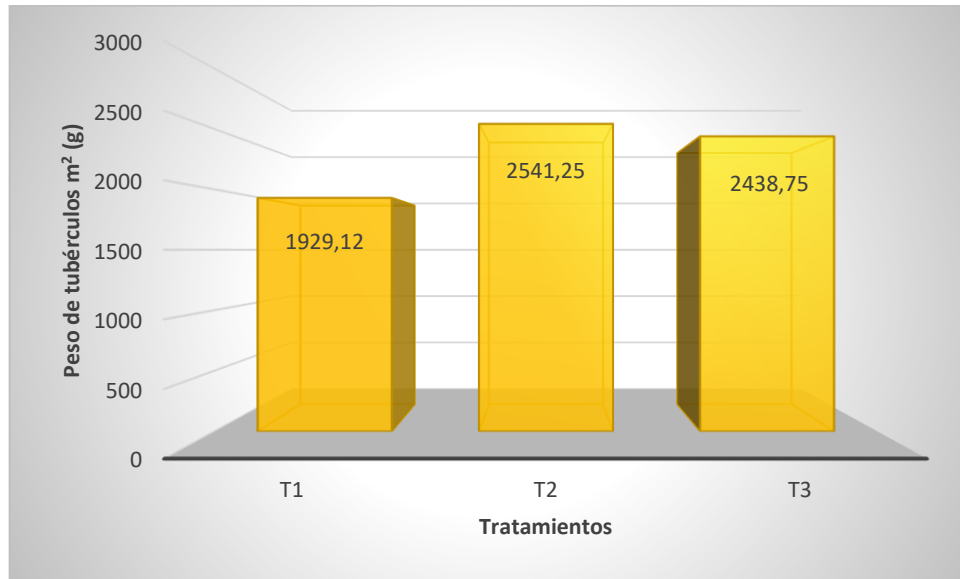


Gráfico 8. Peso promedio de tubérculos por metro cuadrado por tratamiento

La gráfica 8 nos muestra la diferencia entre promedios por observación directa, el tratamiento que obtuvo un mayor promedio fue el T2 seguido por el T3 y T1 cuyos promedios alcanzados en gramos. Para el peso de tubérculos fue de 2541,25; 2438,45 y 1929,12 de forma respectiva de acuerdo con el tratamiento en evaluación.

El T2 con (0.25 kg/cama) presento ser el nivel de fertilización con mayor peso de tubérculos en la producción de semilla pre-básica de papa, para dicho resultado se debe tomar en cuenta los calibres obtenidos, los calibres de semilla pre básica con mayor ventaja son el tipo IV seguido del tipo III porque son del tamaño adecuado y además cuentan con mayor número de tubérculos por kilo, los cuales podrán ser utilizados para la siembra de las siguientes campañas por los semilleros.

Ríos et al. (2010) citado por Pinaya (2013), encontró una correlación muy alta, entre el número y el peso de los tubérculos para cada una de las categorías: primera categoría: > 66 mm segunda categoría entre 40 y 60 mm tercera categorías, entre 20 y 40 mm y cuarta categoría < 20 mm, el peso promedio de un tubérculo para la

primera categoría fue 137.9 g, para la segunda 63,8 g, para la tercera 30.1 g y para la cuarta 10,5 g. En el presente estudio la clasificación que se tomó en cuenta en el calibre de los tubérculos fue: para el calibre I (> 40 mm), el calibre II (30-40 mm), calibre III (20-30 mm), el calibre IV (< 12-20 mm) y para el calibre V (<12mm) el resultado obtenido no ha variado tomando en cuenta la referencia de Ríos (2010), ya que los pesos para el calibre I fue de 120 g, para el calibre II 60 g, para el calibre III fue de 30 g, y para el calibre IV fue de < 10 g.

5.6 Análisis descriptivo para el número de tubérculos por calibre y tratamiento.

Se ha determinado la cantidad de tubérculos al momento de la cosecha de los cuales fueron clasificados en diferentes calibres (tabla 10) siendo los mismos, tipo 1, tipo 2, tipo 3, tipo 4 y tipo 5.

Tabla 10 *Número de tubérculos por calibre y tratamiento*

	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV	TIPO V
T1	0	0	46	173	119
T2	0	3	53	154	92
T3	0	5	58	174	99

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 9 podemos evidenciar que el tipo IV de tubérculo fue el que mayor cantidad obtuvo en relación con los demás tipos de tubérculos, el tratamiento con mayor número de tubérculos en este tipo fue el T3 con 174, sin embargo, el T1 obtuvo 173 tubérculos del tipo IV, en relación con el T2 con 154 tubérculos.

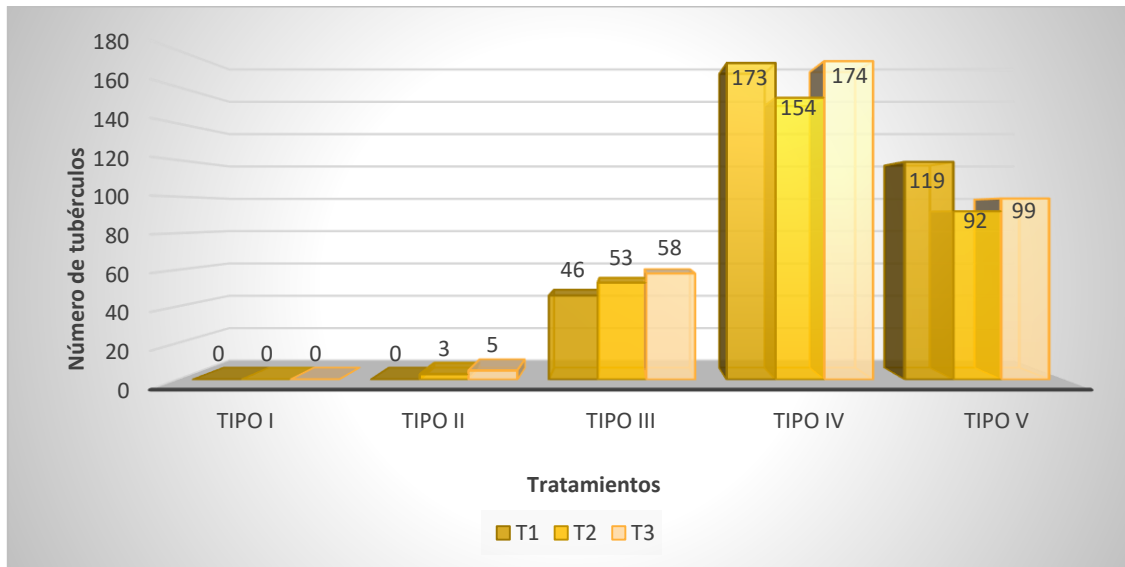


Gráfico 9. Número de tubérculos por calibre y tratamiento

Al respecto Foronda (1999), indica que debido al nitrógeno se genera gran cantidad de masa foliar y con ello grandes superficies de asimilación que a su vez constituye un requisito indispensable para la producción de almidones y en consecuencia desarrollo de los tubérculos.

Al respecto Canahua (1991), respecto a la formación de estolones, es susceptible a la escasez de agua, su déficit ocasiona un número reducido de estolones que posteriormente se traduce en un menor número de tubérculos disminuyendo así el rendimiento.

Hernandez (2001), indica que el incremento de raíces y estolones esta acondicionado por la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes.

6 CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, se concluye que:

- ✓ Las vitroplantas utilizadas del laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía, fueron acondicionadas a ambiente atemperado mostrando las mismas diferentes condiciones tanto fisiológicas como morfológicas descritas por cada una de las variables de respuesta
- ✓ El mayor porcentaje de prendimiento fue del T2 con 76,5% sin embargo, no hubo diferencia entre los tratamientos lo que se enmarca en un alto valor de prendimiento para condiciones atemperadas.
- ✓ En cuanto a la altura de planta de papa variedad Huaycha presentaron diferentes características morfológicas, se obtuvo un mayor promedio en el T3 con 170,79 cm a comparación al T1 con 151,71 cm y T2 con 162,83 cm.
- ✓ Se determinó que no existe diferencia significativa en el número de tubérculos producidos por planta, como efecto de los niveles de fertilización. Por lo tanto, se puede utilizar indistintamente, considerando que los resultados serán similares. El promedio de números de tubérculos del T1, T2 y T3 fue 13,12, 13 tubérculos respectivamente.
- ✓ No existe diferencia significativa en el peso de tubérculos por planta por efecto de los niveles de fertilización. Por lo que se puede utilizar indistintamente cualquiera de los tratamientos, cuyos promedios fueron 56,03; 59,91; 71,75 g respectivamente.
- ✓ Por otro lado, se determinó que no existe diferencia significativa en el peso de tubérculos por m², como efecto de los niveles de fertilización. Por lo cual se puede utilizar indistintamente cualquiera de los tratamientos, considerando que los resultados serán similares. El promedio de tubérculos por m² con mayor promedio fue el T2= 2541,25 g a comparación al T3= 2438,75 g y T1= 1929,12 g.
- ✓ En cuanto al número de tubérculos por calibre y tratamiento, se logró identificar que el T3 con 174 tubérculos, fue quien obtuvo el mejor calibre acorde a lo requerido por el mercado que es el calibre IV, además de tener un mayor número de tubérculos por planta seguido por el T1 con 173 tubérculos y el T2 con 154 tubérculos.

7 RECOMENDACIONES

Con las conclusiones obtenidas se llegan a las siguientes recomendaciones, en base a la experiencia y resultados obtenidos en el trabajo de investigación:

- ✓ Es necesario realizar trabajos similares con otros tipos de papas nativas susceptibles a la erosión genética, para obtener y comparar los rendimientos obtenidos en invernadero como semilla pre básica
- ✓ Es necesario realizar investigaciones para la producción de semilla pre básica en otros períodos de tiempo, sustratos, contenedores, densidades entre otros.
- ✓ Se recomienda calcular y probar dosis de fertilizantes en diferentes variedades de papas nativas.
- ✓ Controlar la luminosidad dentro del ambiente ya que las plantas podrían sufrir de etiolación lo que podría causar una pérdida de energía ya que la planta buscara recursos foto lumínicos para continuar el proceso de fotosíntesis y no así la formación de tubérculos.
- ✓ Se debe consolidar con futuras investigaciones todo el proceso hasta el momento de llegar a una semilla registrada siempre velando obtener los mejores parámetros comerciales.
- ✓ Es recomendable controlar la temperatura máxima que se da entre 11 a 15 horas alrededor de 15°C a 24°C mediante ventilación previa (ventanas y extractores de aire) para asegurar una buena tuberización y por tanto un rendimiento adecuado de semilla de tubérculos.
- ✓ Para la multiplicación de mini tubérculos de semilla pre básica es necesario realizar investigaciones sobre técnicas de hidroponía en condiciones protegidas.

8 BIBLIOGRAFÍA

Agramonte, P. D.; Jimenes, F.; Dita, M. (1998). *Aclimatización, propagación y mejora genética de plantas por Biotecnología*. Instituto de biotecnología de las plantas Ed. GEO. Santa Clara. Cuba.

AGRONEWS. (16 de febrero de 2022). *Centro de innovación e investigación ubicado en Tarata fortalece la producción de papa*. Obtenido de <https://agronews.com.bo/noticias/innovacion-tecnologia/634-centro-de-innovacion-e-investigacion-ubicado-en-tarata-fortalece-la-produccion-de-papa>

A., T., & C., R. (2008). *Producción de semilla de papa en Bolivia a partir de cultivo de tejidos in vitro*. Cochabamba.

ARGENPAPA. (25 de Julio de 2019). *Bolivia: La venta de semilla certificada mueve entre Bs 12 a 16 millones*. Obtenido de <https://www.argenpapa.com.ar/noticia/7651-bolivia-la-venta-de-semilla-certificada-mueve-entre-bs-12-a-16-millones#:~:text=En%20principio%20se%20obtiene%20una,la%20producci%C3%B3n%20de%20la%20papa.>

Avilés Chaves, J. y Piedra Naranjo, R. (2016). *Manual del cultivo de papa en Costa Rica (Solanum tuberosum L.)* (en línea). San José, Costa. Rica, INTA. 94 p. Consultado 28 sept. 2021. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10931.pdf>

Basantes, M.E. (2015). *Manejo de cultivos andinos del Ecuador*. Libro electrónico. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. ISBN: 978-9978-301-33-3.

Bautista Zeas, G; León Escandón, W.; Rojas Orellana, A. (2010). *Evaluación del rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum) variedad chaucha con el manejo fisionutricional (MFN) frente al manejo tradicional en la hacienda "San Patricio" ubicada en la parroquia Tomebamba del cantón Paute provincia*

- del Azuay* (en línea). Tesis de Ing. Agropecuaria Industrial, Quito, Ecuador, Universidad Politécnica Salesiana. 205 p. Consultado 11 nov. 2019. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3877/1/UPS-CT001967.pdf>
- Bertsch, F. (2003). *Absorción de nutrimentos por los cultivos* (pp. 307-307). Asociación costarricense de la ciencia del suelo.
- Bryan, J., Melendes, G. N., & Jackson, M. T. (1981). *Esquejes de brotes una técnica de multiplicación rápida de papa*. Lima, Perú.
- Canahua, A. (1991). *Agroecología de las papas amargas en Puno In: 1 Mesa redonda*. Perú-Bolivia, La Paz, Bolivia.
- Calle, M., Vaca, I., & Maldonado, E. (2013). Producción de semilla pre básica de papa. *Info INIAF*, 01-02.
- Callisaya, M. P. (2021). *Evaluación del rendimiento de 10 variedades de Papa Nativa (Solanum spp.) bajo dos sistemas sustrato hidropónico y convencional para la producción de semilla pre básica*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Cortes, M, R. y 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>.
- Dubois, P., & Ruíz Altisent, M. (1980). *Los plásticos en la agricultura*. España. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa
- CBPSP (2022). Centro Biotecnológico de Producción de Semilla de Papa – Chachacomani. La Paz.
- Chilón, C. E. (1997). *Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas*. La Paz.
- Coro Apugllon, AP. (2015). *Evaluación de 6 tecnologías de fertilización química, en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.)* (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo. 85 p. Consultado 3 feb. 2022 Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4343/1/Evaluacion%20de%206%20Tecnologias.%20docx.pdf>

CORREO DEL SUR. (22 de mayo del 2018). Bolivia tiene 33 variedades de papa, pero baja capacidad de producción. *CORREO DEL SUR*.

EDUCA.COM. (2020). Provincia Murillo (MAPA), disponible en <https://www.educa.com.bo/geografia/provincia-murillo-mapa>

FAO (Organizaciones de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, (2008). Consultado en 13 de marzo del 2022. La eficiencia del uso de agua en cultivo de papa disponible en: <https://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/agua.html>

Foronda, M. H. (1999). *Efecto de la distancia de siembra y niveles de fertilización mineral de pequeños tubérculos semilla en el crecimiento y productividad del cultivo de papa*. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

González Gamboa, JR. (2015). *Evaluación agronómica de papa, variedad superchola (Solanum tuberosum), con el uso de semilla prebásica, bajo dos modalidades de fertilización edáfica, complementada con fertilización foliar Tabacundo Pichincha* (en línea). Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador. 87 p. Consultado 26 sept. 2019. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/4550>

Grosso, C. (2017). *Manejo del riego en cultivos de papa* (en línea, sitio web). Consultado 19 mar. 2021. Disponible en <https://medium.com/@AgroKilimo/manejo-del-riego-en-cultivos-de-papa743409c4377>

Guerrero, R. R. (1998). Manual técnico. *Propiedades generales de los fertilizantes*. Ingeniero Agrónomo, M. Sc., Profesional consejero de Monómeros Colombo Venezolanos S. A. (E.M.A.), Profesor Emérito de la Universidad Nacional

- Colombia. Consultado 8 de febrero 2021 Disponible en;
<http://www.monomeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>
- Hidalgo, O. (1997). *Producción de tubérculos de semilla de papa Manual de Capacitación*. Lima: s.n.
- Hernández, R. (2001). Nutrición mineral. (en línea). Venezuela Disponible en:
www.forest.ula.ve/rubenhg/nutricionmineral
- Huarte, M; Capezio, S. (2019). Cultivo de papa (en línea, sitio web). Consultado 24 de abr. 2022. Disponible en
<https://www.researchgate.net/publication/256195293> Cultivo de papa
- IERNA, A., Pandino, G., Lombardo, S. y Mauromicale, G. (2011). *Rendimiento de tubérculos, productividad de agua y fertilizantes en papa temprana afectados por una combinación de riego y fertilización*. Gestión del agua agrícola.
- IBCE. (15 de mayo de 2017). *Papa en Bolivia*. Obtenido de
https://ibce.org.bo/images/ibcecifras_documentos/CIFRAS-606-Papa-en-Bolivia.pdf
- INE. (3 de agosto de 2021). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de
<https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
- INIAF. (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). (2010). *Dirección Nacional de Semillas Informe anual de resultados*.
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal). (2012). Manual para la producción de semilla de papa. Cartilla informativa.
- Kramm M., Víctor (ed.) (2017). *Manual del cultivo de la Papa en Chile* [en línea]. Chillán, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 375. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6706> (Consultado: 9 junio 2022).
- Lucas, E. (1995). Manipulación de Plantas Madres para Enraizamiento disponible en URL: <http://www.monografias.com/trabajos12/maniplan/maniplan.shtml>

- Mamani, L. F. (2015). *Efecto del silicio en la producción de semilla pre-básica de papa*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Mamani, M. A. (2011). *Producción de semilla pre-básica de papa variedad ágata (Solanum tuberosum L. spp. tuberosum), a partir de vitro plantas bajo seis densidades de plantación en ambiente protegido*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Marino, M. E. (2010). *Efecto de biofertilizantes caseros y elaborados, aplicados al cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.) en la comunidad de Cañacota Cochabamba*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). (2013). *Principales aspectos agroeconómicos de la cadena productiva de la papa*. Primera edición.
- Molina, J; Mairena, B; Aguilar, L. (2004). *Guía en el cultivo de papa. Manejo integral de plagas* (en línea). Consultado 19 mayo 2021. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- Ochoa, C. (1990). *Las papas de Sudamérica Bolivia*. La Paz: Producción plural editores/CID.
- Oltra C.; Garmendia, I.; Llopis A.; Mangas M. (2006). *Óptima fertilización para un alto rendimiento de patata* (en línea). Consultado 11 de diciembre del 2021. Disponible en: http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/2321/1/Poster%20Pamplona2006_I do_Fin.pdf
- Palacios M. A. (2002). *Riego en tiempo real para la producción de semilla pre-básica en el cultivo de papa*. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Pardave, C. (2004). *Cultivo y comercialización del cultivo de papa*. Perú. Palomino. 133 p.
- Paz, Quispe, D. (2006). *Efecto de fertilizantes químicos en la producción de variedades de papa Solanum tuberosum L. ssp andigena a secano en*

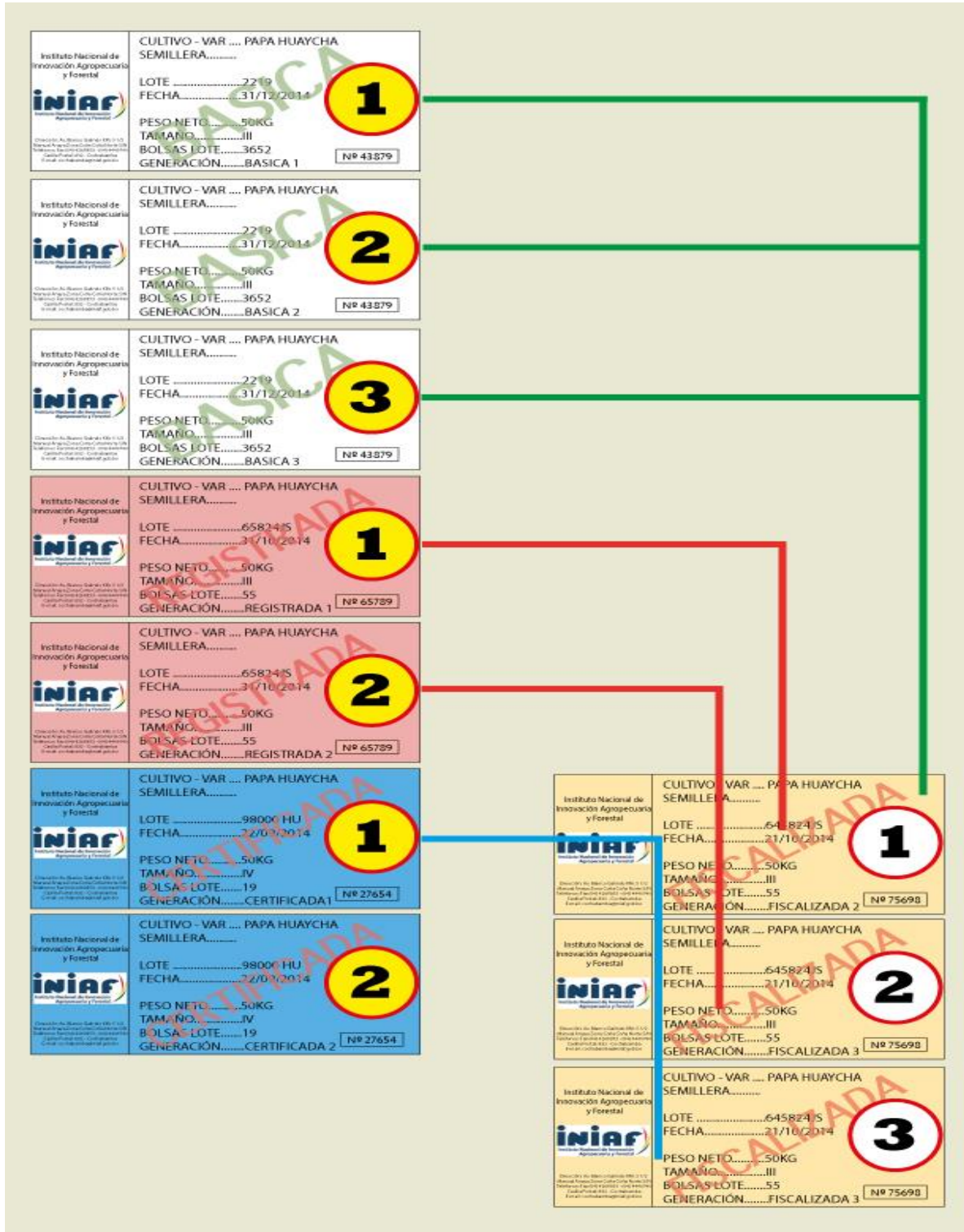
- Kallutaka Provincia los Andes*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Pernia, A. & Gonzales, A. (1989). *Técnicas de producción de semilla básica*. Curso sobre producción de papa. FONAIAP-PRACIPA.
- Pinaya, R. W. (2013). *Producción de semilla pre-básica de tres variedades de papa con la aplicación de dos niveles de fertilización bajo ambiente atemperado en el Centro Experimental Quipaquipani*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Portillo, M. A. (2010). *Manual de agricultura Protegida Los Cinco Pilares*. Proyecto de Desarrollo Productivo; Servicios de Producción y Negocios, FOMILENIO.
- Pumisacho, M; Velásquez, J. (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores (en línea)*. Quito, Ecuador, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP. 103 p. Consultado 16 mar. 2019. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/840/4/iniapscm78.pdf>
- Quispe, C. E. (2009). *Evaluación de Tres Genotipos de Vitroplantas de papa nativa (Solanum tuberosum spp. andigenum L.) bajo tres diferentes sustratos Hidropónicos para la producción de semilla pre-básica en Invernadero*. Tesis de Grado. Universidad Mayor San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Reis Jr, R. A. & Fontes P. C. R. (1996). *Qualidade de tubérculos da batateira em função de doses de adubação potássica*. Horticultura Brasileira.
- Román, M; Hurtado, G. (2002). *Guía Técnica. Cultivo de la papa* (en línea, sitio web). Consultado 28 may. 2022. Disponible en <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Papa.pdf>
- Romero Granizo, DF. (2013). *Comportamiento agronómico, de poscosecha, calidad nutricional y potencial para seguridad alimentaria de 10 cultivares nativos y mejorados de papa (Solanum tuberosum) en Ilapo y Santa Fe de Galán* (en línea). Tesis Ing. Agrónomo, Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. 169 p. Consultado 11 jul. 2019. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2797/1/13T0764%20.pdf>

- SCHWARZ, Z. (28 de enero de 2021). Fertilizantes Agrícolas: Tipos De Fertilizantes, Usos y Beneficios. Obtenido de ZSCHIMMER & SCHWARZ: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/fertilizantes-agricolas-tipos-de-fertilizantes-usos-y-beneficios/>
- SEPA, U. d. (2015). *SEPA, Unidad de Producción de Semilla de Papa*. Obtenido de <http://sepa.com.bo/web/productos-y-servicios/asesoramiento-tecnico>
- Sotomayor, N.S. (2000). *Efecto del carbón activo en el cultivo in vitro de dos variedades de papa (Solanum tuberosum ssp. andígena) y su influencia en invernadero*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba. Bolivia.
- Tavares, S. (2002). El boletín de papa Vol.5, No. 7 disponible en <http://redepapa.org/boletinpapa.html>
- Trigo, T. J. (1994). *Evaluación en invernadero de plántulas de dos variedades de papa, provenientes de diferentes medios de cultivo in vitro*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuaria. Cochabamba. Bolivia.
- Trujillo, A., & Rocabado, C. (2008). *Producción de Semilla de Papa en Bolivia a Partir de Cultivo de Tejidos in vitro*. Cochabamba.
- Trujillo, E. (1984). *Unidad de Producción se Semilla Prebásica de Papa*. Obtenido de Unidad de Producción de Semilla de Papa (SEPA); Cochabamba-Bolivia: http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/727/Gomez_Gallardo_Jose_Isabel.pdf?sequence=1
- Ticona, Q. S. R. (2014). *Producción de semilla pre-básica de papa (Solanum tuberosum L). a partir de esquejes de brote en invernadero*. Tesis de Grado. Universidad Mayor San Andrés. La Paz. Bolivia.
- Valverde, F; Alvarado, S. (2009). *Manejo del suelo y la fertilización en el cultivo de papa: Experiencias del DMSA* (en línea, sitio web). Consultado 16 mar. 2022. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2496/1/iniapsc343m.pdf>

- Villagómez. (2009). Memoria Plan Director Campus Cota Cota. Proyecto institucional elaborado por unidades de la Universidad Mayor de San Andrés gestión 2009.
- Villamil, H. (2005). Memorias “I taller nacional sobre suelos, fisiología y nutrición vegetal en el cultivo de la papa” – artículo “Fisiología de la nutrición de la papa” Bogotá. Colombia.
- Vizcardo, L.A. (2011). *Aplicación de tres planes de fertilización foliar para el rendimiento de tres planes de fertilización foliar para el rendimiento de tres variedades de papa (Solanum tuberosum), variedad Única, Cancha y Perricholi en la localidad de San Pedro – Jauja* (en línea). Tesis Ing. Agrónomo, El Mantero, Perú, Universidad Nacional de Centro de Perú. 103 p. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2077/Vizcarro%20Sierra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- White, P.J., Wheatley, R.E., Hammond, J.P. y Zhang, K. (2007). Minerales, suelos y raíces. En *Potato Biology and Biotechnology* (pp. 739-752). Elsevier Science BV
- YARA. (15 de marzo de 2022). YARA BOLIVIA. Obtenido de <https://www.yara.bo/nutricion-vegetal/papa/resumen-nutricional-de-la-papa/#:~:text=Macronutrientes-,La%20absorci%C3%B3n%20de%20nutrientes%20var%C3%ADa%20con%20la%20fase%20de%20desarrollo,50%25%20m%C3%A1s%20potasio%20que%20nitr%C3%B3geno>
- Zepeda, C., M, A., & Menjivar, L., W, A. (2016). *Evaluación de tres variedades de papa (Solanum tuberosum L.) multiplicadas in vitro en dos volúmenes de sustrato para la producción de mini tubérculos bajo invernadero*. Tesis de grado. Universidad de El Salvador.

9 ANEXOS

Anexo 1. Categoría y generaciones de semilla de papa



Anexo 2. Producción de vitroplantas variedad Huaycha



Anexo 3. Fertilizante TRIPLE 20

**Molinos & Cia**
FERTILIZANTES
PERU

Ficha Técnica
Fertilizantes Compuestos
Mezclas MOLIMAX

Molimax 20-20-20

Composición: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, KCl

Aspecto: Mezcla física de gránulos blancos, marrón claro a oscuro o negro, rojos y cristalinos y/o vidriosos.

Nitrógeno (N): 20 %

Fósforo (P_2O_5): 20 %

Potasio (K_2O): 20 %

Presentación: Bolsas de polietileno de 50 kg.

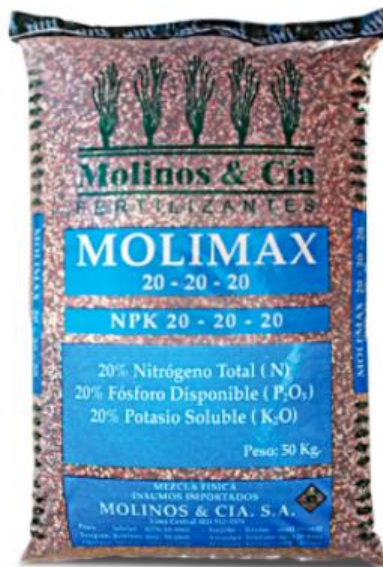
Uso: Fertilizante para aplicación directa al suelo.



ÁREA TÉCNICA www.molinoscia.com

ventasmolinos@molicom.com.pe

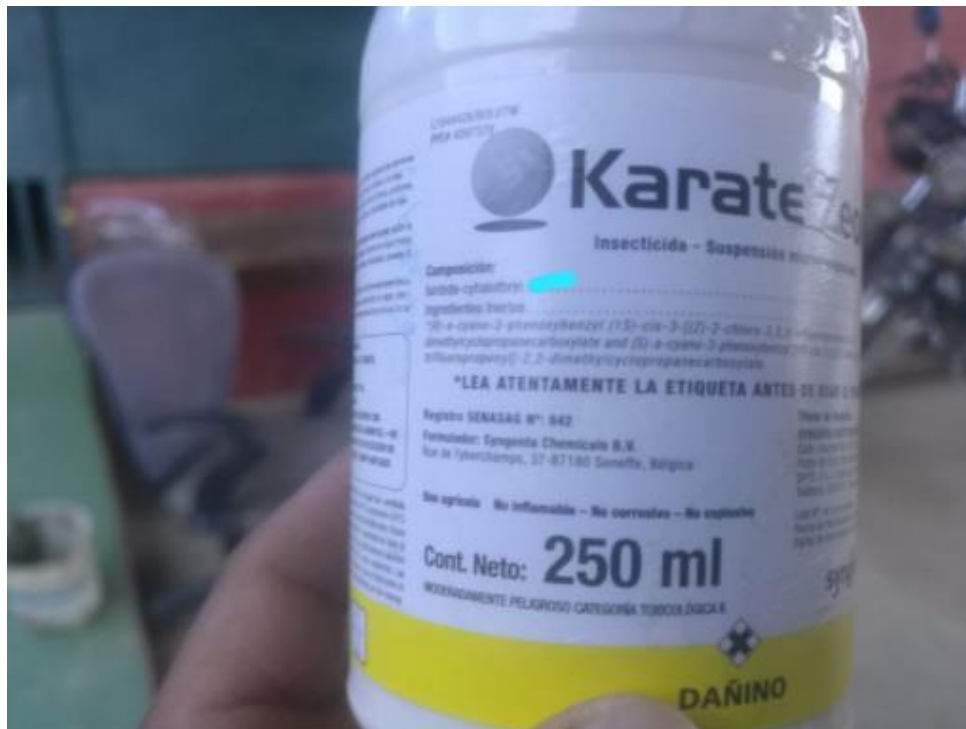
LIMA: Av. Los Ingenuos 154, Urb. Santa Rosa de Jesús, Bar. Lima
Central Telefónica: (01) 512 3370 / Fax: (01) 348 0637 / (01) 348 0618



Anexo 4. Bioestimulante kelpak



Anexo 5. Insecticida karate



Anexo 6. Cura papa (maxim y cruiser)



Anexo 7.

Análisis de Varianza porcentaje de prendimiento

F.V.	G.L.	S.C	C.M	FC	P-VALOR	NS
Nivel de fertilizante	2	0,02	0,01	0,61	0,5654	NS
Error	9	0,17	0,02	0,61		
Total	11	0,2				
C.V. %	8,56					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8.

Análisis de varianza, Altura de planta (cm)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	FC	P-VALOR	N.S.
Nivel de fertilizante	2	735,03	367,52	3,12	0,0932	NS
Error	9	1058,71	117,63	3,12		
Total	11	1793,74				
C.V. %	6,7					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9.

Análisis de varianza Nro. de tubérculos por planta

F.V.	G.L.	S.C	C.M	FC	P-VALOR	NS
Nivel de fertilizante	2	0,05	0,03	0,22	0,805	NS
Error	9	1,11	0,12			
Total	11	1,16				
C.V. %	9,6					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10.

Análisis de varianza peso total de tubérculos por planta (g)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	FC	P-VALOR	NS
Nivel de fertilizante	2	536,34	268,17	0,44	0,65	NS
Error	9	5455,97	606,22			
Total	11	5992,31				
C.V. %	9,35					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11.

Análisis de varianza, peso de tubérculos por metro cuadrado

F.V.	G.L.	S.C	C.M	FC	P-VALOR	N.S.
Nivel de fertilizante	2	859894,54	429947,3	2,25	1,16	NS
Error	9	1721371,69	191263,5			
Total	11	2581266,23				
C.V. %	9,35					

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12.

Datos de temperatura dentro del invernadero de Biotecnología Vegetal

FECHA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA	FECHA	MAXIMA	MINIMA	MEDIA
19/8/2019	40	9	14	18/9/2019	41	10	30
20/8/2019	40	25	27	20/9/2019	43	11	20
21/8/2019	44	9	41	23/9/2019	40	11	23
22/8/2019	43	9	41	26/9/2019	40	8	20
23/8/2019	44	8	39	28/9/2019	43	10	18
24/8/2019	43	8	26	30/9/2019	43	10	34
25/8/2019	44	8	37	2/10/2019	34	9	16
26/8/2019	45	7	33	5/10/2019	30	10	23
27/8/2019	42	7	31	8/10/2019	39	8	20
28/8/2019	43	8	36	12/10/2019	40	8	31
29/8/2019	46	7	39	16/10/2019	38	10	21
30/8/2019	46	9	40	20/10/2019	38	10	23
31/8/2019	43	10	14	23/10/2019	41	9	27
1/9/2019	43	9	37	24/10/2019	41	9	22
2/9/2019	46	9	36	29/10/2019	40	11	28
3/9/2019	39	9	26	1/11/2019	40	10	24
4/9/2019	39	10	18	8/11/2019	39	10	33
5/9/2019	40	9	14	12/11/2019	33	10	25
6/9/2019	39	9	26	16/11/2019	35	10	23
9/9/2019	42	9	39	22/11/2019	38	10	26
11/9/2019	42	10	14	26/11/2019	36	10	29
12/9/2019	21	8	11	30/11/2019	38	12	24
13/9/2019	35	7	15	21/12/2019	37	11	30
14/9/2019	35	8	16	7/1/2020	36	13	25
16/9/2019	38	9	25				

Anexo 13.

Análisis físico químico de suelos

	UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE AGRONOMIA CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA LABORATORIO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA EN SUELOS Y AGUAS (LAFASA)			
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS				
INTERESADO: Gonzalo Richard Saravia Sirpa		SOLICITUD: LAF 468		
PROCEDENCIA: Departamento La Paz		FECHA DE ENTREGA: 23/12/2019		
pPARAMETRO		UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO
TEXTURA	Arena	%	66	Bouyoucos
	Limo	%	11	
	Arcilla	%	23	
	Clase Textural		Franco Arcillo Arenoso	
Densidad Aparente		g/cm ³	0.945	Probeta
pH en H ₂ O relación 1:5		-	5.05	Potenciometría
Acidez Intercambiable		meq/100g S.	2.44	Volumetría
Potasio intercambiable		meq/100g S.	0.12	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión atómica)
Materia orgánica		%	4.08	Walkley y Black
Capacidad de Intercambio Catiónico		meq/100g S.	10.74	Acetato de amonio 1N (Espectrofotómetro de emisión y absorción atómica) Volumetría
Nitrógeno total		%	0.43	Kjendahl
Fosforo disponible		ppm	3.25	Espectrofotometría UV-Visible



Ph.D. Roberto Miranda Casas
LABORATORIO DE SUELOS

Av. Landaeta esq. Héroes del Acre N.º 1850 Facultad de Agronomía
Telf. IIAREN 2484647-74016356-73075326

Anexo 14.

Memoria de datos obtenidos en el invernadero de Biotecnología vegetal

TRATAMIENTO	REPETICION	%PRENDIMIENTO
T1	I	84
T1	II	74
T1	II	76
T1	IV	66
T2	I	80
T2	II	84
T2	II	72
T2	IV	70
T3	I	48
T3	II	76
T3	II	88
T3	IV	54

Datos de porcentaje de prendimiento

TRATAMIENTO	REPETICION	ALTURA (cm)
T1	I	158,5
T1	II	159,66
T1	III	155,66
T1	IV	133
T2	I	167,33
T2	II	165,16
T2	III	157,33
T2	IV	161,5
T3	I	180,83
T3	II	178,33
T3	III	151,66
T3	IV	172,33

Datos de altura de planta

TRATAMIENTO	REPETICION	NÚMERO DE TUBERCULOS POR PLANTA
T1	I	16,83
T1	II	11,33
T1	III	12,17
T1	IV	15,50
T2	I	12,00
T2	II	14,00
T2	III	11,33
T2	IV	11,33
T3	I	13,83
T3	II	10,67
T3	III	13,17
T3	IV	17,00

Datos de números de tubérculos producidos por planta

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO (g)
T1	I	63,26
T1	II	41,78
T1	III	49,38
T1	IV	69,7
T2	I	59,22
T2	II	50,08
T2	III	86,85
T2	IV	43,48
T3	I	72,28
T3	II	42,93
T3	III	49,51
T3	IV	122,26

Datos de peso total de tubérculos por planta

TRATAMIENTO	REPETICION	PESO TOTAL (g)
T1	I	1151,5
T1	II	2010
T1	III	2370
T1	IV	2185
T2	I	2525
T2	II	2365
T2	III	3030
T2	IV	2245
T3	I	1860
T3	II	2460
T3	III	2745
T3	IV	2690

Datos de peso de tubérculos por m² en gramos

T2	TIPO I	0,00	T1	TIPO I	0,00	T3	TIPO I	0,00	T1	TIPO I	0,00
	TIPO II	0,00		TIPO II	0,00		TIPO II	0,00		TIPO II	0,00
	TIPO III	2,67		TIPO III	2,33		TIPO III	3,00		TIPO III	1,50
	TIPO IV	5,67		TIPO IV	8,83		TIPO IV	6,33		TIPO IV	5,50
	TIPO V	4,33		TIPO V	5,67		TIPO V	4,83		TIPO V	4,50
T1	TIPO I	0,00	T3	TIPO I	0,00	T2	TIPO I	0,00	T3	TIPO I	0,00
	TIPO II	0,00		TIPO II	0,00		TIPO II	0,00		TIPO II	0,33
	TIPO III	1,50		TIPO III	1,33		TIPO III	1,67		TIPO III	0,83
	TIPO IV	5,83		TIPO IV	5,83		TIPO IV	8,17		TIPO IV	7,67
	TIPO V	5,00		TIPO V	3,50		TIPO V	4,50		TIPO V	5,17
T2	TIPO I	0,00	T2	TIPO I	0,00	T3	TIPO I	0,00	T1	TIPO I	0,00
	TIPO II	0,50		TIPO II	0,00		TIPO II	0,50		TIPO II	0,00
	TIPO III	2,83		TIPO III	1,67		TIPO III	4,50		TIPO III	2,33
	TIPO IV	6,00		TIPO IV	5,83		TIPO IV	9,17		TIPO IV	8,67
	TIPO V	2,67		TIPO V	3,83		TIPO V	3,00		TIPO V	4,67

Datos de número de tubérculos por calibre y tratamiento