



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



**“EVALUACIÓN DE OCHO CLONES BIOFORTIFICADOS DE
PAPA TETRAPLOIDE CON ALTO CONTENIDO DE HIERRO, EN
EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CAMACANI, CAMPAÑA 2020-
2021”.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. YENIFER CASTRO LLANO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE OCHO CLONES BIOFOR
TIFICADOS DE PAPA TETRAPLOIDE CON
ALTO CONTENIDO DE HIERRO, EN EL C
ENTRO DE INVESTIGACIÓN CAMACANI,
CAMPAÑA 2020- 2021

AUTOR

YENIFER CASTRO LLANO

RECUENTO DE PALABRAS

26511 Words

RECUENTO DE CARACTERES

137880 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

133 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.6MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 7, 2023 12:41 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 7, 2023 12:43 PM GMT-5

● 19% de similitud general

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

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

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

ING. M. Sc. L. AMILCAR BUENO MACEZ
REG. CIP. 22203

DR. ISRAEL LIMA TIEDINA
40744218.

Resumen



DEDICATORIA

A Dios,

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr uno de mis primeros objetivos.

A mi familia,

La dedico con todo mi amor y cariño a mis queridos padres Flavio Castro Machaca, Elisa Llano Flores, a mi hermano Joel Francis y a mi pequeño Alejandro Yhonel por ser los pilares fundamentales de mi vida, por su apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi vida.

Y a todos aquellos que participaron directa e indirectamente en la elaboración del presente trabajo de investigación. Por haberme apoyado en todo momento por sus consejos, por la motivación constante y por su confianza.

Yenifer Castro Llano



AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la vida, la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica que me ha acogido durante estos 5 años de formación profesional y así poder alcanzar uno de mis primeros objetivos.

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNAP- Puno a quienes con su experiencia, conocimiento y enseñanzas compartidos contribuyeron al enriquecimiento de mi formación profesional.

Al Dr. Israel Lima Medina, por su constante apoyo y valioso tiempo en la orientación y ejecución del presente trabajo de investigación. Agradezco infinitamente a los Miembros del Jurado revisor de la presente Tesis, quienes me brindaron la orientación académica y las muestras de constante apoyo para la culminación de mi trabajo de tesis.

Al Centro Internacional de la Papa (CIP) por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de investigación en los tubérculos de papa biofortificados con Hierro y Zinc. Y a todos los Docentes de la F.C.A. UNA-Puno. Que formaron parte del Proyecto.

A mis amigos y compañeros quienes colaboraron en la ejecución de este trabajo de investigación.

Yenifer Castro Llano



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL..... 20

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 20

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES..... 21

2.2 MARCO CONCEPTUAL..... 24

2.2.1. Anemia..... 24

2.2.2. Desnutrición..... 24



2.2.3. Deficiencia de hierro.....	24
2.2.4. Hierro	24
2.2.5. Ácido ascórbico	25
2.2.6. Materia seca	25
2.2.7. Mejoramiento genético de la papa	25
2.2.8. Biofortificacion	26
2.2.9. Clon.....	26
2.2.10. Hibrido	26
2.2.11. Variedad	27
2.2.12. Rendimiento	27
2.2.13. Tubérculos Comerciales y no Comerciales.....	27
2.3 MARCO TEÓRICO	28
2.3.1. Cultivo de papa	28
2.3.2. Origen y distribución de la papa	28
2.3.3. Ubicación taxonómica de la papa	29
2.3.4. Descripción botánica de la papa	29
2.3.1 Ciclo vegetativo de la papa.....	33
2.3.2 Requerimiento climático del cultivo de papa.....	36
2.3.7 Producción de papa.....	37
2.3.8 Manejo agronómico del cultivo de papa.....	42
2.3.9 Plagas y enfermedades del cultivo de papa	45
2.3.10 Cosecha y postcosecha de papa	47



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL	48
3.2 ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	48
3.3 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	48
3.4 INFORMACIÓN EDÁFICA DEL SUELO	51
3.5 PROCEDENCIA DEL MATERIAL GENÉTICO UTILIZADO	54
3.6 TRATAMIENTOS	55
3.7 MATERIAL DE CAMPO.....	55
3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL	57
3.8.1 Variable en estudio	57
3.8.2 Variable de respuesta	57
3.9 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO DE ESTUDIO.....	58
3.10 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO:.....	59
3.10.1 Elección del terreno	59
3.10.2 Preparación del terreno	59
3.10.3 Surcado	60
3.10.4 Marcado del terreno experimental	60
3.10.5 Selección y tratamiento de tubérculos-semillas.....	60
3.10.6 Siembra	60
3.10.7 Fertilización y Abonamiento	61
3.10.8 Deshierbo	61



3.10.9 Aporque:	62
3.10.10 Cosecha:.....	62
3.11 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA	63
3.11.1 Periodo de desarrollo vegetativo.....	63
3.11.2 Periodo de cosecha.....	67

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONTENIDO DE HIERRO EN OCHO CLONES DE PAPA	71
4.1.1 Contenido de hierro mg/kg de papa en BS (base seca).....	71
4.2 RENDIMIENTO Y ADAPTACIÓN DE LOS CLONES A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ALTIPLANO.....	78
4.2.1 Rendimiento total de tubérculo por hectárea	78
4.2.2 Número de plantas emergidas por parcela	82
4.2.3 Número de tallos por planta.....	85
4.2.4 Hábito de crecimiento de la planta:	86
4.2.5 Uniformidad de la planta	88
4.2.6 Vigor de la planta.....	89
4.2.7 Grado de floración	90
4.2.8 Largo de estolones	91
4.2.9 Apariencia del tubérculo	92
4.2.10 Uniformidad del tubérculo.....	93



4.2.11 Tamaño del tubérculo	94
4.2.12 Altura de planta.....	95
4.2.13 Número de plantas cosechadas	97
4.2.14 Número total de tubérculos/parcela	99
V. CONCLUSIONES.....	102
VI. RECOMENDACIONES	103
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXOS.....	117

Área: Ciencias Agrícolas.

Línea de investigación: Manejo Agronómico de Cultivos.

Fecha de sustentación: 17 de julio del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Precipitación (mm) durante la campaña agrícola 2020-2021.....	50
Figura 2. Temperatura °C durante la campaña agrícola 2020-2021	51
Figura 3. Promedio del contenido de hierro en clones de papa en base seca (BS).....	72
Figura 4. Promedio de concentración de ácido ascórbico	74
Figura 5. Promedio de materia seca del material en estudio.	77
Figura 6. Rendimiento de tubérculos por hectárea en kg.	79
Figura 7. Rendimiento total de tubérculos por parcela.....	81
Figura 8. Promedio de número de plantas emergidas / parcela.	83
Figura 9. Número de tallos por planta.	85
Figura 10. Promedio de altura de planta en (cm).....	96
Figura 11. Número de plantas cosechadas por parcela.....	98
Figura 12. Número total de tubérculos por parcela.	100
Figura 13. Marcado del campo experimental 07/11/2020.	127
Figura 14. Campo experimental donde se ha trabajado.....	127
Figura 15. Verificación de las semillas a sembrar en cada parcela 09/11/2020.	128
Figura 16. Fertilización y abonamiento por surco en la siembra.....	128
Figura 17. Tubérculos ya listos para ser tapados.	129
Figura 18. Primera evaluación de número de plantas emergidas.	129
Figura 19. Evaluación de la emergencia de los tubérculos plantados.	130
Figura 20. Deshierbo actividad realizada el 09/01/2021.	130
Figura 21. Primer aporque.	131
Figura 22. Resultado del primer aporque.	131
Figura 23. Evaluaciones durante todo el proceso de desarrollo del cultivo.	132



Figura 24. Segundo aporque.	132
Figura 25. Rotulación de las parcelas según se muestra en la imagen.	133
Figura 26. Cosecha y observación según los parámetros de evaluación.	133
Figura 27. Tubérculos cosechados.	134
Figura 28. Contabilización de los tubérculos según categoría.	134



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Rendimiento de papa a nivel de países de América Latina, 2018.	38
Tabla 2. Superficie, producción y rendimiento a nivel nacional durante los años 2015 al 2019.....	39
Tabla 3. Nivel de producción y rendimiento de papa por departamento durante los años 2017, 2018 y 2019.....	40
Tabla 4. Superficie cosechada, producción, rendimiento, 2017.	41
Tabla 5. Producción de papa en la región de Puno	42
Tabla 6. Antecedentes del campo experimental.	48
Tabla 7. Precipitación pluvial (mm) durante la campaña agrícola 2020-2021.	49
Tabla 8. Temperatura °C durante la campaña agrícola 2020 -2021.	50
Tabla 9. Análisis fisicoquímico del campo experimental CAMPAÑA AGRÍCOLA 2020-2021.....	52
Tabla 10. Análisis fisicoquímico de micronutrientes del suelo en el campo experimental de la campaña agrícola 2020-2021.....	53
Tabla 11. Resultados del estiércol utilizado en el experimento.....	53
Tabla 12. Material genético utilizado en el experimento.....	54
Tabla 13. Tratamientos en estudio	55
Tabla 14. Fertilización (180-180-160).....	61
Tabla 15. Presencia de malezas observadas en el campo experimental.	62
Tabla 16. Clasificación de tubérculos.....	63
Tabla 17. Habito de crecimiento de la planta.	64
Tabla 18. Escala de evaluación de uniformidad de la planta.....	65
Tabla 19. Escala de evaluación de vigor de la planta.	66



Tabla 20. Escala de evaluación de grado de floración.....	67
Tabla 21. Escala de evaluación de largo de estolón.....	68
Tabla 22. Escala de evaluación de apariencia de tubérculo.....	68
Tabla 23. Escala de evaluación de uniformidad de tubérculo.	69
Tabla 24. Escala de evaluación de tamaño de tubérculo.	69
Tabla 25. Análisis de varianza (ANVA) del contenido de hierro de clones biofortificados de papa.....	71
Tabla 26. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para el contenido de hierro (Fe) en mg/kg en tubérculos de papa.....	72
Tabla 27. Análisis de varianza (ANVA) concentración de ácido ascórbico.....	73
Tabla 28. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) contenido de ácido ascórbico (mg/100g) en base fresca (BF) en los clones de papa biofortificados.	74
Tabla 29. Análisis de varianza (ANVA) materia seca promedio.....	76
Tabla 30. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) promedio de materia seca.	76
Tabla 31. Análisis de varianza (ANVA) del rendimiento de tubérculos por hectárea. .	78
Tabla 32. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) del rendimiento de tubérculos por hectárea.	79
Tabla 33. Rendimiento según la clasificación por categorías.....	81
Tabla 34. Análisis de varianza (ANVA) para emergencia de clones de papa.	82
Tabla 35. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para el número de plantas emergencia.....	83
Tabla 36. Promedio del número de tallos por planta.	85
Tabla 37. Caracterización de hábito de crecimiento de la planta de clones de papa.	86
Tabla 38. Características de uniformidad de la planta.....	88
Tabla 39. Características de vigor de la planta.	89
Tabla 40. Características de grado de floración.....	90
Tabla 41. Características de largo de estolones.	91



Tabla 42. Características de apariencia del tubérculo.....	92
Tabla 43. Características de uniformidad del tubérculo.	93
Tabla 44. Características de tamaño de tubérculo.	94
Tabla 45. Análisis de varianza (ANVA) de altura de planta.	95
Tabla 46. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para altura de planta.	95
Tabla 47. Análisis de varianza (ANVA) del número de plantas cosechadas.....	97
Tabla 48. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) de número de plantas cosechadas.	97
Tabla 49. Análisis de varianza (ANVA) número total de tubérculos/parcela	99
Tabla 50. Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) número total de tubérculos por parcela.....	100
Tabla 51. Clasificación del número de tubérculo según categoría	101
Tabla 52. Presencia de plagas y enfermedades encontradas en el campo experimental	117
Tabla 53. Distribución de los ocho clones de papa biofortificados y dos variedades comerciales en el campo experimental.....	118
Tabla 54. Evaluación de clones de papa según escalas correspondientes.	119
Tabla 55. Correlación de variables adaptación papa hierro	120



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- ANVA : Análisis de varianza
- BF : Base fresca
- BS : Base seca
- CIP : Centro Internacional de la Papa
- C.M. : Cuadrados medios
- C.V. : Coeficiente de variación
- DBCA : Diseño de bloques completamente al azar
- GG : Ganancia genética
- G.L. : Grados de libertad
- M.O. : Materia orgánica
- NPE : Número de plantas emergidas
- ns : No significativo
- pH : Potencial de hidrogeniones
- S.C. : Suma de cuadrados
- SSP : Semilla sexual de papa



RESUMEN

La papa es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo, esencial en la seguridad alimentaria frente al aumento de la población que padece de anemia y desnutrición infantil por la falta de hierro, el presente trabajo da importancia a papas biofortificadas con mayor concentración de hierro que las que se consumen normalmente. Esta investigación, se realizó durante la campaña agrícola 2020-2021, en el Centro Experimental Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, ubicada a 3877 msnm, con los objetivos de: evaluar el contenido de hierro en tubérculos de ocho clones de papa tetraploides mejoradas biofortificadas; así mismo determinar el rendimiento y el nivel de adaptabilidad a los factores medioambientales de Puno. Metodológicamente se ejecutaron diferentes actividades agrícolas propias del cultivo de papa desde la preparación del terreno hasta la cosecha. Para los análisis se han distribuido los tratamientos en un diseño DBCA con tres repeticiones y diez tratamientos que incluyen ocho clones tetraploides y dos testigos (serranita y yungay), las evaluaciones se realizaron durante el desarrollo fenológico y cosecha. Resultando que los ocho clones en estudio incluido el testigo serranita son estadísticamente similares en cuanto al contenido de hierro, sin embargo el clon BIOT-721.245 muestra 25.11 mg/kg de hierro BS liderando matemáticamente en comparación a los demás tratamientos, en cuanto al rendimiento lidero el testigo yungay con 38,434.16 kg/ha (38.43 t/ha) llevando una diferencia significativa frente a los demás tratamientos y con mejores características de adaptación a las condiciones climáticas del altiplano sobresalieron los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024.

Palabras clave: Adaptation, anemia, desnutricion, hierro.



ABSTRACT

The potato is the third most important food crop in the world, essential in food security in the face of the increase in the population that suffers from anemia and child malnutrition due to lack of iron, the present work gives importance to biofortified potatoes with higher concentration of iron than those normally consumed. This research was carried out during the 2020-2021 agricultural campaign, at the Camacani Experimental Center of the Universidad Nacional del Altiplano Puno, located at 3877 masl, with the objectives of: evaluating the iron content in tubers of eight potato clones biofortified improved tetraploids; likewise determine the performance and the level of adaptability to the environmental factors of Puno. Methodologically, different agricultural activities typical of potato cultivation were carried out from the preparation of the land to the harvest. For the analyzes, the treatments have been distributed in a DBCA design with three repetitions and ten treatments that include eight tetraploid clones and two controls (serranita and yungay), the evaluations were carried out during the phenological development and harvest. As a result, the eight clones under study, including the serranite control, are statistically similar in terms of iron content; however, the BIOT-721.245 clone shows 25.11 mg/kg of iron (BS), leading mathematically in comparison to the other treatments. , in terms of yield, the control yungay led with 38,434.16 kg/ha (38.43 t/ha), bringing a significant difference compared to the other treatments and with better characteristics of adaptation to the climatic conditions of the altiplano, the clones BIOT-725.047 and BIOT-725,024.

Keywords: Adaptation, anemia, malnutrition, iron.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente el mundo se enfrenta a una mayor demanda de alimentos debido al crecimiento poblacional y cambios en la dieta, mientras que la producción de alimentos afronta muchas dificultades por el incremento de precios de los insumos y por el agravamiento de efectos de cambio climático y por la contaminación ambiental esta situación es aún más grave en los pequeños productores agrícolas que dependen de sus cultivos para su seguridad alimentaria e ingresos (Collanqui, 2019).

Por otra parte, Figueroa & Rodriguez (2002) mencionan, que la desnutrición es una de las amenazas más graves que se ciernen sobre la salud de la humanidad, debido a la deficiencia de micronutrientes esenciales se calcula que afecta a más de la mitad de la población a nivel mundial particularmente a mujeres y niños de escasos recursos económicos. La desnutrición y la mala alimentación se expresa en la incidencia de anemia; esta enfermedad es una afección en la cual el cuerpo no tiene suficientes glóbulos rojos; de tal manera que el hierro cumple un papel fundamental e importante para los glóbulos rojos puesto que ayuda en el transporte de oxígeno en la sangre y su liberación en los distintos tejidos (Castro, 2013).

En el Perú la desnutrición y la anemia producen gran preocupación ya que en el año 2020, el 40,5% de la población menor de cinco años sufrió desnutrición crónica según el padrón de la Organización Mundial de la Salud (OMS), así lo dio a conocer el Instituto Nacional de Estadística e Informática al publicar el documento (INEI, 2021), mencionando también que los departamentos que presentaron los niveles más altos de desnutrición crónica fueron: Huancavelica 31,5%, Puno 25,2%, Cajamarca 24,4%, Huánuco



19,2%, Ayacucho 18,1% y Pasco 18,0%. Asimismo, en el año 2021 el departamento de Puno continuó mostrando niveles altos de anemia y desnutrición crónica en niños menores a 5 años con un 69,4% sin embargo durante el año 2022 hubo un descenso mostrando a nivel nacional una proporción de anemia con un promedio de 33.5% según (MINSA, 2022).

La papa (*Solanum tuberosum* L.), se ha convertido en el alimento más consumido a nivel mundial posicionándose como el cuarto cultivo de mayor importancia, por sus características nutricionales y alimenticias, tiene gran potencial no solo para combatir la desnutrición y la anemia, sino también constituye un alimento funcional, debido a sus pigmentos naturales y sus alcaloides, con gran poder antioxidante contiene hierro, vitamina C, vitaminas B1, B3 y B6, y otros minerales como potasio, fósforo y magnesio, así como folato, ácido pantoténico y riboflavina, dotando de esta manera muchos beneficios a la salud humana (FAO, 2008). En la región de Puno es un alimento consumido por la mayor parte de las familias, especialmente en las zonas de altura; usado por la mayoría de amas de casa; además este tubérculo está adaptada a las condiciones y cultura del poblador de la sierra peruana (Villanueva, 2017). En la actualidad, debido al desarrollo urbano y gracias a las características agronómicas y biológicas del producto se ha diversificado su uso para la creación de alimentos procesados, que responden a la demanda de la vida moderna (Pumisacho & Velásquez, 2009).

En este sentido diferentes investigaciones, proponen desarrollar un valor agregado en la papa a través del mejoramiento de variedades y la biofortificación con hierro como una alternativa para la mejora del estado nutricional y reducir la desnutrición que conlleva a la anemia. Dando de esta forma nuevos retos a los programas de mejoramiento genético y liberación de nuevas variedades con nuevas exigencias en cuanto a calidad, tiempo de



vida en el desarrollo y alto rendimiento comercial, y con resistencia a los factores bióticos y abióticos.

Tomando estas consideraciones, es necesario buscar alternativas tecnológicas, en base a nuevos clones biofortificados de papa tetraploide con alto contenido de hierro, que ayuden a la mejora de los niveles nutricionales a fin de contribuir a la seguridad alimentaria de la población.

1.1. OBJETIVO GENERAL

- Evaluación del contenido de hierro y rendimiento de ocho clones biofortificados de papa tetraploide, en el Centro de Investigación Camacani, campaña 2020-2021.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el contenido de hierro en ocho clones biofortificados de papa tetraploide en el centro de Investigación Camacani.
- Identificar el clon de papa biofortificado que presente el mayor potencial de rendimiento y adaptación a la condición medioambiental del Centro de Investigación Camacani.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Alfaro & Carbajal (2015), realizaron la evaluación del contenido de hierro con el objeto de conocer el aporte real de este compuesto en el consumo de papas nativas donde se incluye la variedad Peruanita tomada como muestra testigo. La medición de los minerales Fe en los 11 genotipos de papas nativas en condiciones frescas se realizó por espectrofotometría de absorción atómica usando la técnica del horno de grafito. Como resultado se obtuvo el mayor valor de hierro con 0,968 mg/100g muestra del genotipo M5. La conclusión es que las papas nativas brindan una fuente alternativa de minerales, particularmente Fe, y también son ricas en compuestos antioxidantes buenos para la salud humana.

Cahuana (2020), realizó su investigación durante la campaña agrícola 2017-2018, donde selecciono clones de papa con tolerancia a helada, sequía, el comportamiento agronómico y comparo el rendimiento de los clones; utilizando 7 clones y 2 variedades testigo de los cuales se seleccionó el clon RC 20-01-17 por su alta capacidad productiva de 51,907 kg/ha y menor daño (11.25 %) y los clones de papa RC 20- 01-17, RC 2-96-43B y RC 20-01-01, lograron alcanzar los mejores rendimientos entre 51,907.8 y 47,032.9 kg/ha, por su buena capacidad productiva, buena tolerancia a heladas y sequía, buen crecimiento y constitución foliar, mayor altura de plantas y con numerosos tubérculos.

(Cahuana, 2023) ensayo titulado “Comparativo de ocho clones biofortificados de papa tetraploide con alto contenido de hierro y dos variedades comerciales en centro experimental Illpa campaña 2020-2021” realizado en el Centro Experimental Illpa, ubicada a 3849 msnm tuvo como objetivo evaluar el contenido de hierro en tubérculos de ocho



clones tetraploides de papa biofortificados y mejorados resultando con mayor contenido de hierro el clon BIOT-633. 294 con 31.7 mg/kg de hierro e BS.

Collanqui (2019), evaluó la caracterización morfológica, rendimiento agronómico y determino el contenido de minerales de clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) de pulpa amarilla. En características agronómicas, el clon 508110.02B tuvo mayor emergencia de plántulas con 98.75 % siendo similar a las variedades Imilla negra y Andina; en altura de planta, sobresalen los clones 508110.02B y 509130.20 con 64.50 y 60.38 cm respectivamente; los clones 508110.02B y 509130.20 tuvieron promedios de 34.65 y 26.52 tubérculos/planta; en rendimiento agronómico, los clones 508110.02B, 509130.20 y 509140.15 presentan rendimientos promedios de 616.98, 587.96 y 501.89 g/planta; en rendimiento total, el clon 508110.02B presento 19383.33 kg/ha, en contenido nutricional en hierro fue el clon 508110.11B con 21.02 mg/kg BS.

Hualla (2017), evaluó la ganancia genética (GG) en el contenido del micronutriente Fe, los resultados de (GG) para el contenido de Fe fluctuaron entre 15.11 y 33.73 %, las heredabilidades en sentido amplio para rendimiento de tubérculos, fluctuaron entre 0.63 y 0.85, mostrando correlaciones positivas para el número de tubérculos por planta y el peso promedio de tubérculos ($r = 0.34$ a 0.50). Los genotipos con alto contenido de Fe, mostraron rendimientos que variaron entre 9.4 y 28.3 t/ha. El contenido de Fe en el ciclo III varió entre 27 y 39 mg/kg en base de peso seco, con un rendimiento de 18 t/ha. En conclusión, los resultados muestran un progreso importante en el mejoramiento genético para el contenido de Fe, en papas diploides, a través de la selección recurrente.

Leiva (2021), evaluó un “Comparativo de 34 clones de papa biofortificados con niveles altos de zinc y hierro, en la región Cajamarca”. Con referencia al contenido de hierro obtuvo el máximo valor de 27.77 mg/kg de hierro correspondiente al clon BIOT-725.047 y el mínimo valor observado fue de 13.43 mg/kg de hierro correspondiente a la



variedad comercial Canchan-INIA. Con respecto al rendimiento de la productividad, evaluó el total de tubérculos (t/ha) de los ocho mejores clones biofortificados en los que se obtuvo 49.5, 41.9, 40.4, 38.7, 37.3, 35.0, 33.8 y 32.5 t/ha para los clones BIOT-751.025, BIOT721.163, BIOT-721.286, BIOT-721.074, BIOT- 721.245, BIOT-721.038, BIOT-633.294 y BIOT-735.105 respectivamente. Mientras que la variedad testigo Yungay, obtuvo un rendimiento de 59.7 t/ha. se atribuye a que es una variedad mejorada.

Leiva (2020) determinó que fueron ocho los mejores clones biofortificados seleccionados: BIOT-721.074, BIOT- 721.245, BIOT-721.163, BIOT-721.286, BIOT633.294, BIOT-751.025, BIOT- 721.038 y BIOT-735.105, dichos clones implican mayores promesas en cuanto a lograr indicadores superiores que corresponden a la selección con 83 ,80, 74, 70, 66, 66, 61, y 57, en los cuales se menciona que reúnen características específicas relativas a la floración, actividades de cosecha y postcosecha.

Tito (2017), determino el contenido de hierro de tubérculos en 20 clones de papa mejorada biofortificada. Para determinar el grado de heredabilidad (H^2) se evaluaron el contenido de Fe y rendimiento. Mostrando diferencias significativas entre clones para las variables de contenido de Fe y rendimiento, ocupando los primeros lugares el clon 13 (CIP306416.68) con 31.67 mg/kg y clon 3 (CIP306018.66) con 28.378 t/ha respectivamente por otra parte los valores de heredabilidad en sentido amplio (H^2) para Fe y rendimiento fueron 0.74 y 0.57 donde estos coeficientes indican que podemos hacer una selección en cuanto se refiere al contenido de Fe y rendimiento.



2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Anemia

Castro (2013), menciona que la anemia es una afección en la cual el cuerpo no tiene suficientes glóbulos rojos. El hierro es un apoyo clave y significativo para los glóbulos rojos ya que ayuda en el transporte de oxígeno a través de la sangre y su liberación en varios tejidos del cuerpo.

2.2.2. Desnutrición

Según la OMS la desnutrición es el desequilibrio celular entre el suministro de nutrientes y la energía y la demanda del cuerpo para que pueda garantizar el crecimiento, mantenimiento y funciones específicas, es un factor significativo en aproximadamente la tercera parte de los casi 8 millones de defunciones de menores de 5 años que se producen en el mundo (Velázquez, 2017).

2.2.3. Deficiencia de hierro

Quispe (2019), dice que el hierro es un mineral esencial para el crecimiento y desarrollo del organismo. Durante el proceso de embarazo, la cantidad de sangre en el cuerpo de la mujer aumenta, lo que requiere una mayor ingesta de hierro para ella como para el bebé en desarrollo.

La carencia de hierro durante el embarazo aumenta la probabilidad de anemia ferropénica y la posibilidad de que el bebé tenga un peso bajo al nacer, nazca prematuramente y tenga niveles bajos de hierro; también puede dificultar el desarrollo del cerebro del bebé (Castro, 2013).

2.2.4. Hierro

El hierro un componente crucial de la hemoglobina, la parte de los glóbulos rojos que trasporta el oxígeno desde los pulmones al resto del cuerpo. El hierro da



a la hemoglobina la fuerza necesaria para "transportar" (o ligarse a) el oxígeno de la sangre a fin de que llegue a donde sea necesario (Gavin, 2021).

2.2.5. Ácido ascórbico

La vitamina C, conocida como ácido ascórbico, es un nutriente hidrosoluble que se encuentra en ciertos alimentos (Hanco, 2023). Se sabe que existen diversos factores que potencian o inhiben la absorción del hierro. El potenciador mejor conocido es la vitamina C (ácido ascórbico), puesto que facilita la absorción de hierro a nivel gastrointestinal y permite una mayor movilización de este mineral desde los depósitos (Reyes *et al.*, 2009).

2.2.6. Materia seca

El contenido de materia seca es importante tanto para consumo fresco como para la industria. Tubérculos con materia seca encima de 18 – 20% tienden a ser más susceptibles a moretones, y los tubérculos se desintegran con más facilidad al cocer. No obstante, para la industria, un alto contenido de materia seca es necesario para obtener un buen color al freírse y el contenido debe de estar alrededor de 20 a 25%. nitrógeno, potasio y magnesio pueden todos influir en el contenido de materia seca (Yara, 2023).

2.2.7. Mejoramiento genético de la papa

Mejoramiento genético es el arte y la ciencia de modificar o cruzar los genes hereditarios, con la única finalidad de obtener nuevas variedades o híbridos, que tengan buena adaptación a factores adverso, como también altos rendimientos y mejor calidad culinaria. En fito mejoramiento busca generar plantas que tengan caracteres que requieran los productores, industria y consumidores; por lo que el éxito



de mejorar depende de elegir: “los progenitores apropiados de manera que el cruzamiento origine nuevos individuos con características valiosas” (Leiva, 2021)

2.2.8. Biofortificacion

La biofortificación de la papa constituye una alternativa para combatir la desnutrición en el Perú, donde aún en pleno siglo XXI el 33% de los niños (41% en zonas rurales y 30% en zonas urbanas) y el 21% de las mujeres (21% en zonas rurales y 19% en zonas urbanas) padecen de anemia y otras enfermedades derivadas de la desnutrición; mediante el procedimiento de mejoramiento de papas biofortificadas realizado desde el año 2004 por el Centro Internacional de la Papa (CIP) ha desarrollado una línea de investigación para lograr la biofortificación de papa e incrementar su concentración de hierro y zinc dando alcance de virtudes gastronómicas a través del mejoramiento genético convencional el trabajo científico (que nada tiene que ver con lo transgénico) de manera que contribuirá a reducir los niveles de desnutrición de las comunidades pobres no sólo del Perú sino del mundo (Burgos, 2017).

2.2.9. Clon

Clon es un grupo de plantas propagadas vegetativamente (asexualmente) que se derivan de una misma planta madre o parte de ella también se define como un conjunto de plantas descendientes de una sola planta a través de la reproducción vegetativa: por lo que, todas las plantas de un clon son genéticamente idénticas (Cahuana, 2020).

2.2.10. Híbrido

Se refiere a la mezcla unión o combinación de elementos que tienen distinta naturaleza y se caracterizan porque no son puros en el ámbito específicos, en la



medida en que al realizarse la mezcla surgen nuevos elementos que se integran en un todo, obteniéndose un producto nuevo (Hanco, 2023).

2.2.11. Variedad

Conjunto de plantas idénticas en tamaño, color de flores, tallos y en la forma y color de sus tubérculos. Las variedades presentan además uniformidad agronómica (periodo de maduración, adaptación, reacción a plagas, enfermedades, etc.) Cada uno de los grupos en que se dividen algunas especies y que se distinguen entre sí por ciertos caracteres muy secundario, aunque permanentes. Grupo de individuos que dentro de la misma especie difieren de modo permanente en uno o más caracteres del tipo de la especie (Collanqui, 2019).

2.2.12. Rendimiento

El rendimiento del cultivo de papa es una función de la duración del período de crecimiento del tubérculo, el crecimiento diario de los tubérculos y el número de tubérculos por planta; para tal producción hay dos componentes básicos dependientes los cuales son: la cantidad de individuos existentes en esa unidad de superficie (densidad de población) y producción particular de cada individuo (Collanqui, 2019).

2.2.13. Tubérculos Comerciales y no Comerciales

Hanco (2023), reporta que, en los trabajos de investigación como las parcelas de comprobación, los tubérculos de papa cosechados deben ser seleccionados y clasificados en tubérculos comerciales y no comerciales; donde los tubérculos comerciales tienen aceptabilidad en el mercado es decir tienen calidad comercial y el de no comercial no tiene calidad ni aceptabilidad en el mercado.



2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1. Cultivo de papa

La planta de la papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo de alto valor nutricional y medicinal, fundamental para la alimentación de la población mundial. Constituyendo una fuente principal de ingreso para los agricultores de escasos recursos de la región andina, lugar donde existe gran diversidad genética de especies cultivadas y silvestres. Sin embargo, a pesar de su alto potencial de productividad, en el Perú, el promedio de producción es bajo, en comparación al rendimiento promedio de otros países. Este menor rendimiento, entre otros factores, se debe principalmente al ataque de plagas y enfermedades que afectan el cultivo, así como a rotaciones intensivas en parcelas cada vez más pequeñas, con suelos de baja fertilidad, expuestos a las condiciones adversas del clima. (MINAGRI, 2020).

2.3.2. Origen y distribución de la papa

La papa (*Solanum tuberosum* L.), es una planta originaria de América, por lo que es posible encontrarla a través de gran parte del territorio donde la mayoría de los campesinos han tenido algún contacto con ella. Aunque la historia de la papa puede trazarse en el centro de origen del lago Titicaca (Bolivia – Perú) y en el norte del Perú diez siglos atrás. La adaptabilidad de la papa a diversas condiciones de temperatura fotoperiodismo, suelos entre otros y de producir desde los 80 o 90 días en adelante, han hecho que se haya estudiado, en especial fuera de América y que hoy aparezca junto al trigo y maíz con muchos antecedentes bibliográficos (Ríos, 2007).

Pumisacho & Sherwood (2002), mencionan que la mayor diversidad genética de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivada y silvestre se encuentra en las tierras



altas de los Andes de América del Sur. La primera crónica conocida que menciona que el cultivo de la papa fue escrito por Pedro Cieza de León en 1538. Cieza encontró tubérculos que los indígenas llamaban “papas”, primero en la parte alta del valle del Cuzco, Perú y posteriormente en Quito, Ecuador. El centro de domesticación del cultivo se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca, por la frontera actual entre Perú y Bolivia. Existe evidencia arqueológica que prueba que varias culturas antiguas, como la Inca, la Tiahuanaco, la Nazca y la Mochica, cultivaron la papa.

2.3.3. Ubicación taxonómica de la papa

Solano (2006), menciona que según el sistema de clasificación Filogenético de Adolph Engler, la ubicación taxonómica de la papa dulce es de la siguiente forma.

REINO:	Vegetal
SUBREINO:	Phanerogamae
DIVISIÓN:	Angiospermae
CLASE:	Dicotyledoneae
SUB-CLASE:	Methachlamideae
ORDEN:	Solanaceae
FAMILIA:	Solanácea
GÉNERO:	<i>Solanum</i>
ESPECIE:	<i>Solanum tuberosum</i> L

2.3.4. Descripción botánica de la papa

Raíz:

La estructura subterránea conocida como raíz es la encargada de absorber agua y sales minerales. Se origina en los nudos de los tallos subterráneos y en conjunto forma un sistema fibroso.



El sistema radicular es fibroso y se extiende bien, pudiendo penetrar hasta 80 cm., y las raíces se ubican entre la superficie del suelo y el tubérculo semilla (Villanueva, 2017).

El sistema radicular de la batata consiste de a) raíces fibrosas que absorben nutrientes y agua, y sostienen a la planta, y b) raíces reservantes que son raíces laterales en las que se almacenan los productos fotosintéticos (Huaman, 1992).

Estolón:

El estolón es el que da origen a los tubérculos que son los tallos carnosos. El tejido vascular de los tallos y estolones toma inicialmente la forma de haces bicollaterales, con grupos de células floemáticas de pared delgada en la parte externa del xilema y hacia el centro en la parte interna del xilema. (Egúsqiza, 2000).

Son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea del tallo. Una de las características cruciales es la longitud de los estolones siendo uno de los caracteres varietales importantes. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres y el mejoramiento de la papa tiene como objetivo conseguir estolones cortos. Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con suelo, puede convertirse en un tallo vertical con follaje normal (Huamán, 1986).

Tubérculo:

Los tubérculos, son tallos carnosos que se originan en el extremo del estolón y tienen yemas y ojos (Pumisacho & Sherwood, 2002). Los tallos fueron modificados y constituyen los órganos de reserva de almidón, carbohidratos, proteína para



la reproducción de la planta, varían en tamaño, forma y color de la piel y pulpa (Tapia & Fries, 2007).

Brote:

Es un tallo que se desarrolla en el ojo del tubérculo. El tamaño y apariencia del brote varía según a las condiciones de almacenamiento del tubérculo. Cuando se siembra el tubérculo, cada brote dará origen a un tallo (Villanueva, 2017).

Tallos:

Villanueva (2017), menciona que, la papa tiene tres tipos de tallos uno aéreo sobre el cual se disponen las hojas y dos tallos subterráneos: estolones y tubérculos.

Tallo principal: Se origina del brote del tubérculo de semilla, y en ellas se originan los tallos secundarios de las yemas nodales.

Tallo estolonífero: Está formado por brotes laterales que nacen de la base del tallo aéreo.

El sistema de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen sólo un tallo, principal mientras que las provenientes de tubérculos-semilla producen varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales (Inostroza, Méndez, & Sotomayor, 2009).

Hoja:

Morales (2007), señala que, las hojas son alternas; las primeras hojas tienen aspecto simple vienen después de las hojas compuestas imparipinadas con tres pares de hojuelas laterales y una hojuela terminal entre las hojuelas laterales hay hojuelas en segundo orden.

Las hojas son de tipo compuestas con 7 a 9 folíolos y es la estructura que sirve para



captar y transformar la energía alimenticia (azúcares y almidón) (Huaman, 1992).

Es importante mantenerlas sanas durante todo periodo de cultivo.

Flor e inflorescencia:

El pedúnculo de la inflorescencia está dividido normalmente en dos ramas, de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa (Inostroza et al., 2009).

De las ramas de las inflorescencias salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación en la cual se desprenden del tallo las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas. Las flores de la papa son bisexuales (tienen ambos sexos), y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo (Huamán, 1980).

Fruto y semillas:

El fruto es una Baya que se origina por el desarrollo del ovario. La semilla dentro de la baya es conocida también como semilla sexual, es el ovulo fecundado, desarrollado y maduro y tienen la facultad de originar una planta que adecuadamente aprovechada puede producir cosechas satisfactorias (Villanueva, 2017).

El fruto puede ser pubescente o glabro y es una capsula alargada, más o menos puntiaguda. La capsula una vez madura se torna de color marrón.

Huamán (1986), menciona que, cada cápsula contiene de 1 a 4 semillas ligeramente aplanadas en un lado y convexas en el otro. La forma de la semilla puede ser Irregular, ligeramente angular, o redondeada. El color varía desde marrón a negro y el tamaño es de aproximadamente 3 mm. El embrión y el endospermo son protegidos por una testa gruesa, muy dura e impermeable. La germinación de la



semilla es difícil y requiere de escarificación por desgaste mecánico u por tratamiento químico. Las semillas de batata no tienen un periodo de reposo, pero mantienen su viabilidad por muchos años.

2.3.1 Ciclo vegetativo de la papa

Cahuana (2003), indica que el cultivo de la papa desde la siembra hasta la cosecha, pasa por siete fases fenológicas:

Emergencia

Esta fase comienza después de la preparación de suelo y la colocación de la semilla de papa en los surcos; la duración de esta etapa depende de las condiciones de almacenamiento, la variedad utilizada y el estado de brotación de la semilla. Esta última por medio de cambios bioquímicos inicia la formación de una nueva planta que al principio sufre un crecimiento acelerado de raíces, seguido de la emergencia de tallos y hojas (Vignola *et al.*, 2017).

Los brotes emergen a los 10-12 días de tubérculos, y de 8 a 12 días de semilla sexual, cuando son plantados en el campo y tienen las condiciones adecuadas de temperatura y humedad en el suelo, para su desarrollo (Molina *et al.*, 2004).

Inicio de formación de estolones

Es el momento en que los estolones inician su crecimiento a partir de los nudos basales de la parte subterránea del tallo. La formación de los primeros estolones, se inician en el nudo próximo al tubérculo semilla y, ocurre entre 40 y 50 días de la siembra. Esta fase, se caracteriza por su susceptibilidad a la falta de agua y al ataque de plagas. Cuando se presentan períodos de estrés hídrico, se forman pocos estolones y, las plantas son fuertemente atacadas por “epitrix y trips”, que



ocasionan daños tanto en el follaje como en los estolones y raíces, dando como resultado bajos rendimientos.

Inicio de tuberización

Esta fase ocurre a los 55 y 60 días de la siembra, cuando los estolones detienen su crecimiento longitudinal e inicia el engrosamiento de su porción sub apical, inducido por la producción de fotosintatos en las hojas, translocación y acumulación de azúcares y almidón, activa división celular, presencia de bajas temperaturas (frío), días cortos (10 a 12 horas) y buena intensidad lumínica. Durante ésta fase y las siguientes, inicio y final de floración, las plantas requieren mayor cantidad y disponibilidad de agua y nutrientes, para lograr buena tuberización, crecimiento, llenado y producción final. Así la variedad andina, tuberiza entre 15 y 20 días antes del inicio de floración.

Inicio de floración

Cuando la corola de la primera flor de una planta, se apertura completamente y ocurre a los 70-80 días de la siembra.

Vignola *et al.*, (2017), mencionan que el inicio de la floración coincide con el llenado de tubérculos haciendo que las células de los tubérculos comiencen a expandirse por la acumulación de agua, nutrientes y carbohidratos; ya en esta etapa los tubérculos absorben la mayor cantidad de nutrientes y carbohidratos disponibles para la planta.



Final de floración

Cuando la corola de la última flor de una planta se cierra e inicia su marchitamiento. Esto sucede entre 120 y 130 días de la siembra, dependiendo de una adecuada provisión de nitrógeno y potasio, condiciones ambientales favorables, con días de mayor luminosidad.

Madurez fisiológica

Es cuando las plantas presentan entre 70 y 80% de follaje con tono amarillo pálido e inicio de secado entre 20 y 30 % mientras que, los tubérculos completan su desarrollo y adquieren el color característico. Esta fase ocurre entre 140 y 150 días de la siembra, donde la piel de los tubérculos todavía no está bien adherida y se desprende fácilmente a una ligera fricción.

Debe observarse el cambio de color de la hoja porque hay una relación directa con la maduración del tubérculo. Descubriendo la base de las plantas ver si la piel de la papa está bien adherida y no se desprende; por otro lado, la papa está madura cuando al ser presionada con los dedos no pierde su cáscara (Yzarra, 2011).

Senescencia

Es cuando los follajes de las plantas están completamente tumbadas e inconsistentes (flácidas), con más de 80 % de follaje en proceso de secado y la piel de los tubérculos están completamente adheridas. Esto ocurre a los 150 y 160 días de la siembra, cuando las condiciones son normales y sin presencia de enfermedades como la mancha foliar y factores climáticos adversos como las granizadas y bajas temperaturas.



2.3.2 Requerimiento climático del cultivo de papa

Suelos

Según Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2011), el cultivo de la papa requiere suelos Francos, franco limoso y franco arcilloso, con estructura granular y alto contenido de materia orgánica, profundos y buen drenaje, PH del suelo debe ser de 5.5 a 8.0.

Clima

Cahuana & Arcos (2002), señala que la papa se adapta fácilmente a una gran diversidad de climas, desarrollándose mejor en zonas templadas y frías, se cultiva desde pocos metros sobre el nivel del mar hasta en alturas que sobrepasan los 4000 m. s. n. m., tal como ocurre con las papas oriundo del altiplano puneño.

Precipitación pluvial

Según Cahuana (2017), el cultivo de papa requiere precipitaciones de 600 a 800 mm por campaña agrícola y bien distribuida.

Humedad

Lopez *et al.*, (1980), indican que la papa requiere una humedad relativa de 70% a 80%. La humedad atmosférica y la temperatura están en estrecho acuerdo con la humedad del suelo. La sequedad del aire no será perjudicial, siempre que el suelo tenga la humedad adecuada. El exceso de humedad en suelos pesados compromete la calidad de la producción, por la presencia de enfermedades; por lo tanto, la humedad del suelo debe ser constante y bien distribuida durante las diferentes fases del período vegetativo, especialmente durante la tuberización y maduración, ya que la cantidad y distribución de las precipitaciones de 600 a 800 mm antes,



durante y después de la formación, determinan el número, peso y cantidad de materia seca en tubérculos de papa.

Temperatura

Román & Hurtado (2002), indica temperatura influye en la brotación de los tubérculos semillas, en la utilización de nutrimentos, pérdida de agua y en las etapas fenológicas del cultivo esto con relación a la temperatura del aire y con la temperatura del suelo, así ambas son de gran importancia durante el periodo vegetativo.

Para la siembra y emergencia de plantas, la temperatura debe oscilar entre 15 °C y 22 °C, durante el periodo de crecimiento entre 12 °C y 18 °C y durante la tuberización entre 14°C a 18 °C, para la mayoría de las variedades de papa (Cahuana *et al.*, 2012).

Luminosidad

La luz, tiene una influencia directa sobre el fotoperiodo, ya que induce a la tuberización. Los fotoperiodos influyen en el rendimiento de la cosecha; para la tuberización normal requiere de 12 – 16 horas de luz por día (Zuñiga *et al.*, 2017).

2.3.7 Producción de papa

Mundial

Según MINAGRI (2021) la producción global de papas es de aproximadamente 341 millones de toneladas en una superficie de 20 millones de hectáreas. China durante el año 2021 fue el productor más grande teniendo un rendimiento entre 66 y 71 millones de toneladas; por otra parte (MINAGRI, 2020), indica que, durante el año 2018, de los 21 países con mayores cifras en producción de papa de América Latina; Perú se encuentra en la posición 16 con respecto a los niveles de rendimiento con una superficie cosechada de 324,000 hectáreas.

Tabla 1. Rendimiento de papa a nivel de países de América Latina, 2018.

N°	País	Rendimientos (t./ha.)
1	EE.UU.	49.76
2	Canadá	43.18
3	Argentina	32.3
4	Brasil	31.18
5	México	29.89
6	El Salvador	29.17
7	Chile	28.67
8	República Dominicana	26.67
9	Costa Rica	25.41
10	Panamá	24.95
11	Colombia	21.99
12	Cuba	21.93
13	Uruguay	20.88
14	Nicaragua	19.29
15	Venezuela	18.84
16	Perú	15.76
17	Honduras	14.82
18	Paraguay	14.48
19	Haití	12.68
20	Ecuador	12.18
21	Bolivia	6.42

Fuente: MINAGRI (2020)

Nacional

Según Quispe (2019), menciona que la papa (*Solanum tuberosum* L.) se produce en 19 de los 24 departamentos del Perú, lo cual demuestra su plasticidad en términos de adaptación; en la sierra hoy en día es común encontrar una agricultura mixta con variedades nativas y mejoradas. Durante los años 2015 al 2019, los indicadores de superficie cosechada, producción y niveles de rendimiento han tenido crecimientos positivos a lo largo de los años.



Tabla 2. Superficie, producción y rendimiento a nivel nacional durante los años 2015 al 2019.

Año	Superficie cosechada (Miles ha.)	Producción (Miles t.)	Rendimiento (kg/ha.)
2015	316.5	4,715.9	14,899
2016	310.7	4,514.2	14,529
2017	310.4	4,776.3	15,388
2018	325.6	5,131.5	15,761
2019	330.0	5,331.1	16,156
Tasa de crecimiento promedio anual (2015-2019)	1.2%	2.2%	1.0%

Fuente: MINAGRI (2020)

Con el informe del INEI (2021), la producción de papa se incrementó en un 24,1% aproximadamente, lo que en términos numéricos significa 320 mil 977 toneladas.

Tabla 3. Nivel de producción y rendimiento de papa por departamento durante los años 2017, 2018 y 2019.

Año	Producción (Toneladas)			Rendimiento promedio (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
Áncash	77	90	101	11	11	11
Amazona	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 (2020)

En la tabla 3 se observa que el departamento de Puno presenta altos índices de producción y rendimiento de cultivo de papa durante los años 2017, 2018 y 2019 agregando a estos datos (Cahuana & Arcos, 2020) señalan que, en Puno, se siembran aproximadamente 35,000 a 40,000 ha de papa y uno de los factores limitantes de su producción, es la escasez de semilla de buena calidad y la presencia de factores abióticos.

Por otra parte, MINAGRI (2020) menciona que Puno es el líder nacional de producción de papa con 850,000 toneladas al año, y que este cultivo de la papa a nivel nacional impulsa la economía regional y local debido a que genera mano de obra intensiva, es decir, alrededor de 34 millones de jornales de trabajo por campaña.

Regional

A nivel regional el cultivo de la papa representa una de las principales actividades desarrolladas por los pequeños agricultores, en la región andina hay una gran diversidad genética de especies de papas cultivadas y silvestres (INIA, 2020).

Tabla 4. Superficie cosechada, producción, rendimiento, 2017.

	Cultivo	Sup. Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)
1	Papa	59 711	742 924	12 442
2	Quinoa	35 269	39 610	1 123
3	Cebada grano	25 625	27 156	1 060
4	Haba grano seco	9 832	11 911	1 211
5	Avena grano	7 792	7 633	980
6	Cañihua	5 704	4 785	839
7	Maíz amiláceo	3 768	6 034	1 601
8	Oca	3 424	28 309	8 268
9	Olluco	3 042	19 782	6 503

Fuente: MINAGRI (2020)

Quispe (2019), menciona que el problema más importante que limita la producción y la productividad del cultivo de papa en el Altiplano de Puno son las condiciones ambientales, debido a la presencia de frío, sequías, granizadas y la distribución irregular de las precipitaciones. El 90% de la superficie total de siembra de papa en Puno está expuesta a las heladas, mientras que el 98% se cultiva en condiciones de secano o de lluvia.

Según Quispe (2019), los datos estadísticos de la Dirección Regional Agraria de Puno (DRAP), en el año 2016 la producción de papa fue de 691,784.86 toneladas en 59,097 hectáreas, distribuidas en las 13 provincias de la región Puno ver (Tabla 5); según estos datos mencionados se tiene también que durante la campaña agrícola 2019-2020 se sembró un total de 59 mil 642 hectáreas de papa habiendo un aumento en comparación a la campaña 2015-2016 esto en todo el ámbito de la región y hasta finales del mes de abril la superficie cosechada alcanza el 77%, es decir, 43 mil 205 hectáreas; de esta forma se puede afirmar que, pese a las heladas y otras incidencias climáticas registradas en los primeros meses

del año, los cultivos se han recuperado, estimando actualmente un rendimiento de 13 mil 700 kilos de papa por hectárea cosechada (DRAP, 2020).

Tabla 5. Producción de papa en la región de Puno

Provincia	Producción (t)	Área cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)
Carabaya	176,576.00	12,070	14.63
Azángaro	97,113.00	9,160	10.60
Sandía	65,305.00	4,145	15.76
Huancané	64,985.00	5,770	11.26
El Collao	53,030.50	4,728	9.96
Puno	49,940.00	5,186	9.63
Chucuito	43,011.00	4,750	9.05
San Román	39,950.90	3,735	10.70
Yunguyo	33,657.00	3,003	11.21
Lampa	33,371.30	3,150	10.59
Moho	13,996.00	1,361	10.28
San Antonio de Putina	12,634.16	1,060	11.92
Melgar	8,215.00	979	8.39
Total	691,784.86	59,097	Prom. 11.08

Fuente: Quispe (2019)

2.3.8 Manejo agronómico del cultivo de papa

Selección de semilla

Uribe *et al.*, (2013), mencionan que la selección de semilla es muy importante para obtener buenos rendimientos, una brotación uniforme, descartar tubérculos infectados con plagas y/o enfermedades. El criterio de selección debe basarse en tres puntos importantes:

Tamaño: La semilla ideal debe pensar entre 80 y 100 gramos, semillas inferiores a este peso originaran plantas débiles.

Sanidad: Esta no debe presentar daños mecánicos recientes, pudriciones o larvas de insectos.



Preparación Terreno

La preparación del suelo es una de las labores agrícolas de mayor importancia en la producción de papa, puesto que busca adecuar el suelo a las necesidades de las plantas; por lo tanto, se recomienda utilizar un arado a una profundidad mínima de 40 cm y posteriormente, para mullir el terreno, se puede utilizar un motocultor. Una vez arado, mullido el suelo y eliminando los restos de piedras terrones y raíces, se comienza la elaboración de los surcos, la distancia entre surco recomendada es de 0,5 a 0,7 m (Uribe *et al.*, 2013).

Siembra

La siembra se realiza entre los meses de septiembre y octubre, se deben utilizar tubérculos seleccionados y se plantan a una distancia de 0,3 m entre planta y 0,7 m entre surco (Uribe *et al.*, 2013).

Fertilización

Esta labor consiste en incorporar al suelo los nutrientes que no se encuentran en cantidades suficientemente requeridas para una producción esperada. El tipo y cantidad de fertilizantes a aplicar varía según el nivel de fertilidad del suelo, clima, requerimiento nutricional del cultivo, variedad, etc; para ello, el análisis o evaluación de las características físicas y químicas del suelo indicará la cantidad de nutrientes necesarios para obtener mejores rendimientos con el menor costo (Cahuana *et al.*, 2012); el cual permitirá una adecuada nutrición del cultivo de papa, incrementando el rendimiento y calidad de los tubérculos (Oyarzún *et al.*, 2002).

La papa (*Solanum tuberosum* L.) se desarrolla adecuadamente en suelos con un pH entre 5.5 y 6.5, ya que esto favorece la disponibilidad de fósforo (P), nutri-



mento que demanda este cultivo en dosis altas y que presenta una baja disponibilidad en el suelo. El fósforo (P) promueve el crecimiento de las raíces y acelera la formación de tubérculos, por lo que es un elemento el cual debe estar disponible para la planta en el periodo inicial de desarrollo y durante la formación de tubérculos (Oyarzún *et al.*, 2002).

Los fertilizantes son las fuentes sintéticas de nutrientes, los de mayor importancia por mayor requerimiento son el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) conocidos como NPK.

Según Collanqui (2019), el nitrógeno es necesario para el buen desarrollo de la planta, el fósforo es necesario para el buen desarrollo de raíces y el potasio es necesario para una buena calidad de los tubérculos. Los fertilizantes se mezclan, y se aplican al momento de la siembra 50% de nitrógeno y 100% de fósforo y potasio, la otra mitad de nitrógeno se aplica al momento del primer aporque.

Primer Aporque

También conocido como deshierbo tiene como objetivo de mantener el campo de papa libre de malezas. El campo debe estar libre de malezas hasta antes del aporque (CIDA, 2010).

Segundo aporque

Se realiza cuando las plantas alcanzan entre 25 y 30cm de altura y consiste en el traslado de tierra al cuello de las plantas de papa. El aporque eleva la altura de los camellones, profundiza el surco de riego y aísla las raíces, estolones y tubérculos de las plagas que proceden del exterior. Actividad que se realiza los meses de diciembre, enero y febrero (CIDA, 2010).



2.3.9 Plagas y enfermedades del cultivo de papa

Según Collanqui (2019), indica que, para aumentar los rendimientos en papa, es necesario implementar el Manejo Integrado de la producción y de las plagas y enfermedades (MIPE), pero adecuándolo a las condiciones de cada zona o provincia.

Plagas

Gorgojo de los andes: El gorgojo de los Andes es considerado como plaga clave para el cultivo de la papa. Los adultos son de color marrón claro a oscuro y miden de 6 a 8 mm, no vuelan y se trasladan caminando. Los huevos son de color blanco a crema y miden hasta 1 mm de tamaño. Las larvas son de color crema claro y la cabeza de color marrón, mide hasta 8 mm. Las pupas son de color blanco crema y pueden medir hasta 6 mm (Egusquiza, 2013).

La polilla de la papa: La polilla de la papa en la zona andina es importante solo a nivel del almacén, en campo se comporta como plaga importancia económica, de manera el manejo integrado está dirigido solo para proteger los tubérculos almacenados (Egusquiza, 2013).

Pulgilla de la papa (Epitrix spp.): Esta plaga se encuentra en todas las zonas paperas, mide 1 a 3 mm de longitud y se encuentra en las hojas y flores se alimentan de la epidermis de los folíolos de la planta, produciendo perforaciones o agujeros pequeños y redondos (Pumisacho & Velásquez, 2009).

Enfermedades

Roña: La roña es una enfermedad que afecta la calidad de los tubérculos. La severidad de los daños que causa depende de la variedad, grado de infección del suelo y condiciones de humedad y temperatura del suelo.



La enfermedad afecta raíces y estolones muestran agallas o tumores de tamaño de la cabeza de un alfiler, inicialmente de color blanco, luego se tornan de color marrón a marrón oscuro. En tubérculos Los tubérculos enfermos muestran pústulas que son inicialmente lisas, de color blanquecino y de 2 a 3 mm de diámetro (Egusquiza, 2013).

Rizoctonia: También llamado costra negra es una enfermedad producida por el hongo (*Rhizoctonia solani*). Esta enfermedad se desarrolla bien en suelos fríos y húmedos, y puede afectar la emergencia y el desarrollo de la planta, reduciendo en forma importante el rendimiento comercial del cultivo. Además, las plantas infectadas tienden a producir una gran cantidad de tubérculos deformes, protuberantes, partidos y con costra negra (Méndez & Gaete, 2013).

Pudrición rosada: La enfermedad es importante porque puede ocasionar pérdidas que alcanzan más del 80% en el campo y puede ocasionar pérdidas totales en condiciones de almacenaje. Los tubérculos afectados, muestran externamente, áreas o manchas necróticas y una secreción acuosa que aflora por las yemas y/o lenticelas (Torres, 2002)

Verruga: La enfermedad afecta a estolones, tubérculos y tallos (parte inferior que se encuentra inmediatamente debajo del nivel del suelo). Ocasionalmente, los síntomas se presentan en la parte superior de los tallos, en las hojas y en las flores, pero no afecta las raíces. Las plantas afectadas muestran tumores que desarrollan en los puntos de crecimiento de tejidos de tallos, estolones y tubérculos. Los tumores tienen un tamaño más grande que el normal (hipertrofia) y las células vecinas que se multiplican aceleradamente (hiperplasia) (Torres, 2002).



2.3.10 Cosecha y postcosecha de papa

Actividad de extracción de los tubérculos del suelo para ser seleccionando y clasificado como corresponde. Este procedimiento deberá ser oportuna, tomando en consideración la madures del follaje se reconoce por las hojas que muestran un color amarillo característico, o cuando ha perdido la totalidad de las hojas o cuando no muestra follaje verde y la madurez en los tubérculos no se pelan cuando se frotan con los dedos (Hanco, 2014).

La modalidad de cosecha puede ser: con yunta o manualmente; que son los más empleados, la eficiencia de cada una de ellas está determinada por la velocidad de extracción y porcentaje de tubérculos que se quedan bajo tierra. En tal sentido los factores que determinan la oportuna cosecha son: madurez fisiológica; tamaño de tubérculo; sanidad; condiciones climáticas; etc (Cabrera., 2009).



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El trabajo de investigación se ejecutó a campo abierto en los terrenos del Centro Experimental Camacani de la Facultad de Ciencias Agrarias, perteneciente a la Universidad Nacional del Altiplano, ubicado en la región de Puno, siendo su ubicación geográfica la siguiente:

Características geográficas y meteorológicas de la localidad de Camacani.

Coordenadas geográficas:

Longitud Oeste	: 69° 51' 32''.
Latitud Sur	: 15° 57' 04''.
Altitud	: 3877 m.s.n.m.

Fuente: SENAMHI (2020)

3.2 ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Según el registro del historial y/o manejo secuencial de los cultivos conducidos antes del experimento es un terreno de rompe ya que no registra ningún cultivo realizado antes del experimento:

Tabla 6. Antecedentes del campo experimental.

Campaña agrícola	Cultivo manejado
2019 – 2020	Ninguno
2020 – 2021	Presente trabajo (papa)

3.3 INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Para la evaluación de las condiciones del tiempo durante la ejecución del experimento, tenemos los registros climatológicos de los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo, abril y mayo en la campaña agrícola 2020-2021. Los datos climatológicos fueron obtenidos por el SENAMHI.

Tabla 7. Precipitación pluvial (mm) durante la campaña agrícola 2020-2021.

N°	Año	Mes	Precipitación (mm)
1	2020	noviembre	5.10
2	2020	diciembre	198.9
3	2021	enero	210.4
4	2021	febrero	104
5	2021	marzo	163.9
6	2021	abril	42.9
7	2021	mayo	31.4
Total precipitación 2020-2021			756.60

Fuente: SENAMHI (2023)

En el Centro Experimental de Camacani, durante el transcurso de la campaña 2020-2021, según la tabla 7 y figura 1, la precipitación pluvial fue sumamente inferior en el mes de noviembre a comparación de los meses siguientes teniendo una precipitación de 5.10 mm, seguidamente esto fue aumentando con mayor intensidad en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo en 198.9 mm, 210.4 mm, 104 mm, 163.9 mm respectivamente. Posteriormente durante los meses de abril y mayo hubo un descenso de precipitación pluvial en un 42.9 mm, 31.4 mm; todo esto haciendo un total de 756.60 mm durante la campaña agrícola; tomando en cuenta la bibliografía citada según (Cahuana, 2017). El cultivo de papa requiere precipitaciones de 600 a 800 mm por campaña agrícola cumpliendo de esta forma al requerimiento necesario de precipitación del cultivo.

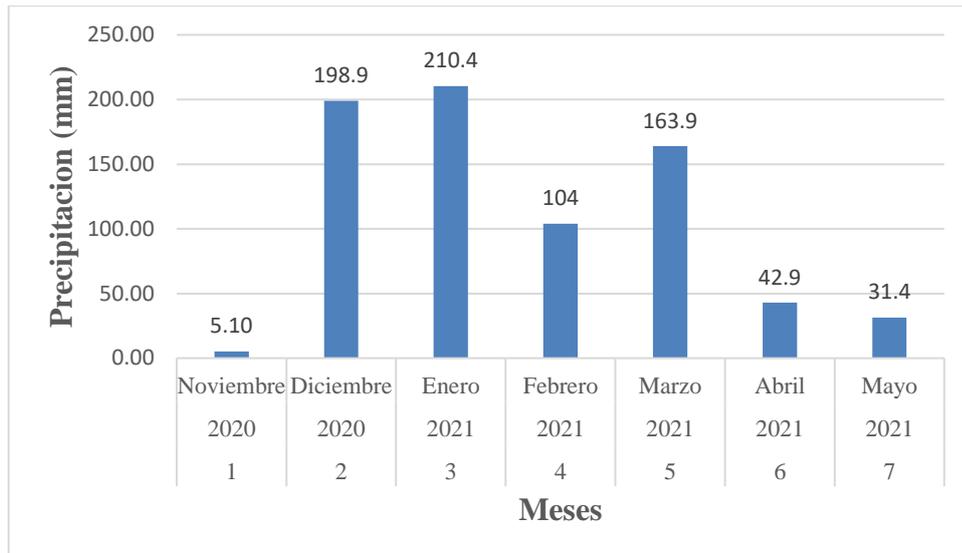


Figura 1: Precipitación (mm) durante la campaña agrícola 2020-2021

Tabla 8. Temperatura °C durante la campaña agrícola 2020 -2021.

Año	Mes	Temperatura		
		Máxima	Mínima	Media
2020	noviembre	18.17	3.17	10.67
2020	diciembre	16.85	4.65	10.75
2021	enero	15.32	3.78	9.55
2021	febrero	15.51	4.66	10.09
2021	marzo	14.57	4.31	9.44
2021	abril	15.02	2.58	8.80
2021	mayo	14.82	0.64	7.73

Fuente: SENAMHI (2023)

En cuanto a las temperaturas, se observa en la tabla 8 y figura 2 que la mayor temperatura máxima se dio en el mes de noviembre (18.17°C); en temperaturas mínimas la más baja se registró en el mes de mayo (0.64°C). La mayor temperatura media se dio en el mes de diciembre (10.75°C) y la menor temperatura media se da en el mes de mayo (7.73°C).

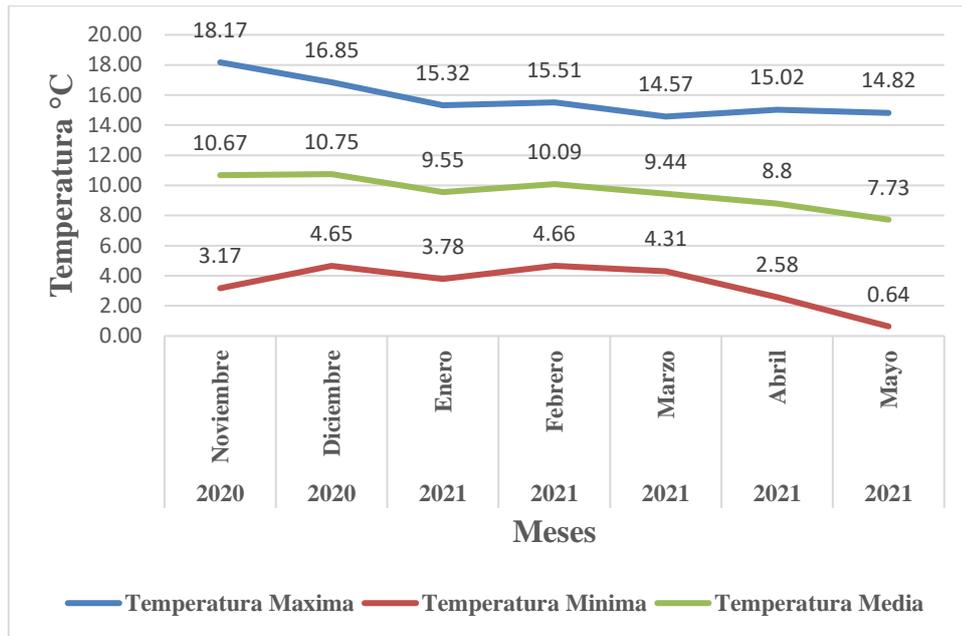


Figura 2: Temperatura °C durante la campaña agrícola 2020-2021

3.4 INFORMACIÓN EDÁFICA DEL SUELO

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL SUELO CAMPO EXPERIMENTAL

Para saber las propiedades físico – químico del suelo agrícola del experimento, se obtuvo 1kg muestra de suelo antes de la siembra o plantación a una profundidad entre 15 a 20 cm de diferentes puntos de manera zig-zag y posteriormente se envió al “Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande”-Lima.

Tabla 9. Análisis Físicoquímico del campo experimental campaña agrícola 2020-2021.

Parámetro	Unidad	Resultados
Análisis Físico		
Arena	%	45.39
Limo	%	32.27
Arcilla	%	22.34
Clase Textural		Franco arenoso
Análisis Químico		
pH (24.8 °C)		5.73
C.E. (25 °C)	dS/m	0.98
Carbonato de calcio Total	%	< 0.01
Fosforo disponible	ppm	26.33
Materia orgánica	%	2.37
Nitrógeno total	%	0.14
Potasio disponible	ppm	78.00
Porcentaje de saturación de agua	%	36.76

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande-Lima-2021.

Según la tabla 9, muestra el análisis físicoquímico del campo experimental, que se caracteriza por ser un suelo de textura “franco arenoso” cumpliendo según la bibliografía citada del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2011), el cultivo de la papa requiere suelos Francos, franco limoso y franco arcilloso. El contenido de Materia Orgánica (M.O) es de (2.37 %) de valor medio; el contenido de nitrógeno (N) disponible fue (0.14 %) siendo de valor bajo; fósforo (P) disponible fue (26.33 ppm) cuyo valor es alto; potasio (K) disponible fue (78.00 ppm) bajo en potasio; pH fue de 5.73 moderadamente ácido; este último parámetro es adecuado para el desarrollo del cultivo cuyo rango está dentro de lo establecido 5.5 a 8 de pH.

Tabla 10. Análisis Físicoquímico de micronutrientes del suelo en el campo experimental de la campaña agrícola 2020-2021.

Parámetro	Unidad	Resultados
Cobre Disponible (Cu)	ppm	1.94
Zinc Disponible (Zn)	ppm	1.31
Manganeso Disponible (Mn)	ppm	31.08
Hierro Disponible (Fe)	ppm	58.18
Boro Disponible (B)	ppm	2

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande-Lima-2021.

En la Tabla 10, se muestra el análisis físicoquímico de micronutrientes resultando que la disponibilidad de cobre (Cu) es de (1.94 ppm), zinc (Zn) es de (1.31 ppm), manganeso (Mn) de un (31.08 ppm), hierro (Fe) disponible es de (58.18 ppm) con mayor proporción a comparación de los demás y por último boro (B) fue de un (2 ppm).

Tabla 11. Resultados del estiércol utilizado en el Experimento.

Parámetro	Unidad	Resultado
Nitrógeno (N)	%	1.77
Fosforo (P ₂ O ₅)	%	0.38
Potasio (K ₂ O)	%	1.15
pH a T = 24.6 °C		8.64
Humedad	%	16.67
Materia Orgánica	%	59.14
Impurezas	%	18.31

Fuente: Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande-Lima-2021.

En la tabla 11, se observa los resultados del análisis del estiércol donde nos da a conocer que el nitrógeno disponible es de 1.77 %, Fosforo es de 0.38 %, Potasio disponible es de 1.15 %, pH disponible es de 8.64 alcalino, humedad disponible de un 16.67 %, materia orgánica disponible de 59.14 % y total de impurezas disponibles es de 18.31 %.

3.5 PROCEDENCIA DEL MATERIAL GENÉTICO UTILIZADO

El material genético utilizado en esta investigación fueron tubérculos semilla, que comprende a ocho clones de papa biofortificados tetraploide con alto contenido de Hierro y dos variedades comerciales (yungay y serranita), aclarando que los clones en estudio fueron procedentes del resultado de todo un procedimiento que se inició en el año 2004, hechos por los investigadores del CIP encabezados por la doctora Maridet Monierbale efectuaron un análisis de laboratorio a 200 cultivos de papa nativa en nuestro país y de los países vecinos donde pudieron identificar 16 con altos niveles de vitamina C, hierro y zinc. Luego Walter Amorós y demás investigadores encargados de mejorar la papa hicieron un cruce de 16 variedades nutritivas con la intención de producir progenies con grados aún más altos de zinc y hierro este proceso se conoce como biofortificación. del Centro Internacional de la Papa (CIP-LIMA).

Tabla 12. Material genético utilizado en el experimento.

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 = ([HUA-GALINA x RENACIMIENTO (JIRUCO x SUITO)])	(SEQUOIA x EARLINE)

Fuente: Centro Internacional de la Papa (CIP-LIMA)-2020



3.6 TRATAMIENTOS

Se ha establecido, diez tratamientos en estudio; de los cuales ocho tratamientos corresponden a clones de papa biofortificados tetraploide y dos tratamientos corresponden a variedades tradicionales de papa (yungay y serranita), los cuales se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Tratamientos en estudio

Material de estudio: Clones de papa y dos testigos			
Nº	Tratamiento	Condición	Código de adhesión
1	T1	Clon	BIOT-633.294
2	T2	Clon	BIOT-637.001
3	T3	Clon	BIOT-721.245
4	T4	Clon	BIOT-721.286
5	T5	Clon	BIOT-725.024
6	T6	Clon	BIOT-725.047
7	T7	Clon	BIOT-735.105
8	T8	Clon	BIOT-767.014
9	Testigo	Hibrido	Yungay
10	Testigo	Hibrido	Serranita

3.7 MATERIAL DE CAMPO

La conducción del experimento se dio inicio con la toma de muestras de suelo, instalación, conducción, cosecha y almacenamiento de clones de papa seleccionados, se emplearon las siguientes herramientas y materiales:

Maquinaria Agrícola

- Tractor agrícola con implementos de roturación, rastrado y surcado.

Equipos de campo

- Balanza analítica.
- Cámara fotográfica

Herramientas y materiales de campo

- Estacas



- Cordel
- Pico
- Pala
- Yeso
- Wincha de 50 metros
- Etiquetas de corbata
- Cuaderno de campo
- Bolsas de plástico
- Tablero
- Mallas
- Sacos

Insumos

- Estiércol de ovino
- Nitrato de amonio
- Fosfato diamónico
- Cloruro de potasio

Materiales de escritorio

- Libreta de campo
- Lapiceros
- Calculadora
- Laptop
- Folder
- Marcador indeleble
- Papel Bond A4 80g



3.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la distribución de los tratamientos en campo experimental, se utilizó el Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA) con 10 tratamientos (2 testigos y 8 clones); con 3 repeticiones; haciendo un total de 30 unidades experimentales cada una de ellas con 8 surcos cada surco con 15 tubérculos –semilla sembrados haciendo un total de 120 plantas por parcela y 3600 plántulas en su totalidad, los análisis estadísticos se realizaron con la prueba de significación Tukey al 95% de probabilidad.

El modelo aditivo lineal explica el valor de cada unidad experimental Y_{ijk} .

$$y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

Donde:

y_{ij} = respuesta observada con el tratamiento i en el bloque j

m = media general

t_i = efecto del tratamiento i ; $i=1,2,\dots,t$

b_j = efecto del bloque j ; $j=1,2,\dots,r$

e_{ij} = termino de error asociado al tratamiento i en el bloque j

3.8.1 Variable en estudio

- 8 clones
- 2 testigos

3.8.2 Variable de respuesta

- Contenido de hierro en ocho clones de papa biofortificados.
- Número de plantas emergidas por parcela (NPE)
- Numero de tallos por planta
- Hábito de crecimiento de la planta



- Uniformidad de la planta
- Vigor de la planta
- Grado de floración (Floración)
- Número de plantas cosechadas
- Largo de estolones
- Apariencia del tubérculo
- Uniformidad del tubérculo
- Tamaño del tubérculo
- Altura de planta
- Número de tubérculos comerciales /parcela
- Número de tubérculos no comercializables/parcela
- Número de tubérculos descarte/parcela
- Número total de tubérculos/parcela
- Peso de tubérculos comerciales/parcela
- Peso de tubérculos no comerciales /parcela
- Peso de tubérculos descartados/parcela
- Peso total tubérculo/parcela
- Rendimiento total de tubérculo por hectárea

3.9 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO DE ESTUDIO

Características del campo experimental (establecidas por el CIP)

Experimento:

Largo del experimento	75.6 m.
Ancho del experimento	23.5 m.
Área del experimento	1776.6 m ²

Bloques:

Número de bloques	3 bloques
Largo de bloque	72 m
Ancho de bloque	4.5 m



Área del bloque 324 m²

Parcelas:

Número de parcelas por bloque 10 parcelas

Largo de la parcela 7.2 m

Ancho de la parcela 4.5 m

Área de la parcela 32.4 m²

Surcos:

Número de surcos/parcela 8 surcos

Largo del surco 4.5 m

Ancho del surco 1 m

Área del surco 4.5 m²

Plantas:

Número de plantas/experimento 3600 tubérculos

Número de plantas/bloque 1200 tubérculos

Número de plantas/parcela 120 tubérculos

Número de plantas por surco 8 tubérculos

3.10 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO:

3.10.1 Elección del terreno

Para la instalación del experimento de papa, se eligió un terreno de rompe puesto que no registra ningún cultivo realizado antes del experimento.

3.10.2 Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en el mes de septiembre, en forma mecanizada consistiendo en una roturación con arado de discos a una profundidad de 30 cm y, el rastrado se efectuó en forma cruzada, empleando rastra de discos que dejó adecuada y uniformemente desterronado, dando de esta forma un terreno apto para su siembra.



3.10.3 Surcado

El surcado se realizó el 09 de noviembre de forma mecanizada (tractor agrícola) a un distanciamiento de 0.9 m con una profundidad de 20 cm.

3.10.4 Marcado del terreno experimental

Una vez que ya está apto el terreno para la plantación de los tubérculos de papa se hizo el marcado con materiales como yeso, una wincha, estacas y una cuerda de 75 metros, de acuerdo con las dimensiones dadas para el experimento, trazando los bordes, calles y parcelas del experimento.

3.10.5 Selección y tratamiento de tubérculos-semillas

Para la selección y tratamiento de las semillas no se tuvo mucho inconveniente ya que las semillas fueron enviadas del CIP (Centro Internacional de la Papa) de tal forma que no se tuvo que realizar la desinfección ni la selección porque todos los tubérculos se encontraron en buenas condiciones.

3.10.6 Siembra

La plantación se realizó el 09 de noviembre del 2020 en el Centro Experimental de Camacani UNA-Puno, en forma manual distribuyendo los tubérculos a un distanciamiento de 30 cm y una profundidad aproximadamente de 20 cm entre cada tubérculo. En un surco se empleó 15 tubérculos en este caso nuestra parcela tiene 8 surcos de manera que en una parcela entró 120 tubérculos, en total a nivel del campo experimental que consta de 30 parcelas entró la cantidad de 3600 tubérculos.

3.10.7 Fertilización y Abonamiento

La fertilización se realizó al momento de la siembra, en los espacios de los 30 cm entre tubérculos, con una mezcla de nitrato de amonio 5,74kg., fosfato diamónico 19.72kg y cloruro de potasio 12.10kg; la dotación de fertilizante por planta fue de 0.0104kg equivalente a 10.43g y en toda la parcela entro la cantidad de 1.2518kg equivalente a 1251.83g encima de ello se hizo un abonamiento con el estiércol de ovino razón de 10 t/ha de estiércol dosificando de esta forma 30kg por parcela experimental esto de forma chorreada de manera homogénea en los surcos y por último el tapado se realizó en forma mecanizada con una surcadora, con ayuda de piquillos en las zonas donde no se logró tapar en su totalidad.

Tabla 14. Fertilización (180-180-160)

Fertilizantes	Siembra	Aporque	Total (kg)	Sacos (50 kg)
Nitrato de amonio	5.74	16.49	22.23	0.44
Fosfato diamonico	19.72	-	19.72	0.39
Cloruro de potasio	12.10	-	12.10	0.24
Total	37.55	16.49	54.05	1.07

Según la tabla 14 muestra la dosis restante de urea (0.549 kg) equivalente a (549.82 g) por parcela, que se aplicó momentos antes del primer aporque, por golpes entre las plantas de papa.

3.10.8 Deshierbo

El deshierbo se realizó el 9 de enero puesto que hubo gran cantidad de malezas presentes esto con la finalidad de evitar que las malezas quiten luz, nutrientes, espacio como también para prevenir el ataque de plagas y enfermedades de esta forma evitar el dificulto de las labores de campo y las posteriores evaluaciones que se realizaron. en forma manual utilizando piquillos.

Durante todo el desarrollo fenológico y de conducción se identificó las malezas, se encontró un gran número de malezas que a continuación se menciona.

Tabla 15. Presencia de malezas observadas en el campo experimental.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Kora	<i>Tarasa cerratei</i>	Malvaceae
Nabo silvestre	<i>Brassica campestris</i>	Brassicaceae
Chiriro	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae

3.10.9 Aporque:

El primer aporque, se realizó el 24 de enero del 2021, a los 76 días después de la siembra colocando una capa de tierra de 6 a 8 cm de altura alrededor del cuello de las plantas de papa, con la finalidad de favorecer una adecuada formación de estolones y tubérculos, dificultar el **ingreso** de gorgojo de los andes y polilla, evitar la emergencia no deseada de estolones y favorecer buen drenaje.

El segundo aporque, se efectuó a los 12 días del mes de febrero, 20 días después del primer aporque; aproximadamente cuando las plantas alcanzaron 50 cm de altura, depositando una capa de 8 a 10 cm. de tierra sobre el camellón, esto con el objetivo de evitar el escape de los estolones y favorecer buena formación y desarrollo de los tubérculos.

3.10.10 Cosecha:

La cosecha se realizó el 22 de mayo del 2021 cuando la mayoría de las plantas ya habían cumplido con la madurez fisiológica esto indicando que los tubérculos completaron su madurez comercial. Esta labor se realizó manualmente con la ayuda de piquillos con el objetivo de no tener daños mecánicos, para la evaluación correspondiente. En el proceso se realizaron las siguientes observaciones:

Conteo de tubérculos: Se contabilizó los tubérculos por planta, y tratamiento.

Pesado: Los tubérculos clasificados por categoría fueron pesados según cada unidad experimental por categorías y en forma total.

Clasificación: La selección y clasificación, se realizó manualmente considerando clases y pesos aproximados.

Tabla 16. Clasificación de tubérculos.

CATEGORÍA		PESO (gr)
Extra	Comercial	Mayores a 101
Primera		81-100
Segunda		61-80
Tercera	No comercial	41-60
Cuarta		21-40
Quinta		Menores 20

Fuente: (Cahuana *et al.*, 2011)

3.11 MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

Para la caracterización se seleccionaron los surcos centrales esto debido al factor de competencia completa; tomando en cuenta la metodologías de evaluación estándar y manejo de datos de clones avanzados de Papa (CIP, 2014).

Una vez ya establecido los tubérculos sanos se tomó los siguientes datos agrónómicos colectados durante su desarrollo:

3.11.1 Periodo de desarrollo vegetativo

Número de plantas emergidas por parcela: Este dato se tomó a los 52 días después de la siembra esta evaluación se realizó contabilizando el número de plantas emergidas.

Número de tallos por planta: Esta evaluación fue realizada a 16 plantas de los surcos centrales.

Altura de planta: Esta actividad se realizó a los 100 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron un 50 % de floración, momento en el cuál, se consideró 10 plantas por parcela de los surcos centrales. Se midió desde la base (nivel del suelo), hasta el ápice de la planta con ayuda de una regla graduada. Los datos obtenidos se expresaron en cm.

Hábito de crecimiento de la planta: Esta información se colectó cuando las plantas estuvieron a un 70%-90% en plena floración tomando en cuenta una escala de 1 a 3 según; (CIP, 2014).

Tabla 17. Habito de crecimiento de la planta.

Escala	Estado	Descripción
1	Decumbente	Los tallos son más abiertos, algunos tallos secundarios son abiertos al punto de alcanzar el suelo. El ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es muy abierto, entre 60 a 90°.
2	Semi-erecto	Los tallos tienen más o menos un crecimiento vertical, pero algunos tallos secundarios se abren un poco y el ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es más abierto, alrededor de 45°.
3	Erecto	Los tallos son casi verticales y el ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es agudo, alrededor de 30°.

Fuente: CIP (2014)



Uniformidad de la planta: Los datos fueron colectados 45 días después de la siembra, la evaluación se realiza usando una escala de 1 a 9; según (CIP, 2014).

Tabla 18. Escala de evaluación de Uniformidad de la planta.

Escala	Estado	Descripción
1	Muy heterogéneo	Altura, vigor, y etapa del crecimiento muy heterogénea.
3	Heterogéneo	75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento heterogéneo.
5	Intermedio	50% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento heterogéneo.
7	Uniforme	75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento homogéneo.
9	Muy uniforme	100% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento homogéneo.

Fuente: CIP (2014)

Vigor de la planta: Los datos son colectados 45 días después de la siembra, la evaluación se realiza usando una escala de 1 a 9; según (CIP, 2014).

Tabla 19. Escala de evaluación de Vigor de la planta.

Escala	Estado	Descripción
1	Muy débil	Todas las plantas son pequeñas (< 20 cm), pocas hojas, plantas débiles, tallos muy delgados y/o color verde claro.
3	Débil	75% de las plantas son pequeñas (< 20 cm) o todas las plantas son entre 20 y 30 cm, las plantas tienen pocas hojas, tallos muy delgados y/o color verde claro.
5	Intermedio	Intermedio o normal.
7	Vigoroso	75% de las plantas tienen más de 50 cm, robustas con follaje o color verde oscuro, tallos gruesos y hojas muy bien desarrolladas.
9	Muy vigoroso	Todas las plantas son de más de 70 cm y la cobertura del suelo es completa. Las plantas son robustas, con tallos gruesos y abundante follaje de color verde oscuro.

Fuente: CIP (2014)

Grado de floración (Floración): Los datos fueron colectados a los 105 días después de la siembra, esta evaluación se realizó usando una escala de 1 a 7; según (CIP, 2014).

Tabla 20. Escala de evaluación de grado de floración.

Escala	Estado	Descripción
0	Sin botón	No hay inflorescencia o inflorescencia rudimentaria.
1	Aborto de botones	Presencia de inflorescencias pequeñas o rudimentarias que pueden mostrar un aborto o punto de abscisión en la unión del pedicelo.
3	Poco	La floración es escasa con presencia de 2 o 3 flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisión de flores) por inflorescencia.
5	Moderado	La floración es moderada con 8 a 12 flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisiones florales) por inflorescencia.
7	Difuso	La floración es moderada con 8 a 12 flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisiones florales) por inflorescencia.

Fuente: CIP (2014).

3.11.2 Periodo de cosecha

La cosecha se realizó cuando las plantas llegaron a su etapa de madurez fisiológica. Las evaluaciones se conducen siguiendo esta secuencia:

Número de plantas cosechadas: Esta información se tomó al momento de la cosecha.

Número de estolones: La evaluación global del número y largo de los estolones basado en la inspección de los mismos se realiza usando una escala de 1 a 9; según (CIP, 2014).

Largo de estolones: Según; (CIP, 2014).

Tabla 21. Escala de evaluación de Largo de estolón.

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.

Fuente: CIP (2014).

Apariencia del tubérculo: Según; (CIP, 2014).

Tabla 22. Escala de evaluación de Apariencia de tubérculo.

Escala	Estado	Descripción
1	Muy pobre	Muy poco rendimiento, tubérculos son totalmente deformes y de tamaño des uniforme.
3	Pobre	Bajo rendimiento, tubérculos son deformes y tamaño des uniforme.
5	Regular	Rendimiento intermedio, buena forma de tubérculo, pero el tamaño de tubérculo des uniforme.
7	Bueno	Rendimiento intermedio, buena forma de tubérculo, pero el tamaño de tubérculo des uniforme.
9	Muy bueno	Alto rendimiento, tubérculos muestran buena forma y tamaño uniforme.

Fuente: CIP (2014).

Uniformidad del tubérculo: La evaluación global de uniformidad del tubérculo se basa en la inspección de tubérculos cosechados usando una escala de 1 a 9; según (CIP, 2014).

Tabla 23. Escala de evaluación de uniformidad de tubérculo.

Escala	Estado	Descripción
1	Muy heterogéneo	Todos los tamaños de tubérculo están presentes (desde muy pequeños a grandes).
3	Heterogéneo	Todos los tamaños de tubérculo están presentes, pero hay un tamaño predominante.
5	Intermedio	Hay solo 2 ó 3 tamaños de tubérculo, pero hay un tamaño predominante.
7	Uniforme	Solo 2 tamaños están presentes con un tamaño predominante.
9	Muy uniforme	Solo 2 tamaños están presentes con un tamaño predominante.

Fuente: CIP (2014).

Tamaño de tubérculo: Esta evaluación se lleva a cabo considerando una escala de 1 a 9; según (CIP, 2014).

Tabla 24. Escala de evaluación de tamaño de tubérculo.

Escala	Estado	Descripción
1	Muy pequeño	La mayoría de tubérculos son muy pequeños (<2 cm).
3	Pequeño	Los tubérculos son pequeños, entre 2 a 4 cm.
5	Mediano	Los tubérculos son medianos, entre 4 a 6 cm.
7	Largo	Los tubérculos son grandes, entre 6 a 9 cm.
9	Muy largo	Los tubérculos tienen más de 9 cm.

Fuente: CIP (2014).

Número de tubérculos comerciales /parcela: Se contabilizo el número de tubérculos comerciales para la categoría I con peso entre 200-300 g. o tubérculos de 60 mm de diámetro.

Número de tubérculos no comerciales/parcela: Se contabilizo el número de tubérculos no comerciales que pesen menos de 80 g o que midan menos de 30 mm de diámetro.



Peso de tubérculos comerciales /parcela: Se pesó los tubérculos comerciales categoría I/parcela. La unidad de medida es Kilogramos.

Peso de tubérculos no comerciales/parcela: Se pesó los tubérculos no comerciales/parcela. La unidad de medida es kilogramos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONTENIDO DE HIERRO EN OCHO CLONES DE PAPA BIOFORTIFICADOS.

4.1.1 Contenido de hierro mg/kg de papa en BS (base seca).

Tabla 25. Análisis de varianza (ANVA) del contenido de hierro de clones biofortificados de papa.

F.V	G.L	S.C	C.M	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloque	2	15.108027	7.5540133	1.72	3.55	6.01	0.2075	ns
Tratamiento	9	240.56602	26.729557	6.08	2.46	3.60	0.0006	**
Error	18	79.137373	4.3965207					
Total	29	334.81142						

C.V=9.98 Prom. Gnral=21.02 mg/kg

En la tabla 25 se muestra los resultados de análisis de varianza para el contenido de hierro en los tubérculos de 8 clones biofortificados y 2 variedades, demostrando que para el efecto del bloque resulta estadísticamente no significativo precisando que no existe variación entre bloques debido al similar gradiente de fertilidad del suelo como se puede apreciar en la (tabla 10) y para el efecto tratamiento resulta estadísticamente altamente significativa, indicando que el contenido de hierro en tubérculos de papa varía entre genotipos o al menos un clon o variedad es diferente; además el coeficiente de variabilidad es de 9.98 %.

Tabla 26. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el contenido de hierro (Fe) en mg/kg en tubérculos de papa.

Orden de merito	Tratamiento	Código de Adhesión	Media Fe (mg/kg, BS)	Tukey Agrupamiento
1	T3	BIOT-721.245	25.11	A
2	T10(Testigo)	Serranita	22.71	A
3	T7	BIOT-735.105	22.56	A
4	T2	BIOT-637.001	21.88	A
5	T5	BIOT-725.024	21.47	A
6	T8	BIOT-767.014	21.37	A
7	T6	BIOT-725.047	21.21	A
8	T1	BIOT-633.294	20.92	A
9	T4	BIOT-721.286	19.29	AB
10	T9 (Testigo)	Yungay	13.66	B

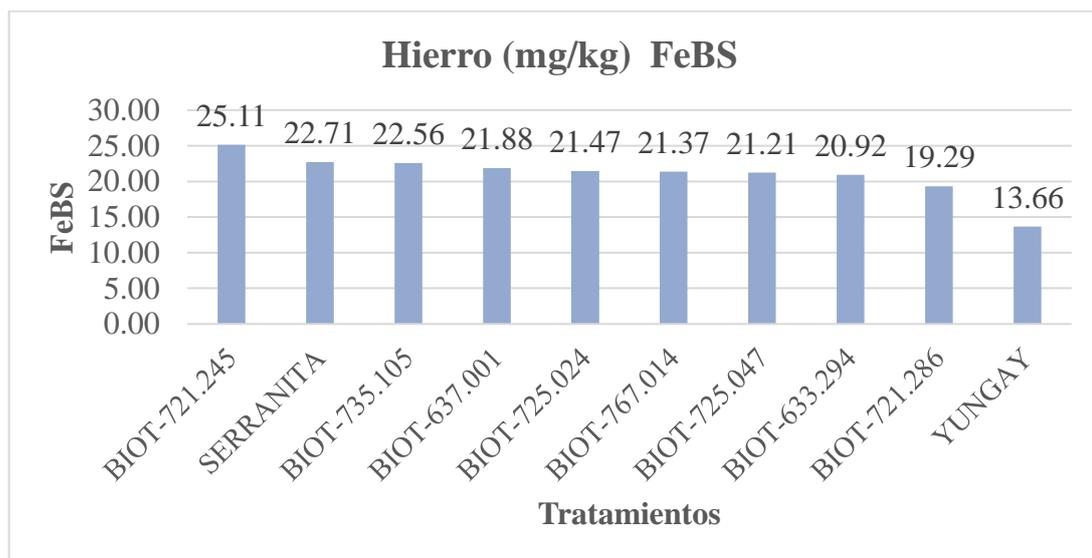


Figura 3. Promedio del contenido de hierro en clones de papa en base seca BS.

En la tabla 26 y figura 3 observamos, la comparación múltiple de medias para el contenido de hierro en mg/kg de papa en base seca, dando respuesta al primer objetivo del presente trabajo, cuya evaluación fue realizada en el laboratorio del Centro Internacional de la papa CIP, demostrando que los 8 clones más el testigo serranita tienen un alto contenido de hierro frente a la variedad yungay, aritméticamente el clon BIOT-721.245 ocupa el primer lugar con una media de 25.11 mg/kg sin embargo en el estudio realizado

por Tito (2017) demuestra que el clon CIP306416.68 presento una concentración de 31.67 mg/kg de hierro BS en condiciones del centro poblado de Tacsana del distrito de Yauli – Huancavelica ubicado a una altitud de 3750 msnm; por su parte Leiva (2021), reporta al clon BIOT-725.047 con el mayor contenido de hierro con un valor de 27.77 mg/kg en condiciones del departamento de Cajamarca, a una altitud de 2666 msnm; considerando que estos trabajos de investigación obtuvieron mayor contenido de hierro en comparación a nuestro trabajo de investigación no obstante existen investigaciones relacionadas a nuestro trabajo con resultados menores como reporta Collanqui (2019) que el clon 508110.11B presento un valor de 21.02 mg/kg en BS por su parte (Alfaro & Carbajal 2015), menciona que la cuantificación de mineral hierro de los 11 genotipos de papas nativas obtuvieron así el valor más alto de hierro con 0.968 mg/kg de muestra del genotipo M5; siendo una cifra mucho menor a nuestros resultados.

Podemos decir que el contenido de hierro de estos clones biofortificados varía según a la localidad edafo-climática ya que estos mismos tratamientos fueron trabajados en el centro experimental Illpa como menciona Cahuana, 2023 que con el mayor contenido de hierro obtuvo al clon BIOT-633.294 con promedio de 31.7 mg/kg en base seca.

Además, del contenido de hierro en los tubérculos biofortificados se tomó en consideración los resultados respecto a:

a) Ácido ascórbico (mg/100g, BF)

Tabla 27. Análisis de varianza (ANVA) concentración de ácido ascórbico.

F.V	G.L	S.C	C.M	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloque	2	1.94540667	0.97270333	3.86	3.55	6.01	0.0404	**
Tratamiento	9	95.19688	10.5774311	41.92	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	4.54146	0.2523033					
Total	29	101.683747						

C.V=5.14 Prom. Gnral=9.76 mg/100g

Para complementar el contenido nutricional de los clones de papa, la tabla 27 muestra los resultados de análisis de varianza para el contenido de ácido ascórbico en base fresca BF en los tubérculos de 8 clones y 2 variedades, en donde el efecto del bloque y tratamiento existe una diferencia estadística altamente significativa, indicando que el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) existió variación de genotipos o al menos un clon o variedad es diferente siendo el coeficiente de variación de 5.14 %.

Tabla 28. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) contenido de ácido ascórbico (mg/100g) en base fresca (BF) en los clones de papa biofortificados.

Orden de merito	Tratamiento	Código de Adhesión	Media (mg/100g) BF	Tukey Agrupamiento
1	T7	BIOT-735.105	12.98	A
2	T1	BIOT-633.294	12.05	AB
3	T10(Testigo)	Serranita	10.83	BC
4	T8	BIOT-767.014	10.82	BC
5	T9 (Testigo)	Yungay	9.90	CD
6	T5	BIOT-725.024	9.10	DE
7	T3	BIOT-721.245	8.81	DEF
8	T6	BIOT-725.047	7.80	EF
9	T2	BIOT-637.001	7.75	EF
10	T4	BIOT-721.286	7.61	F

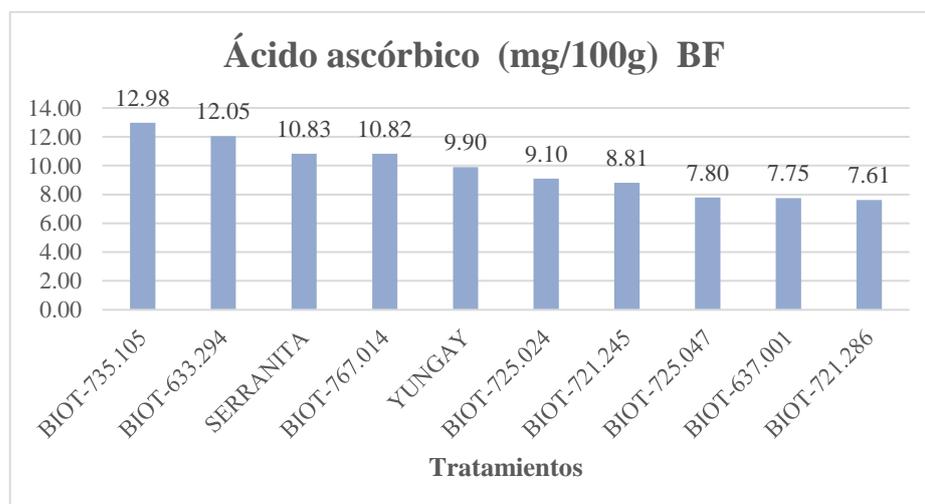


Figura 4. Promedio de concentración de ácido ascórbico



En la tabla 28 y figura 4, se muestra la comparación de medias de Tukey de la cantidad de concentración de ácido ascórbico en base fresca BF en donde ocupa el primer lugar los clones BIOT-735.105 y BIOT-633.294 con promedios de concentración de ácido ascórbico de 12.98 mg/100g y 12.05 mg/100g superando a los demás clones y a los testigos Serranita y Yungay que contienen un promedio menor a 10.83 mg/kg de contenido de ácido ascórbico.

Con relación a estos resultados (Leiva, 2021) en su investigación demostró que el clon sobresaliente fue BIOT-764.006 con 88.70 mg/100g y con un valor mínimo de 39.28 mg/100g de vitamina C o ácido ascórbico correspondiente al clon biofortificado BIOT-686.019, en condiciones de Cajamarca a una altitud de 2,666 msnm; de igual manera (Tito, 2017) reporta el mayor contenido de vitamina C logrado con el C1 con una media de 17.025 (mg/100g BS) en condiciones del centro poblado de Tacsana del distrito de Yauli – Huancavelica a 3750 msnm. haciendo una comparación con nuestros resultados los clones utilizados contienen menor promedio de concentración de ácido ascórbico en condiciones del altiplano a los 3877 msnm.

Según CIP (2021) realizo un estudio entre mujeres con deficiencia de hierro en la región de Huancavelica consumiendo 500 gramos de papa al día durante dos semanas, resultando que las tasas de absorción de hierro de papas biofortificadas fue mucho más alto que las reportadas en otros cultivos debido a que las papas biofortificadas contienen porcentajes altos de vitamina C o ácido ascórbico, en otras palabras, los 500 gramos de papa que las participantes consumieron les proporcionaron el 33% de los requerimientos diarios de hierro que necesita una mujer en edad reproductiva puesto que este nutriente hidrosoluble mejora la absorción del hierro presente en los alimentos de origen vegetal y contribuye al buen funcionamiento del sistema inmunitario para proteger al cuerpo contra las enfermedades (Leiva, 2021).

a) Materia seca promedio

Tabla 29. Análisis de varianza (ANVA) materia seca promedio.

F.V	G.L	S.C	C.M	F-Valor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloque	2	0.98306	0.49153	0.21	3.55	6.01	0.8152	ns
Tratamiento	9	262.33883	29.148759	12.26	2.46	3.60	<.0001	**
Error	18	42.80194	2.3778856					
Total	29	306.12383						

C.V=6.47 Prom. Gnral=23.84 %

En la tabla 29 se muestra los resultados de análisis de varianza para la materia seca promedio; en los tubérculos de 8 clones y 2 variedades, en donde el efecto del bloque resulto no significativo y tratamiento resulta altamente significativo, demostrando que el contenido de materia seca varia bajo el efecto de tratamientos, dándonos el coeficiente de variabilidad C.V es igual a 6.47 %.

Tabla 30. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) promedio de materia seca.

Orden de me- rito	Tratamiento	Código de Adhesión	Media %	Tukey Agru- pamiento
1	T4	BIOT-721.286	28.90	A
2	T2	BIOT-637.001	26.83	AB
3	T1	BIOT-633.294	26.20	ABC
4	T7	BIOT-735.105	24.79	ABCD
5	T6	BIOT-725.047	24.61	ABCD
6	T8	BIOT-767.014	23.29	BCD
7	T10(Testigo)	Serranita	22.67	BCD
8	T3	BIOT-721.245	21.93	CDE
9	T5	BIOT-725.024	21.11	DE
10	T9 (Testigo)	Yungay	18.10	E

En la tabla 30 y figura 5; se muestra el promedio de materia seca de tubérculos de clones y variedades de papa, los clones BIOT-721.286, BIOT-637.001, BIOT-633.294, BIOT-735.105 y BIOT-725.047 presentaron alto contenido de materia seca con un 28.90%,

26.83%, 26.20%, 24.79%, 24.61% respectivamente; demostrando una diferencia significativa en comparación a los clones BIOT-721.245, BIOT-725.024 y los testigos serranita y yungay estos análisis fueron realizados en el laboratorio del Centro Internacional de la Papa CIP.

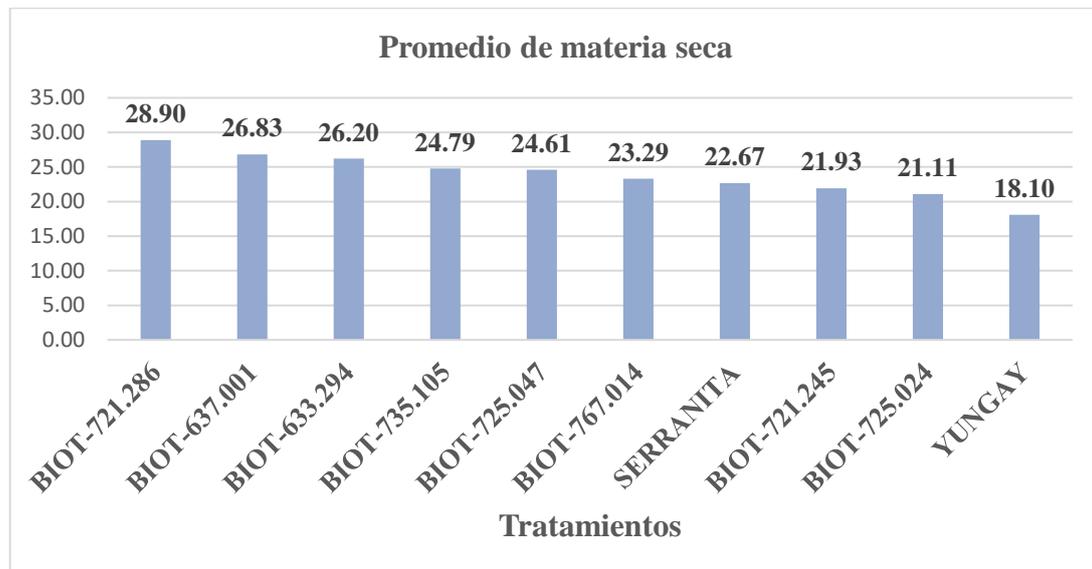


Figura 5. Promedio de materia seca del material en estudio.

Comparando el contenido de materia seca se observa que los valores resaltantes obtenidos en los clones de papa reportado por (Collanqui, 2019), resultaron los clones (cl. 509140.15) con 28.04 %; (cl 508110.11B) con 27.49 % y (cl 509140.20B) con 27.08% estos con mayor porcentaje de materia seca en comparación a los testigos (v. Imilla negra) y (v. Andina) que presentaron el 25.30% y 20.32 % por otra parte (Juli & Arias, 2011) obtuvieron un promedio de materia seca de los clones 303851, el clon 304239 con 25.2% y 30.92 %; tomando esta información podemos afirmar que los clones en estudio presentaron mayores promedios de materia seca esto debido al contenido nutricional que contienen los pigmentos de la pulpa de los tubérculos de cada clon, cabe mencionar que el contenido de materia seca influye en la calidad de frituras de las papas para la degustación del consumidor (Quispe, 2019) dice que la materia seca de un 30.4% presentan apariencia libre de imperfecciones, sin

coloración oscura, sabor sin grasa y textura de superficie uniforme, adecuada en la absorción de aceite y crocante, con una calidad de fritura buena.

4.2 RENDIMIENTO Y ADAPTACIÓN DE LOS CLONES A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ALTIPLANO.

A. Rendimiento de clones de papa.

4.2.1 Rendimiento total de tubérculo por hectárea

Tabla 31. Análisis de varianza (ANVA) del rendimiento de tubérculos por hectárea.

F.V	G.L	S.C	C.M	F-Va- lor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloque	2	79.02242	39.51121	1.03	3.55456	6.0129	0.377	ns
Tratamiento	9	26325.17	2925.01881	76.28	2.45628	3.59707	<.0001	**
Error	18	690.20345	38.34464					
Total	29	27094.40						

C.V = 10.22% Prom. Gnral = 18703.71 kg/ha

En la tabla 31 se puede observar el análisis de varianza (ANVA), para el rendimiento total de tubérculo por hectárea, en donde nos indica que para el efecto bloque, no existe una diferencia estadística significativa, indicándonos que entre los bloques existe homogeneidad en cuanto al rendimiento; por otra parte para el efecto de los tratamientos resulto diferencia estadística altamente significativa, refiriéndose que el número y peso total de tubérculos/parcela, varía entre genotipos o al menos un clon o variedad es diferente, presentando un coeficiente de variación de 10.22% lo que indica una buena precisión experimental en condiciones de campo y un promedio general de 18703.71 kg/ha de clones de papa.

Tabla 32. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) del rendimiento de tubérculos por hectárea.

Orden de Merito	Tratamiento	Código de adhesión	Media kg/ha	Tukey Agrupamiento
1	T9 (Testigo)	Yungay	38,434.16	A
2	T6	BIOT-725.047	26,278.81	B
3	T5	BIOT-725.024	23,914.61	B
4	T10 (Testigo)	Serranita	19,239.81	B
5	T8	BIOT-767.014	19,061.73	B
6	T2	BIOT-637.001	17,308.64	B
7	T1	BIOT-633.294	16,557.61	B
8	T4	BIOT-721.286	13,816.87	BC
9	T7	BIOT-735.105	9,308.64	C
10	T3	BIOT-721.245	3,116.26	C

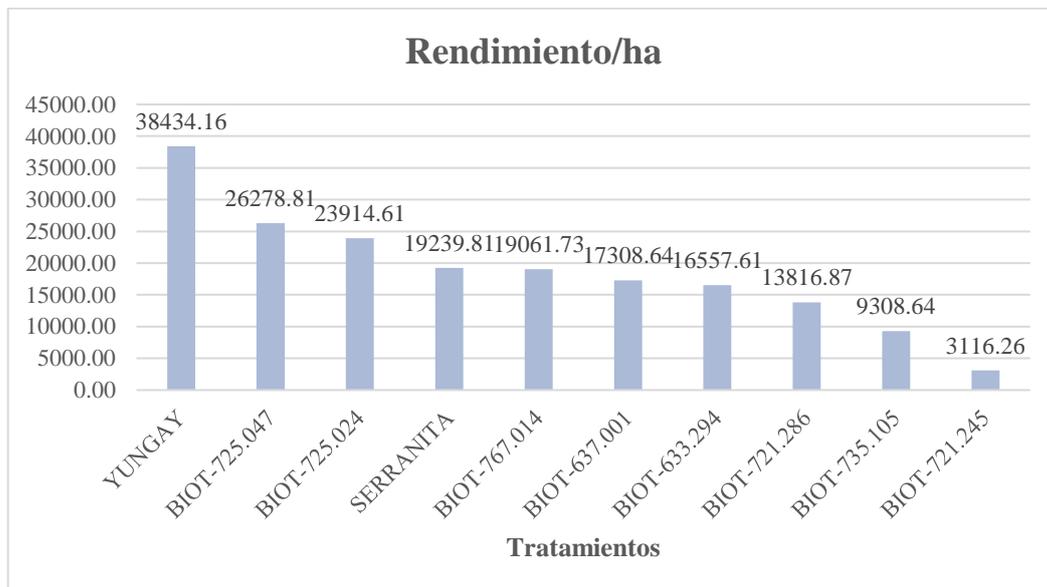


Figura 6. Rendimiento de tubérculos por hectárea en kg.

Según la tabla 32 y figura 6 podemos decir que la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), el tratamiento testigo yungay tuvo 38,434.16 kg/ha equivalente a (38.43 t/ha), demostrando una diferencia altamente significativo con mayor producción frente a los demás tratamientos; sin embargo, seguido a



este tratamiento se encuentran los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024 con rendimientos de 26,278.81 kg/ha (26.28 t/ha) y 23,914.61 kg/ha (23.91 t/ha) superando aritméticamente al tratamiento testigo serranita que presentó 19,239.81 kg/ha (19.24 t/kg).

Comparando con los resultados de Collanqui (2019), el clon (cl. 509110.02B), (v. Andina), (v. Imilla negra) y (cl. 509130.20) obtuvieron mayores rendimientos con 19.38, 18.06, 17.06 y 12.91 t/ha respectivamente, por otra parte (Cahuana, 2020) de los clones de papa con los que trabajó el clon RC20-01-17; clon RC2-96-43B; clon RC 20-01-01 produjeron 51,899.48 kg/ha; 47,066.196 kg/ha y 47,032.863 kg/ha siendo estadísticamente superior a los tratamientos testigo andina y qompis tomando estas referencias podemos afirmar que nuestros rendimientos del testigo yungay, BIOT-725.047 y BIOT-725.024 superaron a los rendimientos de Collanqui, sin embargo los reportes por Cahuana la diferencia es amplia esto deviniéndose por las localidades en donde se desarrollaron por las condiciones climáticas, el suelo y precipitación pluvial diferentes que se producen año tras año.

Hualla (2017); evaluó la ganancia genética (GG) en el contenido del micronutriente Fe, resultando los genotipos con alto contenido de Fe, mostraron rendimientos entre 9.4 y 28.3 t/ha tomado esta referencia nuestros rendimientos oscilan entre 3.12 t/ha cifra mínima producido por el clon BIOT-721.245 y un máximo valor de 38.43 t/ha dado por el testigo yungay considerando este último se afirma que hubo una diferencia significativa superando al resultado de este reporte.

Tabla 33. Rendimiento según la clasificación por categorías.

Código de Adhesión	Peso de tubérculos según categoría/parcela			Peso total de tubérculo/parcela kg	Rendimiento por hectárea	
	Promedio (kg)				kg/ha	t/ha
	Comercial	No comercial	Descarte			
Yungay	102.32	20.31	1.89	124.52	38434.16	38.43
BIOT-725.047	54.99	28.3	1.85	85.14	26278.81	26.28
BIOT-725.024	61.89	14.89	0.7	77.48	23914.61	23.91
Serranita	54.29	7.42	0.63	62.34	19239.81	19.24
BIOT-767.014	46.44	11.67	3.65	61.76	19061.73	19.06
BIOT-637.001	48.3	6.3	1.48	56.08	17308.64	17.31
BIOT-633.294	38.56	11.01	4.08	53.65	16557.61	16.56
BIOT-721.286	37.13	5.42	2.22	44.77	13816.87	13.82
BIOT-735.105	22.39	7.23	0.54	30.16	9308.64	9.31
BIOT-721.245	5.92	2.99	1.19	10.1	3116.26	3.12

Nota: Esta tabla muestra el rendimiento total de tubérculos por parcela y por hectárea en base a la selección y clasificación de tubérculos según categoría comercial, no comercial y descarte.

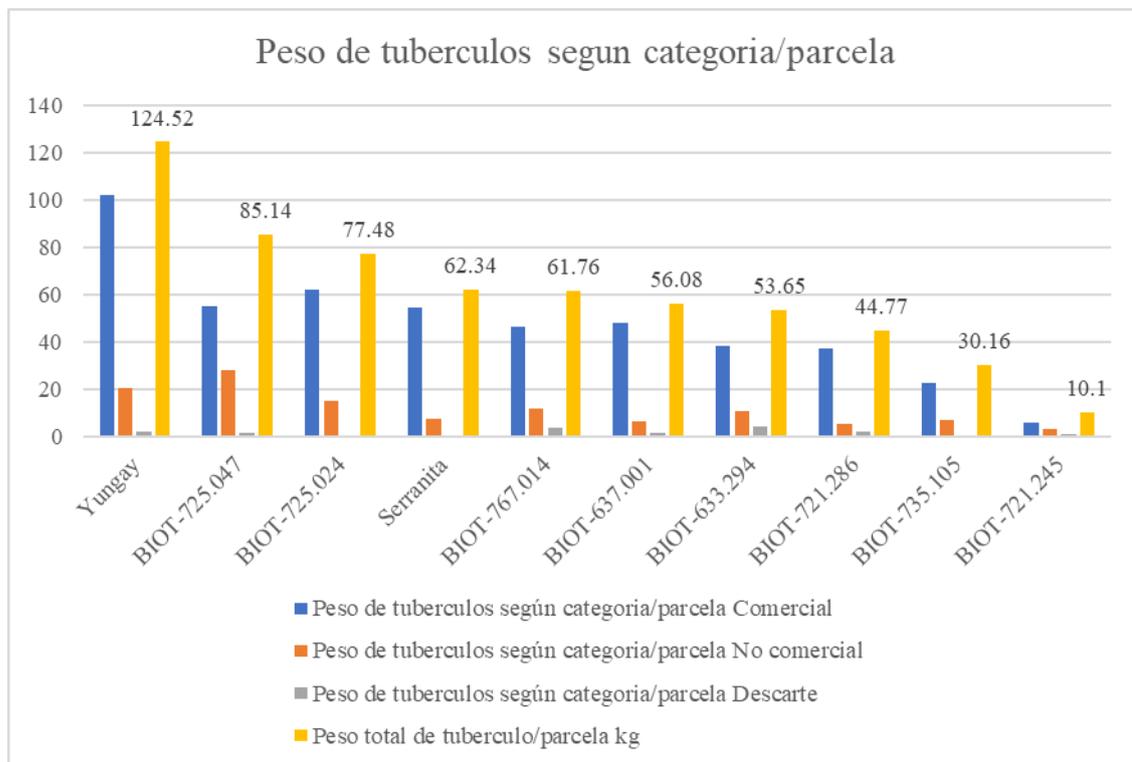


Figura 7. Rendimiento total de tubérculos por parcela.

Según la tabla 33 y figura 7 se aprecia el rendimiento de tubérculos según categoría comercial, no comercial y descarte para esta selección y clasificación se tomó en consideración la (tabla 16) en el cual menciona que para la categoría comercial se tomaron tubérculos con pesos mayores a 61 gramos y como extra mayores de 101 gramos/tubérculo con 60 mm de diámetro libres de problemas fitosanitarios, magulladuras, heridas, daños por corte, por insectos, pudrición y otros tomando estas consideraciones dentro de esta categoría se encuentra en primer lugar el testigo yungay con 102.32 kg/parcela demostrando una diferencia altamente significativa frente a los demás tratamientos, para la categoría no comercial también se tomaron tubérculos sanos y apropiados de tamaño mediano y con peso considerable mayores a 20g y menores de 60g/tubérculo, en este caso el clon BIOT-725.047 y el testigo yungay sobresalen frente a los demás tratamientos con 20.31 kg y 28.3 kg y por último para la categoría descarte se tomaron en cuenta tubérculos con pesos menores a 20g dentro de estos también se incluyeron papas con problemas fitosanitarios, magulladuras, heridas, daños por corte, por insectos y pudrición.

B. Adaptación a las condiciones climáticas del medio ambiente – altiplano

4.2.2 Número de plantas emergidas por parcela

Tabla 34. Análisis de varianza (ANVA) para emergencia de clones de papa.

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	0.52	ns
Tratamiento	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. Gnral=104.7 plantas

La tabla 34, muestra el análisis de varianza (ANVA), en donde se puede observar, que no existe diferencia estadística significativa tanto en bloques como en tratamientos, demostrando de esta manera una emergencia homogénea tanto en los clones de papa como

los testigos. El coeficiente de variación (CV) es igual a 8.68%, esto indica que los datos evaluados son confiables, ya que el coeficiente de variación para experimentos en campo lo aceptable como máximo el 30% (Collanqui, 2019) y con una media general de 104.7 de número de plantas emergidas.

Tabla 35. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el número de plantas emergencia.

Orden de merito	Tratamiento	Código de Adhesión	Media NPE	Tukey Agrupamiento
1	T8	BIOT-767.014	112.00	A
2	T1	BIOT-633.294	111.33	A
3	T6	BIOT-725.047	111.33	A
4	T4	BIOT-721.286	110.33	A
5	T9 (Testigo)	Yungay	109.33	A
6	T5	BIOT-725.024	104.00	A
7	T7	BIOT-735.105	103.67	A
8	T3	BIOT-721.245	99.33	A
9	T2	BIOT-637.001	94.00	A
10	T10(Testigo)	Serranita	91.67	A

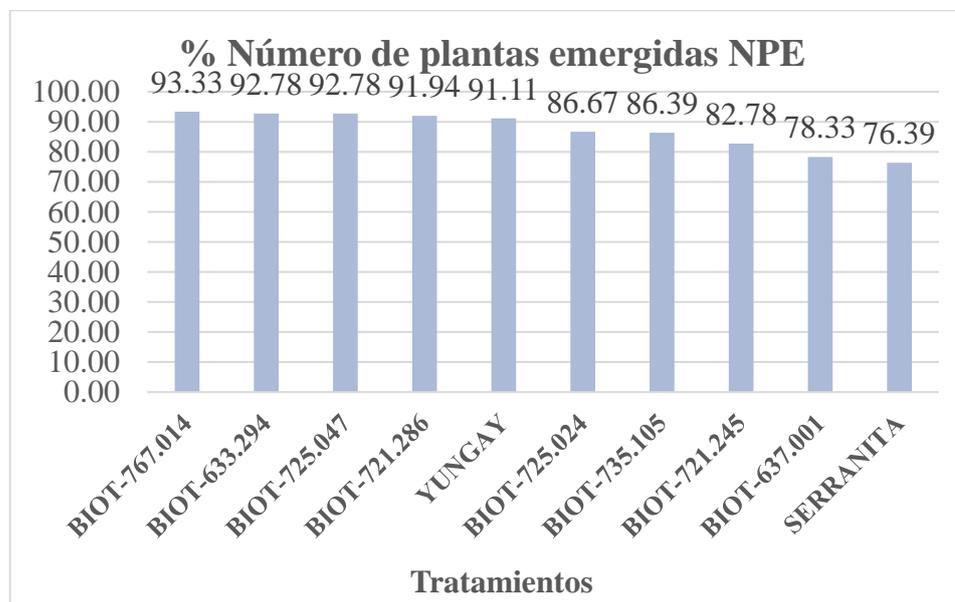


Figura 8. Promedio de número de plantas emergidas / parcela.

Según la tabla 35 y figura 8, con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para emergencia de clones de papa se muestra la comparación estadística de promedios donde los tratamientos son estadísticamente iguales sin embargo existe cierta diferencia aritmética pero que no



es significativo para lo cual le damos el siguiente detalle; el BIOT-767.014, BIOT-633.294, BIOT-725.047, BIOT-721.286 y testigo yungay presentaron un 93.33%, 92.78%; 92.78%, 91.94% y 91.11% esto del total de 120 plantas sembradas numéricamente con una cantidad de 112, 111, 111, 110 y 109 plantas emergidas respectivamente; seguidamente se encuentran los tratamientos BIOT-725.024, BIOT-735.105 y BIOT-721.245 los cuales presentan 86.67%, 86.39% y 82.78% de emergencia con 104, 104 y 99 plantas emergidas según a ese orden y por último se tuvo los dos últimos tratamientos BIOT-637.001 y testigo serranita los cuales presentan un 78.33% y 76.39% con 94 y 92 en cuanto al número de plantas emergidas.

A comparacion de Collanqui (2019); en su evaluación de la caracterización morfológica, rendimiento agronómico y determino el contenido de minerales de clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) de pulpa amarilla; nos informa que el clon 508110.02B tuvo mayor emergencia de plántulas con 98.75 % superando al resultado obtenido; esto debido a las condiciones climáticas producido durante el periodo de desarrollo ya que indica, para brotamiento se necesita de 15°C a 22 °C y para tuberización de 14°C a 18 °C. considerando nuestras temperaturas de la campaña 2020-2021 fueron de (18.17°C) máxima y de (0.64°C) mínima; esto afectando al 12.75 % de emergencia de plantas un porcentaje mínimo a considerar.

4.2.3 Número de tallos por planta

Tabla 36. Promedio del número de tallos por planta.

N°	Tratamiento	Condición	Código de adhesión	Número de tallos por planta
1	T9 (Testigo)	Hibrido	Yungay	5
2	T2	Clon	BIOT-637.001	5
3	T6	Clon	BIOT-725.047	4
4	T7	Clon	BIOT-735.105	4
5	T8	Clon	BIOT-767.014	4
6	T1	Clon	BIOT-633.294	4
7	T5	Clon	BIOT-725.024	3
8	T3	Clon	BIOT-721.245	3
9	T10(Testigo)	Hibrido	Serranita	3
10	T4	Clon	BIOT-721.286	3

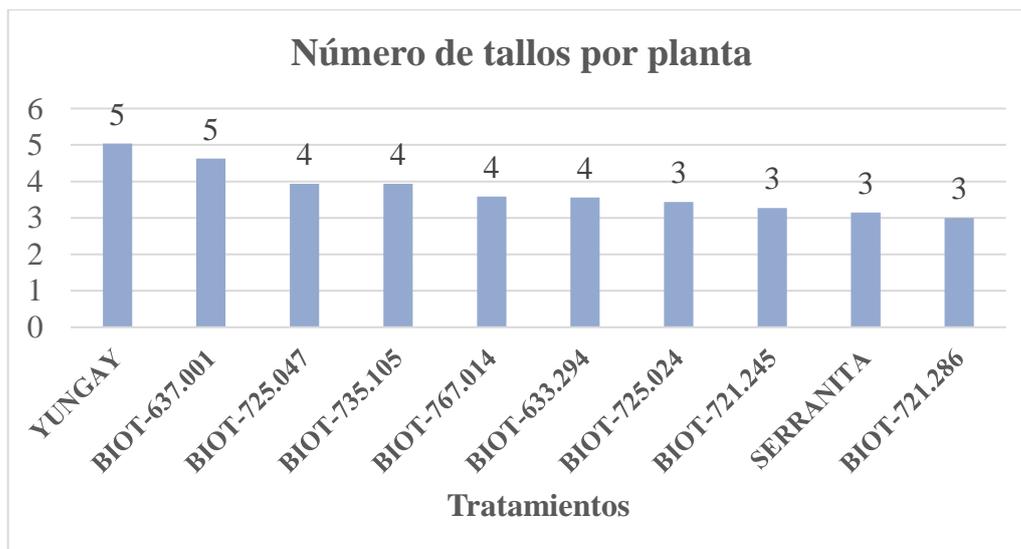


Figura 9. Número de tallos por planta.

Según la tabla 36 y figura 9, nos muestra el número de tallos por planta, siendo esta variable un indicador de adaptación y rendimiento demostrando según evaluación que el testigo yungay y el BIOT-637.001 presentan la cantidad de 5 tallos; los tratamientos BIOT-725.047, BIOT-735.105, BIOT-767.014 y BIOT-633.294 se registró con 4 el

total de número de tallos y finalmente los tratamientos BIOT-725.024; BIOT-721.245; testigo serranita y BIOT-721.286 presentando 3 tallos por planta.

Según Castaneda *et al.* (2021) menciona que la variable número de tallos, se relaciona con el número de tubérculos, mientras más tallos tenga la planta, aumenta el número de tubérculos por tallo también menciona que el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de papa, depende de la interacción del genotipo de la variedad y los factores agroecológicos para producir rendimientos de óptima calidad, ya que las plantas requieren un adecuado suministro de recursos del suelo (agua y nutrientes minerales) y recursos de la atmósfera; haciendo un análisis la variedad testigo yungay obtuvo mayor cantidad de tallos lo que indica mayor productividad esto debido a que esta variedad es comerciable y adaptable a los distintos climas presentes a nivel nacional; por otra parte no muy alejado a este resultado se encuentran los tratamientos BIOT-637.001 y BIOT-725.047 con un buen número de tallos de 5 y 4 respectivamente indicándonos de esta manera un rendimiento favorable y buena adaptación a las condiciones del altiplano.

4.2.4 Hábito de crecimiento de la planta:

Tabla 37. Caracterización de hábito de crecimiento de la planta de clones de papa.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Hábito de crecimiento de las plantas
T1	BIOT-633.294	2	Semi-erecto
T2	BIOT-637.001	2	Semi-erecto
T3	BIOT-721.245	1	Decumbente
T4	BIOT-721.286	2	Semi-erecto
T5	BIOT-725.024	2	Semi-erecto
T6	BIOT-725.047	2	Semi-erecto
T7	BIOT-735.105	2	Semi-erecto
T8	BIOT-767.014	1	Decumbente
T9 (Testigo)	Yungay	3	Erecto
T10(Testigo)	Serranita	3	Erecto



La tabla 37, muestra la caracterización del hábito de crecimiento de la planta, teniendo la observación de los surcos centrales; primeramente, se observó que los testigos tanto serranita como yungay están en la escala número 3 con un hábito de crecimiento (erecto), prácticamente los tallos tuvieron un crecimiento vertical, el ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es agudo formando un ángulo de alrededor de 30° según lo especifica; (CIP, 2014). Seguidamente se tiene los tratamientos BIOT-633.294, BIOT-637.001, BIOT-721.286, BIOT-725.024, BIOT-725.047 y BIOT-735.105 que presentaron el hábito de crecimiento (semi – erecto) según la escala número 2, un crecimiento más o menos vertical, pero algunos tallos secundarios se abren un poco y el ángulo de inserción del raquis de la hoja con el tallo principal es más abierto; en cambio los tratamientos BIOT-721.245 y BIOT-767.014 tienen el hábito de crecimiento (decumbente) según la escala número 1, con un crecimiento más abierto, teniendo la característica más significativa de algunos tallos secundarios que se encontraron más abiertos llegando a apoyarse por la parte baja, sobre el surco y a partir del cual tienden a recuperar algo de la verticalidad, este tipo de plantas tienen buena cobertura de surco y exponen bien el área foliar a la incidencia de los rayos solares pero se hace más dificultoso al momento de la realización de los aporques.

4.2.5 Uniformidad de la planta

Tabla 38. Características de uniformidad de la planta.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Uniformidad de la planta
T1	BIOT-633.294	5	Intermedio
T2	BIOT-637.001	3	Heterogéneo
T3	BIOT-721.245	3	Heterogéneo
T4	BIOT-721.286	5	Intermedio
T5	BIOT-725.024	7	Uniforme
T6	BIOT-725.047	7	Uniforme
T7	BIOT-735.105	5	Intermedio
T8	BIOT-767.014	7	Uniforme
T9 (Testigo)	Yungay	9	Muy uniforme
T10(Testigo)	Serranita	7	Uniforme

La tabla 38, se muestra la uniformidad del crecimiento de la planta; observando que el tratamiento testigo yungay muestra un crecimiento (muy uniforme) según escala número 9 llegando así a casi un 100% de plantas con altura, vigor y etapa del crecimiento homogéneo. Seguidamente tenemos a los tratamientos BIOT-725.024, BIOT-725.047, BIOT-767.014 y testigo serranita que presentaron su crecimiento de manera (uniforme) según escala 7 esto quiere decir que aproximadamente un 75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa del crecimiento homogéneo. Los tratamientos BIOT-633.294 y BIOT-721.286 presentan un crecimiento (intermedio) según escala número 5 con maso menos un 50% de plantas con altura, vigor pero de forma heterogénea; por último los tratamientos BIOT-637.001 y BIOT-721.245 presentaron un crecimiento (heterogéneo) encontrándose según escala número 3 mostrando un 75% de plantas con altura, vigor y etapa del crecimiento heterogéneo.

4.2.6 Vigor de la planta

Tabla 39. Características de vigor de la planta.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Vigor de la planta
T1	BIOT-633.294	7	Vigoroso
T2	BIOT-637.001	5	Intermedio
T3	BIOT-721.245	5	Intermedio
T4	BIOT-721.286	5	Intermedio
T5	BIOT-725.024	5	Intermedio
T6	BIOT-725.047	5	Intermedio
T7	BIOT-735.105	5	Intermedio
T8	BIOT-767.014	5	Intermedio
T9 (Testigo)	Yungay	7	Vigoroso
T10(Testigo)	Serranita	7	Vigoroso

La tabla 39, muestra características de vigor de la planta teniendo a los testigos yungay, serranita y el BIOT-633.294 un crecimiento (vigoroso) esto a escala número 7 mostrando un 75% de plantas con más de 50 cm, robustas con follaje color verde oscuro, tallos gruesos y hojas muy bien desarrolladas. Seguidamente los tratamientos BIOT-637.001, BIOT-721.245, BIOT-721.286, BIOT-725.024, BIOT-725.047, BIOT-735.105 y BIOT-767.014 presentan características de vigor (intermedio) con crecimiento normal esto según la escala número 5.

4.2.7 Grado de floración

Tabla 40. Características de Grado de floración.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Grado de floración
T1	BIOT-633.294	5	Moderado
T2	BIOT-637.001	5	Moderado
T3	BIOT-721.245	5	Moderado
T4	BIOT-721.286	5	Moderado
T5	BIOT-725.024	5	Moderado
T6	BIOT-725.047	7	Profuso
T7	BIOT-735.105	3	Poco
T8	BIOT-767.014	5	Moderado
T9 (Testigo)	Yungay	5	Moderado
T10(Testigo)	Serranita	5	Moderado

La tabla 40, según el grado de floración el BIOT-725.047 presentó floración de manera (profusa según la escala 7) con 20 o más flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisiones de flores). Seguidamente se observó que los tratamientos BIOT-633.294, BIOT-637.001, BIOT-721.245, BIOT-721.286, BIOT-725.024, BIOT-767.014 y los testigos serranita, yungay presentaron el grado de floración de forma (moderado según a escala 5) con 8 a 12 flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisiones florales) por inflorescencia aproximadamente y por último el BIOT-735.105 tuvo la característica de grado de floración (poco con escala número 3) con presencia de 2 o 3 flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisión de flores) por inflorescencia esta evaluación se realizó según la escala dada por (CIP, 2014).

4.2.8 Largo de estolones

Tabla 41. Características de largo de estolones.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Longitud del estolón
T1	BIOT-633.294	1	Muy corto
T2	BIOT-637.001	1	Muy corto
T3	BIOT-721.245	3	Corto
T4	BIOT-721.286	1	Muy corto
T5	BIOT-725.024	3	Corto
T6	BIOT-725.047	5	Intermedio
T7	BIOT-735.105	1	Muy corto
T8	BIOT-767.014	3	Corto
T9 (Testigo)	Yungay	3	Corto
T10(Testigo)	Serranita	1	Muy corto

La tabla 41, se muestra la característica de largo de estolón según escala; presentando a los tratamientos BIOT-633.294, BIOT-637.001, BIOT-721.286, BIOT-735.105 y testigo serranita tienen como característica de largo de estolón (muy corto) según la escala 1 con menores a 20cm. Los tratamientos BIOT-721.245, BIOT-725.024, BIOT-767.014 y testigo yungay presentan un largo de estolón (corto) perteneciente a la escala 3 entre 20 cm a 40 cm de largo y por último solo se tiene al BIOT-725.047 con un largo de estolón (intermedio) estando entre los rangos de 40 cm a 60 cm.

4.2.9 Apariencia del tubérculo

Tabla 42. Características de apariencia del tubérculo.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Apariencia del tubérculo
T1	BIOT-633.294	5	Regular
T2	BIOT-637.001	5	Regular
T3	BIOT-721.245	3	Pobre
T4	BIOT-721.286	5	Regular
T5	BIOT-725.024	5	Regular
T6	BIOT-725.047	5	Regular
T7	BIOT-735.105	5	Regular
T8	BIOT-767.014	7	Bueno
T9 (Testigo)	Yungay	7	Bueno
T10(Testigo)	Serranita	7	Bueno

La tabla 42, se muestra la característica de apariencia de tubérculo esta evaluación se realizó al momento de la cosecha observando que el BIOT-767.014; y los testigos yungay, serranita estuvieron en la escala 7 de (bueno) con buen rendimiento, tubérculos con buena forma y tamaño uniforme. Seguidamente se tuvieron los tratamientos BIOT-633.294; BIOT-637.001, BIOT-721.286; BIOT-725.024; BIOT-725.047 y BIOT-735.105 encontrándose en la escala número 5 de (regular) con un rendimiento intermedio, buena forma de tubérculo, pero el tamaño de tubérculo des uniforme; y por último el BIOT-721.245 que se encuentra en la escala número 3 de (pobre) esto con las siguientes características bajo rendimiento, tubérculos son deformes y tamaño des uniforme.



4.2.10 Uniformidad del tubérculo

Tabla 43. Características de uniformidad del tubérculo.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Uniformidad del tubérculo
T1	BIOT-633.294	5	Intermedio
T2	BIOT-637.001	5	Intermedio
T3	BIOT-721.245	5	Intermedio
T4	BIOT-721.286	3	Heterogéneo
T5	BIOT-725.024	5	Intermedio
T6	BIOT-725.047	7	Uniforme
T7	BIOT-735.105	5	Intermedio
T8	BIOT-767.014	5	Intermedio
T9 (Testigo)	Yungay	5	Intermedio
T10(Testigo)	Serranita	5	Intermedio

La tabla 43, muestra la característica de uniformidad de tubérculo dado que el BIOT-725.047 se encuentra en la escala número 7 de (uniforme) esto quiere decir que solo 2 tamaños están presentes con un tamaño predominante; en cambio los tratamientos BIOT-633.294, BIOT-637.001, BIOT-721.245, BIOT-725.024, BIOT-735.105, BIOT-767.014 y los testigos yungay, serranita se encuentra en la escala 5 de (intermedio) donde menciona que solo 2 ó 3 tamaños de tubérculo pero hay un tamaño predominante y por último el BIOT-721.286 que se encuentra en la escala 3 de (heterogéneo) mostrando que todos los tamaños de tubérculo están presentes pero hay un tamaño predominante.



4.2.11 Tamaño del tubérculo

Tabla 44. Características de tamaño de tubérculo.

Tratamiento	Código de Adhesión	Escala	Tamaño del tubérculo
T1	BIOT-633.294	5	Mediano
T2	BIOT-637.001	5	Mediano
T3	BIOT-721.245	5	Mediano
T4	BIOT-721.286	3	Pequeño
T5	BIOT-725.024	7	Largo
T6	BIOT-725.047	7	Largo
T7	BIOT-735.105	3	Pequeño
T8	BIOT-767.014	5	Mediano
T9 (Testigo)	Yungay	9	Muy largo
T10(Testigo)	Serranita	7	Largo

La tabla 44, según la característica de tamaño de tubérculo el testigo yungay se encuentra en la escala 9 de (muy largo) presentando tubérculos con más 9 cm; los tratamientos BIOT-725.024, BIOT-725.047 y testigo serranita se encuentra dentro de la escala 7 de (largo) con tubérculos grandes de entre 6 cm a 9 cm; seguidamente se tiene los tratamientos BIOT-633.294, BIOT-637.001, BIOT-721.245 y BIOT-767.014 encontrándose en la escala número 5 con tubérculos (medianos) entre 4 cm a 6 cm; finalmente los tratamientos BIOT-721.286 y BIOT-735.105 están en la escala número 3 de (pequeño) con características de tubérculos pequeños como su nombre lo dice en un rango de 2 cm a 4 cm.

4.2.12 Altura de planta

Tabla 45. Análisis de varianza (ANVA) de altura de planta.

F.V	G.L	S.C	C.M	F-Va- lor	Ft		Pr > F	SIG
					0.05	0.01		
Bloque	2	48.16	24.08	0.32	3.55	6.01	0.73	ns
Tratamiento	9	3293.06	365.90	4.82	2.46	3.60	0.0022	**
Error	18	1367.02	75.95					
Total	29	4708.24						

C.V = 19.23 Prom. Gnral = 45.31 (cm)

La tabla 45, se observa el análisis de varianza para la altura de planta en clones de papa, en donde se observa que, entre los bloques no existe diferencia estadística significativa, debido a que el nivel nutricional del suelo, las condiciones climáticas, el manejo y conducción del experimento fueron homogéneos; sin embargo, para los tratamientos en estudio, existe diferencias estadísticas altamente significativas, mostrando que entre los clones y testigos de papa existe diferencias en altura de planta. El coeficiente de variación (CV) fue 19.23%, lo que indica que los datos evaluados son confiables, ya que en experimentos de campo lo aceptable es hasta el 30% según (Vasquez, 1990) y una media general de 45.31 en cuanto a la altura de planta.

Tabla 46. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para altura de planta.

Orden de merito	Tratamiento	Código de Adhesión	Media (cm)	Tukey Agrupamiento
1	T9 (Testigo)	Yungay	68.33	AB
2	T10 (Testigo)	Serranita	51.60	AB
3	T1	BIOT-633.294	50.87	AB
4	T6	BIOT-725.047	48.33	AB
5	T5	BIOT-725.024	47.70	AB
6	T4	BIOT-721.286	44.10	AB
7	T2	BIOT-637.001	41.07	B
8	T7	BIOT-735.105	37.13	B
9	T3	BIOT-721.245	36.43	B
10	T8	BIOT-767.014	27.50	B

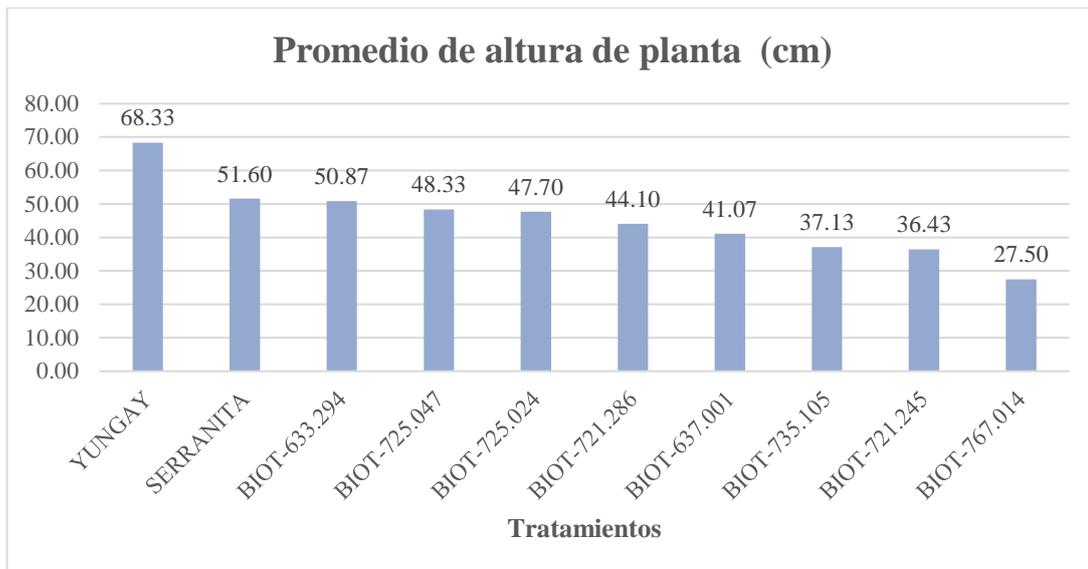


Figura 10. Promedio de altura de planta en (cm).

Según la tabla 46 y figura 10; muestran la altura de planta en los tratamientos presentando que los testigos yungay, serranita, BIOT-633.294, BIOT-725.047, BIOT-725.024 y BIOT-721.286; son estadísticamente iguales con promedios de 68.33 cm, 51.60 cm, 50.87 cm, 48.33 cm, 47.70 cm, 44.10 cm respectivamente; sin embargo, los tratamientos BIOT-637.001, BIOT-735.105, BIOT-721.245 y BIOT-767.014 presentaron promedios de 41.07 cm, 37.13 cm, 36.43 cm y 27.50 cm de altura de planta siendo estos inferiores a los tratamientos antes mencionados.

Por otra parte (Collanqui, 2019) menciona que en altura de planta, los clones que resaltaron fueron 508110.02B y 509130.20 con 64.50cm y 60.38 cm comparando con nuestros resultados el rango de variación se encuentra entre 68.33 cm valor máximo obtenido por el testigo yungay y 27.50 cm valor mínimo obtenido por el clon BIOT-767.014 mostrando similitud con respecto al testigo yungay sin embargo esta diferencia frente a los demás tratamientos a estado influenciado por las características genóticas de cada clon según menciona (Lihua, 2017).

4.2.13 Número de plantas cosechadas

Tabla 47. Análisis de varianza (ANVA) del número de plantas cosechadas.

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. Gnral = 104.70 plantas

En la tabla 47, nos muestra el análisis de varianza observando que para el efecto del bloque resulto no significativo, pero para el efecto de los clones o tratamientos resulto altamente significativo, teniendo un coeficiente de variación de 8.68 % indicando de esta manera que los datos evaluados son confiables y con un nivel de aceptabilidad estadística (Vásquez, 1990) y con una media general de 104.70 número de plantas cosechadas/parcela.

Tabla 48. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) de número de plantas cosechadas.

Orden de merito	Tratamiento	Código de Adhesión	Media Nro plantas cosechadas	Tukey Agrupamiento
1	T8	BIOT-767.014	112.00	A
2	T1	BIOT-633.294	111.33	AB
3	T6	BIOT-725.047	111.33	AB
4	T4	BIOT-721.286	110.33	AB
5	T9 (Testigo)	Yungay	109.33	AB
6	T5	BIOT-725.024	104.00	ABC
7	T7	BIOT-735.105	103.67	ABC
8	T3	BIOT-721.245	99.33	ABC
9	T2	BIOT-637.001	94.00	BC
10	T10(Testigo)	Serranita	91.67	C

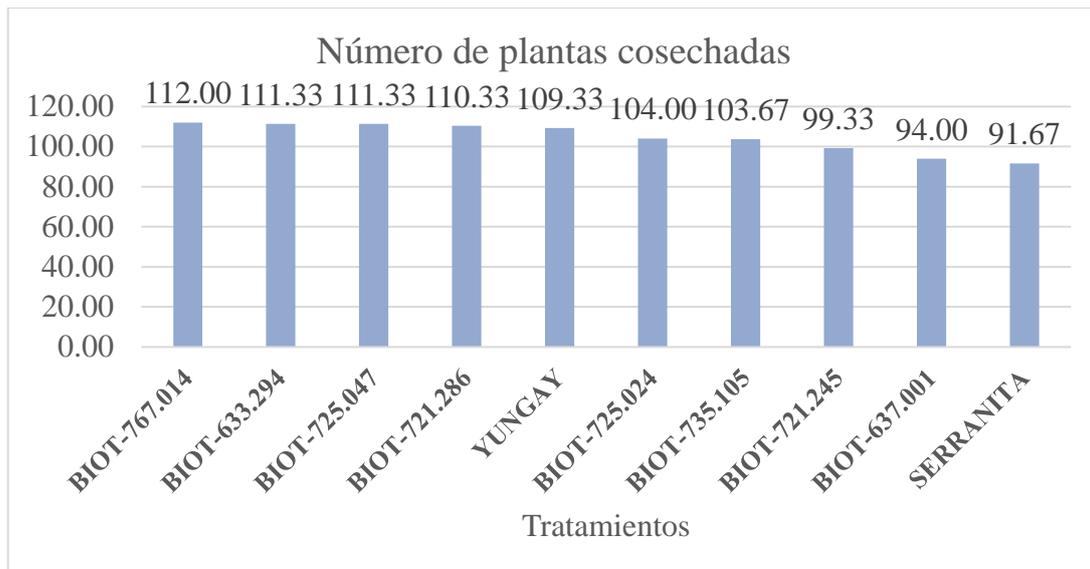


Figura 11. Número de plantas cosechadas por parcela.

Según la tabla 48 y figura 11 se muestra que los promedios estadísticos en cuanto al número de plantas cosechadas son similares los siguientes tratamientos BIOT-767.014, BIOT-633.294, BIOT-725.047, BIOT-721.286, testigo yungay, BIOT-725.024, BIOT-735.105 y BIOT-721.245 con la cantidad de 112, 111, 111, 110, 109, 104, 104 y 99 plantas cosechadas por parcela respectivamente demostrando estadísticamente igualdad, pero aritméticamente tienen una pequeña diferencia por tratamientos y con respecto al clon BIOT-725.024 y al testigo serranita existe una diferencia estadística ya que llega a tener una media de 94 y 91.67 número de plantas cosechadas/parcelas. Tomando estos resultados en cuanto al número de tubérculos plantados que es de 120 tubérculos/parcela, esto se dio por la afectación de las condiciones climáticas ya que según (MINAGRI, 2020) indica que, para brotamiento se necesita de 15 a 22 °C y para tuberización de 14 a 18 °C. considerando nuestras temperaturas de la campaña 2020-2021 (tabla 08 y figura 02). Por ende, se podría decir que el 12.75 % fue afectado por factores ambientales y a la vez cabe mencionar que el terreno donde se instaló el experimento existió cierto porcentaje de pendiente, demostrando des uniformidad en el campo experimental.

Según los reportes de (Collanqui, 2019); donde menciona que los tratamientos T7 (v. Imilla negra), T1 (cl. 508110.02B) y T6 (v. Andina) obtuvieron promedios de 99.38%, 98.75%, 98.13 % de plantas emergidas tomando estos datos se tendrá una referencia del dato de número de plantas cosechadas y haciendo una comparación con nuestros resultados según la figura 11 estos datos son ligeramente mayores a los obtenidos en cuanto al número de plantas cosechadas.

4.2.14 Número total de tubérculos/parcela

Tabla 49. Análisis de varianza (ANVA) número total de tubérculos/parcela

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

C.V = 11.86% Prom. Gnral = 1338.53 tubérculos

Según la tabla 49; se observa el análisis de varianza (ANVA), para el número total de tubérculos/parcela, observando que, para el efecto del bloque, existe una diferencia estadística significativa, indicándonos que entre los bloques existe heterogeneidad de número total de tubérculos, esto debido a la afectación de la posición del terreno experimental puesto que este tubo cierto porcentaje de pendiente; para el efecto de los tratamientos resulto diferencia estadística altamente significativa, refiriéndose que el número total de tubérculos/parcela, varía entre genotipos o al menos un clon o variedad es diferente presentando un coeficiente de variación de 11.86% lo que indica una buena precisión experimental en condiciones de campo y una media general de 1338.53 tubérculos por parcela.

Tabla 50. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) número total de tubérculos por parcela.

Orden de merito	Tratamiento	Código de Adhesión	Media (unidad)	Tukey Agrupamiento
1	T6	BIOT-725.047	2728.3	A
2	T9 (Testigo)	Yungay	2087.3	B
3	T8	BIOT-767.014	1614.7	C
4	T5	BIOT-725.024	1427.7	CD
5	T1	BIOT-633.294	1116.3	DE
6	T2	BIOT-637.001	1078.7	DE
7	T7	BIOT-735.105	1045.0	DE
8	T10(Testigo)	Serranita	985.0	DE
9	T4	BIOT-721.286	868.3	EF
10	T3	BIOT-721.245	434.0	F

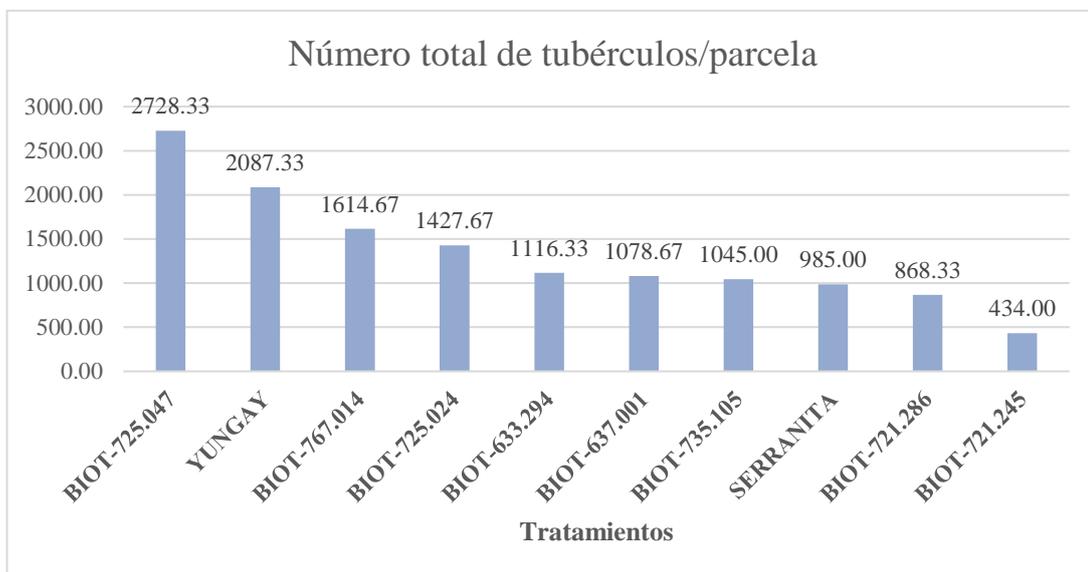


Figura 12. Número total de tubérculos por parcela.

Según la tabla 50 y figura 12 se muestra la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), demostrando que el tratamiento que encabeza es el clon BIOT-725.047; con una cantidad de 2728.3 tubérculos por parcela mostrando una diferencia estadística entre los testigos y clones en estudio. Por otra parte, en la tabla 51 se puede apreciar la clasificación de los tubérculos por categorías demostrando que en la categoría tubérculos comerciales sobresale el testigo yungay y el clon BIOT-725.047 con

1170.33 y 927 tubérculos respectivamente esta categoría se da por la selección y clasificación de tubérculos de papa, para este grupo se seleccionaron tubérculos sanos y apropiados de buen tamaño y con pesos mayores a 61g siendo como extra mayores de 101g/tubérculos, sin embargo (CIP, 2014), señala que se debe contar el número de tubérculos comerciales con peso entre 200-300 g o tubérculos de 60 mm de diámetro, de igual manera en cuanto a los tubérculos no comerciales se encuentra liderando el clon BIOT-725.047 y también el testigo yungay con números de 1771.00 y 888.00 tubérculos no comerciales esto considerando tubérculos sanos y apropiados de tamaño mediano y con peso considerable tal como lo menciona (Cahuana & Gonzales, 2011) para esta categoría no comercial son los tubérculos con mayores de 20g. y menores de 60g/tubérculo, sin embargo (CIP, 2014), menciona que se debe contabilizar el número de tubérculos no comerciales que pesen menos de 80 g o que midan menos de 30 mm de diámetro y finalmente se encuentran tubérculos de la categoría descarte demostrando que el clon BIOT-735.105 y el testigo serranita tuvieron menor número de tubérculos descartados dentro de esta clasificación se agruparon los tubérculos con presencia de problemas fitosanitarios, magulladuras, heridas, daños por corte, por insectos, pudrición y otros .

Tabla 51. Clasificación del número de tubérculo según categoría

Código de adhesión	Número de tubérculos/parcela			Número total de tubérculos/parcela
	Comerciales	No comerciales	Descarte	
BIOT-725.047	927.00	1771.00	30.33	2728.33
Yungay	1170.33	888.00	29.00	2087.33
BIOT-767.014	677.00	865.00	72.67	1614.67
BIOT-725.024	786.33	628.30	13.00	1427.63
BIOT-633.294	413.67	653.70	49.00	1116.37
BIOT-637.001	707.00	352.30	19.33	1078.63
BIOT-735.105	412.00	626.30	6.67	1044.97
Serranita	491.00	487.00	7.00	985.00
BIOT-721.286	504.33	326.00	38.00	868.33
BIOT-721.245	135.00	258.30	40.67	433.97



V. CONCLUSIONES

Los ocho clones en estudio incluido al testigo serranita resultaron con alto contenido de hierro pero el clon que sobresalió aritméticamente fue el tratamiento BIOT-721.245 con 25.11 mg/kg de hierro (BS) frente a los demás tratamientos y superando significativamente al testigo Yungay, complementando a estos resultados con mayor contenido de ácido ascórbico se encuentra el tratamiento BIOT-735.105 y BIOT-633.294.

En cuanto a rendimiento, se identificó al testigo yungay que tuvo 38,434.16 kg/ha (38.43 t/ha), demostrando mayor productividad con respecto a los demás tratamientos; sin embargo, seguido a este tratamiento se encuentran los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024 con rendimientos de 26,278.81 kg/ha (26.28 t/ha) y 23,914.61 kg/ha (23.91 t/ha), y en respuesta a la adaptación a condiciones medioambientales del altiplano en base al rendimiento, contenido de hierro y sus características agro morfológicas sobresalen los mismos clones (BIOT-725.047, BIOT-725.024).



VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere continuar trabajando con el clon BIOT-721.245 por haber obtenido mayor valor de concentración de hierro en comparación a los demás clones trabajados, esto referido en términos aritméticos.

Tomar en consideración a los clones BIOT-725.047 y BIOT-725.024 de la presente investigación para la evaluación de rendimientos y adaptación a las condiciones del altiplano en vista que matemáticamente sobresalieron con mayor productividad y con características agro morfológicas ideales frente a los demás tratamientos.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfaro, M., & Carbajal, G. G. (2015). *Evaluación del contenido de hierro, zinc y efectos de los métodos de cocción en la degradación de compuestos antioxidantes en genotipos de papas nativas del valle del Mantaro*. Huancayo. Perú.
- ALTAGRO. (2010). Las labores culturales oportunas, mejoran el rendimiento y la calidad de las cosechas. *Los buenos rendimientos del cultivo de papa, dependen de las labores culturales, 2*.
- Araque Barrera, D. M., & Díaz, J. E. (2021). Descripción Botánica y Taxonómica de la papa.
- Bohl, W., & Johnson, S. (2010). Commercial potato production in north America. Commercial potato production in north America.
- Bonifacio, A., Ramos, P., Alcon, M., & Gabriel, J. (2013). *Solanum x curtilobum* Juz. et Buk.: papa amarga cultivada con potencial para el mejoramiento genético. *Revista Latinoamericana de la papa. Bolivia*, 13p.
- Burgos, Z. G. (2017). Papas biofortificadas con hierro y zinc. *AgroNoticias*, 15p.
- Cabrera, H. A. (2009). *Manual Técnico de Producción de Semilla Básica de Papa*. En E. E. Cajamarca. Cajamarca, Peru: Martinez Compañón Editores S.R.L. Obtenido de <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/761/1/PAPA.pdf>
- Cabrera., H. (2009). Manual tecnico de Produccion de Semilla Basica de Papa. *Instituto Nacional de Innovacion Agraria (INIA)*., 80p.



- Caahuna, J.C. (2023). Comparativo de ocho clones biofortificados de papa tetraploide con alto contenido de hierro y dos variedades comerciales en centro experimental Illpa campaña 2020-2021 *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de ingeniería Agronomica., Puno, Peru.
- Cahuana, Q. R., & Cahuana, L. N. (2017). *Recomendaciones técnicas de prevención, mitigación y adaptación a los efectos negativos de la sequía en el cultivo de papa*. (Edición N° 43 ed.). Puno, Peru.
- Cahuana, Q. R., Condori, M., & Flores, P. (2011). Cosecha, seleccion y clasificacion de tuberculos de papa. *Revista Vision Agraria Año III*(Edicion N°11. Puno-Peru), 30p.
- Cahuana, R., & Arcos, J. (2002). *Variedades nativas y Mejoradas de papa en Puno* (Primera Edicion ed.). Lima, Perú. Obtenido de https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/898/1/Cahuana-Variedades_nativas_Papa.pdf
- Cahuana, R., & Gonzales, D. (2011). Manual Tecnicas de Manejo, Seleccion y Clasificacion de Papas Nativas. Puno-Peru: DRA. Obtenido de <https://www.agropuno.gob.pe/files/documentos/biblioteca/2.1.6.pdf>
- Cahuana, V. L. (2020). Evaluacion de clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) tolerantes a heladas y en sequia Tahuaco – Yunguyo – Puno. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de ingeniería Agronomica., Puno, Peru.



- Cahuana., R. (2003). Papa variedad Andina, todas sus características fenológicas. *Revista Estación Experimental Illpa-Puno*(N°5), 58pp.
- Cahuana., R., Arcos, J., Barreda, Q., Canihua, R., Quenallata, S., & Holguín, C. (2012). Producción de Tubérculos Semillas de Buena Calidad de Papa. Puno, Peru.
- Canqui, F., & Morales, E. (2009). Conocimiento Local en el Cultivo de la Papa. En F. PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- Castaneda, G., Ascencio, P., & Ascencio, L. (2021). Evaluación del efecto del número de tallos en tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el rendimiento de minitubérculos a partir de la generación 2 en invernadero. *Tesis*. Universidad de el Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Fitotecnia., El Salvador.
- Castro, E. (2013). “*Correlacion del nivel de hemoglobina pre y postparto y factores asociados al cuadro clinico de anemia en puerperas atendidas en el Hospital Regional Honorio Delgado Espinoza. Arequipa, 2013*”. Universidad Catolica de Santa Maria Facultad de Obstetricia y Puericultura, Arequipa.
- CIDA, A.-C. (2010). *Las labores culturales oportunas, mejoran el rendimiento y la calidad de las cosechas*. Lima.
- CIP. (2011). Inventario de tecnologías e información para el cultivo de papa en Ecuador. 250 p.
- CIP. (2014). Metodologías de Evaluación estándar y Manejo de datos de clones avanzados de Papa. En S. Haan, A. Forbes, W. Amoros, G. M., E. Salas, H. V., . . . B. M., *Módulo 2: Evaluación del rendimiento de tubérculos sanos de clones avanzados de papa*. (pág. 44p.). Lima-Peru.



- 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*. Lima. Obtenido de cip@cgiar.org • www.cipotato.org
- Collanqui, V. (2019). Características morfológicas, agronómicas, rendimiento y contenido nutricional de clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) de pulpa amarilla en Salcedo Puno, Peru. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Puno, Peru.
- Cuesta, X., Rivadeneira, J., & Monteros, C. (2015). *Mejoramiento genético de papa: Conceptos; Procedimientos; metodologías y protocolos*. Quito (Ecuador).
- De Haan, S., Forbes, G., Amoros, W., Gastelo, M., Salas, E., Hualla, V., Bonierbale, M. (2014). Metodologías de Evaluación Estándar y Manejo de Datos de Clones Avanzados de Papa. En I. R. CIP. (Sofía Tejada (ed.); Edición y). Obtenido de <https://doi.org/10.4160/9789290604495>
- DRAP. *Oficina Imagen Institucional. Dirección Regional Agraria Puno*. Obtenido de <https://www.agropuno.gob.pe/cultivo-de-papa-en-la-region-puno-registra-un-77-de-avance-de-cosechas/>
- Egúsqüiza, B. R. (2000). *La papa: Producción, Transformación y comercialización*. Lima, Peru.
- Egusquiza., R. (2013). *Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades del cultivo de Papa*. 28 p.



- Egusquiza., R. (2013). Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Papa. En Agrobanco. Paucartampo-Cusco.
- Estrada, N. (2000). La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. *BOL. CIP.*, 372 p.
- FAO. (2008). Año Internacional de la Papa. Obtenido de <https://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/index.html>
- FAO. (2008). Las papas; la nutrición y la alimentación. Italia- Roma.
- Figueroa, R., & Rodríguez, R. (2002). *Nutrición y Población*. Habana.
- Fonseca, C., Burgos, G., Rodríguez, F., Muñoa, L., & Ordinola, M. (2014). *Catálogo de Variedades de Papa Nativa con Potencial para la Seguridad Alimentaria y Nutricional de Apurímac y Huancavelica: International Potato Center*. Huancavelica, Perú.
- Gavilanes, L. (2015). Efecto de la fertilización foliar y edáfica con hierro y zinc para la biofortificación agronómica del tubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis de pregrado. En E. S. Naturales. Riobamba. Ecuador.
- Gavin, M. L. (2021). Propiedades químicas del Hierro - Efectos del Hierro sobre la salud - Efectos ambientales del Hierro. *Find care at Nemours Children's Health*, 10p.
- Hanco, C. R. (2014). "Evaluación del comportamiento de cuarenta y uno genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.), para tolerancia a la sequía en zonas áridas". *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, Arequipa. Perú.
- Hanco, Y. A. (2023). Comparativo de ocho clones de papa tetraploide con alto contenido de zinc y dos variedades comerciales en el Centro Experimental Illpa campaña



- 2020-2021. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Altiplano. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, Puno.
- Hualla, V. (2017). Ganancias genéticas en el contenido de Hierro y Zinc en papas diploides en tres ciclos de selección recurrente. *Tesis de maestría*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Perú.
- Huamán, Z. (1980). Botánica sistemática y morfología de la papa. (C. I. Papa, Ed.) *Boletín de Información Técnica* 6(6), 20.
- Huamán, Z. (Junio de 1992). Botánica Sistemática y Morfología de la Planta de Batata o Camote. (C. I. CIP, Ed.) *Boletín de Información Técnica* 25, 24. Obtenido de https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/botanica_camote.pdf
- Huamán., Z. (1986). Botánica Sistemática y Morfología de la Papa. (C. I. Papa, Ed.) *Boletín de Información técnica*, 23.
- INEI. (2021). *PERÚ: Indicadores de Resultados de los Programas*. Lima-Peru.
- INEI. (2021). *Producción de papa creció 24,1% en enero del presente año*. Obtenido de <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-crecio-241-en-enero-del-presente-ano-12802/>
- INIA. (2021). Cosecha, selección, clasificación y almacenamiento de semilla certificada de papa.
- INIA, I. N. (2020). En H. M. Jesús Heráclides Arcos Pineda, *Manual técnico manejo integrado del cultivo de papa* (pág. 22). LIMA-PERU.
- INIA, I. N. (2020). En H. M. Jesús Heráclides Arcos Pineda, *Manual técnico: manejo integrado del cultivo de papa* (pág. 22). Lima- Peru .



- Inostroza, J., Méndez, P., & Sotomayor, L. (2009). Botánica y morfología de la papa. *Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias*(193).
Obtenido de file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/NR36476.pdf
- Juli, D. M., & Arias, E. J. (2011). Antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del genero Solanum de pulpa azul y roja. *Tesis. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, Cusco.*
- Leiva Torres, 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. *Tesis de pregrado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Agronomía. Escuela Profesional de Agronomía, Lambayeque.*
- Leiva, Y. T. (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. *Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Cajamarca.*
- Lihua Escobar, D. J. (2017). Criterios De Selección De Preferencia En La Evaluación Participativa De 20 Clones de papa Biofortificada en el Distrito De Yauli – Huancavelica. *Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Huancavelica, Acobamba. Huancavelica.*
- Lopez, P., Egusquiza, R., & Villagomez, V. (1980). Cultivo de la papa. En C. C. AID. Lima-Peru.
- Méndez, P., & Gaete, N. (2013). Principales enfermedades que afectan al cultivo de papa. Carillanca.



- MIDAGRI. (2002). Mediador pedagógico de desarrollo sustentable cosecha y postcosecha de papa. Lima, Peru.
- MINAGRI. (2011). Lima, Peru. Obtenido de Web. www.minag.gob.pe.
- MINAGRI. (2014). Manual de Producción de tubérculos semilla de buena calidad de Papa. En INIA. In Rof Minagri (Segunda ed).
- MINAGRI. (2020). Analisis de mercado de Papa. *Sierra y Selva Exportadora*, 86 p.
- MINAGRI. (2020). *Manual técnico: Manejo integrado del cultivo de papa* (Primera Edición ed.). (D. Eliana Alviárez Gutierrez, Ed.) Lima, Perú.
- MINAGRI. (2021). La producción mundial de papas. Lima Peru.
- MINSA. (2022). *Estado Nutricional de niños menores de cinco años y gestantes que acceden a los establecimientos de salud del Ministerio de Salud. Informe Gerencial Nacional. 2022 – I.* Lima - Peru. Obtenido de Página web: <http://www.ins.gob.pe>
- Molina, J. d., Santos, B. M., & Aguilar, L. (2004). Guia MIP en el cultivo de la papa. En INTA, *Manejo Integrado de Plagas* (1ra. Edición ed., pág. 60 p).
- Morales, G. R. (2007). *Distribucion y variabilidad de Ralstonia solanacearum E.F. Smith, agente causal de la marchitez bacteriana en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L), en tres departamentos del norte de Nicaragua (Estelí, Matagalpa y Jinotega)*. Managua, Nicaragua.
- Muñoz, F., & Cruz, L. (1984). Manual del cultivo de papa. 45 p. Obtenido de https://nqxms1019hx1xmtstxk3k9sko-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/manual%20de%20papa_completo.pdf



- Oakley, S. (2005). *Manual De Diseño, Construcción, Operación Y Mantenimiento, Monitoreo Y Sostenibilidad*.
- Ortega, D. (2014). Evaluación del comportamiento agronómico de genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la sierra ecuatoriana. *Tesis de grado previo a la obtención del título de ingeniero agrónomo*. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Carrera de Ingeniería Agronómica, Quito- Ecuador.
- Oyarzún, P., Chamorro, F., Córdova, J., Merino, F., F, V., & J., V. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. Manejo agronómico. En *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) – Centro Internacional de la Papa (CIP)*. (pág. 84p.). Ecuador.
- Palomino, L., Amorosos, W., Burgos, G., Salas, E., Bonierbale, M., & Palomino, J. (2014). *Selección de papas pigmentadas diploides con valor agregado*. CIP. Lima, Perú.
- Pumisacho, & Sherwood. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. En I. Cip. Quito.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Pumisacho, M., & Velásquez, J. (2009). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores*. Quito, Ecuador: Quito, EC: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Raíces y Tubérculos Rubro Papa, 2009.



- Pumisacho., M., & Sherwood., S. (2002). El cultivo de la papa en Ecuador. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>
- Quispe, S. K. (2019). Calidad Nutricional y productividad de clones de papa (*Solanum tuberosum* L.) con pulpa de pigmentación morada en la localidad de Salcedo – Puno. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional del Altiplano Puno. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica., Puno.
- Reyes, Y. C., González, R. S., & Capdesuñer, A. S. (2009). Importancia del consumo de hierro y vitamina C para la prevención de anemia ferropénica. *Anemia Ferropénica*, 102.
- Rikolto. (2007). Producción de papa con Buenas Prácticas Agrícolas. *Norvin Palma, Guía técnica N° 4, 62 p.* Obtenido de https://assets.rikolto.org/paragraph/attachments/guia_papa_1.pdf
- Ríos, G. (2007). *Distribución y variabilidad de Ralstonia solanacearum E.F. Smith, agente causal de marchitez bacteriana en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L), en tres departamentos del norte de Nicaragua (Estelí, Matagalpa y Jinotega)*. Managua, Nicaragua.
- Román, M., & Hurtado, G. (2002). Guía Técnica de cultivo de papa. En C. N. Forestal. El Salvador. Obtenido de <http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf>
- SENAMHI. (Jueves de Enero de 2023). *Infraestructura de Datos Espaciales del SENAMHI PERÚ - IDESEP*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>



SENAMHI., D. (2020).

<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=pronostico-meteorologico>.

Solano, M. L. (2006). *Botanica sistematica*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru.

Sucapuca, .. K. (2019). *Calidad nutricional y productividad de clones de papa (Solanum tuberosum L.) con pulpa de pigmentacion morada en la localidad de Salcedo - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Peru.

Tapia, M. E., & Fries, A. M. (2007). *Guia de campo de cultivos andinos*. (Primera Edicion ed.). Lima, Peru. Obtenido de <https://runamaqui.fr/wp-content/uploads/2020/07/FAO-Los-cultivos-andinos-documento-completo.pdf>

TECNOLOGÍA, C. N. (2002). *Guía Técnica Cultivo de la Papa*. Santa Ana, Ciudad Arce, LaLibertad.

Tirado, R. H. (2014). Evaluación del rendimiento de clones avanzados de papa (*Solanum tuberosum L.*) con pulpa pigmentada - Cajamarca. *Tesis de pregrado*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque. Peru.

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. *Tesis de pregrado*. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Huancavelica., Acobamba, Huancavelica, Perú.

Torres, H. (2002). *Manual de las enfermedades mas importantes de la papa en el Peru*. Lima-Peru.



- UNALM. (2018). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. Lima: Promotora Lima.
- Uribe, L. F., Calle, Z. I., & Gonzalez, F. V. (2013). Manejo Agronomico del cultivo de la papa para la Pre-Cordillera de la comuna de Putre. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigacion Especializado en Agricultura del desierto y altiplano (CIE), INIA Ururi, region de Arica y Parinacota. Ministerio de Agricultura.*, Arica. Chile. 4p.
- Valencia, A. J. (2019). Evaluacion del rendimiento de veinteclones de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de Santa Rosa de Chaquil (La Encañada, Cajamarca). *Tesis. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultada de Ciencias Agrarias. Escuela Academico Profesional de Agronomia.*, Cajamarca.
- Vallejo, F. (2002). Mejoramiento genético de plantas. Bogota: Corporación Colombiana de Bogota.
- Vasquez, V. (1990). Experimentación agrícola. Lima, Peru.: Editores Amaru.
- Velázquez, F. D. (2017). *Evolución del estado nutricional en niños menores de 5 años beneficiarios de un programa alimentario, al ingreso, a los 3 y 6 meses de tratamiento que acuden al hospital distrital de la ciudad de coronel bogado.* Universidad Nacional de Itapúa (U.N.I), Encarnación – Paraguay.
- Vignola, R., Watler, W., Céspedes, A. V., & Morales, M. (2017). *Practicas efectivas para la reduccion de impactos por eventos climaticos en el cultivo de papa en Costa Rica.* Costa Rica. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-papa.pdf>



- Villanueva, R. O. (2017). *Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Peru*. Lima: Graficoz Publicidad Eficaz.
- YANAYACO, P. (2021). Fuentes fosfatadas en una rotación de papa (*Solanum tuberosum* L.) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de invernadero. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Peru. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5135/yanayaco-romero-paola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yara. (20 de junio de junio de 2023). *Nutricion vegetal y Soluciones industriales*. Obtenido de <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/papa/influir-en-el-contenido-de-materia-seca-de-la-papa/>
- Yzarra, W. J. (2011). Manual de observaciones fenológicas. *servicio nacional de meteorología e hidrología*, 99 p. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>
- Zuñiga, S. J., Morales, C., & Estrada, M. E. (2017). *Cultivo de la papa y sus condiciones climáticas*. Universidad Metropolitana del Ecuador, Gestion Ingeniero y Sociedad , Machala - Ecuador.

ANEXOS

OBSERVACIONES

Presencia de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo fenológico y de conducción del campo experimental se hizo las siguientes observaciones de plagas y enfermedades.

Tabla 52. Presencia de plagas y enfermedades encontradas en el campo experimental.

Nombre Común	Nombre Técnico	Condición	Observación
Trips	<i>Frankliniella spp.</i>	Plaga	Hojas con manchas plateadas.
Epitrix	<i>(Epitrix spp.)</i>	Plaga	Perforaciones en todo el follaje, durante el desarrollo vegetativo.
Polilla	<i>Phthorimaea operculella</i>	Plaga	Hojas y tallos (galerías)
Gorgojo de los andes	<i>Premnotrypes spp.</i>	Plaga	Tubérculo (galería irregulares y profundas)
Roña	<i>Spongospora subterranea</i>	Enfermedad	Tubérculo (formación de granitos, de forma y tamaño irregular, de color marrón)
Rizoctoniasis	<i>Rhizoctonia solani</i>	Enfermedad	Tubérculo (pequeños terrones negros y duros)
Pudrición rosada	<i>Phytophthora erythroseptica</i>	Enfermedad	Tubérculo (oscurecimiento de la piel)



Tabla 53. Distribución de los ocho clones de papa biofortificados y dos variedades comerciales en el campo experimental.

Parcela	Repetición	Institución	Código de adhesión
1	1	CIP312633.294	BIOT-633.294
2	1	CIP312721.245	BIOT-721.245
3	1	CIP312767.014	BIOT-767.014
4	1	CIP312721.286	BIOT-721.286
5	1	CIP720064	Yungay
6	1	CIP312637.001	BIOT-637.001
7	1	CIP312725.024	BIOT-725.024
8	1	CIP312735.105	BIOT-735.105
9	1	CIP391691.96	Serranita
10	1	CIP312725.047	BIOT-725.047
11	2	CIP312637.001	BIOT-637.001
12	2	CIP720064	Yungay
13	2	CIP312721.286	BIOT-721.286
14	2	CIP312633.294	BIOT-633.294
15	2	CIP312735.105	BIOT-735.105
16	2	CIP312725.024	BIOT-725.024
17	2	CIP312721.245	BIOT-721.245
18	2	CIP391691.96	Serranita
19	2	CIP312725.047	BIOT-725.047
20	2	CIP312767.014	BIOT-767.014
21	3	CIP312725.024	BIOT-725.024
22	3	CIP312633.294	BIOT-633.294
23	3	CIP312637.001	BIOT-637.001
24	3	CIP391691.96	Serranita
25	3	CIP312767.014	BIOT-767.014
26	3	CIP312721.286	BIOT-721.286
27	3	CIP312725.047	BIOT-725.047
28	3	CIP312721.245	BIOT-721.245
29	3	CIP312735.105	BIOT-735.105
30	3	CIP720064	Yungay

Tabla 54. Evaluación de clones de papa según escalas correspondientes.

Código de ad- hesión	Hábito de crecimiento de las plan- tas	Unifor- midad de la planta	Vigor de la planta	Grado de floración	Largo de estolón	Apariencia del tubérculo	Uniformi- dad del tu- bérculo	Tamaño del tu- bérculo	Sumatorios grados de escala
BIOT-633.294	2	5	7	5	1	5	5	5	35
BIOT-637.001	2	3	5	5	1	5	5	5	31
BIOT-721.245	1	3	5	5	3	3	5	5	30
BIOT-721.286	2	5	5	5	1	5	3	3	29
BIOT-725.024	2	7	5	5	3	5	5	7	39
BIOT-725.047	2	7	5	7	5	5	7	7	45
BIOT-735.105	2	5	5	3	1	5	5	3	29
BIOT-767.014	1	7	5	5	3	7	5	5	39
Yungay	3	9	7	5	3	7	5	9	48
Serranita	3	7	7	5	1	7	5	7	42

Tabla 55. Correlación de variables adaptación papa hierro

	Rendimiento total	Número tallos	Número plantas	Hábito crecimiento	Uniformidad	Vigor	Grado floración	Largo estolón	Apariencia	Uniformidad	Tamaño	Altura planta	N°Plantas Cosechadas
Correlación de Pearson	1	,483	,307	,614	,837**	,433	,415	,410	,528	,305	,815**	,733*	,307
Sig. (bilateral)		,157	,389	,059	,003	,212	,233	,239	,117	,392	,004	,016	,389
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,483	1	,139	,211	,117	,175	,000	,040	,629	,299	,238	,257	,139
Sig. (bilateral)	,157		,703	,558	,748	,629	1,000	,912	,052	,402	,509	,473	,703
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,307	,139	1	-,229	,391	-,054	,240	,404	,714*	,031	-,038	,060	1,000**
Sig. (bilateral)	,389	,703		,525	,265	,882	,504	,247	,020	,932	,917	,870	,000
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,614	,211	-,229	1	,518	,690*	,000	-,238	-,109	,000	,527	,845**	-,229
Sig. (bilateral)	,059	,558	,525		,125	,027	1,000	,507	,764	1,000	,117	,002	,525
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,837**	,117	,391	,518	1	,429	,244	,428	,408	,244	,703*	,553	,391
Sig. (bilateral)	,003	,748	,265	,125		,217	,497	,218	,242	,497	,023	,098	,265
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,433	,175	-,054	,690*	,429	1	,000	-,263	-,106	,000	,509	,727*	-,054
Sig. (bilateral)	,212	,629	,882	,027	,217		1,000	,463	,771	1,000	,133	,017	,882
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,415	,000	,240	,000	,244	,000	1	,674*	,000	,500	,497	,239	,240
Sig. (bilateral)	,233	1,000	,504	1,000	,497	1,000		,033	1,000	,141	,144	,506	,504
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,410	,040	,404	-,238	,428	-,263	,674*	1	,271	,674*	,536	,069	,404
Sig. (bilateral)	,239	,912	,247	,507	,218	,463	,033		,449	,033	,110	,850	,247
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,528	,629	,714*	-,109	,408	-,106	,000	,271	1	,000	,100	,061	,714*
Sig. (bilateral)	,117	,052	,020	,764	,242	,771	1,000	,449		1,000	,784	,866	,020
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,305	,299	,031	,000	,244	,000	,500	,674*	,000	1	,497	,090	,031
Sig. (bilateral)	,392	,402	,932	1,000	,497	1,000	,141	,033	1,000		,144	,804	,932
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,815**	,238	-,038	,527	,703*	,509	,497	,536	,100	,497	1	,712*	-,038
Sig. (bilateral)	,004	,509	,917	,117	,023	,133	,144	,110	,784	,144		,021	,917
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,733*	,257	,060	,845**	,553	,727*	,239	,069	,061	,090	,712*	1	,060
Sig. (bilateral)	,016	,473	,870	,002	,098	,017	,506	,850	,866	,804	,021		,870
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Correlación de Pearson	,307	,139	1,000**	-,229	,391	-,054	,240	,404	,714*	,031	-,038	,060	1
Sig. (bilateral)	,389	,703	,000	,525	,265	,882	,504	,247	,020	,932	,917	,870	
N	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Nota: Esta es la de correlaciones de las variables de adaptación, donde por el nivel de significancia el rendimiento está asociada o correlacionada a uniformidad, tamaño y altura de planta, y a su vez altura de planta está correlacionada significativamente a hábito de crecimiento y vigor, estas variables explican en gran medida o significativamente la varianza en los rendimientos y por tanto se puede considerar como variables que mejor expresan la adaptación de los clones.



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

ANÁLISIS Nº : 123-01S-2021
LUGAR : PUNO
FECHA DE RECEP. : 14/01/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

MUESTRA : EAE_Camacani_Rep_1_PS / 14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
				Extractante: DTPA
Cobre Disponible (Cu)	1.47	ppm	MEB-018	FAAS
Zinc Disponible (Zn)	1.83	ppm	MEB-019	FAAS
Manganeso Disponible (Mn)	23.23	ppm	MEB-020	FAAS
Hierro Disponible (Fe)	45.18	ppm	MEB-021	FAAS
				Extractante: CaCl ₂ ·2H ₂ O
Boro Disponible (B)	1.76	ppm	MEB-022	Colorimétrico

ABRVS:

DTPA : Protocolo de Dielétricos.
MEB : Método propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.
ppm : mg/kg

NOTA:

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

MSc. Quím. Alexia 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: 991 602 563
Email: laboreo@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



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

ANÁLISIS N° : 123-018-2021
LUGAR : PUNO
FECHA DE RECEP. : 14/01/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : EAE_Camacani_Rep 1_PS/14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	48.75	%		
Limo	30.91	%		
Arcilla	20.34	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	34.36	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	0.76	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 24.8 °C	5.59		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	24.00	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.52	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.09	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	59.60	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
Calcio	5.14	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	2.24	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.32	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.15	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
Aluminio + Hidrogeno	< 0.01	mEq / 100 g	MES - 014	KCl / Volumétrico
P.A.I	< 0.13	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	7.84	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	0.62	mEq / L	SM 4500-CL - B	Argentométrico
Sulfato	1.00	mEq / L	SPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	3.91	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	1.36	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	3.03	mEq / L	SPA 215.1	FAAS
Magnesio	2.11	mEq / L	SPA 242.1	FAAS
Sodio	1.32	mEq / L	SPA 273.1	FAAS
Potasio	0.14	mEq / L	SPA 298.1	FAAS
Boro	2.08	ppm (*)	ISO 9396.1990	Colorimétrico

UNIDADES:

ES : Edición de Saturación.
(1/1) : Potasio/Masa del Suelo/ Volumen del Agua
P.A.I : Porcentaje de Acidez Intercambiable.
C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Cationico Eléctrico.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppm(*) : mg / L.

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.

SM : Standar Methods

SPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

ISO : International Organization For Standardization.

FAAS : Espectrofotómetro de Absorción Atómica por Ultravioleta.


MSc. Germán Álvarez Suroccio - Ciudad
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Perú: Icaño Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 - Fax: (511) 581 082 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe - Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

ANÁLISIS Nº : 123-02S-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 2_PS / 14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Cobre Disponible (Cu)	1.68	ppm	MEB-018	Extrahante: DTPA FAAS
Zinc Disponible (Zn)	1.19	ppm	MEB-019	FAAS
Manganeso Disponible (Mn)	34.80	ppm	MEB-020	FAAS
Hierro Disponible (Fe)	51.33	ppm	MEB-021	FAAS
Boro Disponible (B)	2.08	ppm	MEB-022	Extrahante: CaCl ₂ ·2H ₂ O Colorimétrico

ABRREV:

DTPA : Pentacetato de Dióxido de Titanio.
MEB : Método propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.
ppm : mg/Kg

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden a la muestra indicada.
2. Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe e 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: (51-1) 581-2261 | Celular: 991 602 553
Email: laboreo@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



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

ANÁLISIS N° : 123-028-2021
LUGAR : PUNO
FECHA DE RECEP. : 14/01/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : EAE_Camacani_Rep_2_PS/14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	44.72	%		
Limo	32.93	%		
Arcilla	22.35	%	MES-001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	35.72	%	MES-002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES-003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.28	dS / m	MES-004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 24.8 °C	5.75		MES-005	Electrométrico
Fósforo Disponible	24.00	ppm	MES-006	Olsen
Materia Orgánica	2.41	%	MES-007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.14	%	MES-008	Kjeldahl
Potasio Disponible	80.80	ppm	MES-009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
Calcio	5.89	mEq / 100 g	MES-010	FAAS
Magnesio	2.60	mEq / 100 g	MES-011	FAAS
Sodio	0.23	mEq / 100 g	MES-012	FAAS
Potasio	0.20	mEq / 100 g	MES-013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	< 0.01	mEq / 100 g	MES-014	HCl / Volumétrico
P.A.J	< 0.11	%	MES-015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	8.92	mEq / 100 g	MES-017	Cálculo Matemático
Salas Disueltas				
Cloruro	1.21	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	1.54	mEq / L	BPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	7.54	mEq / L	MEA-001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	2.42	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	6.44	mEq / L	BPA 215.1	FAAS
Magnesio	4.23	mEq / L	BPA 242.1	FAAS
Sodio	1.49	mEq / L	BPA 273.1	FAAS
Potasio	0.21	mEq / L	BPA 258.1	FAAS
Boro	2.40	ppm (*)	ISO 8396.1890	Colorimétrico

ABREV:

ES : Extracción de Tabacuillo.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.A.J : Porcentaje de Acidez Intercambiable.
C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Cationes Efectivo.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppmD : ppm / L.

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.
SM : Standard Método.
EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
ISO : International Organization for Standardization.
FAAS : Espectrofotómetro de Absorción Atómica por Flama.

NOTA:

1. Este resultado se basa en el análisis de laboratorio más reciente.
2. En caso de la segunda muestra presentada se le presentará el informe de laboratorio de Química Agrícola.


MSc. Químico Alexander Ballesteros Córdova
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Poname Icahn Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 - Fax: 581 052 500
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



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

ANÁLISIS N° : 123-008-2021
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
Textura				
Arena	42.71	%		
Limo	32.96	%		
Arcilla	24.33	%	MES-001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
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
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
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	HCl / Volumétrico
P.A.I	< 0.1	%	MES-015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	10.01	mEq / 100 g	MES-017	Cálculo Matemático
Salas Disueltas				
Cloruro	0.88	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	1.40	mEq / L	BPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	4.12	mEq / L	MEA-001	Catalométrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	2.04	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	3.92	mEq / L	BPA 215.1	FAAS
Magnesio	2.81	mEq / L	BPA 242.1	FAAS
Sodio	1.37	mEq / L	BPA 273.1	FAAS
Potasio	0.18	mEq / L	BPA 258.1	FAAS
Boro	2.08	ppm (*)	ISO 8396.1890	Catalométrico

ABREV:

ES : Extracción de Extractos.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.A.I : Porcentaje de Acidez Intercambiable.
C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Cationes Efectivo.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppmD : mg / L.

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.
SM : Standard Método.
EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
ISO : International Organization for Standardization.
FAAS : Espectrofotómetro de Absorción Atómica por Luz.

NOTA:

1. Los resultados presentados corresponden a la muestra que se presentó.
2. En caso de la necesidad de mayor precisión de los resultados, se debe presentar una muestra de 100 gramos de suelo agrícola.

MSc. Quím. Akelos Barranto Córdova
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Perú: Moquechuca, San Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2263 - Fax: (511) 582 520
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 13. Marcado del campo experimental 07/11/2020.



Figura 14. Campo experimental donde se ha trabajado.



Figura 15. Verificación de las semillas a sembrar en cada parcela 09/11/2020.



Figura 16. Fertilización y abonamiento por surco en la siembra.



Figura 17. Tubérculos ya listos para ser tapados.



Figura 18. Primera evaluación de número de plantas emergidas.



Figura 19. Evaluación de la emergencia de los tubérculos plantados.



Figura 20. Deshierbo actividad realizada el 09/01/2021.



Figura 21. Primer aporque.



Figura 22. Resultado del primer aporque.



Figura 23. Evaluaciones durante todo el proceso de desarrollo del cultivo.



Figura 24. Segundo aporque.



Figura 25. Rotulación de las parcelas según se muestra en la imagen.



Figura 26. Cosecha y observación según los parámetros de evaluación.



Figura 27. Tubérculos cosechados.



Figura 28. Contabilización de los tubérculos según categoría.



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 **EVALUACION DE OCHO CLONES BIOFORTIFICADOS DE PAPA TETRAPLOIDE CON ALTO CONTENIDO DE HIERRO, EN EL CENTRO DE INVESTIGACION CAMACANI, CAMPAÑA 2020-2021**, con código PILAR N° 2020-1215 presentado por el bachiller **YENIFER CASTRO LLANO**, el jurado revisor lo declara:

APTO (X)

Por tanto, esta expedito para la sustentación presencial y defensa de la tesis. Determinando que dicho acto académico se lleve a cabo el día **17 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 03 días del mes de julio del 2023

M.Sc. MANUEL ALFREDO CALLOHUANCA PARIAPA
Presidente

D.Sc. EVARISTO MAMANI MAMANI
Primer miembro

MARCO ALEXIS VERA ZÚÑIGA
Segundo miembro

Dr. ISRAEL LIMA MEDINA
Director o asesor de Tesis

YENIFER CASTRO LLANO
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. 06 de julio del 2023

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



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo CASTRO LLADO YENIFER,
identificado con DNI 70308397 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:

" EVALUACIÓN DE OCHO CLONES BIOFORTIFICADOS DE PAPA
TETRAPLOIDE CON ALTO CONTENIDO DE HIERRO, EN EL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN COMACANI, 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 10 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 Castro Llano Yenifer
identificado con DNI 70308397 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:

“ Evaluación de ocho clones biofortificados de papa tetraploide con alto contenido de hierro, en el Centro de Investigación Camacani, 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 10 de julio del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella