



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**COMPARATIVO DE OCHO CLONES DE PAPA (*Solanum  
tuberosum* L.) TETRAPLOIDES BIOFORTIFICADOS CON ALTO  
CONTENIDO DE ZINC, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL  
CAMACANI-PUNO, CAMPAÑA 2020-2021**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. MARILYA URIANA MESTAS HANCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO - PERÚ**

**2023**



NOMBRE DEL TRABAJO

AUTOR

**COMPARATIVO DE OCHO CLONES DE PAPA MARILYA URIANA MESTAS HANCCO  
(Solanum tuberosum L.) TETRAPLOIDES  
BIOFORTIFICADOS CON ALTO CONTENIDO  
DE ZINC, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL  
CAMACANI-PUNO, CAMPAÑA 2020-2021**

RECuento DE PALABRAS

**24068 Words**

RECuento DE CARACTERES

**127421 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**126 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jul 24, 2023 8:02 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jul 24, 2023 8:04 AM GMT-5**

● **17% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



ING. M. Sc. L. AMELGAR GUERRERO MACEDA  
REG. CIP. 22203



DR. ISRAEL LINA MEDINA

Resumen



## DEDICATORIA

*A Dios, por haberme dado la vida,  
buena salud y demostrarme que  
me acompaña todos los días de  
mi existencia.*

*A mi madre Carina y abuela Florencia,  
que con su amor y apoyo incondicional  
puedo lograr todos mis objetivos.*

***Marilya Mestas***



## AGRADECIMIENTOS

*Mi agradecimiento a mi asesor de tesis Dr. Israel Lima Medina por su tiempo, paciencia y asesoramiento durante el desarrollo de la tesis.*

*También nombrar a la Ing. M. Sc. Elisa Salas Murrugarra y sus colaboradores, del Centro Internacional de la Papa (CIP), por haberme dado la oportunidad de ser tesista del presente proyecto.*

*Un reconocimiento para la Universidad Nacional del Altiplano y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, docentes que con sus conocimientos y paciencia contribuyen a formar grandes profesionales.*

*Y también a todas las personas que se vieron involucrados en el desarrollo de este trabajo de titulación.*

***Marilya Mestas***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 16**

**ABSTRACT..... 17**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 19**

1.1.1. Problema general ..... 20

1.1.2. Problemas específicos..... 20

**1.2. HIPÓTESIS ..... 20**

1.2.1. Hipótesis alterna ..... 20

1.2.2. Hipótesis nula ..... 20

**1.3. JUSTIFICACIÓN ..... 21**

**1.4. OBJETIVOS ..... 22**

1.4.1. Objetivo general ..... 22

1.4.2. Objetivos específicos ..... 22

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN ..... 23**

2.1.1. Internacionales..... 23



2.1.2. Nacionales .....	24
2.1.3. Regionales .....	26
<b>2.2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>29</b>
2.2.1. La Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).....	29
2.2.1.1. Ubicación taxonómica .....	30
2.2.1.2. Producción y productividad a nivel mundial, nacional y regional	31
2.2.1.3. Variedades .....	35
2.2.1.4. Morfología botánica.....	35
2.2.1.5. Fases fenológicas .....	38
2.2.1.6. Requerimiento climático del cultivo de papa .....	39
2.2.1.7. Requerimiento edáfico del cultivo de papa .....	39
2.2.1.8. Manejo agronómico .....	39
2.2.2. Biofortificación.....	41
2.2.3. Biofortificación en el cultivo de papa.....	42
2.2.4. Método de mejoramiento genético de la papa.....	42
2.2.5. Zinc.....	46
<b>2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....</b>	<b>46</b>
2.3.1. Papa .....	46
2.3.2. Variedad.....	47
2.3.3. Híbrido.....	47
2.3.4. Clon .....	47
2.3.5. Rendimiento .....	48
2.3.6. Tetraploide.....	48
2.3.7. Biofortificación.....	48
2.3.8. Zinc.....	48



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO .....</b>	<b>49</b>
3.1.1. Límites .....	50
3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad.....	50
<b>3.2. PROCEDENCIA DEL MATERIAL GENETICO .....</b>	<b>50</b>
<b>3.3. DATOS CLIMÁTICOS .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO.....</b>	<b>54</b>
<b>3.5. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN CAMPO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.6. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>56</b>
<b>3.7. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>3.8. PROCEDIMIENTO DE CONDUCCIÓN EXPERIMENTAL.....</b>	<b>58</b>
<b>3.9. MEDICION DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.....</b>	<b>65</b>
3.9.1. Determinar el contenido de Zinc de ocho clones de papa tetraploides biofortificados y dos variedades testigo. ....	65
3.9.2. Evaluar el comportamiento agromorfológico y rendimiento de ocho clones de papa tetraploides biofortificados y dos variedades testigo. ....	65
3.9.3. Identificar el mejor comportamiento de los clones de papa tetraploides biofortificados en las condiciones climáticas del altiplano de Puno. ....	67

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. DETERMINAR LOS CLONES DE PAPA TETRAPLOIDES CON ALTO CONTENIDO DE ZINC.....</b>	<b>72</b>
--	-----------



<b>4.2. EVALUAR EL COMPORTAMIENTO AGROMORFOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE LOS OCHO CLONES DE PAPA TETRAPLOIDES BIOFORTIFICADOS Y DOS VARIEDADES TESTIGOS. ....</b>	<b>74</b>
4.2.1. Número de plantas cosechadas “NPC” .....	74
4.2.2. Número de tallos por planta “NTP” .....	75
4.2.3. Altura total de la planta “ATP” .....	77
4.2.4. Número de tubérculos comerciales por parcela “NTP”.....	78
4.2.5. Número de tubérculos no comerciales por parcela “NTNCP” .....	80
4.2.6. Peso de tubérculos comerciales por parcela “PTPP”.....	81
4.2.7. Peso de tubérculos no comerciales por parcela “PTNPP”.....	83
4.2.8. Número total de tubérculos por parcela “NTTP” .....	84
4.2.9. Peso total de tubérculos por parcela “PTTP” .....	86
4.2.10. Determinación del rendimiento del cultivo de papa.....	87
<b>4.3. IDENTIFICAR LOS CLONES DE PAPA TETRAPLOIDES BIOFORTIFICADOS CON MEJOR COMPORTAMIENTO EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ALTIPLANO DE PUNO. ....</b>	<b>89</b>
4.3.1. Número de plantas emergidas por parcela experimental “NPE”.....	89
4.3.2. Habito de crecimiento de la planta “PGH” .....	90
4.3.3. Uniformidad de la planta “UP” .....	91
4.3.4. Vigor de la planta “VP” .....	92
4.3.5. Largo de estolones “LE” .....	94
4.3.6. Apariencia del tubérculo “AT” .....	95
4.3.7. Uniformidad del tubérculo “UT” .....	96
4.3.8. Tamaño del tubérculo “TT” .....	97
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>100</b>





<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>101</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>112</b>

**Área:** Ciencias agrícolas

**Línea:** Manejo Agronómico de Cultivos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 26 de julio del 2023



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Ranking de países de América según nivel de rendimiento de papa. ....	31
<b>Tabla 2.</b> Nivel de producción y rendimiento de papa a nivel nacional. ....	32
<b>Tabla 3.</b> Superficie cosechada, producción, y rendimiento de la papa en Puno .....	33
<b>Tabla 4.</b> Producción de papa en la región de Puno .....	34
<b>Tabla 5.</b> Vías de comunicación y accesibilidad al área en estudio .....	50
<b>Tabla 6.</b> Lista de material genético en estudio. ....	51
<b>Tabla 7.</b> Datos climáticos de la campaña agrícola 2020 – 2021 del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno .....	52
<b>Tabla 8.</b> Datos climáticos de las últimas campañas agrícolas del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno. ....	53
<b>Tabla 9.</b> Análisis físico – químico del suelo experimental. ....	54
<b>Tabla 10.</b> Análisis químico del estiércol de ovino utilizado en el trabajo de investigación. ....	55
<b>Tabla 11.</b> Cantidad de fertilizantes y estiércol de ovino aplicado en el experimento. .	62
<b>Tabla 12.</b> Escala de Hábito de Crecimiento de la planta “PGH” .....	67
<b>Tabla 13.</b> Escala de uniformidad de la planta “UP” .....	68
<b>Tabla 14.</b> Escala de vigor de planta “VP” .....	68
<b>Tabla 15.</b> Escala de grado de floración “GF” .....	69
<b>Tabla 16.</b> Escala de largo de estolones “LE” .....	70



<b>Tabla 17.</b> Escala de apariencia del tubérculo “AT” .....	70
<b>Tabla 18.</b> Escala de uniformidad de tubérculo “UT” .....	71
<b>Tabla 19.</b> Escala de tamaño del tubérculo “TT” .....	71
<b>Tabla 20.</b> ANVA para el contenido de zinc en base seca (mg/kg) en tubérculos de papa. .....	72
<b>Tabla 21.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el contenido de zinc en tubérculos de papa. .....	72
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza para el número de plantas cosechadas/parcela .....	74
<b>Tabla 23.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de plantas cosechadas/parcela..	74
<b>Tabla 24.</b> Análisis de varianza para el numero de tallos/planta.....	75
<b>Tabla 25.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de tallos/planta .....	76
<b>Tabla 26.</b> Análisis de varianza para la altura de la planta.....	77
<b>Tabla 27.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de la planta .....	77
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza para el número de tubérculos comerciales/parcela.....	78
<b>Tabla 29.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de tubérculos comerciales /parcela .....	79
<b>Tabla 30.</b> Análisis de varianza para el número de tubérculos no comerciales/ parcela .....	80
<b>Tabla 31.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de tubérculos no comerciales/parcela.....	80
<b>Tabla 32.</b> Análisis de varianza para el peso de tubérculos comerciales/parcela.....	81
<b>Tabla 33.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso de tubérculos comerciales/parcela	82



<b>Tabla 34.</b> Análisis de varianza para el peso de tubérculos no comerciales/parcela.....	83
<b>Tabla 35.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso de tubérculos no comerciales/parcela .....	83
<b>Tabla 36.</b> Análisis de varianza para el número total de tubérculos/parcela.....	84
<b>Tabla 37.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número total de tubérculos/parcela .....	85
<b>Tabla 38.</b> Análisis de varianza para el peso total de tubérculos/parcela.....	86
<b>Tabla 39.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso total de tubérculos/parcela .....	86
<b>Tabla 40.</b> Análisis de varianza para el rendimiento de tubérculo de papa/parcela .....	87
<b>Tabla 41.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el rendimiento de tubérculo de papa/parcela .....	88
<b>Tabla 42.</b> Análisis de varianza para el número de plantas emergidas/parcela.....	89
<b>Tabla 43.</b> Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de plantas emergidas/parcela ...	89
<b>Tabla 44.</b> Habito de crecimiento de la planta.....	90
<b>Tabla 45.</b> Uniformidad de la planta .....	91
<b>Tabla 46.</b> Vigor de la planta.....	92
<b>Tabla 47.</b> Grado de floración de la planta.....	93
<b>Tabla 48.</b> Largo de estolones de la planta.....	94
<b>Tabla 49.</b> Apariencia del tubérculo .....	95
<b>Tabla 50.</b> Uniformidad del tubérculo.....	96
<b>Tabla 51.</b> Tamaño del tubérculo .....	97



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Planta “ <i>Solanum tuberosum</i> ” .....	30
<b>Figura 2.</b> Partes del tubérculo de papa .....	36
<b>Figura 3.</b> Mapa de ubicación de la zona en estudio .....	49
<b>Figura 4.</b> Datos climáticos en la campaña agrícola 2020 – 2021 del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno.....	52
<b>Figura 5.</b> Comparativo de datos climáticos en la campaña agrícola 2016 – 2021 del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno.....	53
<b>Figura 6.</b> Marcado con yeso de las parcelas experimentales .....	58
<b>Figura 7.</b> Método zig-zag para muestreo de suelos.....	59
<b>Figura 8.</b> Plantación de tubérculo semilla de clones de papa y variedades testigo en las parcelas experimentales .....	60
<b>Figura 9.</b> Deshierbo manual de malezas .....	61
<b>Figura 10.</b> Aporque del cultivo .....	62
<b>Figura 11.</b> Cosecha manual del cultivo.....	64
<b>Figura 12.</b> Selección y clasificación de tubérculos .....	64
<b>Figura 13.</b> Clones con mejor comportamiento a las condiciones climáticas de Puno.	98



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>CIP</b>	: Centro Internacional de la Papa
<b>Zn</b>	: Zinc
<b>BS</b>	: Base Seca
<b>HR</b>	: Humedad Relativa
<b>NPC</b>	: Número de plantas cosechadas
<b>NTP</b>	: Número de tallos por planta
<b>ATP</b>	: Altura total de la planta
<b>NTCP</b>	: Número de tubérculos comerciales por parcela
<b>NTNCP</b>	: Número de tubérculos no comerciales por parcela
<b>PTPP</b>	: Peso de tubérculos comerciales por parcela
<b>PTNPP</b>	: Peso de tubérculos no comerciales por parcela
<b>NTTP</b>	: Número total de tubérculos por parcela
<b>PTTP</b>	: Peso total de tubérculos por parcela
<b>UP</b>	: Uniformidad de la planta
<b>VP</b>	: Vigor de la planta
<b>GF</b>	: Grado de floración
<b>LE</b>	: Largo de estolones
<b>AT</b>	: Apariencia del tubérculo
<b>UT</b>	: Uniformidad del tubérculo



**TT** : Tamaño del tubérculo



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el Centro Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno ubicado a 3877 msnm, en el distrito de Platería, provincia y región de Puno, debido a que existe una deficiencia de micronutrientes como el zinc en madres gestantes, bebés y niños en las zonas rurales altoandinas; ocasionando retraso del crecimiento, enfermedades diarreicas y sistema inmunitario débil; ante ello la investigación tuvo como objetivos; determinar los clones de papa tetraploides biofortificados con mayor contenido de Zinc; también se evaluó el comportamiento agromorfológico y rendimiento de los clones de papa; para finalmente identificar el clon con mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno. Los resultados muestran que el clon BIOT-721.245 sobresalió en el contenido de Zinc con una media de 16.46 mg/kg con respecto a los demás clones de papa; mientras que la variedad testigo Serranita, también presentó alto contenido de Zinc con una media de 16.66mg/kg; además la variedad Yungay y el clon BIOT-725.047 presentaron un buen comportamiento agromorfológico; con un rendimiento de 38.43 y 26.27 tn/ha respectivamente; finalmente los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024 presentaron mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno.

**Palabras clave:** Clon, biofortificado, zinc, variedades, rendimiento.





## ABSTRACT

This research work was carried out at the Camacani Experimental Center of the National University of the Altiplano - Puno located at 3877 meters above sea level, in the district of Platería, province and region of Puno, because there is a deficiency of micronutrients such as zinc in pregnant mothers, babies and children in the high Andean rural areas, causing growth retardation, diarrheal diseases and weak immune system; therefore, the research had as objectives; determine the biofortified tetraploid potato clones with the highest zinc content; the agromorphological behavior and yield of the potato clones were also evaluated; to finally identify the clone with the best behavior under the climatic conditions of the Puno altiplano. The results show that the clone BIOT-721.245 stood out in the Zinc content with an average of 16.46 mg/kg with respect to the other potato clones; while the control variety Serranita, also presented high Zinc content with an average of 16.66 mg/kg. 66 mg/kg; in addition, the Yungay variety and the clone BIOT-725.047 showed a good agromorphological performance; with a yield of 38.43 and 26.27 tn/ha respectively; finally, the clones BIOT-725.047 and BIOT-725.024 showed better behavior to the climatic conditions of the Puno altiplano.

**Keywords:** Clone, biofortified, zinc, varieties, yield.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La papa, es el quinto alimento más popular del mundo; posterior al arroz, la caña de azúcar, el grano de maíz, y el trigo; además de carbohidratos (almidón y azúcares), este tubérculo ofrece al ser humano otros nutrientes cruciales para la salud (Oxa, 2022); también, es una fuente fundamental de antioxidantes que logran ayudar a prevenir enfermedades asociadas con la edad y degenerativas, así como los minerales Fe, K, Mg, Zn, y Mn (Gutierrez, 2018).

En las zonas rurales altoandinas, donde las mujeres fértiles y niños consumen entre 200 y 600 g de papa al día, estos tubérculos pueden utilizarse como alimento básico aumentando su contenido de zinc, se espera contribuir a fortalecer el sistema inmune de niños y mujeres embarazadas (CIP, 2019).

Las encuestas más recientes exhiben que la desnutrición en niños es más prevalente en zonas rurales que urbanas (Hualla, 2017); de tal modo que, la carencia de nutrientes en los niños se debe a los alimentos que consumen, compuestos principalmente por arroz, maíz, trigo y papa, lo que les dificulta satisfacer sus necesidades de micronutrientes principalmente de zinc (Collanqui, 2019).

Debido que el acceso a los alimentos cárnicos es limitado en dichas zonas y que las políticas convencionales para contrarrestar la malnutrición no son eficaces, la biofortificación de los cultivos agrícolas como la papa es una opción para combatir el perjuicio de la desnutrición (Collanqui, 2019).



## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal problema es la carencia de Zinc en la dieta alimenticia a nivel mundial, especialmente para mujeres, bebés y niños (Nestel *et al.*, 2006) afectando al sistema inmunológico humano ocasionando retraso del crecimiento, diarrea, neumonía, infecciones recurrentes y la mortalidad infantil (Kromann *et al.*, 2017)

En el Perú, se reportó una prevalencia nacional de 12.2% de desnutrición en niños entre 1 a 5 años en el 2018 (INEI, 2019). Por lo tanto, se tiene a la papa que es considerada un alimento crucial cultivado y pilar en la nutrición de todo el mundo; el valor nutricional de los tubérculos consumidos contribuye significativamente a la nutrición humana y amerita una inversión significativa en investigación para su mejora; de tal manera nace la biofortificación genética, que selecciona variedades de cultivos que puedan adquirir nutrientes y acumularlos en sus partes comestibles, para aumentar su valor nutricional (Kromann *et al.*, 2017).

En la actualidad se efectúa trabajos de investigación para la mejora genética promoviendo diferentes variedades de papa; en la región Puno se cultivan grandes extensiones de papa, sin embargo, no existe investigación alguna sobre el contenido de zinc en clones de papa respecto a las condiciones climáticas del altiplano de Puno, por lo cual, en el presente estudio se evaluó ocho clones biofortificados tetraploides y dos variedades testigo “Yungay y Serranita”, con la finalidad de obtener clones con alto contenido de zinc y presenten mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno para obtener mayor rendimiento.



### **1.1.1. Problema general**

¿Existe variación sobre el contenido de zinc en los ocho clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) tetraploides biofortificados en relación a las dos variedades testigo en condiciones del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno durante la campaña agrícola 2020 – 2021?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuáles serán los clones de papa tetraploides biofortificados con mayor contenido de zinc?
- ¿Cómo será el comportamiento agromorfológico y rendimiento de los ocho clones de papa tetraploides biofortificados y dos variedades testigo?
- ¿Cuál de los ocho clones de papa tetraploides biofortificados presenta un mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno?

## **1.2. HIPÓTESIS**

### **1.2.1. Hipótesis alterna**

Se encontrará diferencias significativas del contenido de zinc en los ocho clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) tetraploides biofortificados respecto a las dos variedades testigo en condiciones del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno, durante la campaña Agrícola 2020- 2021.

### **1.2.2. Hipótesis nula**

No se encontrará diferencias significativas del contenido de zinc en los ocho clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) tetraploides biofortificados respecto a las



dos variedades testigo en condiciones del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno, durante la campaña Agrícola 2020- 2021.

### 1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio surge a razón de la prevalencia de desnutrición en el altiplano de Puno, por la falta de Zinc; el cual en este último año se incrementó en un 0.6%; lo cual está ocasionando múltiples problemas de salubridad en las personas.

El zinc es un mineral fundamental para el desarrollo, la salud neurológica, el sistema inmunitario y la reproducción. También es importante por su papel catalizador, ya que, además de participar en el metabolismo de otros nutrientes, sintetiza y destruye lípidos, proteínas, ácidos nucleicos, además, es esencial para el desempeño biológico de más de 300 enzimas (CIP, 2019).

Ante ello la papa tiene un papel clave en los sistemas alimentarios, por lo tanto, las dietas humanas modernas están típicamente dominadas por alimentos densos en energía, pero que carecen de zinc suficiente para una nutrición adecuada de las personas, por lo cual en la actualidad los investigadores se enfocan en formular estrategias de mejoramiento genético de cultivos y aumentar la biodisponibilidad de elementos minerales en la porción comestible de las plantas de cultivo (Van Der Straeten, 2020).

La biofortificación de los alimentos básicos es una ruta prometedora, viable y eficaz para entregar alimentos ricos en nutrientes para competir con el hambre oculta, particularmente en la población rural (Shariatipour & Heidari, 2020); por ello es necesario contar con papas biofortificadas que tengan elevadas cantidades de zinc, lo cual incrementa el valor nutritivo de la papa, para contribuir en el descenso de la desnutrición especialmente en bebés, niños y mujeres a nivel mundial;



consecuentemente mejorará la calidad en el vivir de la población, abrirá nuevas alternativas para mejorar los sistemas alimentarios y podrán ser de gran valor económico.

El presente trabajo de investigación busca seleccionar clones de papa biofortificados tetraploides con elevado contenido de zinc, mayor rendimiento y mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar el contenido de zinc en ocho clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) tetraploides biofortificados en condiciones del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno, durante la campaña agrícola 2020- 2021.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los clones de papa tetraploides biofortificados con mayor contenido de zinc.
- Evaluar el comportamiento agromorfológico y rendimiento de los ocho clones de papa tetraploides biofortificados y dos variedades testigo.
- Identificar los clones de papa tetraploides biofortificados con mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Internacionales

Rivadeneira *et al.*, (2016), en su trabajo de investigación tuvieron como objetivo realizar estudios en cuatro localidades de la sierra de Ecuador para evaluar el impacto de la interacción genotipo-ambiente (IGA) en el contenido de Zinc (Zn) en la papa. La heredabilidad en sentido amplio ( $H^2$ ) se determinó tras evaluar el rendimiento y los niveles de Zn. En consecuencia, los parámetros investigados influyeron considerablemente en los distintos contenidos. Para zinc y rendimiento, los valores de  $H^2$  fueron de 0,20 y 0,80, respectivamente; reveló genotipos con elevados contenidos de zinc (superiores a 18 g. g-1), entre ellos los clones 07-32-1, 07-40-1 y 07-46-8, así como la variedad Victoria. Finalmente, reveló que el genotipo, el ambiente y su combinación tuvieron un impacto considerable sobre las concentraciones de Zn; sin embargo, el medio ambiente, influyó principalmente con el fertilizante, la humedad del suelo y el pH.

Pantoja (2015), determinó el contenido nutricional de seis cultivos nativos y seis papas (*Solanum tuberosum* L.) mejorados, en total se emplearon 12 variedades diferentes, seis de las cuales eran prometedoras variedades autóctonas de diversas comunidades de las regiones de investigación que se eligieron por tener concentraciones aceptables de zinc; las otras seis eran variedades mejoradas, siendo la variedad Superchola con mayor nivel de zinc, con una media de 12,13 ppm.



Gabriel *et al.*, (2014), evaluaron los niveles de zinc en los tubérculos de papa, sus resultados muestran que a variedad Chota awi presenta concentraciones significativas zinc con 6,20 mgkg<sup>-1</sup>, en los tipos Tempranera 00-218 y 00-330-14 obtuvo 3,90 y 4,10 mgkg<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 2.1.2. Nacionales

Oxa (2022), realizó el trabajo de investigación con el objetivo de elegir ocho clones de papa para apoyar la liberación de una variedad en la sierra sur del Perú. Para ello se emplearon 34 genotipos en total; 30 de ellos eran clones prometedores del Programa del CIP, mientras que los otros cuatro eran variedades de control. Los mejores clones fueron: BIOT-609.247, BIOT-767.014, BIOT-721.245, BIOT-637.001, BIOT-871.043, BIOT-725.024, BIOT621.097 y BIOT-721.036. Estos clones presentaron concentraciones zinc entre 13,66 y 11,28 mg/kg, en contraste con las variedades testigo Ccompis, Canchan, Serranita, y Yungay, que lograron 10,15, 8,93, 7,61 y 7,59 mg/kg. Los ocho mejores clones tuvieron rendimientos que variaron entre 46,43 y 35,02 tn/ha; por otro lado, la utilización en este estudio de la selección varietal participativa revela una correlación entre las opiniones de los agricultores respecto a la elección de otras variedades en distintas fases de análisis (floración, cosecha y poscosecha), con  $r=0,48$ ,  $r=0,82$  y  $r=0,57$ , y semejanzas en los puntos de vista en base a las funciones desempeñadas por cada uno.

Leiva (2021), en su estudio tuvo como objetivo mejorar la seguridad alimenticia en la región de Cajamarca, para ello comparó 30 clones biofortificados con elevada concentración de zinc frente a cuatro variedades nativas (Canchan, Yungay, Serranita y Ccompis) como controles; los resultados indicaron una diferencia sustancial entre tratamientos y variedades de papa; el máximo valor





observado fue de 16.71 mg/kg DW de zinc correspondiente al clon BIOT-751.021 y el mínimo valor fue de 9.44 mg/kg DW de zinc, además, resalta que la variedad comercial serranita junto con los 17 clones biofortificados fueron superiores al promedio general, por otro lado, los clones biofortificados más prometedores fueron BIOT-721.074, BIOT-721.163, BIOT-721.245, BIOT-721.286, BIOT-751.025, BIOT-633.294, BIOT-721.038, y BIOT-735.105, ya que alcanzaron los índices de selección más altos con 83, 80, 75, 70, 66, 66 y 57 puntos; esto demuestra que las propiedades de floración, cosecha, postcosecha y contenido de zinc de estos clones son excelentes.

Garcia (2021), estudió 40 clones de papas nativas biofortificadas de uso potencial para la agroindustria del banco de germoplasma de la Estación Experimental Agraria Andenes – INIA Cusco, mediante la caracterización morfológica y determinación de la concentración de zinc; los resultados indican que los clones 26 y 6 presentaron mayor contenido de zinc con 44 y 43 mg.kg<sup>-1</sup>, además, el rendimiento que se obtuvo para los clones en estudio, donde el 55% de clones estudiados presentaron rendimiento sobre el promedio. Así mismo, los clones 23 y 39 fueron los que más rindieron con 22,9 t/ha cada uno.

Tito (2017), condujo su trabajo de investigación con el objetivo de medir la concentración zinc en tubérculos de 20 clones de papas biofortificadas en el caserío Tacsana de 3750 msnm en la zona de Yauli-Huancavelica. Para la elaboración del experimento tuvieron en cuenta 20 tratamientos; y 3 repeticiones presentando 60 unidades experimentales y para determinar la herencia en sentido amplio, se evaluaron las concentraciones de zinc y también rendimiento. Los resultados del estudio revelaron variaciones sustanciales entre clones sobre el contenido de zinc y



rendimiento, concluyeron que el mayor contenido Zn obtuvieron los clones C14 - CIP306417.79 y C18 - CIP306514.64 con 15.003 y 14.717 mg/kg DW , por otro lado los clones que menor contenido de zinc presentaron fueron C16 - CIP306418.53 y C3 – CIP306018.66 con 9.467 y 9.147 mg/kg DW; para el rendimiento lo determinó en t/ha, estos presentaron diferencias estadísticas entre clones y repeticiones; no obstante el mayor rendimiento se logró con el clon 3 con una media de (0.851 kg/planta) y por hectárea (28.378 t/ha), en los demás tratamientos C2, C10, C9, C20, C8, C1, C18, C15, C7, C5, C17, C13, C12, C14, C6, C4, C16, C11, C19 se ha logrado obtener con medias de 25.589, 23.778, 23.667, 22.700, 20.767, 20.333, 19.722, 19.522, 18.689, 18.171, 17.933, 16.989, 16.878, 16.033, 15.861, 15.229, 15.200, 11.800 y 10.611 t/ha respectivamente de clones de papa mejorada biofortificada.

### **2.1.3. Regionales**

Quispe (2019), realizó su estudio de investigación en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Anexo Salcedo del distrito de Puno, su principal objetivo fue determinar el contenido de zinc de clones de papa con pulpa de pigmentación morada, señala que el clon 511114.5 (T3) presentó el más alto contenido de zinc con 13.09 mg/kg, seguido por el clon 511110.33 (T2) con 11.48 mg/kg y el clon 511114.11 (T5) con 11.40 mg/kg, estos resultados obtenidos indicarían que los clones con pulpa de pigmentación morada presentaron los más altos contenidos de zinc frente a los testigos de las variedades Imilla negra (T9) y Andina (T10); por otro lado, los resultados de productividad mostraron que las variedades Andina e Imilla negra (testigos) presentaron rendimientos promedios de 25.54 y 19.31 t/ha, asimismo para el número de tubérculos por planta presentaron 23.37 y 21.62 tubérculos/planta, superando a los clones de papa con pulpa de



pigmentación morada, los clones de papa se caracterizaron morfológicamente por tener un hábito de crecimiento decumbente y semi-erecto, hojas disecadas, una corola floral de forma pentagonal, un color predominante del tubérculo que oscilaba entre negruzco, rojo púrpura y marrón, y un color de la pulpa del tubérculo entre violeta y púrpura.

Collanqui (2019), efectuó el estudio con el fin de determinar el comportamiento agromorfológico, rendimiento y contenido de nutrientes de clones de papa de pulpa amarilla cultivados bajo las circunstancias agroecológicas de la localidad de Salcedo, provincia y región Puno, durante el periodo de 2018 – 2019, realizó siete tratamientos incluyendo la variedad Andina e Imilla negra y cuatro repeticiones para un total de 28 parcelas experimentales, el mayor valor de Zinc obtenido fue el clon 509140.20B con un promedio de 10.33 mg/kg BS y el menor fue de 2.92 mg/kg BS, por otra parte el clon 508110.02B se describe morfológicamente como de hábito de crecimiento decumbente, flor blanca, tubérculo esférico, piel rojo-púrpura y pulpa amarillo y el clon 508110.11B tiene un hábito de crecimiento decumbente, una flor púrpura, un tubérculo ovalado, piel roja y carne de un intenso color amarilla, para rendimiento los clones 508110.02B, 509130.20 y 509140.15 mostraron medias de 616,99, 587,97 y 501,88 g/planta, respectivamente y términos de rendimiento global, el clon 508110.02B mostró 19383,34 kg/ha, superando a las variedades Andina e Imilla negra.

Hanco (2023), realizó su estudio de investigación en el Centro Experimental Illpa – Puno, su principal objetivo fue determinar el contenido de Zinc en clones de papa tetraploides, también evaluó las características agro morfológicas y rendimiento de los clones de papa, concluye que los clones con mayor contenido de Zinc son el



BIOT-633.294 con 18.99 mg/kg, BIOT-767.014 con 16.27 mg/kg de papa en BS y la variedad serranita con 17.79 mg/kg de papa en BS, por otro lado, la variedad Yungay obtuvo el mayor rendimiento frente a los clones y finalmente los clones BIOT-767.014 y BIOT-633.294, muestran una buena adaptación a las condiciones climáticas, por presentar buena uniformidad de plantas y tubérculos pequeños pero vigorosos frente a las variedades Yungay y serranita.

## 2.2. MARCO TEÓRICO

### 2.2.1. La Papa (*Solanum tuberosum* L.)

La especie *Solanum tuberosum* L., también conocida como patata o papa, pertenece a la familia de las solanáceas es originaria de la sierra sur de Perú. Su hábitat principal se encuentra en las regiones montañosas de los Andes, ya que fue cultivada por los lugareños en las tierras de alta montaña y cerca del lago Titicaca durante aproximadamente 8000 años (Oxa, 2022).

Además, (FAO, 2016), menciona que la papa produce tubérculos con un alto contenido en almidón y es un alimento muy denso en nutrientes que satisface las necesidades tanto energéticas como reguladoras del organismo gracias a su elevada concentración de vitaminas hidrosolubles, minerales y fibra. También contiene una cantidad significativa de proteínas, lo que le confiere un alto valor biológico.

Hualla (2017), refiere que la papa es herbácea dicotiledónea de porte erecto, tallos generalmente robustos, entrenudos cortos y tallos huecos o medulares, a excepción de los nudos, que son macizos, de forma angulosa, a menudo de color verde o rojo violáceo.

El follaje suele alcanzar una longitud de 0,60 a 1,60 metros; en las mejores variedades, las hojas están compuestas y pinnadas se disponen alternativamente en el tallo, dando al follaje un semblante frondoso. Los tallos carnosos conocidos como tubérculos tienen ojos y yemas en el extremo del estolón. Las flores son terminales y suelen nacer en racimos. Son pentámeras, es decir, tienen cinco pétalos, y a menudo presentan sépalos blancos, amarillos, rojos y morados. El fruto es una reducida baya carnosa con semillas sexuales de manera redondeada (CIP, 2019).

### 2.2.1.1. Ubicación taxonómica

Según Engler citado por (Tito, 2017) ,el Sistema de clasificación taxonómica y el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, la papa (*Solanum tuberosum* L.), se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Sub-clase:** Asteridae

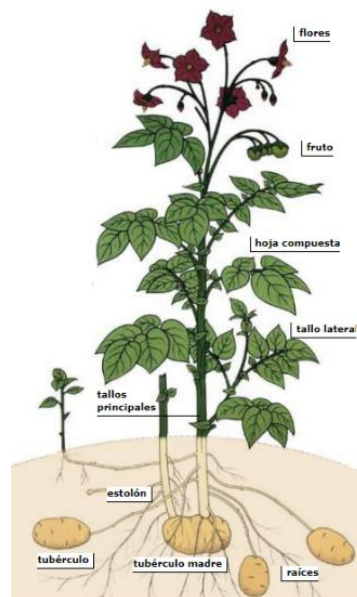
**Orden:** Solanales

**Familia:** Solanaceae

**Género:** *Solanum*

**Especie:** *Solanum tuberosum*

**Nombre común:** Papa, patata



**Figura 1.** Planta “*Solanum tuberosum*”

**Fuente:** (FAO, 2011)

### 2.2.1.2. Producción y productividad a nivel mundial, nacional y regional

#### a) Mundial

Según el CIP (2021), alude que China, produce más de 88 millones de toneladas de papas al año, lo que le convierte en el mayor productor mundial de este cultivo. En la actualidad se cultiva papas en 156 países de todo el mundo en una superficie superior a 19 millones de hectáreas, aunque en América la producción se distribuye de la siguiente manera.

**Tabla 1.** Ranking de países de América según nivel de rendimiento de papa.

<b>País</b>	<b>Producción (Miles Ton.)</b>	<b>Rendimiento (Ton. /Ha.)</b>
EE.UU.	20,607	49.76
Canadá	5,791	43.18
Argentina	2,340	32.3
Brasil	3,688	31.18
México	1,803	29.89
El Salvador	11	29.17
Chile	1,183	28.67
República Dominicana	89	26.67
Costa Rica	94	25.41
Panamá	24	24.95
Colombia	3,108	21.99
Cuba	135	21.93
Uruguay	87	20.88
Nicaragua	66	19.29
Venezuela	372	18.84
<b>Perú</b>	<b>5,132</b>	<b>15.76</b>
Honduras	27	14.82
Paraguay	4	14.48
Haiti	34	12.68
Ecuador	269	12.18
Bolivia	1,161	6.42

**Fuente:** (MINAGRI, Análisis de Mercado, 2020)

Mientras que el MINAGRI (2020), indica que, el Perú ocupa actualmente el primer lugar en América Latina y el 12° en el mundo en producción de papa, además, la producción de papa tampoco se ha detenido desde el inicio de la pandemia; de hecho, se establecieron normas que permitieron el flujo y abastecimiento regular del producto a los centros de consumo.

## b) Nacional

MINAGRI (2020), reporta que, aproximadamente 5 millones 449 mil 056 toneladas de papa se produjeron a nivel nacional en el año 2019, según informes. Estas papas se distribuyeron en 19 departamentos, principalmente en el altiplano del país, donde se cultivaron en 331 437 mil hectáreas y se produjeron 5 millones 449 mil toneladas. Cerca del 90% de la producción total provino de las regiones de mayor productividad.

**Tabla 2.** Nivel de producción y rendimiento de papa a nivel nacional.

Región	Producción (Ton.)			Rendimiento (kg/ha)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Puno	743	798	839	12	13	14
Huánuco	668	644	717	16	16	17
La libertad	467	497	542	20	20	21
Cusco	388	394	440	13	13	14
Apurímac	412	438	415	20	17	18
Junín	366	395	395	16	16	16
Ayacucho	310	425	369	15	18	17
Cajamarca	289	356	347	12	13	13
Arequipa	337	329	338	35	36	35
Huancavelica	262	242	329	11	11	11
Pasco	176	165	171	19	18	19
Lima	88	123	143	22	23	26
Ica	129	118	134	32	35	37
Ancash	77	90	101	11	11	11



Región	Producción (Ton.)			Rendimiento (kg/ha)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Amazonas	53	69	71	15	18	19
Piura	19	16	22	10	10	11
Tacna	8	10	8	19	19	19
Moquegua	7	7	7	13	13	12
Lambayeque	5	4	1	12	7	8

**Fuente:** (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020)

Según menciona el INEI (2021), la mayor superficie cosechada y los mayores rendimientos contribuyeron a que la producción peruana de papa alcanzara las 320.977 toneladas, lo que representa un incremento de 24,1% respecto al mismo mes del año anterior. A nivel departamental, la producción de este tubérculo fue particularmente alta en Cusco (203,3%), Lima (140,7%) y Huánuco (57,5%), y también aumentó en Tacna (110,7%), La Libertad (54,3%) y Moquegua (18,1%). En cambio, disminuyó en Apurímac (-73,1%), Huancavelica (-47,5%), Pasco (-33,7%), Piura (-32,2%), Ayacucho (-23,5%), Amazonas (-16,8%), Cajamarca (-15,1%), Ancash (-6,3%), Arequipa (-2,6%) y Junín (-1,9%).

### c) Regional

El cultivo de papa es una de las más fundamentales actividades de los pequeños agricultores a nivel regional, y tanto las especies cultivadas como las silvestres tienen una rica diversidad genética en la zona andina. (INIA, 2022).

**Tabla 3.** Superficie cosechada, producción, y rendimiento de la papa en Puno

Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (kg/ha)
Papa	89,711	742924	12442
Quinoa	35,269	39610	1123
Cebada grano	25,625	27156	1060

<b>Cultivo</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
Haba grano seco	9,832	11911	1211
Avena grano	7,792	7633	980
Cañihua	5,704	4785	839
Maíz amiláceo	3,768	6034	1601
Oca	3,424	28309	8268
Olluco	3,042	19782	6503

**Fuente:** (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020)

Según reporta Quispe (2019), alude que el problema mas importante que limita a la productividad de la papa en el altiplano puneño, son las condiciones ambientales, debido a la presencia del friaje, sequias, granizadas, y la distribucion irregular de las precipitaciones. El 90% de la superficie total de la siembra de papa en Puno esta expuesto a las heladas, mientras que el 98% se cultiva en condiciones de secano o lluvia.

**Tabla 4.** Producción de papa en la región de Puno

<b>Provincia</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Área cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>
Carabaya	176576.00	12070	14.63
Azángaro	97113.00	9160	10.60
Sandia	65305.00	4145	15.76
Huancané	64985.00	5770	11.26
El Collao	53030.50	4728	9.96
Puno	49950.90	5186	9.63
Chucuito	43011.00	4750	9.05
San Román	39950.90	3735	10.70
Yunguyo	33657.00	3003	11.21
Lampa	33371.30	3150	10.59
Moho	13996.00	1361	10.28
San Antonio de Putina	12634.16	1060	11.92
Melgar	8215.00	979	8.39

**Fuente:** (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020)



### 2.2.1.3. Variedades

Collanqui (2019), menciona a dos variedades de papa que existen actualmente:

- a) **Variedades nativas-**. Estas variedades tienen un sabor dulce, agradable y son aptas para el consumo en estado fresco porque contienen niveles bajos de glicoalcaloides.
- b) **Variedades mejoradas-**. Son las variedades que han sido obtenidas mediante un proceso de manipulación genética por hibridación, clonación y por otro tipo de métodos de mejoramiento que son gestionadas por el fitomejorador.

### 2.2.1.4. Morfología botánica

- a) **Planta-**. Collanqui (2019), alude que la planta, es dicotiledónea, herbácea, con patrones de crecimiento vegetativo, y tiene tubérculos que se desarrollan en las puntas de los estolones que surgen del tallo principal y ocasionalmente de otros tallos, dependiendo del número de yemas que broten del tubérculo. La parte aérea de la planta es anual, y los tubérculos pueden ser perennes o anuales.
- b) **Raíces-**. Las raíces adventicias que componen el sistema radicular de la planta de la patata son fibrosas y extremadamente ramificadas. Según (Collanqui, 2019), estas raíces adventicias crecen primero verticalmente en el interior de la capa arable del suelo y posteriormente horizontalmente de 25 a 50 cm.

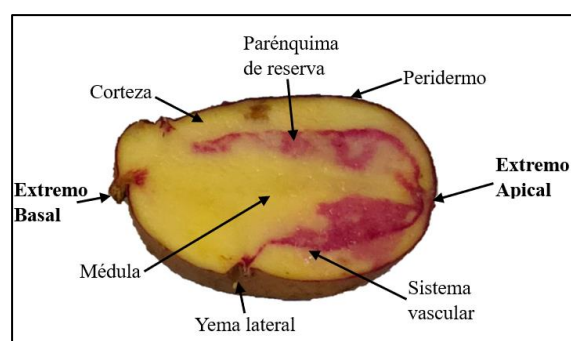
Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla botánica o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla botánica, forman una delicada raíz pivotante con ramificaciones laterales; sin embargo, cuando crecen de tubérculos, primero forman raíces adventicias en la base de cada

brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo (Hualla, 2017).

- c) **Tallos-**. Collanqui (2019), afirma que la planta de la papa está formada por tubérculos, estolones y tallos. Las verdaderas plantas de semilla sólo tienen un tallo principal, pero a las plantas de tubérculos de semilla les pueden crecer varios tallos. Las ramificaciones de los tallos principales se denominan tallos laterales.

INIA (2022), describe que, los tallos de la papa tienen secciones transversales de circulares a angulares. En los bordes angulares se crean alas o costillas, y las alas logran ser rectas, onduladas o también dentadas. El tallo es típicamente verde, pero ocasionalmente se vuelve marrón rojizo o púrpura.

- d) **Tubérculos-**. Collanqui (2019), describe que los tubérculos son tallos carnosos con ojos y yemas que nacen del extremo del estolón. Los tubérculos difieren en dimensión, forma y coloración de la piel y la pulpa, y están adaptados para actuar como órganos de reserva de carbohidratos, glúcidos y proteínas de la planta para su reproducción.



**Figura 2.** Partes del tubérculo de papa

**Fuente:** (Collanqui, 2019)

- e) **Hojas-**. Collanqui (2019), alude que, las hojas son alternas, siendo las primeras simples y seguidas de hojas compuestas imparipinnadas con tres pares de



foliolos laterales y un foliolo terminal entre los foliolos laterales y los de segundo orden.

El INIA (2022), destaca el hecho de que las hojas se organizan en espiral a lo largo del tallo y que, en la mayoría de los casos, son complejas, lo que significa que incluyen varios folíolos y un raquis central; la parte del raquis situada por debajo del par inferior de folíolos principales se conoce como pecíolo. Cada foliolo puede estar unido directamente al raquis o por un corto pecíolo conocido como peciólo, en cuyo caso se denomina foliolo sésil. Pequeños foliolos suplementarios pueden alterar el orden normal de estos foliolos primarios.

Ademas, el INIA (2022), señala que la forma y el tamaño de éstos, de igual manera como el ángulo de inserción del peciólo en el tallo, son de gran ayuda para identificar las características varietales, que se encuentran en la base de cada peciólo y se conocen como pseudoestípulas. Las alas o costillas del tallo pueden continuar hacia abajo desde el lugar donde se inserta el peciólo.

- f) **Flor-** Collanqui (2019), indica que las flores son tetracíclicas, pentámeras, hermafroditas y tienen cálices lobulados. Las corolas son de coloración blanca púrpura con 5 estambres, y las anteras son amarillas a naranja, con presencia de polen.
- g) **Fruto-** Cuando el ovario es fertilizado se transforma en un fruto denominado baya que contiene muchas semillas, su forma es esférica ovoidal y cónica con una coloración verde, pero en algunas variedades presenta coloración blanca o pigmentada, cada fruto llega a tener más de 200 semillas de acuerdo con su fertilidad, son también conocidas como semilla verdadera o botánicas, para



distinguir las de los tubérculos-semillas, usados para la producción (Inostroza, 2016).

#### 2.2.1.5. Fases fenológicas

Según, Egusquiza citado Quispe (2019), las fases fenológicas clave del cultivo de papa son las siguientes:

- a) **Emergencia-**. Aparecen las primeras hojas sobre la superficie del terreno después de 30 y 40 días de la plantación del cultivo; la semilla sexual presenta un periodo de latencia de unos 4 a 6 meses.
- b) **Formación de estolones-**. Empieza cuando las yemas de la parte subterránea de los tallos inician su crecimiento horizontal en forma de ramificación lateral.
- c) **Inicio de floración -**. Aparecen los primeros botones florales. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento y da inicio a la floración. En algunas variedades el inicio de floración coincide con el inicio de la tuberización.
- d) **Plena floración-**. Se inicia con la apertura de los primeros botones florales emitiendo flores. Existen variedades con abundante floración; así como también existen variedades que no florecen.
- e) **Tuberización-**. Esta fase se inicia a partir del engrosamiento de los tubérculos ubicados en los estolones, se da debido a la asimilación de los azúcares en forma de almidón.
- f) **Maduración-**. Se inicia cuando el follaje de la planta alcanza su máximo desarrollo. La planta está naturalmente madura cuando la mayoría de sus hojas tienen un tono amarillento, cuando ha perdido todas sus hojas o cuando carece de follaje verde, lo que puede estar relacionado con el final de la

floración, cuando el tubérculo no pierde su piel al apretarlo con la yema de los dedos, está maduro.

#### **2.2.1.6. Requerimiento climático del cultivo de papa**

INIA (2012), indica que para una mejor producción requiere:

- Clima húmedo y templado.
- Temperatura: Para la tuberización, entre 14 y 18°C y entre 15 y 22°C para la brotación.
- Luminosidad: De 12 a 16 horas de luz al día son necesarias para una tuberización normal.
- Las precipitaciones anuales oscilan entre 600 y 800 mm.
- La humedad relativa es superior al 60%.

#### **2.2.1.7. Requerimiento edáfico del cultivo de papa**

INIA (2012), sugiere suelos profundos, bien drenados, de estructura granular, abundantes en materia orgánica y de textura franca, limosa o arcillosa.

Las plantas se desarrollan adecuadamente en suelos de textura moderadamente gruesa (franco arenoso) y media (franco, franco limoso); profundos, bien drenados y de buena estructura que permitan asegurar un buen crecimiento de las raíces y estolones. La pendiente no deber exceder el 8%. Rango óptimo de pH es de 5,5 a 6,5. Contenido de materia orgánica en el suelo debe ser alto (>4%) (MINAGRI, 2019).

#### **2.2.1.8. Manejo agronómico**

- a) Preparación del terreno-** Para impedir el cumulo de agua y el lavado de nutrientes, así como para bloquear la emergencia uniforme y el lavado de



nutrientes, la preparación del suelo implica cavar o arar profundamente el suelo en cruz y luego nivelarlo (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020).

Según el tipo y el uso previsto del cultivo, las hileras de papa deben espaciarse normalmente entre 0,90 y 1,00 m y ararse a una profundidad de 10 a 15 cm el mismo día de la plantación (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020).

- b) Tubérculo semilla-** Cuando se trata de la fabricación de bienes de alta calidad que ayudan sustancialmente a la seguridad alimenticia y nutricional, este tipo de producto es un insumo vital y estratégico. Cuando las papas poseen los rasgos genéticos, fisiológicos, sanitarios y físicos adecuados, se desarrollan bien y tienen una gran capacidad para resistir plagas, enfermedades y condiciones bioclimáticas (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020).

Debido a su gran productividad y a su buena calidad culinaria por contener abundante materia seca, variedades como Imilla Negra, Ccompis e Imilla Blanca son especies muy comerciales que pueden sancocharse, asarse y freírse como copos. La Andina y la Wiay, por su parte, son tipos comerciales con grandes rendimientos que pueden sobrevivir al frío y a la sequía (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020).

- c) Plantación o siembra-** En general, la siembra se realiza con surcos separados entre sí de 0,90 a 1,00 m, según la variedad y el uso previsto. La colocación manual de los tubérculos utilizados como semillas se realiza con un espacio de 20 a 25 cm entre cada uno. Después de la siembra se añade fertilizante y/o abono orgánico y se vuelve a tapar y cubrir el suelo. (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020).





- d) **Profundidad de la siembra-**. Collanqui (2019), afirma que la plantación de papa en la fase de instalación se puede realizar de forma manual, cavando los surcos mencionados y enterrando después las papa a una profundidad de entre 10 y 15 cm.
- e) **Densidad de plantación-**. El número de semillas sembradas o plantadas por hectárea, también conocido como población de plantas por hectárea, está influenciado por los distintos tipos, el volumen de los tubérculos utilizados como semillas y la separación entre los surcos y los tubérculos (MINAGRI, Analisis de Mercado, 2020).

### 2.2.2. Biofortificación

A través de la modificación genética, se pueden generar cultivos biofortificados mediante técnicas de mejora convencionales o biotecnología de vanguardia, mejorando su valor nutricional y sus cualidades agronómicas (Tito, 2017).

Los cultivos biofortificados mejoran la seguridad alimenticia de las personas, familias, de dos formas: 1) por medio de la mejora de las condiciones agronómicas, como un mayor rendimiento, y las familias incrementan su producción alimenticia y, en efecto, su energía calórica para el consumo; y 2) a través de mayores concentraciones de nutrientes que son deficientes en las dietas latinoamericanas, como el hierro y el zinc, las personas ingieren más de estos nutrientes cruciales (Hualla, 2017).

Una estrategia alimentaria más reciente es la biofortificación de cultivos básicos, además de otras como la fortificación (como la sal yodada), la fortificación en el punto de consumo (como las "chispitas") o las dietas, como el consumo de frutas y verduras (Oxa, 2022).



El beneficio nutricional potencial de los cultivos bioenriquecidos depende de varios factores, entre ellos: la aceptabilidad sensitiva de las variedades bioenriquecidas, porque una variedad que no produzca reacciones organolépticas favorables a los la consumen tendrá mínimas posibilidades de ser mantenida entre los que la siembran; la adaptación de las variedades bioenriquecidas en las parcelas familiares, porque si no están bien adaptadas, los agricultores no tendrán motivos para cultivarlas con respecto a otras variedades que tengan un buen rendimiento agronómico (Tito, 2017).

### **2.2.3. Biofortificación en el cultivo de papa**

Pertuz (2018), señala que, por su elevado contenido en carbohidratos y minerales como el zinc; la papa es un alimento extremadamente rico en nutrientes. El compuesto químico de este tubérculo varía y en ella influyen primordialmente factores genéticos, ambientales como la ubicación, el clima, el suelo y la disponibilidad de agua, así como las prácticas agronómicas. Los métodos de cocción y almacenamiento de las papas también afectan a su composición química y, en efecto, a su valor nutritivo.

Más de 100 naciones cultivan papa, que son un cultivo importante en muchas de ellas. Esta especie presenta ventajas comparativas con respecto a otros cultivos tuberosos. Debido a su amplia adaptabilidad agronómica a muchos entornos, su cultivo es bastante sencillo porque las tareas necesarias a lo largo del ciclo vegetativo pueden automatizarse (FAO, 2016).

### **2.2.4. Método de mejoramiento genético de la papa**

Los cultivos más importantes han podido aumentar su producción gracias al fitomejoramiento combinado con las técnicas agronómicas actuales y los métodos



modernos. Los investigadores trabajan para mejorar el valor nutricional de los cultivos, obtener variedades resistentes a la salinidad, lograr variedades resistentes a las sequías, obtener tolerancia al friaje, resistir plagas y aumentar las eficiencias fotosintéticas, entre otros (IICA, 2017).

**a) Método tradicional: Complementación de atributos de los progenitores**

Esta técnica consiste básicamente en cruzar las variedades A y B, cada una de las cuales tiene algunos rasgos deseables, pero es débil en otros, en un esfuerzo por crear la variación C, que combina las mejores cualidades de A y B (Morales V. , 2015). significando "cruzar lo mejor de lo mejor y aspirar a lo mejor"; debido a que la mayoría de las variedades en el mundo se desarrollaron de este modo, el fitomejoramiento de la papa es más un arte que una ciencia, y la suerte y el ojo del fitomejorador son los elementos decisivos. La probabilidad de descubrir una nueva variedad en cruces entre *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* es de 1/10000 (Van Der Straeten et al, 2020).

Estas cifras, que siguen siendo bastante pesimistas, demuestran lo difícil que es la mejora genética de la papa. En los programas de selección varietal, ésta es la técnica de mejora genética que más se emplea a nivel mundial. Así es como se adquirieron los cultivos que ahora se cultivan (Morales V. , 2015).

**a) Selección clonal**

Cuesta (2018), indica que existe un procedimiento sencillo que, a corto plazo (de cuatro a cinco años), permite conseguir un genotipo con rasgos mejorados. Esta estrategia reside en sembrar clones de papa en varios lugares, seguidos de genotipos con las propiedades nutricionales (con Fe y Zn), la resistencia a las enfermedades, la calidad y las propiedades agronómicas más



elevadas, al menos tres años después. Normalmente, este enfoque se utiliza conjuntamente con los agricultores.

#### **b) Mejoramiento a Nivel de Poblaciones**

Morales (2015), sostiene que el enfoque de mejora genética se basa en el uso de la selección fenotípica repetida o recurrente con pruebas de progenie concurrentes para una serie de rasgos primordiales, sobre una urbe inicial con una extensa información genética y una variabilidad alélica sustancial.

Según sus propósitos, la población de partida debe tener la diversidad genética necesaria que se encuentra en las distintas especies de papas cultivadas y en un subconjunto elegido de especies silvestres (Gutierrez, 2018).

#### **c) Método de Mejoramiento por Retrocruza**

Una estrategia que se utilizaba con frecuencia en el pasado para transmitir una característica beneficiosa a una variedad cultivada, como la resistencia al arponeo, a partir de una especie silvestre o "donante". Los retrocruzamientos con la variedad cultivada "receptora" o "parental recurrente" se realizan después del cruce original con la especie silvestre (Cuesta, 2018).

#### **d) Selección por pedigrí**

Cuesta (2018), afirma que la semilla botánica de la generación F2 se siembra a distintos intervalos para ayudar a la selección, según la declaración que describe este procedimiento. A continuación, se eligen las mejores plantas de cada familia mediante selección familiar.



### e) Cruzamientos–Hibridación

Esta técnica, de la que se dice que es la más antigua en uso, se sigue utilizando bastante bien en la actualidad. Basada en la elección adecuada de los progenitores para el crecimiento de la descendencia y consecuente elección de las personas dentro de la descendencia a lo largo de las numerosas fases en una estación experimental y en los campos agrícolas (Cuesta, 2018).

### f) Uso de la Biotecnología:

Cuesta (2018), destaca las siguientes características de cómo se utiliza la biotecnología:

- Fusión de protoplastos: Se crea un híbrido somático cuando las membranas de dos o más células se fusionan.
- Haploides dobles (DH): Esta técnica consigue generar plantas homocigóticas mediante plantas heterocigóticas. El material de partida para los DH se crea mediante células haploides.
- Inducción de mutaciones: Este método de inducción artificial de cambios en el genoma de los cultivos mediante radiación ionizante con Co-60, radiación no ionizante como los rayos UV, choques térmicos se utiliza con frecuencia para incorporar un rasgo en un cultivar de elevado costo comercial.
- Transformación: Se consigue ocultando un gen o genes para crear el genotipo anhelado en una planta. Las plantas transgénicas son las producidas por este método. Esta técnica es más rápida que la mejora tradicional a la hora de producir la planta con la característica deseada.



- La selección asistida hace uso de marcadores anticipadamente creados vinculados a cualidades deseables que han sido debidamente confirmadas en diversos contextos y entornos genéticos.

### **2.2.5. Zinc**

Más de 300 enzimas dependen del zinc, ya que este micronutriente interviene en la producción y descomposición de lípidos, ácidos nucleicos e hidratos de carbono, proteínas. El zinc también es encargado de mantener la composición molecular de las membranas y los elementos celulares. interviene en la transcripción de polinucleótidos, que afecta a cómo se expresan los genes (FAO, 2016).

Las personas con carencia grave de zinc pueden presentar anomalías de comportamiento, retraso de crecimiento, retraso de la madures sexual y ósea, lesiones cutáneas, diarrea, pérdida de apetito, mayor sensibilidad a las infecciones provocadas por deficiencias del sistema inmunológico y otros síntomas (FAO, 2016)

Dado que el zinc es necesario para la vida y que su carencia es la 5ta causa de mortalidad y enfermedad en las naciones empobrecidas, ha captado la atención del mundo (Das & Green, 2016).

Por otra parte, según las estadísticas del CIP, los cultivos de papa suelen contener una media de 0,35 mg/kg de zinc. Además, sugiere que las papas autóctonas contienen hasta 0,84 mg de zinc por 100g de BS y aporta el 3,2% de las necesidades dietéticas diarias de zinc (Ortiz, 2020).

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **2.3.1. Papa**

La papa (*Solanum tuberosum* L.), es de la familia de las solanáceas, procede de la cordillera de los Andes sudamericanos, donde se practicó por primera vez la



agricultura. La papa es el 3er cultivo alimentario global para consumo, por detrás del arroz y las hortalizas (Oxa, 2022).

### **2.3.2. Variedad**

Subdivisión de una especie vegetal que incluye a un grupo de individuos con características similares y que se considera estable y homogénea. Se define por la expresión de los caracteres resultantes de un cierto genotipo o de una cierta combinación de genotipos, se distingue de cualquier otro conjunto de plantas por la expresión de al menos un carácter pertinente. Se considera como una unidad, habida cuenta de su aptitud a propagarse sin alteración (Morales, 2016).

### **2.3.3. Híbrido**

Font (2007), menciona que las Reglas Internacionales de Nomenclatura Botánica definen el híbrido como sigue: De la fecundación de un vegetal de una especie cualquiera por otro vegetal perteneciente a otra especie nace un híbrido (*hybrida*); de la fecundación de un vegetal perteneciente a una subdivisión diferente nace un mestizo (*mistus*).

### **2.3.4. Clon**

Los clones de papa es la creación, mediante la reducción cromogénica por uno de los procesos asexuales de multiplicación (división, injerto, etc.); por ello la clonación sigue una línea limpia (Collanqui, 2019).



### **2.3.5. Rendimiento**

El rendimiento de los cultivos, que suele representarse en kilogramos/hectárea o toneladas métricas/hectárea, es la cantidad de cultivo cosechado por unidad de superficie de tierra (Collanqui, 2019).

### **2.3.6. Tetraploide**

En genética, tetraploide significa que posee 4 veces el número haploide de cromosomas en el núcleo celular; presentando cuatro grupos completos de cromosomas, o cuatro veces el número haploide característico de cada especie tetraploide (Pantoja, 2015).

### **2.3.7. Biofortificacion**

La biofortificación, que utiliza métodos agronómicos o biotecnológicos, es el proceso de mejora del contenido nutricional de los cultivos alimenticios mediante el aumento de la densidad de vitaminas y nutrientes en un cultivo. La biofortificación puede mejorar la cantidad de carotenoides provitamina A, zinc y hierro, entre otras vitaminas y minerales (Tito, 2017).

### **2.3.8. Zinc**

El contenido de zinc en el organismo es la segunda después del hierro, lo que lo convierte en un oligoelemento esencial para la salud humana. Los efectos de la deficiencia severa de zinc pueden incluir retraso en el desarrollo y retraso en la madurez sexual; estos efectos son más comunes en los niños más pequeños y en las mujeres embarazadas y lactantes (Quispe, 2019).

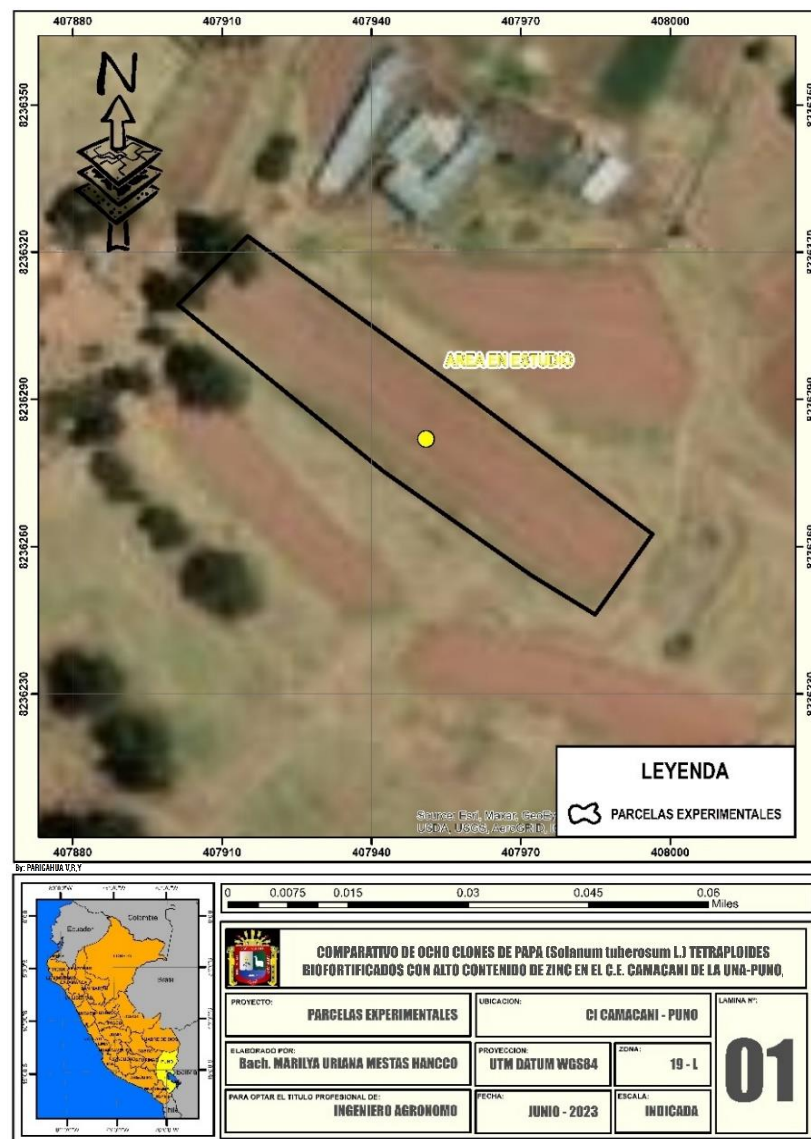


## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, localizado en el distrito de Platería; de la provincia y región Puno, en las Coordenadas Geográficas, de Latitud: 15° 57' 04.02" S Longitud: 69° 51' 36.37" O, con altitud de 3877 m.s.n.m.



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.1. Límites

El Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno, ubicado en el distrito de Platería viene limitando por el norte con el distrito de Chucuito y Pichacani, por el sur con el distrito de Acora, por el este con el Lago Titicaca; y por el oeste igualmente con el distrito de Pichacani.

### 3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad

La principal vía de acceso y comunicación desde la ciudad de Puno, es la vía terrestre, tal cual se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5.** Vías de comunicación y accesibilidad al área en estudio

Partida	Fin	Distancia	Tiempo	Tipo de vía	Medio de transporte
Puno	Chucuito	19.80 km	0.29 h.	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Chucuito	Platería	9.00 km	0.10h	Carretera asfaltada	Bus/Automóvil
Platería	Centro Experimental Camacani	3.43 km	0.05h	Carretera Trocha	Automóvil

**Fuente:** Elaboración propia

## 3.2. PROCEDENCIA DEL MATERIAL GENETICO

El material genético empleado en el presente estudio, fueron tubérculos semilla de ocho clones de papa tetraploides biofortificados con alto contenido de zinc y dos variedades testigo (Yungay y serranita), los cuales fueron proporcionados por el CIP – Lima, en el mes de noviembre del 2021.

**Tabla 6.** Lista de material genético en estudio.

N°	Condición	Institución	Código de adhesión	Progenitor masculino	Progenitor femenino
1	Clon	CIP312633.294	BIOT-633.294	CIP306416.68	CIP393536.13
2	Clon	CIP312637.001	BIOT-637.001	CIP306418.69	CIP393536.13
3	Clon	CIP312721.245	BIOT-721.245	CIP306416.68	CIP395017.229
4	Clon	CIP312721.286	BIOT-721.286	CIP306416.68	CIP395017.229
5	Clon	CIP312725.024	BIOT-725.024	CIP306418.69	CIP395017.229
6	Clon	CIP312725.047	BIOT-725.047	CIP306418.69	CIP395017.229
7	Clon	CIP312735.105	BIOT-735.105	CIP306416.68	CIP395017.242
8	Clon	CIP312767.014	BIOT-767.014	CIP306418.69	CIP395443.103
9	Híbrida	CIP720064	Yungay	LB-CUZ.1	381381.9
10	Híbrida	CIP391691.96	SERRANITA	720020 = ([Huagalina x Renacimiento (Jiruco x Suito)])	(SEQUOIA x EARLINE)

**Fuente:** Centro Internacional de la Papa (CIP, 2021)

### 3.3. DATOS CLIMÁTICOS

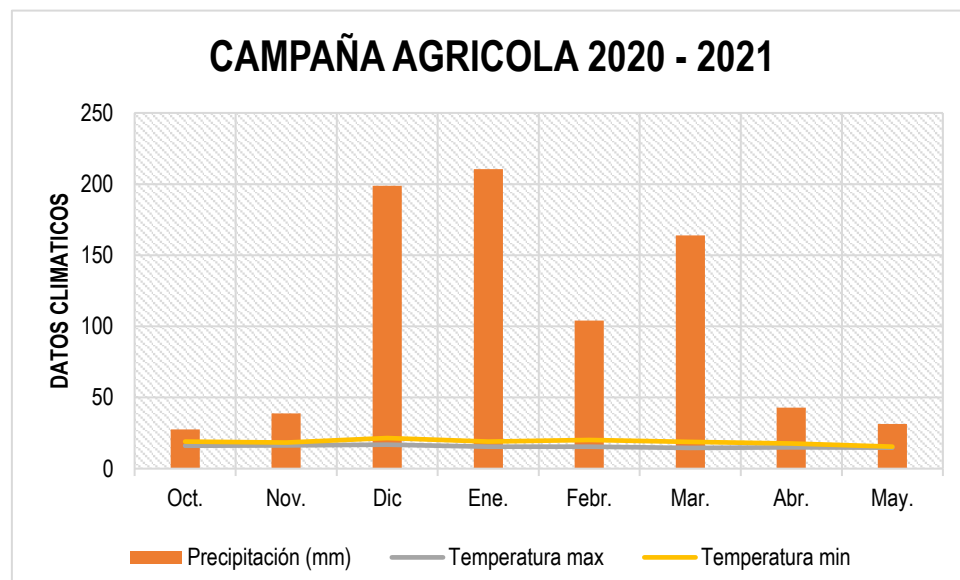
Según la tabla 7 y figura 4, se aprecia los datos climáticos de la campaña agrícola 2020 – 2021 del área en estudio; las precipitaciones medias mensuales son escasas (102.23 mm), destacando los meses de diciembre (198.90mm) y enero (210.40 mm) como los más lluviosos, y octubre (27.50 mm) como el mes con menor precipitación; en cuanto a las temperaturas, la media de la temperatura máxima es 15.56°C, y la media de temperatura mínima es 3.19°C; afectando al desarrollo del cultivo; con un mes más frío en mayo con (0.64°C min. y 14.82°C máx.); y el mes más cálido en diciembre con (1.99°C min. y 16.32°C máx.); al respecto INIA (2012) alude que la producción del cultivo de papa presenta mejor rendimiento; cuando la precipitación es entre 600 - 800 mm a lo largo de la campaña agrícola.

**Tabla 7.** Datos climáticos de la campaña agrícola 2020 – 2021 del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno

Datos climáticos	Año 2020			Año 2022			Media	
	Nov.	Dic	Ene.	Febr.	Mar.	Abr.		May.
Precipitación (mm)	38.80	198.90	210.40	104.00	163.90	42.90	31.40	<b>789.40</b>
Temperatura max	16.32	16.85	15.32	15.51	14.57	15.02	14.82	<b>15.48</b>
Temperatura min	1.99	4.65	3.78	4.66	4.31	2.58	0.64	<b>3.19</b>

**Fuente:** (SENAMHI, 2022)

**Figura 4.** Datos climáticos en la campaña agrícola 2020 – 2021 del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno



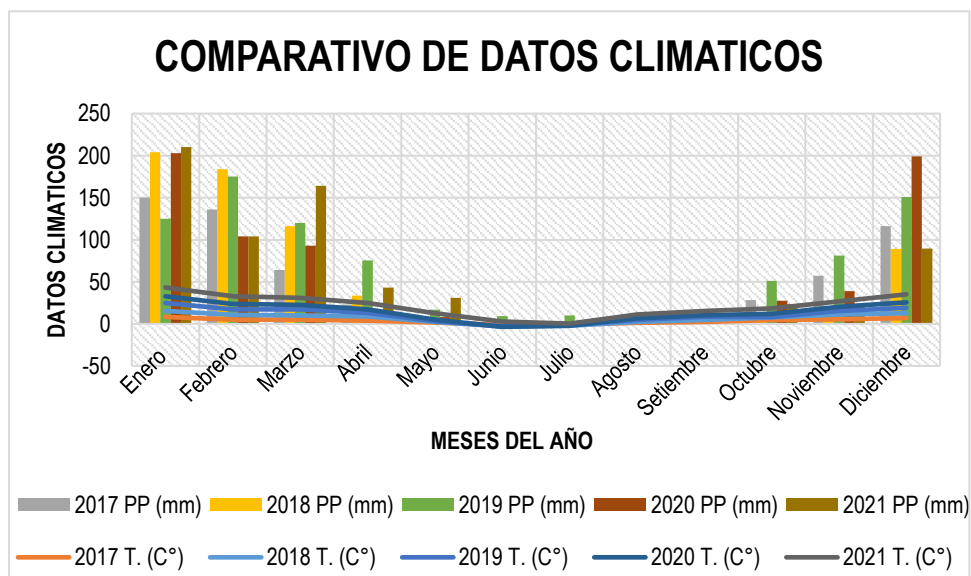
**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 8 y figura 5, se aprecia los datos climáticos de las últimas 5 campañas agrícolas (2016 – 2021); en el Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno; donde se aprecia que en años anteriores hubo una precipitación menor a la que existe en la campaña agrícola del 2020 al 2021; igualmente con respecto a la temperatura, también fueron menores en comparación a la campaña agrícola 2020 al 2021; todo ello repercutiendo en el rendimiento del cultivo de papa

**Tabla 8.** Datos climáticos de las últimas campañas agrícolas del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno.

MES	2017		2018		2019		2020		2021	
	T. (C°)	PP (mm)	T. (C°)	PP (mm)	T. (C°)	PP (mm)	T. (C°)	PP (mm)	T. (C°)	PP (mm)
Enero	8.25	150	7.14	204	9.45	125	7.97	203	10.5	210
Febrero	4.91	136	5.69	184	6.48	175	6.62	104	9.06	104
Marzo	4.92	64.1	5.07	116	7.08	120	5.57	92.8	8.3	164
Abril	4.03	22.9	4.76	33.6	4.19	75.6	4.34	5.8	7.5	43
Mayo	1.68	6.4	0.76	4.8	0.89	17	1.77	8.01	7.5	31
Junio	-1.2	1.2	-1.8	0.6	0.16	9.2	-0.7	0	6.15	0
Julio	-0.6	0	-1.4	0	0.43	10	-0.7	2.2	2.6	3.63
Agosto	1.42	1.2	0.9	6.4	2.17	2.2	1.97	7.5	4.6	4.5
Setiembre	2.52	0.6	2.29	0.2	3.53	2	1.91	7	5	7.35
Octubre	4.65	28.3	3.04	13.8	0.51	51.1	3.55	27.5	6.75	23.8
Noviembre	5.5	57.2	5.64	14.4	4.11	81.1	4.92	38.8	6.75	23.8
Diciembre	6.94	116	5.88	89.2	6.2	151	6.65	199	9.6	89.6
<b>TOTAL</b>	<b>3.59</b>	<b>583</b>	<b>3.16</b>	<b>668</b>	<b>3.77</b>	<b>819</b>	<b>3.66</b>	<b>695</b>	<b>7.03</b>	<b>705</b>

Fuente: (SENAMHI, 2022)



**Figura 5.** Comparativo de datos climáticos en la campaña agrícola 2016 – 2021 del Centro Experimental Camacani de la UNA-Puno.

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO

Se envió 01 kg de muestra de suelo al “Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande”-Lima, para el análisis de los parámetros fisicoquímicos del suelo. Los resultados que se obtuvieron son los siguientes:

**Tabla 9.** Análisis físico – químico del suelo experimental.

N°	Parámetros fisicoquímicos	Unidad	Resultados
	ANALISIS FISICO		
1	Arena	%	45.39
2	Limo	%	32.27
3	Arcilla	%	22.34
4	Clase Textural		F – A
	ANALISIS QUIMICO		
1	pH (25°C)		5.73
2	C.E. (25°C)	dS/m	0.98
3	Carbonato de calcio Total	%	<0.01
4	Fosforo Disponible	ppm	26.3
5	Materia orgánica	%	2.4
6	Nitrógeno total	%	0.14
7	Potasio disponible	ppm	78

**Fuente:** Laboratorio de Química Agrícola “Valle Grande”-Lima.

Se observa en la Tabla 9 las características físico – químicas del suelo del campo experimental Camacani, donde la clase textural del suelo contiene 45.39 % de arena, 32.27 % de limo y 22.34 % de arcilla, siendo un suelo franco arenoso, con un pH de 5.73, que indica que el suelo es moderadamente ácido y materia

orgánica al 2.4%, Nitrógeno, al 0.14% con fósforo disponible de 26.3 ppm y potasio disponible de 78 ppm; según señala (MINAGRI, 2019), el cultivo de papa se desarrolla adecuadamente en suelos de textura moderadamente gruesa (franco arenoso) con un rango óptimo de pH es de 5,5 a 6,5 y el contenido de materia orgánica en el suelo debe ser alto (>4%).

**Tabla 10.** Análisis químico del estiércol de ovino utilizado en el trabajo de investigación.

N°	Parámetros	Unidad	Resultados
1	Nitrógeno (N)	%	1.77
2	Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0.38
3	Potasio (K <sub>2</sub> O)	%	1.15
4	pH a T = 24.6°C		8.64
5	C.E. (25°C)	dS/m	7.73
6	Humedad	%	16.67
7	Materia Orgánica	%	59.14
8	Impurezas	%	18.31

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola “Valle Grande” – Lima 2021.

Podemos observar en la tabla 10, el análisis del estiércol de ovino, que fue proporcionado por el Centro Experimental Illpa, el cual contiene nitrógeno disponible al 1.77%, Fósforo al 0.38 %, Potasio con 1.15%, pH de 8.64, humedad disponible 16.67%, materia orgánica de 59.14% y finalmente impurezas con 18.31%.



### 3.5. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN CAMPO

Los principales instrumentos empleados fueron balanza de precisión, calibrador vernier, cuaderno de campo, estacas, cordeles, pala, pico, wincha, sacos, yeso, entre otros.

### 3.6. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

- **Número de genotipos** : 10 (ocho clones de papa y dos variedades testigo “Yungay y serranita”)
- **N° Repeticiones** : 03
- **Plantas x genotipo x repetición** : 120
- **Plantas x surco** : 15
- **Surcos x parcela** : 08
- **Distancia entre plantas** : 0.3 m
- **Distancia entre surcos** : 0.9 m
- **Calle** : 1m
- **Largo neto de parcela** : 4.5 m
- **Ancho neto de parcela** : 7.2 m
- **Área neta de un surco** : 4.05 m<sup>2</sup>
- **Área neta de parcela** : 32.4 m<sup>2</sup>
- **Área neta total del experimento** : 972 m<sup>2</sup>
- **Área total del experimento** : 1776.6 m<sup>2</sup>

### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se instaló bajo el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones, diez tratamientos (ocho clones de papa y dos variedades testigo “Serranita y Yungay”) haciendo un total de 30 unidades experimentales. El nivel



de significación se determinó mediante la prueba de Tukey =0,05. Siendo el modelo aditivo lineal fue el siguiente:

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

$$i = 1,2, \dots, t \text{ (t=tratamientos)}$$

$$j = 1,2, \dots, r \text{ (r=bloques)}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$ : Variable de respuesta observada o medida en el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo bloque.

$\mu$ : Media verdadera de la variable de respuesta.

$\tau_i$ : Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$ : Efecto del j-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$ : Error asociado a la ij-ésima unidad experimental

➤ **Variables de respuesta**

Contenido de Zinc en mg/kg en base seca.

Comportamiento agromorfológico y rendimiento tn/ha.

Comportamiento a las condiciones climáticas de altiplano de Puno.

### 3.7. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación empleado es **EXPERIMENTAL**, por los datos y evaluaciones que se realizó de manera in situ, lo cual permitió obtener clones de papa tetraploides biofortificados, con alto contenido de zinc, con buenos rendimientos y mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno.

### 3.8. PROCEDIMIENTO DE CONDUCCIÓN EXPERIMENTAL

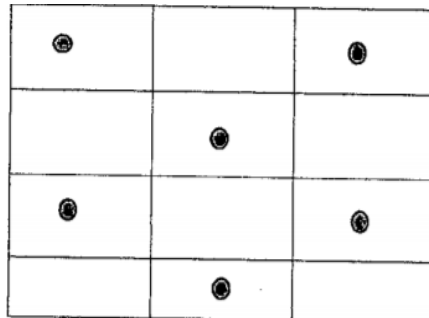
- **Preparación del terreno-**. Se efectuó a inicios del mes de octubre, para la roturación del terreno se empleó un tractor agrícola, a una profundidad de 30 cm con el arado de discos, para el favorecimiento de la aireación del suelo, capacidad de drenaje del suelo, eliminación de larvas de plagas y entierro de malezas para su posterior descomposición bajo el suelo; posterior a ello se utilizó rastra pesada para mullir y uniformizar el terreno.
- **Surcado y marcado-**. El 09 de noviembre se realizó el surcado del terreno a una distancia de 0.9m x surco y profundidad de 20 cm, de manera mecanizada; posteriormente se efectuó el marcado con yeso, cordel, estacas y wincha; el terreno se definió de acuerdo a las dimensiones establecidas según el diseño experimental y tratamientos, marcando los límites de las calles individuales de los bloques.



**Figura 6.** Marcado con yeso de las parcelas experimentales

**Fuente:** Elaboración propia

- **Muestreo del suelo-**. Se efectuó el muestreo del suelo; mediante el **método de zig-zag**; el cual consiste en tomar varios puntos del área experimental en un recorrido de zig-zag; hasta abarcar toda el área; tomando submuestras de suelo a una profundidad de 20 cm; para finalmente mezclarlas y se envió al “Laboratorio de Química Agrícola – Valle Grande” – Lima para los respectivos resultados.



**Figura 7.** Método zig-zag para muestreo de suelos

**Fuente:** (Viza, 2023)

- **Plantación-**. Se realizó el plantío de clones de papa y variedades testigo en el 09 de noviembre del 2020 en el Centro Experimental Camacani de la UNA -Puno, llevándose a cabo de manera manual, cada parcela estaba conformada por 8 surcos, estos con un distanciamiento de 0.90 m, además en cada surco se plantó 15 tubérculos con 0.30 m de distancia y a profundidad de 20 cm.



**Figura 8.** Plantación de tubérculo semilla de clones de papa y variedades testigo en las parcelas experimentales

**Fuente:** Elaboración propia

- **Primera fertilización-** La fertilización se efectuó en base a la dosis de 180-180-160. En el momento de la plantación, se aplicó nitrato de amonio ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) “5.74kg”, fosfato diamónico  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  “19.72kg”, cloruro de potasio (KCl) “12.10kg”, siendo la fertilización 10.43 g/planta y 1251.83 g/parcela; además se realizó un abonamiento con estiércol de ovino a chorro continuo entrando 13 kg/parcela, por último, el tapado se realizó de manera manual con piquillos.

- **Deshierbo-**. Se efectuó 9 de enero del 2021 para impedir la competitividad por agua, nutrientes, luz y el espacio, así como la aparición de las plagas y enfermedades en las plantas, todo ello de manera manual, las malezas que se presento fueron el Nabo silvestre (*Brassica campestris*), Kora (*Tarasa cerratei*) y Chiriro (*Bidens pilosa*).



**Figura 9.** Deshierbo manual de malezas

**Fuente:** Elaboración propia

- **Segunda fertilización-**. Se realizó la segunda fertilización de nitrógeno (nitrato de amonio) “16.49kg”, la dosis fue de 4.58 g/planta y 549.82 g/parcela, al momento del aporque en el mes de enero.



**Tabla 11.** Cantidad de fertilizantes y estiércol de ovino aplicado en el experimento.

Fertilizantes	Siembra	Aporque
Nitrato de Amonio	5.74 kg	16.49 kg
Fosfato Di amónico	19.72 kg	-
Cloruro de Potasio	12.1kg	-
Estiércol de ovino	390 kg	-

**Fuente.** Elaboración propia

- **Aporque-**. Se realizó el aporque con el fin de aumentar la aireación en el suelo, desarrollo de raíces, favorecer la formación de tubérculos, evitar plagas y enfermedades; se realizaron dos aporques, se realizaron dos aporques, el primero fue el 24 de enero y el segundo fue el 12 de febrero del 2021, todo ello de manera manual.



**Figura 10.** Aporque del cultivo

**Fuente:** Elaboración propia



- **Control fitosanitario-**. El control de plagas y enfermedades se efectuó de manera oportuna a lo largo de la conducción del experimento. Las plagas que se observaron en el experimento fueron: “Gorgojo de los andes” (*Premnotrypes* spp.), “trips” (*Frankliniella tuberosi* Moul.) y “Epitrix” (*Epitrix yanazara*, *Epitrix* sp.); también, las enfermedades que se observaron fueron: “manchas foliares” (*Alternaria solani*), “Rizoctoniasis (*Rizhoctonia solani* Kuhn) y “roña o sarna” (*Spongospira subterranea*).
- **Cosecha-**. La cosecha se efectuó de manera manual el 22 de mayo del 2021; cuando las plantas alcanzaron su madurez fisiológica; empleando piquillos con el fin de no ocasionar daño mecanico a los tubérculos, posteriormente, se realizó el conteo, peso y selección de tubérculos por categorías.



**Figura 11.** Cosecha manual del cultivo  
**Fuente:** Elaboración propia



**Figura 12.** Selección y clasificación de tubérculos  
**Fuente:** Elaboración propia





### **3.9. MEDICION DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA**

#### **3.9.1. Determinar el contenido de Zinc de ocho clones de papa tetraploides biofortificados y dos variedades testigo.**

Para efectuar el análisis del contenido de zinc se siguieron las consideraciones descritas por el CIP (2019), el cual indica elegir 10 tubérculos de cada clon de papa, al igual que de las variedades testigo, etiquetarlas respectivamente y enviarlas al laboratorio del Centro Internacional de la Papa para su análisis.

#### **3.9.2. Evaluar el comportamiento agromorfológico y rendimiento de ocho clones de papa tetraploides biofortificados y dos variedades testigo.**

a) **Determinación del comportamiento agromorfológico.-** La evaluación del comportamiento agromorfológico se realizó después de la cosecha de acuerdo a las recomendaciones de los “Manuales de Descriptores Mínimos de papa”, propuestos por el “Centro Internacional de la Papa (CIP)”, para conocer las condiciones de comportamiento de los clones de papa a las condiciones climáticas de la zona; para ello se eligieron las plantas vigorosas y tubérculos representativos de cada unidad experimental; evaluando los siguientes indicadores agro-morfológicos:

- **Número de plantas cosechadas por parcela “NPC”;** Dichos datos se obtuvieron en el momento de la cosecha.
- **Número de tallos por planta “NTP”;** Para ello, se contaron y registraron 16 plantas elegidas al azar de los surcos centrales de cada parcela experimental.



- **Altura total de la planta “ATP”;** Se evaluó cuando las plantas de las parcelas presentaban más de 50% de floración, de los surcos centrales se midieron diez plantas al azar con un flexómetro desde la superficie del suelo hasta el ápice del follaje.
- **Número de tubérculos comerciales por parcela “NTCP”;** Esta medida se refiere a la cantidad de tubérculos comerciales por unidad experimental, la categoría I (peso entre 200-300 g o tubérculos de 60 mm de diámetro) y categoría II (peso entre 80 – 200 g o tubérculos de 30-60 mm de diámetro).
- **Número de tubérculos no comerciales por parcela “NTNCP”;** Se registró el número total de tubérculos que pesaban menos de 80 g o tenían un diámetro inferior a 30 mm.
- **Peso de tubérculos comerciales por parcela “PTPP”;** Los tubérculos comerciales de las categorías I y II se pesaron por parcela. El peso se expresó en kilogramos.
- **Peso de tubérculos no comerciales por parcela “PTNPP”;** Se pesó los tubérculos no comerciales/parcela, la unidad de medida es kilogramos.
- **Número total de tubérculos por parcela “NTTP”;** se calculó sumando los tubérculos cultivados con fines comerciales, no comerciales y de rechazo (defectuosos).
- **Peso total de tubérculos por parcela “PTTP”;** se calculó sumando los pesos de los tubérculos comerciales, tubérculos no comerciales y tubérculos de descarte (defectuosos).
- **Determinación del rendimiento-.** Una vez cosechadas todas las plantas de cada unidad experimental; se pesaron los tubérculos de cada parcela experimental y se calculó el rendimiento en toneladas/ hectárea (t/ha).

### 3.9.3. Identificar el mejor comportamiento de los clones de papa tetraploides biofortificados en las condiciones climáticas del altiplano de Puno.

Para el cumplimiento del presente objetivo; se realizó según las recomendaciones de los “Manuales de Descriptores Mínimos de papa”, propuestos por el “Centro internacional de la papa (CIP)”; empleado las siguientes variables para identificar los clones de papa tetraploides biofortificados con mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno:

- a) **Número de plantas emergidas por parcela “NPE”**; este procedimiento se realizó a los 45 días posterior a la siembra; y se realizó mediante el conteo de número de plantas emergidas con respecto al número de papas sembradas.
- b) **Habito de crecimiento de la planta “PGH”**; Se colectó a los 45 días después de la siembra, la evaluación se realizó considerando una escala de 1 a 3 (De Haan et al., 2014)

**Tabla 12.** Escala de Habito de Crecimiento de la planta “PGH”

Escala	Estado	Descripción
1	Erecto	Los tallos son casi verticales, y el ángulo de inserción entre la torre principal y el raquis de las torres es de unos 30 grados.
2	Semi-erecto	Los tallos tienen un crecimiento más o menos vertical, pero algunas de las torres secundarias se abren ligeramente, y el ángulo de inserción entre el raquis de las torres y la torre principal es más abierto, de unos 45 grados.
3	Decumbente	La mayoría de las tallos están abiertas, y varias torres secundarias se abren a medida que nos acercamos al suelo. A partir de este punto, los raquis tienden a recuperar el crecimiento vertical. El ángulo de inserción entre el tallo principal y el raquis foliar es muy abierto, oscilando entre 60 y 90 grados. Estas plantas tienen la mayoría de sus hojas y hacen un gran trabajo cubriendo el suelo.

- c) **Uniformidad de la Planta “UP”**; dicho procedimiento se efectuó a los 45 días después de la siembra, con el fin de evaluarlos se empleó una escala del 1 al 9; según (De Haan et al., 2014) en acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 13.** Escala de uniformidad de la planta “UP”

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
1	Muy heterogéneo	Muy variable en altura, vigor y estado de desarrollo.
3	Heterogéneo	La altura, el vigor y el estado de desarrollo de las plantas son incoherentes en el 75% de los casos.
5	Intermedio	Se observa un 50% de heterogeneidad en la altura, el vigor y el estado de desarrollo de las plantas.
7	Uniforme	Aproximadamente el 75% de las plantas presentan una altura, un vigor y un estado de crecimiento uniformes.
9	Muy uniforme	Todas las plantas presentan la misma altura, vigor y estado de crecimiento.

- b) **Vigor de la planta “VP”**; se utilizó el método recomendado por (De Haan et al., 2014), el cual indica la recolección de los datos a los 45 días de la siembra; para posteriormente emplear la siguiente escala de 1 a 9:

**Tabla 14.** Escala de vigor de planta “VP”

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
1	Muy débil	Todas las plantas son débiles, tienen pocas hojas, tallos cortos (menos de 20 cm) y/o un tinte verde claro.
3	Débil	En cuanto al tamaño, el 75% de las plantas son pequeñas (menos de 20 cm) o todas oscilan entre 20 y 30 cm, tienen pocas hojas, tallos delgados y/o son de color verde claro.
5	Intermedio	de leve a moderado.



Escala	Estado	Descripción
7	Vigoroso	El 75% de las plantas tienen tallos robustos, follaje verde oscuro, hojas bien desarrolladas y una altura superior a 50 cm.
9	Muy vigoroso	Todas las plantas superan los 70 cm de altura y el suelo está completamente cubierto. Plantas fuertes con follaje espeso de color verde oscuro profuso y tallos robustos.

- c) **Grado de floración “GF”**; para ello los datos fueron colectados 60 días posterior a la siembra, la evaluación se efectuó usando una escala de 1 a 7; según la tabla propuesta por el (De Haan et al., 2014).

**Tabla 15.** Escala de grado de floración “GF”

Escala	Estado	Descripción
0	Sin botones	Muy poca o ninguna inflorescencia.
1	Aborto de botones	Inflorescencias pequeñas o primitivas que pueden presentar un aborto o un punto de abscisión en la unión del pedicelo.
3	Poco	La floración es poco frecuente, con sólo dos o tres floraciones (yemas, botones florales, flores, frutos y abscisión floral) por inflorescencia.
5	Moderado	La floración es modesta, con 8 a 12 floraciones (yemas, botones florales, flores, frutos y abscisión floral) por inflorescencia.
7	Profuso	La floración es abundante, con 20 o más flores (yemas, botones florales, flores, frutos y abscisión floral) por inflorescencia.

- d) **Largo de estolones “LE”**; El largo de los estolones se basó en la inspección de los mismos empleando una escala de 1 a 9; según la tabla recomendada por (De Haan et al., 2014).

**Tabla 16.** Escala de largo de estolones “LE”

Escala	Estado	Descripción
1	Muy corto	$X \leq 20$ cm largo.
3	Corto	$20 \text{ cm} < X \leq 40$ cm largo.
5	Intermedio	$40 \text{ cm} < X \leq 60$ cm largo.
7	Largo	$60 \text{ cm} < X \leq 80$ cm largo.
9	Muy largo	$X > 80$ cm largo.

- e) **Apariencia del tubérculo “AT”;** La apariencia del tubérculo se basó en la inspección de los mismos efectuándose usando una escala de 1 a 9; según lo recomendado por (De Haan et al., 2014).

**Tabla 17.** Escala de apariencia del tubérculo “AT”

Escala	Estado	Descripción
1	Muy pobre	Los tubérculos tienen un rendimiento muy bajo y están completamente deformados y de tamaño diferente.
3	Pobre	Los tubérculos tienen un rendimiento bajo y no son homogéneos ni en tamaño ni en forma.
5	Regular	Los tubérculos tienen buena forma y un rendimiento moderado, pero su tamaño no es homogéneo.
7	Bueno	Los tubérculos son muy productivos y homogéneos en tamaño y forma.
9	Muy bueno	Tubérculos de alta producción con tamaño homogéneo y forma decente.

- f) **Uniformidad del tubérculo “UT”;** Basándose en la inspección de los tubérculos cosechados utilizando una escala del 1 al 9, se realizó la evaluación de la uniformidad de tubérculos (De Haan et al., 2014), tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 18.** Escala de uniformidad de tubérculo “UT”

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
1	Muy heterogéneo	Están presentes todos los tamaños de tubérculos, desde los extremadamente diminutos hasta los enormes.
3	Heterogéneo	Hay tubérculos de todos los tamaños, pero predomina uno.
5	Intermedio	Sólo hay 2 ó 3 tamaños de tubérculos, aunque predomina uno.
7	Uniforme	Sólo hay 2 tamaños, aunque predomina uno.
9	Muy uniforme	Sólo hay un tamaño de tubérculo.

- g) **Tamaño del tubérculo “TT”;** Para dicha evaluación se consideró una escala de 1 a 9 (De Haan et al., 2014); tal como se exhibe a continuación:

**Tabla 19.** Escala de tamaño del tubérculo “TT”

<b>Escala</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
1	Muy pequeño	La mayoría de los tubérculos miden 2 cm o menos.
3	Pequeño	Los tubérculos pequeños miden de 2 a 4 cm.
5	Mediano	Los tubérculos medianos miden de 4 a 6 cm.
7	Largo	El tamaño de los tubérculos oscila entre 6 y 9 cm.
9	Muy largo	Los tubérculos miden más de 9 cm de diámetro.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DETERMINAR LOS CLONES DE PAPA TETRAPLOIDES CON ALTO CONTENIDO DE ZINC

**Tabla 20.** ANVA para el contenido de zinc en base seca (mg/kg) en tubérculos de papa.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	6.13	3.0671033	2.56	3.55	6.01	0.1051	NS
Tratamientos	9	178.64	19.8494404	16.57	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	21.57	1.198107					
TOTAL	29	206.345097						

C.V = 8.43% Prom. Gral = 12.99

**Fuente:** Elaboración propia

Observamos en la tabla 20, el análisis de varianza (ANVA), para el contenido de Zinc en base seca; demuestra que para el efecto bloque no existe diferencia estadística significativa, es decir, entre los bloques el contenido de zinc es similar, debido a la fertilidad del suelo, por otro lado, para el efecto de tratamientos es altamente significativo, confirmando que el contenido de zinc varía en cada genotipo de papa; con un coeficiente de variación de 8.43%, lo que indica que el trabajo de investigación fue adecuadamente conducido.

**Tabla 21.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el contenido de zinc en tubérculos de papa.

Tratamiento	Código de adhesión	N° de Repeticiones	Media (mg/kg)	Tukey Agrupamiento
T10	SERRANITA	3	16.66	a
T2	BIOT-721.245	3	16.46	a b
T1	BIOT-633.294	3	14.62	a b c
T5	BIOT-725.047	3	13.35	b c d
T3	BIOT-767.014	3	12.95	c d
T6	BIOT-637.001	3	12.83	c d
T8	BIOT-735.105	3	12.34	c d
T7	BIOT-725.024	3	11.68	c d
T4	BIOT-721.286	3	10.97	d e
T9	Yungay	3	7.99	e

**Fuente:** Elaboración propia





Se muestra en la tabla 21, la prueba de Tukey para el contenido de zinc en mg/kg de papa en base seca, respondiendo al primer objetivo del presente trabajo; obtuvieron el mayor contenido de Zinc; los clones BIOT-721.245, BIOT-633.294 y la variedad SERRANITA; siendo estadísticamente similares, con una media de 16.46, 14.92 y 16.66 mg/kg respectivamente; mientras que la variedad Yungay presentó el menor contenido de Zinc con 7.99 mg/kg; nuestros resultados son inferiores al reporte del (Centro Internacional de la Papa, 2021), donde los clones de papa que reportan 28mg/kg de zinc; esta variación se atribuye a las condiciones climáticas del altiplano y al tipo de pH del suelo; mientras que en el CIP, se evaluó en condiciones controladas de laboratorio; sin embargo, Quispe (2019), obtuvo resultados inferiores (13.09 mg/kg de contenido de zinc) en clones de papa; debido a las características del suelo en el Centro Experimental Salcedo. En cambio, el estudio realizado por García (2021), los clones de papa presentaron en promedio 44 mg/kg de Zn esto debido al mayor contenido de materia orgánica en el suelo del Centro Experimental Andenes del Cusco-INIA. Además, los resultados de Leiva (2021), son similares a los nuestros; con 16.71 mg/kg de Zinc correspondiente al clon BIOT 751.021, en condiciones climáticas del departamento de Cajamarca. A manera de conclusión, el contenido de Zinc en los clones estudiados en Camacani varían según el tipo de suelo, ya que los mismos tratamientos fueron evaluados en el Centro Experimental Illpa como señala Hanco (2023), donde el clon BIOT 633.294 resaltó con 18.99 mg/kg en base seca, cifra mayor a nuestros resultados, esto debido al tipo de suelo, que fue franco-arenoso, pH moderadamente ácido y alto contenido de fósforo, los cuales generalmente muestran deficiencias de zinc en los cultivos (Delgado, 2015).

## 4.2. EVALUAR EL COMPORTAMIENTO AGROMORFOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE LOS OCHO CLONES DE PAPA TETRAPLOIDES BIOFORTIFICADOS Y DOS VARIEDADES TESTIGOS.

### 4.2.1. Número de plantas cosechadas “NPC”

**Tabla 22.** Análisis de varianza para el número de plantas cosechadas/parcela

F. V	G. L	S.C	C.M	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloque	2	113.40	56.70	0.69	3.55	6.01	0.5157	NS
Tratamiento	9	1527.63	169.74	2.06	2.46	3.60	0.0922	**
Error	18	1485.27	82.51					
Total	29	3126.30						
C.V=8.68%		Prom. Gral. = 104.70 plantas						

Se aprecia en la tabla 22 el análisis de varianza (ANVA), para el número de plantas cosechadas/parcela; para el efecto de bloques, se muestra que no existe diferencia significativa, debido al manejo agronómico similar del cultivo, sin embargo, para el efecto de tratamientos resultó altamente significativo, a causa del genotipo de los clones, teniendo un coeficiente de variabilidad de 8.54%, lo que indica que el trabajo de investigación fue adecuadamente conducido.

**Tabla 23.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de plantas cosechadas/parcela.

Tratamiento	Código de adhesión	Nº de Repeticiones	Media (unid)	Tukey Agrupamiento
T3	BIOT-767.014	3	112.00	a
T5	BIOT-725.047	3	111.33	a
T1	BIOT-633.294	3	111.33	a
T4	BIOT-721.286	3	110.33	a
T9	Yungay	3	109.33	a
T7	BIOT-725.024	3	104.00	a
T8	BIOT-735.105	3	103.67	a
T2	BIOT-721.245	3	99.33	a
T6	BIOT-637.001	3	94.00	a
T10	SERRANITA	3	91.67	a

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 23, la prueba de Tukey para el número de plantas cosechadas/parcela; presentan una media estadísticamente similar en un rango de 91.67 a 112 de plantas cosechadas/parcela. Esto debido a que las condiciones climáticas de Puno no fueron las ideales en las diferentes etapas fenológicas de los clones en investigación, con un promedio de temperatura 9.34°C, como señala MINAGRI (2020), para el brotamiento se necesita de 15 a 22°C y para tuberización de 14 a 18 °C. Por otro lado, Hanco (2023), obtuvo entre 82.67 a 79 número de plantas cosechadas/parcela, esto debido a que la temperatura y precipitación en el Centro Experimental Illpa estuvieron por debajo de las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo.

#### 4.2.2. Número de tallos por planta “NTP”

**Tabla 24.** Análisis de varianza para el numero de tallos/planta

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	1.86667	0.93333	4.064516	3.55	6.01	0.0524	*
Tratamientos	9	11.36667	1.26296	5.5000	2.46	3.60	0.0022	**
Error	18	4.13333	0.22963					
TOTAL	29	17.36667						

C.V=12.88 %      Prom. Gral. = 3.72 plantas

Se observa en la tabla 24, el análisis de varianza (ANVA), para el número de tallos/planta; se demuestra que, para el efecto de bloques resultó estadísticamente significativo, debido a la gradiente de fertilidad del suelo, por otro lado, para el efecto de tratamientos el resultado estadístico fue altamente significativo, evidenciando que el número de tallos es proporcional al número de yemas de la semilla del clon. El coeficiente de varianza es de 12.88%.

**Tabla 25.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de tallos/planta

Tratamientos	Código de Adhesión	N° de Repetición	Media (cm)	Tukey Agrupamiento
T9	Yungay	3	5.00	a
T6	BIOT-637.001	3	4.67	a b
T5	BIOT-725.047	3	4.00	a b c
T8	BIOT-735.105	3	4.00	a b c
T3	BIOT-767.014	3	3.67	a b c
T1	BIOT-633.294	3	3.67	a b c
T10	SERRANITA	3	3.33	b c
T7	BIOT-725.024	3	3.33	b c
T2	BIOT-721.245	3	3.33	b c
T4	BIOT-721.286	3	3.00	c

**Fuente:** Elaboración propia

Se observa en la tabla 25, la prueba de Tukey para el número de tallos/planta; donde el T9-Yungay destaca estadísticamente, con una media de cinco tallos/planta; mientras que el T4-BIOT721.286 presentó el menor número con tres tallos/planta, esto debido al nivel de fertilización con Nitrato de Amonio y al número de yemas del tubérculo, que es proporcional al número de tallos/planta (Tirado, 2014); por otra parte Leiva (2021), reportó resultados similares a nuestro experimento, siendo ganador el clon BIOT-725.050 con seis tallos/planta y el mínimo fue de tres tallos/planta correspondiente al clon BIOT-721.163 en la región Cajamarca; de igual manera, Morales (2015), en su estudio observó cuatro a seis tallos/genotipo de papa, aludiendo que la preparación del suelo debe favorecer una rápida emergencia de tallos, mejor desarrollo de raíces y un drenaje adecuado; además con respecto al estudio de Oxa (2022), encontró que los genotipos, Qompis, Yungay, alcanzaron un promedio de 7.20 tallos/planta; en vista de que en su campo experimental tuvo una humedad relativa de 85.24%; cumpliendo con el requerimiento climático del cultivo, para humedad relativa mayor a 60% reportado por INIA (2012).

#### 4.2.3. Altura total de la planta “ATP”

**Tabla 26.** Análisis de varianza para la altura de la planta

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	48.16	24.08	0.32	3.55	6.01	0.73	NS
Tratamientos	9	3293.06	365.90	4.82	2.46	3.60	0.0022	**
Error	18	1367.02	75.95					
TOTAL	29	4708.24						
CV = 19.23%		Prom. Gral. = 45.31						

**Fuente:** Elaboración propia

El análisis de varianza de la tabla 26 para la altura de la planta; se evidencia que, en el efecto de bloque no existe diferencia significativa, debido a la fertilidad del suelo, no obstante, para el efecto de tratamientos, existe diferencia estadística altamente significativa, debido a la interacción del genotipo ambiente, además el coeficiente de varianza es de 19.23%, lo que indica que los datos evaluados son confiables.

**Tabla 27.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para la altura de la planta

Tratamientos	Código de Adhesión	N° de Repetición	Media (cm)	Tukey Agrupamiento
T9	Yungay	3	68.33	a
T10	SERRANITA	3	51.60	a b
T1	BIOT-633.294	3	50.87	a b
T5	BIOT-725.047	3	48.33	a b
T7	BIOT-725.024	3	47.70	a b
T4	BIOT-721.286	3	44.10	a b
T6	BIOT-637.001	3	41.07	b
T8	BIOT-735.105	3	37.13	b
T2	BIOT-721.245	3	36.43	b
T3	BIOT-767.014	3	27.50	b

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 27, podemos decir que en la prueba de Tukey, para la altura de planta destacó estadísticamente el T9-Yungay y T1-BIOT-633.294 con una altura promedio de 63 y 50.87 cm respectivamente; sin embargo; el T3 - BIOT-

767.014, tiene una altura promedio de 28cm, siendo este la media menor del experimento; nuestros datos de altura de planta fueron menores en comparación a Livisi (2017), quien realizó su investigación en el distrito de Paucarcolla -Puno, donde señala que obtuvo más altura el clon H6S163P1 con 67 cm; esto se debe principalmente a las características genotípicas en respuesta a las condiciones del medio ambiente Gómez (2018).

#### 4.2.4. Número de tubérculos comerciales por parcela “NTP”

**Tabla 28.** Análisis de varianza para el número de tubérculos comerciales/parcela

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	52695.27	26347.63	3.79	3.55	6.01	0.0424	*
Tratamientos	9	2359880.30	262208.92	37.68	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	125273.40	6959.63					
TOTAL	29	2537848.97						

CV = 13.40 %    Prom. Gral. = 622.37

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo al análisis de varianza de la tabla 28, para el número de tubérculos comerciales/parcela; en el efecto de bloques resultó estadísticamente significativo; lo que indica que existe diferente número de tubérculos comerciales, esto debido a la clasificación de tubérculos por peso y tamaño, así mismo, para el efecto de tratamientos, el resultado estadístico fue altamente significativo, ya que al menos un clon o variedad fue diferente, el coeficiente de varianza es 15.16% lo que indica que los datos evaluados son confiables.

**Tabla 29.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de tubérculos comerciales /parcela

Tratamiento	Código de Adhesión	N° de Repeticiones	Media (unid)	Tukey Agrupamiento
T9	Yungay	3	1170.33	a
T5	BIOT-725.047	3	927	a b
T7	BIOT-725.024	3	786.33	b c
T6	BIOT-637.001	3	707	b c d
T3	BIOT-767.014	3	677	c d
T4	BIOT-721.286	3	504.33	d e
T10	SERRANITA	3	491	d e
T1	BIOT-633.294	3	413.67	e
T8	BIOT-735.105	3	412	e
T2	BIOT-721.245	3	135	f

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 29, la prueba de Tukey para el número de tubérculos comerciales/parcela; los resultados muestran que el T9-Yungay; con 1170.33 tubérculos comerciales/parcela, le sigue el T5-BIOT-725.047 que es similar estadísticamente con 927 tubérculos comerciales/parcela; mientras que el T2-BIOT721.245, presenta el menor número con solo 135 tubérculos comerciales/parcela. Así mismo, en el estudio realizado por Hanco (2023), demuestra que el T10-Yungay y T8-767.014 presentaron el mayor número de tubérculos comerciales/parcela, esto debido a la selección y clasificación de tubérculos de papa durante la cosecha, ya que algunos presentaron problemas fitosanitarios, pudrición y daños mecánicos, considerando que para esta variable se seleccionaron tubérculos sanos y apropiados de buen tamaño y con un buen peso.

#### 4.2.5. Número de tubérculos no comerciales por parcela “NTNCP”

**Tabla 30.** Análisis de varianza para el número de tubérculos no comerciales/ parcela

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	448321.4	224160.7	7.62	3.55	6.01	0.004	*
Tratamientos	9	5164297.87	573810.874	19.51	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	529279.933	29404.441					
TOTAL	29	6141899.2						

CV = 25.01%      Prom. Gral. = 685.6

**Fuente:** Elaboración propia

Observamos en la tabla 30, el análisis de varianza (ANVA), para el número de tubérculos no comerciales/parcela; los resultados para el efecto de bloques resulta estadísticamente significativa, puesto que el terreno presento una leve inclinación; no obstante, los resultados para el efecto de tratamientos, la diferencia estadística fue altamente significativa, afirmando que el número de tubérculos no comerciales/parcela varía en cada genotipo de papa, debido a la clasificación de tubérculos, teniendo el coeficiente de variabilidad de 25.01%, lo que indica que la investigación fue confiable.

**Tabla 31.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de tubérculos no comerciales/parcela

Tratamiento	Código de Adhesión	Nº de Repeticiones	Media (Unid)	Tukey Agrupamiento
T5	BIOT-725.047	3	1771	a
T9	Yungay	3	888	b
T3	BIOT-767.014	3	865	b c
T1	BIOT-633.294	3	653.7	b c
T7	BIOT-725.024	3	628.3	b c
T8	BIOT-735.105	3	626.3	b c
T10	SERRANITA	3	487	b c
T6	BIOT-637.001	3	352.3	c
T4	BIOT-721.286	3	326	c
T2	BIOT-721.245	3	258.3	c

**Fuente:** Elaboración propia



En cuanto a la prueba de Tukey según la tabla 31, para el número de tubérculos no comerciales/parcela; resaltó con mayor cantidad el T5-BIOT725.047 con 1771 tubérculos, por otro lado, el T2-BIOT-721.245, presenta el menor número de tubérculos no comerciales/parcela, con 258 tubérculos; según De Haan, y otros (2014), manifiesta que se debe contabilizar el número de tubérculos no comerciales con pesos menores a 80 g o con medidas menores a 30 mm de diámetro, concluimos que los clones evaluados de nuestro experimento producen un buen número de tubérculos, sin embargo los tubérculos de los clones pesaron menos de 80g, Por otro lado, Hanco (2023), manifiesta que los clones con mayor número de tubérculos no comerciales/parcela fueron el BIOT-767.014, BIOT-725.047 con media de 2058.70 y 1996.30 respectivamente, esto debido al material genético del clon, selección y clasificación de tubérculos, problemas fitosanitarios, daños mecánicos y la pudrición por exceso de humedad.

#### 4.2.6. Peso de tubérculos comerciales por parcela “PTPP”

**Tabla 32.** Análisis de varianza para el peso de tubérculos comerciales/parcela.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	86.96198	43.48099	0.86	3.55	6.01	0.441	NS
Tratamientos	9	17588.1166	1954.23518	38.52	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	913.11082	50.72838					
TOTAL	29	18588.1894						

CV = 15.08 %      Prom. Gral. = 47.22

**Fuente:** Elaboración propia

Se muestra en la tabla 32, el análisis de varianza (ANVA), en el peso de tubérculos comerciales/parcela; los resultados para el efecto de bloques; no existe diferencia significativa, debido a la similar gradiente de fertilidad del suelo, por otro lado, para el efecto de tratamientos el resultado estadístico fue altamente significativo,

esto debido a que a que el peso de tubérculos comerciales varía en cada genotipo de papa; teniendo un coeficiente de varianza de 15.08%, esto indica que los datos evaluados son confiables.

**Tabla 33.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso de tubérculos comerciales/parcela

Tratamiento	Código de Adhesión	N° de Repeticiones	Media (kg/parcela)	Tukey Agrupamiento
T9	Yungay	3	81.00	a
T7	BIOT-725.024	3	61.89	b
T5	BIOT-725.047	3	54.99	b c
T10	SERRANITA	3	54.29	b c
T6	BIOT-637.001	3	48.30	b c
T3	BIOT-767.014	3	46.44	b c
T1	BIOT-633.294	3	38.56	c d
T4	BIOT-721.286	3	37.13	c d
T8	BIOT-735.105	3	22.39	d e
T2	BIOT-721.245	3	5.92	d e

**Fuente:** Elaboración propia

En la prueba de Tukey, según la tabla 33, para el peso de tubérculos comerciales/parcela; se observa que el T9–Yungay destaca estadísticamente por tener el mayor peso de tubérculos comerciales/parcela con un promedio de 61kg; mientras que, el T2-BIOT-721.245 presentan una media estadísticamente diferente a los demás; teniendo el menor peso de tubérculos comerciales/ parcela con una media de 5.92kg, cabe resaltar que, el peso del tubérculo se relaciona con la densidad de siembra, ya que altas densidades de siembra resultan en altas densidades de tallos que producen mayor número de tubérculos de menor tamaño y peso CIP (2011); así mismo, Ortega (2014), encontró un mayor peso de papas para las variedades nativas (variedad Superchola); con 34 tubérculos comerciales/planta; debido a que ya se encuentran adaptadas a la sierra ecuatoriana; del mismo modo, Oxa (2022), señala que la variedad comercial Yungay superó a los demás genotipos en cuanto al peso de tubérculos

comerciales/parcela; el clon BIOT-609.247 y la variedad comercial Qompis también produjeron una media de 37,91, 33,14 y 31,24 kg de tubérculos comerciales/parcela, respectivamente, estos rendimientos de clones son diferentes a nuestro resultado debido a la interacción genotipo ambiente; ya que existe un amplio rango de ambientes climáticos y edáficos en los que se cultivan, pueden provocar respuestas diferenciales del comportamiento de los genotipos en los diferentes ambientes según Abbott y Pistorale (2011).

#### 4.2.7. Peso de tubérculos no comerciales por parcela “PTNPP”

**Tabla 34.** Análisis de varianza para el peso de tubérculos no comerciales/parcela

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	173.339087	86.669543	4.99	3.55	6.01	0.0189	*
Tratamientos	9	1628.88233	180.986926	10.42	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	312.591047	17.366169					
TOTAL	29	2114.81247						

CV = 26.07% Prom. Gral. = 11.55

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 34, el análisis de varianza (ANVA), para el peso de tubérculos no comerciales/parcela; los resultados para el efecto de bloques fueron estadísticamente significativos, esto debido a que el terreno presento una leve pendiente, por otro lado, para el efecto de tratamientos, el resultado estadístico fue altamente significativo, esto relacionado a la selección y clasificación de los tubérculos, teniendo un coeficiente de varianza de 26.07%, lo que indica que es confiable.

**Tabla 35.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso de tubérculos no comerciales/parcela

Tratamiento	Código de Adhesión	Nº de Repeticiones	Media (kg/parcela)	Tukey Agrupamiento
T5	BIOT-725.047	3	28.30	a
T9	Yungay	3	20.31	a b
T7	BIOT-725.024	3	14.89	b c
T3	BIOT-767.014	3	11.67	b c

T1	BIOT-633.294	3	11.01	c
T10	SERRANITA	3	7.417	c
T8	BIOT-735.105	3	7.227	c
T6	BIOT-637.001	3	6.303	c
T4	BIOT-721.286	3	5.417	c
T2	BIOT-721.245	3	2.99	c

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 35, la prueba de Tukey para el peso de tubérculos no comerciales/parcela; destaca estadísticamente el T5-BIOT-725.047, con un promedio de 28kg/parcela, mientras que el T4-BIOT-721.286, T2-BIOT-721.245 presentan un menor peso de tubérculos no comerciales con 5.42 y 2.99kg/parcela respectivamente. Esto es influenciado por la densidad de siembra y tamaño del tubérculo-semilla. Por otro lado, Hanco (2023), menciona que el BIOT-767.014 y BIOT-725.047 tuvo mayor peso de tubérculos con 32.99 y 23.98 kg/parcela, respectivamente, estos resultados son similares a los nuestros debido a que en ambos experimentos la densidad de siembra y las condiciones climáticas fueron análogos; ya que en la etapa de tuberización la temperatura en el Centro Experimental Illpa fue de 10.13 °C.

#### 4.2.8. Número total de tubérculos por parcela “NTTP”

**Tabla 36.** Análisis de varianza para el número total de tubérculos/parcela

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	202975.27	101487.63	4.02	3.55	6.01	0.0359	*
Tratamientos	9	11831278.8	1314586.53	52.13	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	453903.4	25216.86					
TOTAL	29	12488157.5						

CV = 11.86 %      Prom. Gral. = 158.80

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 36, los resultados del análisis de varianza (ANVA), para el número total de tubérculos/parcela; indica que para el efecto de bloques resulta

una diferencia estadísticamente significativa; a causa de que el terreno presentó ligera inclinación, por otro lado, los resultados para efecto de tratamientos fueron altamente significativos, aduciendo que el número total de tubérculos por parcela varía en cada genotipo de papa. El coeficiente de varianza de 11.86%.

**Tabla 37.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número total de tubérculos/parcela

Tratamientos	Código de Adhesión	N° de Repeticiones	Media (Unid)	Tukey Agrupamiento
T5	BIOT-725.047	3	2728.3	a
T9	Yungay	3	2087.3	b
T3	BIOT-767.014	3	1614.7	c
T7	BIOT-725.024	3	1427.7	c d
T1	BIOT-633.294	3	1116.3	d e
T6	BIOT-637.001	3	1078.7	d e
T8	BIOT-735.105	3	1045	d e
T10	SERRANITA	3	985	d e
T4	BIOT-721.286	3	868.3	e
T2	BIOT-721.245	3	434	f

**Fuente:** Elaboración propia

Se muestra en la tabla 37, la prueba de Tukey para el número total de tubérculos/parcela; destaca estadísticamente el T5-BIOT725.047 con un promedio de 2,728 tubérculos; mientras que el T2-BIOT-721.245 con una media de 434 tubérculos/parcela. Según Oxa (2022), encontró un rango de 2.67 a 1129.33 total de papas/parcela; en condiciones de la sierra de Cusco; sus resultados no se asemejan a los nuestros, a razón de que la fertilización y condiciones ambientales fueron diferentes. Por otro lado, Hanco (2023), obtuvo un resultado similar, teniendo el mayor número de tubérculos/parcela los clones BIOT-767.014 y BIOT-725.047 con una media de 3066.70 y 2527 tubérculos/parcela respectivamente, esto debido a que la densidad de siembra y fertilización fueron similares a nuestro experimento.

#### 4.2.9. Peso total de tubérculos por parcela “PTTP”

**Tabla 38.** Análisis de varianza para el peso total de tubérculos/parcela

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	79.02242	39.51121	1.03	3.55	6.01	0.377	NS
Tratamientos	9	26325.1693	2925.01881	76.28	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	690.20345	38.34464					
TOTAL	29	27094.3952						

CV = 10.22%      Prom. Gral. = 60.6

**Fuente:** Elaboración propia

Los resultados de la tabla 38, el análisis de varianza (ANVA), para el peso total de tubérculos/parcela; en el efecto de bloques no hay diferencia estadística significativa, debido a la selección y clasificación de tubérculos, de similar forma; con respecto al efecto de tratamientos, el análisis estadístico fue altamente significativo, ratificando que el peso total de tubérculos/parcela varía en cada genotipo de papa, el coeficiente de varianza de 10.22%, lo que indica el trabajo experimental fue confiable.

**Tabla 39.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el peso total de tubérculos/parcela

Tratamientos	Código de Adhesión	N° de Repeticiones	Media (kg/parcela)	Tukey Agrupamiento
T9	Yungay	3	124.53	a
T5	BIOT-725.047	3	85.14	b
T7	BIOT-725.024	3	77.48	b c
T10	SERRANITA	3	62.34	c d
T3	BIOT-767.014	3	61.76	c d
T6	BIOT-637.001	3	56.08	d
T1	BIOT-633.294	3	53.65	d
T4	BIOT-721.286	3	44.77	d e
T8	BIOT-735.105	3	30.16	e
T2	BIOT-721.245	3	10.10	f

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 39, la prueba de Tukey para el peso total de tubérculos/parcela; reveló que el T9-Yungay y T5-BIOT-725.047 destacaron con

una media estadística de 124.53 y 85.14kg/parcela, mientras que el T2-BIOT-721.245 obtuvo el menor peso con 10kg/parcela; por otra parte, Hanco (2023), señala que la variedad Yungay y el BIOT-767.014 resultaron con 128.07 y 76.70 Kg/parcela, obtuvieron mayor peso de tubérculos, siendo diferente a nuestros resultados; Tirado (2014), manifiesta que los clones debido a su constitución genética varían entre las localidades y también influye las condiciones climáticas que difieren año tras año. Así mismo, Morales (2015), encontró que las variedades nativas (Victoria, Friepapa, Natividad, estela y superchola); presentan mejores pesos de papa; en comparación a los clones de papa.

#### 4.2.10. Determinación del rendimiento del cultivo de papa

**Tabla 40.** Análisis de varianza para el rendimiento de tubérculo de papa/parcela

Fuente	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	7.51946	3.75973	1.03	3.55	6.01	0.3774	NS
Tratamientos	9	2507.86699	278.651887	76.27	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	65.766273	3.653682					
TOTAL	29	2581.15272						

C.V = 10.22 %      Prom. Gral. = 18.70

**Fuente:** Elaboración propia

Según el análisis de varianza que se muestra en la tabla 40, para el rendimiento del cultivo de papa; se interpreta que para el efecto de bloques el resultado estadístico fue no significativo, puesto que se realizó similar manejo y conducción del experimento, sin embargo, para el efecto de tratamientos el resultado estadístico fue altamente significativo, debido al número y peso de tubérculos, con CV de 10.22% en condiciones a campo abierto.

**Tabla 41.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el rendimiento de tubérculo de papa/parcela

Tratamientos	Código de Adhesión	N° de Repetición	Media (tn/ha)	Tukey Agrupamiento
T9	Yungay	3	38.437	a
T5	BIOT-725.047	3	26.277	b
T7	BIOT-725.024	3	23.917	b c
T10	SERRANITA	3	19.237	c d
T3	BIOT-767.014	3	19.063	c d
T6	BIOT-637.001	3	17.307	d
T1	BIOT-633.294	3	16.56	d
T4	BIOT-721.286	3	13.817	d e
T8	BIOT-735.105	3	9.31	e
T2	BIOT-721.245	3	3.117	f

**Fuente:** Elaboración propia

Según la tabla 41, la prueba de Tukey, para el rendimiento de los clones de papa; indicando que el T9-Yungay y el T5-BIOT-725.047 resaltan estadísticamente con 38.437 y 26.277 tn/ha respectivamente, sin embargo, el T2 - BIOT-721.245 presenta una media de 3.117tn/ha; las variables que intervienen en el rendimiento son el comportamiento agromorfológico, el número de tallos y la masa foliar, estos son proporcionales al número y peso de tubérculos según Solano (2018), así mismo, Leiva (2021), indica que el clon BIOT-751.025 obtuvo un rendimiento de 49.5 tn/ha, mientras que la variedad Yungay presenta un máximo rendimiento con 59.7 t/ha; siendo esta cifra mucho mayor a nuestros resultados, ante ello se puede inferir que la variedad Yungay supera en rendimiento a los clones biofortificados de papa en distintas condiciones climáticas y texturas de suelo; por otro lado, Quispe (2019), indica que las variedades que tienen un buen comportamiento agromorfológico son las papas nativas Andina e Imilla, las cuales presentaron rendimiento promedio de 25.54 y 19.31 t/ha; mientras que Collanqui (2019), los clones 508110.02B y 509130.20, tuvieron la mayor tasa de emergencia



de plántulas (98,75%); por lo cual, obtuvieron rendimientos agronómicos medios de 616,98, 587,96 g/planta, respectivamente.

#### 4.3. IDENTIFICAR LOS CLONES DE PAPA TETRAPLOIDES BIOFORTIFICADOS CON MEJOR COMPORTAMIENTO EN LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ALTIPLANO DE PUNO.

##### 4.3.1. Número de plantas emergidas por parcela experimental “NPE”

Se muestra en la tabla 42, el análisis de varianza (ANVA), para el número de plantas emergidas/parcela; para el efecto de bloques no existe una diferencia estadística significativa, indicando que el número de plantas emergidas no varía considerablemente en cada genotipo de papa, ya que se realizó el manejo y conducción del experimento de forma similar. El coeficiente de varianza es 8.54%, lo que indica que la estimación es estadísticamente confiable.

**Tabla 42.** Análisis de varianza para el número de plantas emergidas/parcela

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F- Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloques	2	113.40	56.70	0.69	3.55	6.01	0.52	NS
Tratamientos	9	1527.63	169.74	2.06	2.46	3.60	0.09	NS
Error	18	1485.27	82.51					
TOTAL	29	3126.30						

C.V = 8.68 %      Prom. Gral. = 104.70

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 43.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para el número de plantas emergidas/parcela

Tratamiento	Código de Adhesión	N° de Repetición	Media (unid)	Tukey Agrupamiento
8	BIOT-735.105	3	112.00	a
1	BIOT-633.294	3	111.33	a
6	BIOT-637.001	3	111.33	a
4	BIOT-721.286	3	110.33	a
10	BIOT-725.047	3	109.33	a
5	Yungay	3	104.00	a
7	BIOT-725.024	3	103.67	a

Tratamiento	Código de Adhesión	N° de Repetición	Media (unid)	Tukey Agrupamiento
3	BIOT-767.014	3	99.33	a
2	BIOT-721.245	3	94.00	a
9	SERRANITA	3	91.67	a

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 43 se observa la prueba de Tukey, para el número de plantas emergidas/parcela; indica que los ocho clones de papa y las dos variedades testigo; presentan una media estadísticamente similar entre 91.67 a 112.00 plantas emergidas/parcela; nuestros resultados son similares a Hanco (2023), debido a que el material genético fue similar y también las condiciones climáticas.

#### 4.3.2. Habito de crecimiento de la planta “PGH”

**Tabla 44.** Habito de crecimiento de la planta

Tratamientos	Escala	Estado
T1 - BIOT-633.294	2	semi-erecto
T6 - BIOT-637.001	2	semi-erecto
T2 - BIOT-721.245	3	decumbente
T4 - BIOT-721.286	2	semi-erecto
T7 - BIOT-725.024	3	decumbente
T5 - BIOT-725.047	3	decumbente
T8 - BIOT-735.105	3	decumbente
T3 - BIOT-767.014	3	decumbente
T10 - Serranita	2	semi-erecto
T9 - Yungay	2	semi-erecto

**Fuente:** Elaboración propia

Se observa en la tabla 44, el habito de crecimiento de la planta, donde los clones T1 - BIOT-633.294, T6 - BIOT-637.294, T1 - BIOT-721.286, T10 – Serranita y T9 – Yungay, son semi-erecto con la escala 2, sus tallos tienen más o menos crecimiento vertical, pero algunos tallos secundarios se abren un poco y el ángulo de inserción es de entre el raquis de las hojas y el tallo principal es más abierto, alrededor de 45°; sin embargo, los T7 - BIOT-725.024, T7 - BIOT-

725.047, T8 - BIOT-735.105 y T3 - BIOT-767.014, están en la escala 3, con tallos mas abiertos, algunos tallos secundarios son abiertos al punto de alcanzar el suelo. De ese punto los tallos tienen a recuperar el crecimiento vertical. El angulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal abierto, entre 60 a 90°. Estas plantas cubren el suelo muy bien y tienden la mayor parte de sus hojas expuestas a los rayos solares (De Haan et al., 2014).

### 4.3.3. Uniformidad de la planta “UP”

**Tabla 45.** Uniformidad de la planta

Tratamientos	Escala	Estado
T1 - BIOT-633.294	7	uniforme
T2 - BIOT-721.245	3	heterogéneo
T3 - BIOT-767.014	5	intermedio
T4 - BIOT-721.286	5	intermedio
T5 - BIOT-725.047	7	uniforme
T6 - BIOT-637.001	3	heterogéneo
T7 - BIOT-725.024	7	uniforme
T8 - BIOT-735.105	5	intermedio
T9 - Yungay	9	Muy uniforme
T10 - Serranita	7	uniforme

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 45, se aprecia la uniformidad de la planta/parcela; indicando que el T9-Yungay; presentó la mayor uniformidad con escala 9 la cual es considerada muy uniforme; donde el 100% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento homogéneo; mientras que el T2-BIOT-721.245, presentó la menor uniformidad de escala 3 la cual es considerada como una uniformidad heterogénea; donde el 75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento heterogéneo, tales datos afirman el buen comportamiento de los clones de papa a las condiciones climáticas del altiplano de Puno; por lo cual podemos inferir que la uniformidad de planta es afectado por las condiciones

medioambientales y del suelo; similar a nuestro experimento Oxa (2022), encontró que las variedades Qompis, Yungay y Serranita exhiben una mejor uniformidad de la papa, con 75% a 100% de plantas con la misma altura y buen vigor; 16 clones biofortificados y la variedad control Canchan, por otro lado, se encuentran en el último grupo, con un grado de uniformidad de planta de 5 a 3, lo que significa que las plantas exhiben un vigor y altura de planta de intermedios a heterogéneos (De Haan et al., 2014).

#### 4.3.4. Vigor de la planta “VP”

**Tabla 46.** Vigor de la planta

Tratamientos	Escala	Estado
T1 - BIOT-633.294	7	Vigoroso
T2 - BIOT-721.245	5	Intermedio
T3 - BIOT-767.014	5	Intermedio
T4 - BIOT-721.286	5	Intermedio
T5 - BIOT-725.047	5	Intermedio
T6 - BIOT-637.001	5	Intermedio
T7 - BIOT-725.024	5	Intermedio
T8 - BIOT-735.105	5	Intermedio
T9 - Yungay	7	Vigoroso
T10 - Serranita	7	Vigoroso

**Fuente:** Elaboración propia

Se muestra en la tabla 46 el vigor de la planta/parcela; indicando que el T1 - BIOT-633.294, T9-Yungay y T10 - Serranita; presentaron la mayor vigorosidad de la planta de escala 7, la cual es considerada como un vigor de la planta intermedio o normal; mientras que los demás tratamientos presentaron un vigor de la planta de escala 5 caracterizada como un vigor débil donde el 75% de las plantas son pequeñas (< 20 cm) o todas las plantas son entre 20 y 30 cm, y tienen pocas hojas, tallos muy delgados y/o color verde claro; por otro lado, Ortega (2014), señaló que los genotipos 98-2-6, 98-38-12, INIAP-Natividad, INIAP-

Victoria y Superchola; principalmente variedades nativas lograron una buena vigorosidad; mientras que los clones 97-25-3, 07-46-8, 07-40-1, 07-32-15, 07-28-2, 07-24-18, lograron una menor vigorosidad; también Oxa (2022), encontró que la variedad Qompis, Yungay y serranita presentan un mayor vigor al 75-100% con 50-70 cm de altura y tienen tallos sanos, follaje exuberante y hojas formadas; Con alturas de 20 a 30 cm, pocas hojas y tallos extremadamente delgados, los 11 clones biofortificados y la variedad comercial Canchan entran en la categoría intermedia de vigor de planta. Estas plantas presentan un vigor intermedio (normal) y débil. (De Haan et al., 2014).

**Tabla 47.** Grado de floración de la planta

<b>Tratamientos</b>	<b>Escala</b>	<b>Estado</b>
T1 - BIOT-633.294	5	Moderado
T2 - BIOT-721.245	5	Moderado
T3 - BIOT-767.014	5	Moderado
T4 - BIOT-721.286	5	Moderado
T5 - BIOT-725.047	7	Profuso
T6 - BIOT-637.001	5	Moderado
T7 - BIOT-725.024	5	Moderado
T8 - BIOT-735.105	3	Poco
T9 - Yungay	5	Moderado
T10 - Serranita	5	Moderado

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 47, se aprecia el grado de floración de la planta por parcela experimental; indicando que el T5 - BIOT-725.047; presenta el mayor grado de floración de escala 7 la cual es considerada grado de floración profuso con 20 o más flores (botones florales, flores, frutos y abscisiones de flores) por inflorescencia; mientras que el T8 - BIOT-735.105; presento un menor grado de floración de escala 3 donde la floración es escasa con presencia de 2 o 3 flores (botones, botones florales, flores, frutas y abscisión de flores) por inflorescencia,

cabe mencionar que, en el altiplano puneño, en los últimos años las precipitaciones pluviales y las temperaturas son inestables debido al cambio climático, siendo así que en el mes de febrero (mes de floración) hubo presencia de granizadas, lo que afectó el normal desarrollo en la fase de floración del cultivo. Cabe recalcar que en el altiplano puneño las precipitaciones y las temperaturas han fluctuado últimamente como consecuencia del cambio climático, y en febrero (el mes de la floración del cultivo) hubo granizadas que interfirieron en el crecimiento habitual de la fase de floración del cultivo INIA (2012); además, en el estudio realizado por Ortega (2014), señala que los genotipos 98-2-6, 98-38-12, INIAP-Natividad, INIAP-Victoria y Superchola; principalmente variedades nativas lograron una buena floración; mientras que los clones 97-25-3, 07-46-8, 07-40-1, 07-32-15, 07-28-2, 07-24-18, lograron una menor floración; siendo concordante con la vigorosidad.

#### 4.3.5. Largo de estolones “LE”

**Tabla 48.** Largo de estolones de la planta

Tratamientos	Escala	Estado
T1 - BIOT-633.294	1	muy corto
T2 - BIOT-721.245	3	corto
T3 - BIOT-767.014	3	corto
T4 - BIOT-721.286	1	muy corto
T5 - BIOT-725.047	5	intermedio
T6 - BIOT-637.001	1	muy corto
T7 - BIOT-725.024	3	corto
T8 - BIOT-735.105	1	muy corto
T9 - Yungay	3	corto
T10 - Serranita	1	muy corto

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 48, se aprecia el largo de estolones por parcela experimental; indicando que el T5 - BIOT-725.047; presenta el mayor largo de estolones de

escala 5 la cual es considerada con una longitud entre  $40 \text{ cm} < X \leq 60 \text{ cm}$  largo; mientras que el T1- BIOT-633.294, T4 - BIOT-721.286), T6 - BIOT-637.001, T8 - BIOT-735.105 y T10 – SERRANITA, presentan un menor largo de estolones de escala 1 caracterizada como muy corto donde la longitud es de  $\leq a 20 \text{ cm}$  de largo; en cambio, Oxa (2022), encontró que 5 clones biofortificados y la variedad comercial Yungay presentaron grados de longitud de estolones de 3, 5 y 7, estas longitudes fueron de 40 cm, 60 cm y 80 cm, respectivamente, además infiere que los tubérculos más grandes son los que se encuentran en la parte más baja.

#### 4.3.6. Apariencia del tubérculo “AT”

**Tabla 49.** Apariencia del tubérculo

Tratamientos	Escala	Estado
T1 - BIOT-633.294	5	Regular
T2 - BIOT-721.245	3	Pobre
T3 - BIOT-767.014	7	Bueno
T4 - BIOT-721.286	5	Regular
T5 - BIOT-725.047	5	Regular
T6 - BIOT-637.001	5	Regular
T7 - BIOT-725.024	5	Regular
T8 - BIOT-735.105	5	Regular
T9 - Yungay	7	Bueno
T10 - Serranita	7	Bueno

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 49, se aprecia la apariencia del tubérculo /parcela experimental; indicando que el clon T3 - BIOT-767.014, T9 y las variedades testigo T9-YUNGAY y T10–SERRANITA, presentan una mejor apariencia del tubérculo de escala 7, donde los tubérculos muestran buena forma y tamaño uniforme; sin embargo el T2 - BIOT-721.245 se encuentra en escala 3; caracterizada como tubérculo de rendimiento intermedio, con buena forma, pero el tamaño de tubérculo a nivel de parcela es heterogéneo; por otra parte Oxa (2022), en su

estudio concluye que las variedades Qompis, Yungay, Serranita y Canchan tienen tubérculos en estado regular o bueno, con calificaciones de 5 y 7 sobre aspecto del tubérculo, rendimientos intermedios a buenos y tubérculos de todos los tamaños; además diez clones biofortificados, se encuentran en el último grupo y tienen una calificación de apariencia de tubérculos de 3, con tubérculos deformes, bajo rendimiento y tamaño desuniforme. (De Haan et al., 2014).

#### 4.3.7. Uniformidad del tubérculo “UT”

**Tabla 50.** Uniformidad del tubérculo

Tratamientos	Escala	Estado
T1 - BIOT-633.294	5	Intermedio
T2 - BIOT-721.245	5	Intermedio
T3 - BIOT-767.014	5	Intermedio
T4 - BIOT-721.286	5	Intermedio
T5 - BIOT-725.047	7	Uniforme
T6 - BIOT-637.001	5	Intermedio
T7 - BIOT-725.024	5	Intermedio
T8 - BIOT-735.105	5	Intermedio
T9 - Yungay	7	Uniforme
T10 - Serranita	5	Intermedio

**Fuente:** Elaboración propia

. Se aprecia en la tabla 50, la uniformidad del tubérculo/parcela experimental; indicando que el T5-BIOT-725.047 y T10-SERRANITA; presentan mayor uniformidad del tubérculo con escala 7, la cual es considerada como uniforme donde solo 2 tamaños están presentes con un tamaño predominante, mientras que los demás tratamientos presentaron una menor uniformidad del tubérculo con escala 5; caracterizada como uniformidad intermedia donde solo hay 2 ó 3 tamaños de tubérculo, pero existe un tamaño predominante; así mismo, Oxa (2022), indicó que las variedades Qompis, Yungay, Serranita y Canchan presentan uniformidad de tubérculos de 5 y 7, es decir, en condiciones adecuadas



y normales, con tubérculos homogéneos de rendimiento medio-alto y diámetros uniformes, además 10 clones biofortificados se encuentran en el último grupo y presentan un grado de tubérculos de 3, lo que indica que están en malas condiciones, con tubérculos malformados, de bajo rendimiento (De Haan et al., 2014).

#### 4.3.8. Tamaño del tubérculo “TT”

**Tabla 51.** Tamaño del tubérculo

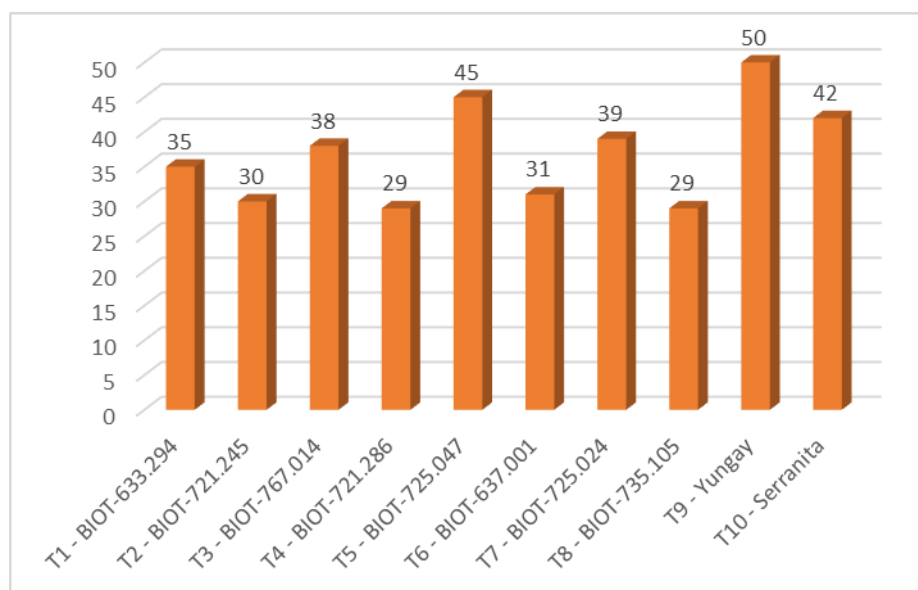
Tratamientos	Escala	Estado
T1 - BIOT-633.294	5	Mediano
T2 - BIOT-721.245	5	Mediano
T3 - BIOT-767.014	5	Mediano
T4 - BIOT-721.286	3	Pequeño
T5 - BIOT-725.047	7	Largo
T6 - BIOT-637.001	5	Mediano
T7 - BIOT-725.024	7	Largo
T8 - BIOT-735.105	3	Pequeño
T9 - Yungay	9	Muy largo
T10 - Serranita	7	Largo

**Fuente:** Elaboración propia

En la tabla 51, se aprecia el tamaño del tubérculo por parcela experimental; donde resalta el T9-YUNGAY, debido a que presenta un mayor tamaño del tubérculo con escala 9 donde los tubérculos tienen más de 9 cm; seguido del T5 - BIOT-725.047 que se encuentra en la escala 7, con tubérculos grandes de 6 a 9 cm; mientras que la menor escala 3 lo obtuvo el T8 - BIOT-735.105; con un tamaño del tubérculo pequeño, entre 2 a 4 cm; al respecto, la FAO (2007), señala que los productores de patatas se enfrentan cada vez más a problemas abióticos, además de los retos habituales causados por plagas y enfermedades. Tanto los agricultores como los científicos señalan el elevado estrés hídrico, la alteración de la intensidad y distribución de las precipitaciones, las tormentas de granizo, las

heladas más frecuentes y las nevadas en zonas elevadas. Los cuales están directamente relacionados en cuanto al tamaño de tubérculo, debido a que durante la campaña agrícola se presentaron presencia de heladas y granizadas, por ende, generando en la mayoría de los clones presenten tubérculos medianos y pequeños, lo que afecta al rendimiento (CIP, 2014).

### Clones de papa con mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno



**Figura 13.** Clones con mejor comportamiento a las condiciones climáticas de Puno.

**Fuente:** Elaboración propia

Se observa en la figura 13, que los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024 presentan un mejor comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno, esto fue evaluado de acuerdo a la guía “Metodologías de Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa”, propuesto por el Centro Internacional de la Papa, respecto a los requerimientos de clima según el INIA (2012), recomienda que la temperatura óptima para brotamiento oscila entre



los 15 a 22°C y para tuberización de 14 a 18°C, para precipitación el requerimiento del cultivo es de 600 a 800 mm por campaña agrícola, y la humedad relativa más del 60%, por lo cual concluimos que en el Centro Experimental Camacani en la campaña agrícola 2020 – 2021, la temperatura estuvo en un rango de 4.2 a 10.5°C, por otro lado, las precipitaciones en los meses de noviembre y diciembre fueron menores a comparación del mes de enero, afectando en la germinación y emergencia de los clones, además, durante el desarrollo del cultivo de clones se presentaron heladas y granizadas, dañando el área foliar, pese a todo ello los clones llegaron a tener altos contenidos de zinc, favorables características agromorfológicas y presentar buen comportamiento a las condiciones climáticas del altiplano de Puno.



## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que los clones con mayor contenido de Zinc fueron el BIOT-721.245 y BIOT-633.294 con 16.46 y 14.62mg/kg de papa en base seca, así mismo, la variedad Serranita presentó alto contenido de Zinc, con 16,66 mg/kg de papa en base seca.
- Respecto al comportamiento agromorfológico se concluye que el T9-Yungay y el BIOT-725.047; presentan un mejor comportamiento agromorfológico, debido al número de tallos, altura de la planta, número y peso de tubérculos comerciales, además el que presenta también un mejor rendimiento es la variedad Yungay y el BIOT-725.047 con 38.437 y 26.27 tn/ha; siendo concordante al comportamiento agromorfológico.
- Los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024 presentaron mejor comportamiento en las condiciones climáticas del altiplano de Puno, por presentar adecuada uniformidad de la planta, vigorosidad, grado de floración, longitud de estolones, tamaño y uniformidad del tubérculo.



## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar más trabajos de investigación con los clones BIOT-721.245 y BIOT-633.294, ya que presentaron mayor contenido de Zinc, y tomar en consideración para siembra la variedad Serranita en el altiplano de Puno, ya que tiene alto contenido de Zinc, y esto ayudará a combatir la desnutrición infantil y fortalecerá el sistema inmune en niños y mujeres en edad fértil.
- Se recomienda seguir investigando sobre el comportamiento agromorfológico de los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024, en vista de que tuvieron mayor productividad y con características agro morfológicas ideales frente a los demás tratamientos.
- Se recomienda seguir investigando los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024, debido a que presentaron buen comportamiento a las condiciones climáticas de Puno.
- Se recomienda comparar el clon BIOT-725.047 frente a las variedades imilla negra y huayro, ya que el clon presento mejor comportamiento agromorfológico y al rendimiento.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, L., & Pistorale, S. (2011). *Análisis de la estabilidad y adaptabilidad de caracteres de interés agronómico en genotipos selectos de cebadilla criolla ( Bromus Catharticus)*. Buenos Aires: Revista AgriScientia. Obtenido de <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v28.n2.2788>
- Asqui, C. (2018). *Efecto de encalado en la producción de papa (Solanum tuberosum L.) Var. Imilla Negra en un suelo ácido del CIP. Camacani - Puno. Tesis de pre - grado*. Puno: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Mexico: Grupo Editorial Patria. Obtenido de [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)
- Cahuapaza, Y. H. (2023). *Comparativo de ocho clones de papa*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Chavez, P. (2008). *La Papa Tesoro de los Andes*. Quito: Organización de las Naciones Unidas.
- CIP. (2014). *Metodologías de Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa*. Centro Internacional de la Papa.
- CIP. (2019). *Papas biofortificadas para ayudar a reducir niveles de anemia en los Andes*. Centro Internacional de la Papa, 1 - 2.



- CIP. (2019). Papas biofortificadas para ayudar a reducir niveles de anemia en los Andes. *Centro Internacional de la Papa*. Obtenido de [https://cipotato.org/es/cip\\_projects/papas-biofortificadas-reducir-nivelesanemia-andes/#:~:text=La%20papa%20es%20un%20alimento,la%20poblaci%C3%B3n%20en%20estas%20zonas](https://cipotato.org/es/cip_projects/papas-biofortificadas-reducir-nivelesanemia-andes/#:~:text=La%20papa%20es%20un%20alimento,la%20poblaci%C3%B3n%20en%20estas%20zonas).
- CIP. (2021). *Potenciales nuevas variedades de papa biofortificada con altos contenidos de hierro y zinc, para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional en agricultura familiar alto andina*. Centro Internacional de la Papa. Obtenido de <https://doi.org/10.4160/9789290605935>
- Collanqui, V. (2019). *Características morfológicas, agronómicas, rendimiento y contenido nutricional de clones de papa (Solanum tuberosum L.) de pulpa amarilla en Salcedo Puno, Perú*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13012>
- Condori, M. A. (2022). *Validación de clones potenciales de papas biofortificadas en agricultura familiar*. Cusco, Perú.
- Cuesta, X. (2018). *Guía para el manejo y toma de datos de ensayos de mejoramiento de papa*. Quito: INIAP-PNRT-Papa. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6532/1/Tesis9%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%2020210.pdf>
- Das, S., & Green, A. (2016). Zinc in crops and human health. *Eds. U Singh; CS Praharaj; SS Singh; NP Singh.*, 31 - 40. Obtenido de <https://crops.zinc.org/wp-content/uploads/sites/11/2016/11/Chapter-3-Soumitra-Das-and-Andrew-reen.pdf>



- De Haan et al. (2014). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica-Perú*.  
Lima: Centro Internacional de la Papa (CIP), Federación Departamental de  
Comunidades Campesinas (FEDECH). Obtenido de [https://cipotato.org/wp-  
content/uploads/PDF/003524.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/PDF/003524.pdf)
- Delgado, P. (2015). *Manejo integrado de gorgojo de los andes *Premnotrypes solaniperda*  
(Coleoptera, Curculionidae) en el cultivo de papa en Puno*. Puno: Instituto  
Nacional de Innovación Agraria. Obtenido de  
<https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/702>
- Dominique Van Der Straeten. (2020). *Multiplying the efficiency and impact of  
biofortification through metabolic engineering*.
- FAO. (2007). *Cultivo de Papa*. Ginebra. Obtenido de [https://www.fao.org/family-  
farming/detail/es/c/1298442/](https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1298442/)
- FAO. (2011). *Manual de Biogas*. Chile: Food and Agriculture Organization of the United  
Nations. Obtenido de <https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- FAO. (5 de Mayo de 2016). *Nueva Luz sobre un tesoro enterrado*. Obtenido de  
<http://www.fao.org/potato-2008/pdf/IYPbook-es.pdf>.
- Gabriel, J., Botella, R., Angulo, A., Velasco, J., & Rodríguez, F. (2014). Contenido de  
hierro y zinc en variedades y clones mejorados de papas (*Solanum tuberosum* L.)  
de Bolivia. *Comunicación corta*, 1 - 15. Obtenido de  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5512058>





- Garcia, P. (2021). *Morfología y concentración de hierro y zinc en tubérculos de clones avanzados de papas nativas (Solanum spp.) en Cusco*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5065/garcia-meza-pablo-rodrigo.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Gomez, R. (2018). *Guía para las Caracterizaciones Morfológicas Básicas en Colecciones de Papas Nativas Introducción*. Gomez: catálogo de variedades y usos gastronómicos. Obtenido de <https://docplayer.es/23071620-Guia-para-las-caracterizaciones-morfologicas-basicas-en-colecciones-de-papas-nativas.html>
- Gutierrez, P. (2018). *Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante la 380 aplicación foliar y edáfica de zinc y su interacción con cadmio*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3769/gutierrez-vilchez-pedro-pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hanco, Y. (2023). *Comparativo de ocho clones de papa tetraploide con alto contenido de Zinc y dos variedades en el centro experimental Illpa campaña 2020-2021*. Puno: Universidad Nacional del altiplano. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=21&localidad=0030>. (2022).
- Hualla, V. (2017). *Ganancias genéticas en el contenido de hierro y zinc en papas diploides en tres ciclos de selección recurrente*. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina. Obtenido de



<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2794/F30-H834-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

IICA. (2017). *Agenda Nacional de Cooperación Técnica. IICA & Banco Interamericano de Desarrollo*, 1 - 456. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7795>

INEI. (2019). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de <https://www.gob.pe/inei/>

INEI. (2021). *Producción de papa en el Perú*. Lima: Instituto nacional de estadística e informática. Obtenido de <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-alcanzo-208-mil-881-toneladas-y-se-incremento-168-en-agosto-del-2022-13982/#:~:text=A%20nivel%20nacional%2C%20la%20producci%C3%B3n,mejorar%20la%20floraci%C3%B3n%20del%20cultivo.>

INIA. (2012). *Producción de papa*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/>

INIA. (2022). *Cultivo de la Papa*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Obtenido de [https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/papa/INIA\\_303.pdf](https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/papa/INIA_303.pdf)

Inostroza, e. a. (2016). *Manual del cultivo de papa*. Lima. Obtenido de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/32023>



- Kromann, P., Valverde, F., Alvarado, S., Velez, R., Pisuña, J., Potosi, B., . . . Devaux, A. (2017). Can Andean potatoes be agronomically biofortified with iron and zinc fertilizers. *Revista Springer Link*, 121 - 138.
- Leiva, Y. (2021). *Comparativo de 34 clones de papa biofortificadas con alto contenido de hierro y zinc, para contribuir a la seguridad alimentaria en el departamento de Cajamarca, 2019*. Cajamarca: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10341>
- Livisi, R. (2017). *Caracterización agromorfológica de dos clones y dos cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) con tolerancia a heladas en condiciones agroecológicas de Illpa-Puno*. Puno: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3278913>
- MINAGRI. (2014). *Manual de Producción de Tubérculos Semilla de Buena Calidad de Papa*. Lima: Ministerio de agricultura y riego.
- MINAGRI. (2019). *manejo integrado del cultivo de papa - Repositorio INIA*. Obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1146/1/MANUAL%20T%C3%89CNICO%20MANEJO%20INTEGRADO%20DEL%20CULTIVO%20DE%20PAPA.pdf>
- MINAGRI. (2019). *MINAGRI*. Obtenido de MINAGRI: <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/material-divulgacion/fichas-tecnicas/2019/26-requerimientos-agroclimaticos-del-cultivo-de-papa/file>



- MINAGRI. (23 de Mayo de 2020). *Analisis de Mercado*. Obtenido de MINAGRI:  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/Análisis de Mercado - Papa 2020.pdf>
- MINSA. (23 de Mayo de 2019). *Tablas Peruanas de Composición de* . Obtenido de InPerú.<https://doi.org/http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/p>
- Morales. (2016). *Proteger la innovación para transferir la tecnología. Seminarios de Biotecnología y Bioseguridad*. Lima: Conacyt. Obtenido de <https://conahcyt.mx/cibiogem/index.php/seminariosenbioseguridadybiotecnologia-de-ogms/proteger-innovacion-transferir-tecnologia>
- Morales, V. (2015). *Estudio de la variación genética y ambiental sobre el contenido de hierro, zinc y vitamina c en catorce genotipos de papa (Solanum tuberosum L.)*. Riobamba: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/697>
- Navolato, & L Sinaloa, Z. (15 de 03 de 2015). *SACSA*. Obtenido de <http://www.sacsa.com>
- Nestel, P., Bouis, H., Meenakshi, J., & Pfeiffer, W. (2006). Biofortification of Staple . *The Journal of Nutrition*,, 1064 -1067. <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/anaemia/areacop-webinar>
- Ortega, D. (2014). *Evaluación del comportamiento agronómico de genotipos de papa (Solanum tuberosum) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la sierra ecuatoriana*. Quito: Universidad Central de Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2862>



- Ortiz, R. (2020). *La biofortificación de los cultivos para combatir la anemia y las deficiencias de micronutrientes en el Perú*. IIMA: Programa Mundial de Alimentos, Programa Mundial de Alimentos (PMA) de las Naciones Unidas. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/273885475\\_La\\_biofortificacion\\_de\\_los\\_cultivos\\_para\\_combatir\\_la\\_anemia\\_y\\_la\\_deficiencia\\_de\\_micronutrientes\\_en\\_el\\_Peru](https://www.researchgate.net/publication/273885475_La_biofortificacion_de_los_cultivos_para_combatir_la_anemia_y_la_deficiencia_de_micronutrientes_en_el_Peru)
- Oxa, M. (2022). *Validación de clones potenciales de papas biofortificadas en agricultura familiar alto andina bajo condiciones del distrito de Ccorca - Cusco*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Obtenido de [http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6874/253T20220353\\_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6874/253T20220353_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pantoja, S. (2015). *Evaluación agronómica y contenido de nutrientes de seis variedades nativas y seis variedades mejoradas de papa (Solanum tuberosum L.) en tres localidades de la sierra ecuatoriana*. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Obtenido de <https://doi.org/10.37066/ralap.v20i1.242>
- Pertuz, L. (2018). *Especialista en ciencia y tecnología de alimentos Departamento de Nutrición*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://www.euroinnova.pe/blog/ciencias-y-tecnologia-de-los-alimentos>
- Quispe, K. (2019). *Calidad nutricional y productividad de clones de papa (Solanum tuberosum L.) con pulpa de pigmentación morada en la localidad de Salcedo – Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/18524>



- Rivadeneira, J., Ortega, D., Morales, V., Monteros, C., & Cuesta, X. (2016). Efecto de la interacción genotipo por ambiente sobre los contenidos de Hierro, Zinc y Vitamina C en Genotipos de Papa (*Solanum sp.*). *Revista Latinoamericana de la Papa*, 1 - 14. Obtenido de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1553>
- SENAMHI. (2022). Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle&dp=21&localidad=0030>
- Shariatipour, N., & Heidari, B. (2020). Genetic-Based Biofortification of Staple Food Crops to Meet Zinc and Iron Deficiency-Related Challenges. *Plant Micronutrients: Deficiency and Toxicity Management*, 173 - 223.
- Solano, M. (2018). *Botánica sistemática*. Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Botanica/Botanica\\_Sistemática/GUIA\\_DE\\_BOTANICA\\_SISTEMATICA\\_I.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Botanica/Botanica_Sistemática/GUIA_DE_BOTANICA_SISTEMATICA_I.pdf)
- Stein, A. (2010). *Impactos globales de la desnutrición mineral humana*. Revista Springer Link.
- Straeten, V. D. (2020). Multiplying the efficiency and impact of biofortification through metabolic engineering.
- Tirado, R. (2014). *Evaluación del rendimiento de clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum L.*) con pulpa pigmentada*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de



<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/110/BC-TES-3826.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tito, A. (2017). *Cuantificación del contenido de hierro, zinc y vitamina c en la producción de 20 clones de papa mejorada biofortificada en el distrito de Yauli*. Acobamba: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1596>

Tito, A. (2017). *Cuantificación del contenido de hierro, zinc y vitamina C en la producción de 20 clones de papa mejorada biofortificada en el distrito de Yauli*. Huancavelica: Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Huancavelica. Acobamba.

Van Der Straeten et al. (2020). Multiplying the efficiency and impact of biofortification through metabolic engineering. *Revista Nature*, 1 - 11. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41467-020-19020-4>

Viza, R. (2023). *Biorremediación de suelos degradados mediante compost a base de estiércol de alpaca y cerdo del distrito de Macarí – 2021*. Universidad Nacional del Callao. Puno: Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4424/avelino%20carhuari%20quimica%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

!



## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de los parámetros fisicoquímicos del suelo del área en estudio



SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA  
PREDIO : CHUCUITO  
MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 123-03S-2021  
LUGAR : PUNO  
FECHA DE RECEP. : 14/01/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD  
MUESTRA : EAE\_Camacani\_Rep 3\_PS / 14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
<b>Textura</b>				
Arena	42.71	%		
Limo	32.96	%		
Arcilla	24.33	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	<b>FRANCO</b>			
Porcentaje de Saturación de Agua	40.21	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	0.90	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 24.9 °C	5.85		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	31.00	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	3.17	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.18	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	93.60	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
<b>Cationes Cambiables</b>				<b>Extractante: Ac. Amonio</b>
Calcio	6.37	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	3.17	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.24	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.23	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	< 0.01	mEq / 100 g	MES - 014	KCl / Volumétrico
P.A.I	< 0.1	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	10.01	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
<b>Sales Disueltas</b>				
Cloruro	0.88	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	1.40	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	4.12	mEq / L	MEA - 001	Coloimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	2.04	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	3.92	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	2.81	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	1.37	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	0.18	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	2.08	ppm (*)	ISO 9390,1990	Coloimétrico

**DONDE:**

E.S : Extracto de Saturación.  
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.  
P.A.I : Porcentaje de Acidez Intercambiable.  
C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.  
% : Masa / Masa.  
ppm : mg / Kg.  
ppm(\*) : mg / L.

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.  
SM : Standar Methods  
EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.  
ISO : International Organization for Standardization.  
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

**NOTA:**

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular  
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú  
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563  
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe





SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

ANÁLISIS N° : 123-03S -2021

PREDIO : CHUCUITO

LUGAR : PUNO

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

FECHA DE RECEP. : 14/01/2021

**INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - MICRONUTRIENTES DISPONIBLES**

MUESTRA : EAE\_Camacani\_Rep 3\_PS / 14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
				Extractante: DTPA
Cobre Disponible ( Cu )	2.67	ppm	MES - 018	FAAS
Zinc Disponible ( Zn )	1.71	ppm	MES - 019	FAAS
Manganeso Disponible ( Mn )	35.20	ppm	MES - 020	FAAS
Hierro Disponible ( Fe )	78.03	ppm	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O
Boro Disponible ( B )	2.16	ppm	MES - 022	Colorimétrico

**DONDE:**

DTPA : Pentaacetato de Dietiltriamina.

MES : Método propio del Laboratorio.

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

ppm :mg/Kg

**NOTA:**

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón  
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo  
DIRECTOR DEL LABORATORIO

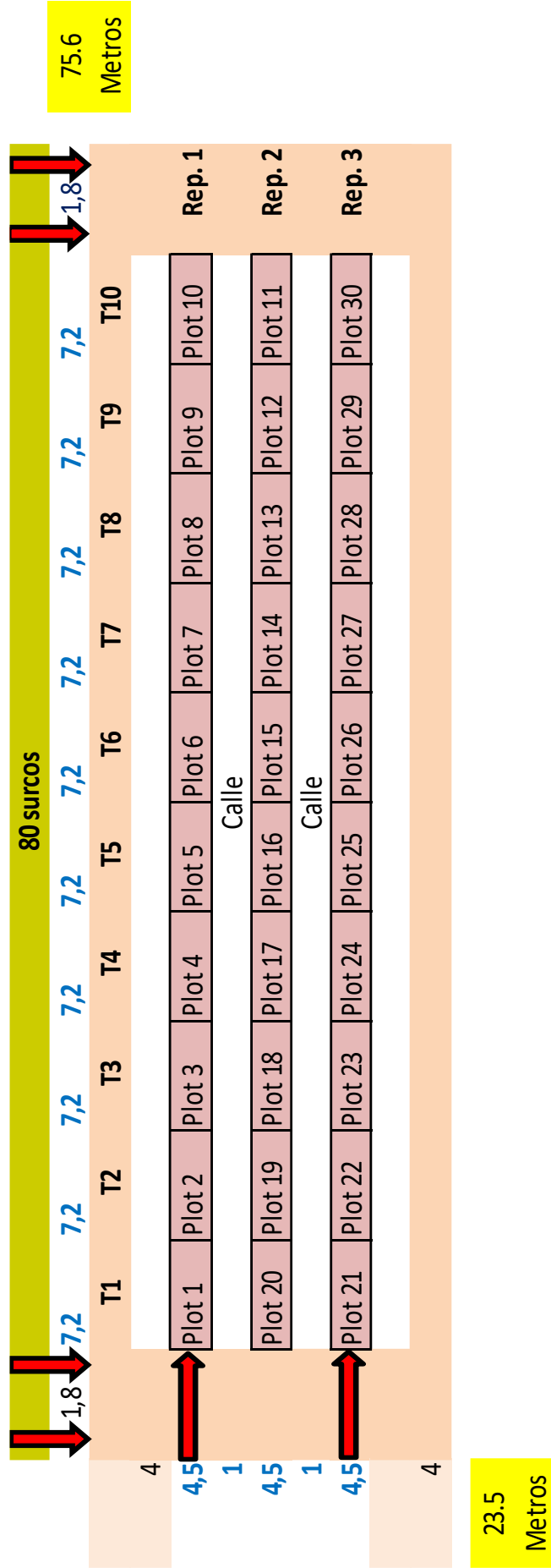
**Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular**

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 2. Croquis del campo experimental



### Anexo 3. Surcado y marcado del terreno de las parcelas experimentales





**Anexo 4.** Siembra de clones de papa y variedades testigo.





## Anexo 5. Primer aporque de las parcelas experimentales





## Anexo 6. Segundo aporque de las parcelas experimentales





### Anexo 7. Floración de clones de papa y variedades testigo





### Anexo 8. Cosecha de clones de papa y variedades testigo



### Anexo 9. Etiqueta de clones de papa y variedades testigo





## Anexo 10. Pesajes clones de papa y variedades testigo







**Anexo 11.** Determinación del comportamiento agromorfológico de los clones de papa.





**Tabla 51.** Evaluación de clones de papa según escalas correspondientes.

Tratamiento	Habito de crecimiento	Uniformidad de la planta	Vigor de la planta	Grado de Floración	Largo de Estolon	Apariencia del tuberculo	Uniformidad del tuberculo	Tamaño del tuberculo	Sumatoria
T1 - BIOT-633.294	2	5	7	5	1	5	5	5	35
T2 - BIOT-721.245	1	3	5	5	3	3	3	5	30
T3 - BIOT-767.014	1	7	5	5	3	7	5	5	38
T4 - BIOT-721.286	2	5	5	5	1	5	3	3	29
T5 - BIOT-725.047	2	7	5	7	5	5	7	7	45
T6 - BIOT-637.001	2	3	5	5	1	5	5	5	31
T7 - BIOT-725.024	2	7	5	5	3	5	5	7	39
T8 - BIOT-735.105	2	5	5	3	1	5	5	3	29
T9 - Yungay	3	9	7	5	3	7	7	9	50
T10 - Serramita	3	7	7	5	1	7	5	7	42



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS UNA-PUNO  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### FORMATO N° 1

\*\*\*\*\*  
SEÑOR SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA  
PROFESIONAL INGENIERIA AGRONOMICA UNA - PUNO:

En mérito a la evaluación y dictamen del borrador de tesis, titulado “**COMPARATIVO DE OCHO CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) TETRAPLOIDES BIOFORTIFICADOS CON ALTO CONTENIDO DE ZINC, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL CAMACANI-PUNO, CAMPAÑA 2020-2021**”, con código PILAR N° 2020-1197 presentado por el bachiller **MARILYA URIANA MESTAS HANCCO**, el jurado revisor lo declara:

APTO ( X )

Por tanto, esta expedido para la sustentación no presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día **26 de julio del 2023** a las **15:00** horas. Por lo que solicitamos a usted, se efectuó los tramites y la publicación correspondiente para la realización de acuerdo a lo reglamentado.

En Puno (C.U.), a los 20 días del mes de julio del 2023

M. Sc. ROSARIO YSABEL BRAVO PORTOCARRERO  
Presidente

Dr. FELIX ALONSO ASTETE MALDONADO  
Primer miembro

M. Sc. SATURNINO MARCA VILCA  
Segundo miembro

Dr. ISRAEL LIMA MEDINA  
Director o asesor de Tesis

MARILYA URIANA MESTAS HANCCO  
Tesisista

#### PROVEÍDO DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Considerando que la evaluación y dictamen del borrador de tesis por el jurado revisor se declaró como apto:

Esta Sub-Dirección autoriza el trámite y la publicación de la sustentación presencial y defensa de la tesis; de acuerdo a la fecha y hora determinada por los jurados, en la sala de docentes para su desarrollo. A la misma, los documentos que se presentan para su publicación en el Repositorio Institucional son veraces y auténticos del autor (es).

Puno C.U. 20 de julio del 2023

M. Sc. Luis Amílcar Bueno Macedo  
Sub-Director de la Unidad de Investigación-EPIA



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Mestas Hanco Marilyn Urana  
identificado con DNI 73435791 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Agronómica

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" Comparativo de ocho clones de papa (*Solanum tuberosum* L.)  
tetraploides biofortificados con alto contenido de zinc, en el  
centro experimental Camacani - Puno, campaña 2020 - 2021 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 21 de Julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella





## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Mestas Hancoco Marilyn Uriana  
identificado con DNI 73485791 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agronómica

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

"Comparativo de ocho clones de papa (Solanum tuberosum L.) tetraploides biofortificados con alto contenido de zinc, en el centro Experimental Camacani - Puno, campaña 2020 - 2021"

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 21 de julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella