



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



**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

PRESENTADA POR:

Bach. JOSÉ CAHUANA CAHUAPAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2023



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

COMPARATIVO DE OCHO CLONES BIOF
ORTIFICADOS DE PAPA TETRAPLOIDE C
ON ALTO CONTENIDO DE HIERRO Y DOS
VARIEDADES COMERCIALES EN CENTR
O EXPERIMENTAL ILLPA CAMPAÑA 202
0-2021.

AUTOR

José CAHUANA CAHUAPAZA

RECUENTO DE PALABRAS

26515 Words

RECUENTO DE CARACTERES

136174 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

133 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.0MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 8, 2023 12:05 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 8, 2023 12:09 PM GMT-5


● 19% de similitud general

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


- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cros

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



ING. M. Sc. L. AMILCAR BUENAVISTA MACEDO
REG. CIP. 22203



ROSARIO BRAVO P.



DEDICATORIA

A Dios quien medio la vida, la salud, la sabiduría para salir victorioso en esta meta trazada.

A mis padres, Augusto y Justina quienes como ángeles de la guarda supieron guiarme en todo momento de mi vida personal, espiritual y académica para hacer de mí un profesional con valores éticos, morales y espirituales.

A esos personajes funestos que aparecieron durante el transcurso de mi vida académica que con su accionar malicioso y sus comentarios mal intencionados quisieron opacarme y causarme daño, pero hicieron todo lo contrario, me dieron más fuerzas para salir a delante y demostrarles que con dedicación esfuerzo y coraje todo es posible en esta vida.

A todos ellos va dedicado todo mi esfuerzo y las ganas que le puse día tras día, para alcanzar una de tantas metas que me he propuesto en este largo camino de la vida.

Jose Cahuana Cahuapaza



AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Ing. M. Sc. Elisa Salas Murrugarra y sus colaboradores, del Centro Internacional de la Papa (CIP), por haberme dado la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación, con tubérculos de papa biofortificados con alto contenido de hierro y zinc.

A la M.Sc. Rosario Ysabel Bravo Portocarrero por su paciencia, exigencia y sobre todo por su valiosa colaboración en el desarrollo de la culminación del proyecto de investigación.

Mi estima y más alto reconocimiento a mi Alma Mater Universidad Nacional del Altiplano Puno, en especial a los docentes Ingenieros de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, y todos los administrativos de esta casa de estudios; quienes con su labor diaria van formando y forjando material humano con alta capacidad cognoscitiva para el futuro engrandecimiento y desarrollo de nuestra Patria.

Jose Cahuana Cahuapaza



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. GENERALIDADES.....	21
2.1. ANTECEDENTES.....	22
2.3. MARCO CONCEPTUAL.....	25
2.3.1. Papa biofortificada	25
2.3.2. Clones	26
2.3.3. Rendimiento.....	26
2.3.4. Variedad.....	27
2.3.5. Variedades nativas	27



2.3.6. Variedades mejoradas	28
2.3.7. Tuberculos comerciales y no comerciales	28
2.3.8. Productos comerciales y no comerciales	28
2.4. MARCO TEORICO	29
2.4.1. Origen de la papa	29
2.4.2. Papa a nivel mundial	30
2.4.3. Papa en Perú.....	31
2.4.4. Papa en la region Puno.....	32
2.4.5. Diversidad de especies de papas cultivadas.....	33
2.4.6. Ubicación Taxonómica de la papa.....	33
2.4.7. Descripción morfológica	35
2.4.8. Fases fenológicas del cultivo de papa.....	38
2.4.9. Requerimientos agroclimáticos de la papa	39
2.4.10. Manejo agronómico de la papa	41
2.4.11. Labores culturales	43
2.4.12. Cosecha	46
2.4.13. Manejo pos cosecha	46
2.4.14. Descriptores para caracterizacion de papa	47
2.4.15. Propiedades nutricionales	48
2.4.16. Carotenoides	50
2.4.17. Hierro	51

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. AMBITO DE ESTUDIO	54
3.1.1. Ubicación política	54



3.1.2. Ubicación geográfica	54
3.1.3. Características climatológicas de la zona de estudio	54
3.1.4. Características edáficas de la zona de estudio	57
3.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	59
3.3. DISPOSICION EXPERIMENTAL	60
3.3.1. Procedencia del material genético	60
3.3.2. Tratamientos en estudio	61
3.3.3. Características del campo experimental.....	61
3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL.....	62
3.5. CONDUCCION EXPERIMENTAL.....	64
3.5.1. Preparacion del terreno	64
3.5.2. Semilla	65
3.5.3. Siembra	65
3.5.4. Labores culturales	66
3.5.5. Abonamiento y fertilización	68
3.5.6. Control fitosanitario	68
3.5.7. Cosecha.....	70
3.6. CARASTERISTICAS EVALUADAS.....	71
3.6.1. Evaluaciones en periodo vegetativo.....	71
3.6.2. Evaluaciones en la cosecha.....	74
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIONES	
4.1. CONTENIDO DE HIERRO EN CLONES Y VARIEDADES COMERCIALES DE PAPA.	78



4.2. CLONES DE BUENA ADAPTACION A CONDICIONES CLIMATICAS DEL ALTIPLANO.....	81
4.2.1. Número de plantas cosechadas	81
4.2.2. Evaluación de rendimiento	82
4.2.3. Peso de tubérculos categoría comercial	85
4.2.4. Peso de tubérculos categoría no comercial	87
4.2.5. Peso de tubérculos categoría descarte.....	89
4.3. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS Y FENOLOGICAS DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.....	92
4.3.1. Número de plantas emergidas.....	92
4.3.2. Habito de crecimiento de la planta.....	93
4.3.3. Uniformidad de planta	94
4.3.4. Vigor de la Planta.....	95
4.3.5. Grado de floración	96
4.3.6. Numero de tallos/planta	97
4.3.7. Altura de planta.....	99
4.3.8. Largo de estolones	100
4.3.9. Apariencia del tubérculo	101
4.3.10. Uniformidad de tubérculo	102
4.3.11. Tamaño de tubérculo.....	103
4.3.12. Numero de tubérculos categoría comercial.....	103
4.3.13. Numero de tubérculos categoría no comercial.....	106
4.3.14. Numero de tubérculos categoría descarte.	108
V. CONCLUSIONES.....	111
VI. RECOMENDACIONES	112



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
ANEXOS	125

Área : Ciencias Agrícolas

Tema : Manejo Agronómico de Cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de junio del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del campo experimental en Centro Experimental Illpa	54
Figura 2. Comparativo de datos meteorológicos de cinco campañas agrícolas.	55
Figura 3. Climograma correspondiente a la campaña agrícola 2020-2021	56
Figura 4. Material genético y marcado de parcelas experimentales.....	65
Figura 5. Plantío de semillas tubérculo en el campo experimental.	66
Figura 6. Deshierbo de malezas en el experimento.	67
Figura 7. Aporques en el campo experimental.	67
Figura 8. Fertilización del campo experimental.	68
Figura 9. Cosecha y clasificación de tubérculos.....	71
Figura 10. Contenido de hierro en clones y variedades comerciales.....	79
Figura 11. Peso total de tubérculos de papa en kg/ha.....	84
Figura 12. Cosecha manual del experimento en forma ordenada.....	84
Figura 13. Peso de tubérculos de la categoría comercial por tratamiento.	88
Figura 14. Peso de tubérculos de la categoría descarte por tratamiento	90
Figura 15. Numero de plantas emergidas	92
Figura 16. Numero de tallos por tratamiento.....	98
Figura 17. Altura de planta	99
Figura 18. Numero de tubérculos categoría comercial	105
Figura 19. Numero de tubérculos de categoría no comercial	107
Figura 20. Numero de tubérculos de categoría descarte.....	109
Figura 21. Croquis de distribución de tratamientos y bloques	125
Figura 22. Temperaturas correspondiente a campaña agrícola 2020- 2021	127
Figura 23. Laminas fotograficas	131



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Producción de papa en América Latina.	31
Tabla 2. Producción Nacional de Papa (toneladas) 2019-2020	32
Tabla 3. Superficie cosechada y rendimiento a nivel nacional 2018-2020.....	33
Tabla 4. Superficie cosechada y rendimiento a nivel regional 2018-2020.....	33
Tabla 5. Especies de papa según el tratamiento taxonómico.....	34
Tabla 6. Clasificación de tubérculos de papa por su peso	47
Tabla 7. Composición por cada 100 g en porción comestible.	49
Tabla 8. Requerimientos diarios de Fe para infantes, niños y adultos.....	52
Tabla 9. Alimentos con fuentes de hierro no hémico en 100 g.....	53
Tabla 10. Información de datos meteorológicos.	55
Tabla 11. Temperatura y precipitación promedio campaña 2020-2021.	56
Tabla 12. Análisis Físico–químico del suelo experimental	58
Tabla 13. Análisis químico de estiércol de ovino utilizado en el experimento	59
Tabla 14. Antecedentes del campo experimental.	59
Tabla 15. Identificación de clones y variedades de material genético.....	60
Tabla 16. Tratamientos en estudio.	61
Tabla 17. Especies de malezas observadas en el experimento.	66
Tabla 18. Abonamiento y fertilización.	68
Tabla 19. Plagas observadas en el experimento.....	69
Tabla 20. Enfermedades observadas en el experimento.	69
Tabla 21. Clasificación de tubérculos.....	70
Tabla 22. Escala de evaluación de hábito de crecimiento	72
Tabla 23. Escala de evaluación de uniformidad de plantas	72



Tabla 24. Escala de evaluación de vigor de planta	73
Tabla 25. Escala de evaluación de grado de floración.....	73
Tabla 26. Escala de evaluación de número de estolones	74
Tabla 27. Escala de evaluación de largo de estolones	74
Tabla 28. Escala de evaluación de apariencia de tubérculo.....	75
Tabla 29. Escala de evaluación de uniformidad de tubérculo	75
Tabla 30. Escala de evaluación de tamaño de tubérculo	76
Tabla 31. Análisis de varianza para contenido de hierro.	78
Tabla 32. Prueba de Tukey para contenido de hierro	78
Tabla 33. Análisis de varianza para número de plantas cosechadas.....	81
Tabla 34. Prueba de Tukey para número de plantas cosechadas.	81
Tabla 35. Análisis de Varianza para rendimiento total de tubérculos.	82
Tabla 36. Prueba de Tukey para rendimiento total de tubérculos.....	83
Tabla 37. Análisis de varianza para categoría comercial.....	85
Tabla 38. Prueba de Tukey para categoría comercial	86
Tabla 39. Análisis de varianza para categoría no comercial.....	87
Tabla 40. Prueba de Tukey para categoría no comercial	88
Tabla 41. Análisis de varianza para categoría descarte.	89
Tabla 42. Prueba de Tukey para categoría descarte.....	90
Tabla 43. Características de hábito de crecimiento de la planta.	93
Tabla 44. Uniformidad de planta.	94
Tabla 45. Vigor de planta.....	95
Tabla 46. Grado de floración.	96
Tabla 47. Numero de tallos por planta.....	97
Tabla 48. Análisis de varianza para altura de planta	99



Tabla 49. Caracterización del largo de estolones.....	100
Tabla 50. Caracterización de apariencia de tubérculo.	101
Tabla 51. Caracterización de uniformidad de tubérculo.....	102
Tabla 52. Caracterización del tamaño de tubérculo.....	103
Tabla 53. Análisis de varianza para número de tubérculos categoría comercial.	104
Tabla 54. Prueba de Tukey para número de tubérculos categoría comercial.	105
Tabla 55. Análisis de varianza para número de tubérculos categoría no comercial. ...	106
Tabla 56. Prueba de Tukey para número de tubérculos categoría no comercial	107
Tabla 57. Análisis de varianza para número de tubérculos categoría descarte.....	108
Tabla 58. Prueba de Tukey para número de tubérculos categoría no comercial.	109
Tabla 59. Precipitación pluvial (mm) campaña 2020 – 2021	126
Tabla 60. Temperatura correspondiente a campaña 2020 – 2021	126
Tabla 61. Altura de planta.....	127
Tabla 62. Numero de plantas cosechadas	128
Tabla 63. Rendimiento de tubérculos de papa/tratamiento.....	128



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANVA	: Análisis de varianza
BF	: Base fresca
BS	: Base seca
CIP	: Centro Internacional de la Papa
cl.	: Clon
cm	: centímetro
cm ²	: centímetro cuadrado
C.M.	: Cuadrados Medios
°C	: Grados Celsius
E.E.A	: Estación Experimental Agraria
FA	: Franco arcilloso
Fc	: F calculada
Ft	: F tabular
F.V.	: Fuentes de variabilidad
g	: gramos
G.L.	: Grados de Libertad
ha	: hectárea
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria
M.O.	: Materia orgánica
PP	: Precipitación
P	: Fosforo
pH	: Potencial de hidrogeniones
S.C.	: Suma de Cuadrados
tn	: Tonelada



RESUMEN

La deficiencia de hierro en los alimentos del ser humano es responsable de millones de muertes al año, requiriendo cantidades adecuadas y oportunas de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. En búsqueda de soluciones al problema planteado, se realizó el presente trabajo de investigación. Con objetivo de evaluar el contenido de hierro en tubérculos de ocho clones tetraploides de papa biofortificados y mejorados, en comparación con dos variedades comerciales; como determinar el nivel de adaptabilidad a factores ambientales del altiplano respecto al rendimiento. El ensayo se realizó en el Centro Experimental Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, ubicada a 3849 msnm en el distrito de Paucarcolla, durante la campaña agrícola 2020-2021. Para los análisis se distribuyeron los tratamientos en un diseño bloque completo al azar (DBCA) con diez tratamientos de ocho clones tetraploides, obtenidos a través de la metodología de mejoramiento participativo mamá-bebé, desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP), comparados con dos variedades comerciales (yungay y serranita) distribuidos en tres bloques. Las evaluaciones se realizaron en floración y cosecha. Como resultados se tiene a siete clones estadísticamente similares, resaltando el clon BIOT-633. 294 con 31.7 mg/kg de hierro e BS, en cuanto al mayor rendimiento, obtuvo la variedad yungay con 56. 48 th/ha, mientras tanto con las mejores características a la adaptabilidad a condiciones climáticas del Altiplano, destacaron los clones BIOT-725.047 y BIOT-767.014.

Palabras Clave: Adaptabilidad, biofortificado, contenido de hierro, desnutrición, papa tetraploide.



ABSTRACT

Iron deficiency in human food is responsible for millions of deaths a year, requiring adequate and timely amounts of protein, carbohydrates, vitamins and minerals. In search of solutions to the problem, the present research work was carried out. With the objective of evaluating the iron content in tubers of eight biofortified and improved potato tetraploid clones, in comparison with two commercial varieties; how to determine the level of adaptability to environmental factors of the altiplano regarding performance. The trial was carried out at the Illpa Experimental Center of the Universidad Nacional del Altiplano Puno, located at 3849 masl in the district of Paucarcolla, during the 2020-2021 agricultural season. For the analyzes, the treatments were distributed in a randomized complete block design (DBCA) with ten treatments of eight tetraploid clones, obtained through the mother-baby participatory breeding methodology, developed by the International Potato Center (CIP). compared with two commercial varieties (yungay and serranita) distributed in three blocks. The evaluations were made at flowering and harvest. As results, there are seven statistically similar clones, highlighting the BIOT-633 clone. 294 with 31.7 mg/kg of iron and BS, in terms of the highest yield, obtained the yungay variety with 56.48 th/ha, meanwhile with the best characteristics for adaptability to climatic conditions of the Altiplano, the clones BIOT-725.047 stood out. and BIOT-767.014.

Keywords: Adaptability, biofortified, iron content, malnutrition, tetraploid potato.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo se enfrenta a una mayor demanda de alimentos debido al crecimiento de la población y los cambios alimenticios, la situación es aún más grave en los productores agrarios que depende de un cultivo su seguridad alimentaria y sus ingresos (Triveño *et al.*, 2019).

La papa es uno de los cultivos más importantes en el mundo; su biodiversidad se convierte en un regalo de increíble valor para la agroindustria, la gastronomía nacional y mundial, (Tirado, 2014), en primer lugar, a raíz de la importancia alimentaria existe mayor interés en las papas gourmet: papas con diferentes texturas y colores (pigmentos) de pulpa con mayor contenido de estados nutricionales, tales como el contenidos de zinc (Zn) y hierro (Fe) a fin de aumentar la ingesta de estos minerales en las dietas en zonas alto andinas del altiplano donde existe desnutrición por deficiencia de estos minerales (Fonseca *et al.*, 2014).

En el Perú, este tubérculo se produce en 19 de los 24 departamentos a nivel nacional y los mayores rendimientos se obtienen entre los 2900 y 3300 msnm, con temperaturas que fluctúan entre los 9 y 11°C (INIA, 2017). A nivel mundial es el cuarto cultivo alimenticio de importancia, presente en la dieta de muchas culturas, rico en carbohidratos, proteínas, minerales y vitaminas, y por los beneficios en la salud humana que esta especie proporciona, ya que algunos de sus constituyentes poseen ciertas propiedades antioxidantes (De Haan *et al.*, 2006).

La desnutrición crónica infantil en el Perú es un problema grave. Según estándares internacionales, alrededor del 30% de niños menores de cinco años sufre de este mal.



Reconociendo los altos costos sociales y económicos que genera la desnutrición, se han desarrollado, desde hace varios años, políticas públicas que intentan reducirla y/o erradicarla; sin embargo, estos esfuerzos no han sido suficientes. A pesar de más de veinte años de políticas y programas contra la desnutrición, la prevalencia de la misma sigue siendo elevada, así como lo fueron también las diferencias en esta materia entre individuos de distintas regiones y de distintos quintiles de riqueza (Beltrán y Seinfeld, 2009).

A nivel nacional, la sierra presenta el mayor porcentaje acumulado de desnutrición, siendo el departamento de Huancavelica el que registra la mayor tasa de desnutrición crónica infantil con 54.2% en menores de 5 años, seguida por las regiones de Ayacucho y Apurímac con similares porcentajes (Cahuana y Arcos, 1993)

La papa es uno de los alimentos cotidianos del poblador peruano, pero siempre está limitado por el número de variedades comerciales mejoradas presentes en el altiplano puneño. (Fonseca *et al.*, 2014), señalan que, existe mucha expectativa del cultivo de papa con pulpa pigmentada debido a su alto contenido de carotenoides y polifenoles, que fueron antioxidantes naturales, que tienen beneficios potenciales para la salud, por sus propiedades antibacterianas, antivirales, antiinflamatorias y anticancerígenas. El interés del consumidor de papas con pulpas pigmentadas en los últimos años debido a los beneficios percibidos de contenido antioxidante superior y su aspecto atractivo y novedoso (Palomino *et al.*, 2014). Lo que presenta nuevos retos para los programas de mejoramiento genético y liberación de nuevas variedades con nuevas exigencias en cuanto a calidad, tiempo de vida en almacenamiento y alto rendimiento comercial, y con resistencia a los factores bióticos y abióticos.

La papa es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo, después del arroz, el maíz y el trigo. Es el que aporta mayor cantidad de carbohidratos a la dieta de



millones de personas en los países en desarrollo, siendo fundamental para los países de Sudamérica, África, y el continente asiático en su totalidad (Chávez, 2008).

Diversas investigaciones realizadas, indican que la desnutrición se debe a la deficiencia de hierro, por ello sugieren que se debe desarrollar valor agregado en la papa a través del mejoramiento de variedades o la biofortificación, como una alternativa para mejorar el estado nutricional y la alta prevalencia de anemia en las comunidades andinas, donde las personas no pueden pagar o acceder a alimentos enriquecidos o suplementos vitamínicos (Ortiz, 2010).

La biofortificación de cultivos básicos es una estrategia reciente basada en alimentos, que se suma a otras como la fortificación. Con estos cultivos biofortificados se espera aumentar la ingesta nutricional en aquellas personas que más consumen dichos cultivos y que tienen mayor riesgo de padecer deficiencias nutricionales (Muñoz *et al.*, 2008).

La biofortificación es un enfoque novedoso que permite mejorar los niveles de nutrientes directamente a través de la ingesta de los alimentos básicos para superar la desnutrición en la población más vulnerable del país. Los alimentos biofortificados pueden proporcionar los nutrientes necesarios para mejorar la nutrición de las poblaciones más vulnerables a la inseguridad alimentaria y a la desnutrición. Las papas nativas muestran un rango amplio de variabilidad de la concentración de hierro y zinc que puede ser explotado en programas de mejoramiento que buscan aumentar los niveles de estos minerales en la dieta humana (PMA, 2010).

Por estas consideraciones, se necesita buscar alternativas tecnológicas, con base a nuevos clones biofortificados con elevado contenido de hierro, que incorporan niveles superiores de nutrientes para ayudar a la estabilidad alimentaria poblacional.



1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Determinar el contenido de hierro en ocho clones biofortificados de papa tetraploide y dos variedades comerciales “yungay” y “serranita”, en el Centro de Experimental Illpa.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar comparativamente el contenido de hierro y rendimiento de ocho clones de papa biofortificados frente a las variedades comerciales yungay y serranita.
- Identificar clones de buena adaptación a las condiciones climáticas del Altiplano expresado en su buen rendimiento.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES

De Haan *et al.* (2006), afirman que la papa, es cultivada a escala mundial y es el cuarto cultivo después del maíz, el arroz y el trigo, se cultiva en más de 130 países siendo el cultivo agrícola más productivo, además de ocupar el primer lugar entre los tubérculos y las raíces a nivel mundial.

CIP (2017), señala que, una hectárea de papa puede producir cuatro veces más cantidad de alimento que los cultivos de granos. Las papas producen más alimento por unidad de agua que cualquier otro cultivo importante y fueron siete veces más eficientes en el uso de agua que los cereales.

Muñoa *et al.* (2014), afirman que, en las familias asentadas en los Andes, la papa es un componente importante de su dieta, es la base de sus sistemas de cultivo y fuente de ingresos económicos, aportando de manera importante a su seguridad alimentaria. En las zonas andinas del Perú (3,800 – 4,100 msnm), el cultivo de la papa ocupa alrededor del 80 % de la superficie agrícola, destacándose por su rica biodiversidad en un marco de agricultura familiar a pequeña escala y una cultura tradicional. Esta diversidad se expresa en los sabores, colores y formas, así como también en las propiedades nutricionales e incluso por su aporte a la salud.



2.2. ANTECEDENTES

Alfaro (2015), considera que las papas nativas constituyen productos con un potencial nutricional y comercial interesante. Estos materiales fueron diferentes a las variedades comúnmente comerciales siendo mejoradas en color, sabor, formas, contenido y calidad nutricional. En el estudio se realizó la evaluación del contenido de hierro, zinc y efectos de los métodos de cocción en la degradación de antioxidantes con el objeto de conocer el aporte real de estos compuestos en el consumo de papas nativas donde se incluye la variedad Peruanita tomada como testigo. La cuantificación de Fe de los 11 genotipos de papas nativas en condiciones frescas se realizó por espectrofotometría de absorción atómica empleando la técnica del horno de grafito reportado por (Colachagua, 2007) Obteniendo así el valor más alto de hierro, 0,968 mg/ 100 g muestra del genotipo M5 de muestra.

Según Amoros (2008), en la evaluación de la herencia de la concentración de hierro. Se utilizó seis tetraploides provenientes de cruces siguiendo un diseño de apareamiento de Carolina del Norte I (NCDI). A la cosecha se evaluó la concentración de hierro de 12 plantas por familia y por repetición tomadas al azar. Se evaluó el rendimiento de tubérculos, contenido de materia seca, contenido de minerales (hierro, zinc, calcio, magnesio y fósforo) y se determinó la habilidad combinatoria general (HCG) para las características evaluadas. Además se seleccionó genotipos individuales por rendimiento, apariencia de tubérculo y por pigmentación de pulpa del tubérculo, para conformar una población base de clones con características especiales. Los siguientes progenitores mostraron alta HCG y medias superiores para contenidos de minerales y Vitamina C: PW-6065 para todas las características Hierro con contenido en promedio de 0.49 mg/100mg; LT-8 para Hierro con media de 0.46 mg/100mg, para Hierro con media de



0.44 mg/100mg respectivamente. No fueron muy claros los resultados obtenidos para clones tetraploides posiblemente debido al reducido número de familias.

Gabriel, *et al* (2012) mencionan que 19 variedades y clones mejorados de papa fueron recolectados en parcelas de la zona de Tiraque en Cochabamba (Bolivia), con el objetivo de determinar el contenido de hierro y zinc en tubérculos, como base del impacto potencial sobre la nutrición a través de mejoramiento genético de la papa, mediante la técnica de absorción atómica (AA). Los resultados mostraron alto contenido de hierro y zinc para la variedad “chota ñawi” con 10,50 mg/kg respectivamente. Otras variedades con contenido moderado de hierro fueron “palta chola”, “morita” y “puyjuni imilla” con 7,90 mg/kg. El análisis de correlación mediante la prueba de Pearson al $p < 0,05$ de probabilidad mostró una correlación moderada, positiva y significativa ($r=0,49$) entre el contenido de hierro y zinc.

Por su parte Tito (2017), determinó el contenido de hierro, zinc y vitamina C de tubérculos en 20 clones de papa mejorada biofortificada, en el Centro Poblado de Tacsana del distrito de Yauli – Huancavelica. Se evaluaron el contenido de Fe, Zn, vitamina C y rendimiento, para hallar la heredabilidad en sentido amplio. Los resultados obtenidos en el estudio presentan diferencias significativas entre clones para las variables de contenido de Fe, Zn, vitamina C y rendimiento, ocupando los primeros lugares con el clon 13 con 31.67 mg/kg, clon 14 con 15.003 mg/kg, clon 1 Amarilla con 49mg/100g y clon 3 con 28.378 t/ha respectivamente. Los valores de heredabilidad en sentido amplio para Fe, Zn, vitamina C y rendimiento fueron 0.74, 0.49, 0.83 y 0.57 respectivamente.

Desde el año 2004, mediante el CIP se viene produciendo material biofortificado de la papa llegando a obtener 32mg/kg de hierro, de los 19 mg/kg que era normalmente. Tomando en cuenta que en estos lugares los niños y mujeres se aproximan a un consumo



de 500 y 100 gramos de papa al día, el consumo constante de papas biofortificadas tienen un nivel equivalente a 0.8 mg de hierro por 100 gramos de papa en peso fresco (32 mg / kg en peso seco considerando 25% de materia seca), cubrirían alrededor del 20% del requerimiento diario de hierro en un niño y alrededor del 50% en una mujer en edad fértil (CIP, 2021).

No obstante, en el trabajo de investigación que realizó Leiva (2021), evaluó un “Comparativo de 34 clones de papa biofortificadas con niveles altos de zinc y hierro, en la región Cajamarca”. Referente al contenido de hierro obtuvo el máximo valor observado fue de 27.77 mg/kg DW de hierro correspondiente al clon BIOT-725.047 y el mínimo valor observado fue de 13.43 mg/kg DW 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 cual obtuvieron 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, BIOT-721.163, 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, BIOT-633.294, 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, también los procedimientos que deben realizarse en laboratorio.



2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Papa biofortificada

La biofortificación consiste en el mejoramiento del contenido nutricional y de las propiedades agronómicas de cultivos a través del mejoramiento genético (Nestel *et al.*, 2006). Los cultivos biofortificados se pueden desarrollar a través de métodos de mejoramiento tradicional y/o de la biotecnología moderna. Los cultivos biofortificados contribuyen a la seguridad alimentaria y nutricional de los individuos, familias y comunidades de dos maneras: 1) a través de sus mejores cualidades agronómicas, como mejor rendimiento, las familias aumentan su producción de alimentos y como consecuencia su energía disponible para consumo; 2) por su mayor contenido de nutrientes carentes en la dieta latinoamericana, como el hierro y el zinc, las personas consumen más de estos micronutrientes esenciales (Pachón, 2008).

Existen factores que influyen en el impacto nutricional que puedan tener los cultivos biofortificados: la adaptabilidad de las variedades biofortificadas en los terrenos de las familias, porque si no se adaptan correctamente, las familias agrícolas no tendrán razón para sembrarlas frente a otras variedades que se comportan bien agronómicamente; la aceptabilidad sensorial de variedades biofortificadas ya que una variedad que no genere positivas respuestas organolépticas a los consumidores, tendrán menos probabilidades de mantenerse entre los agricultores (Muñoz *et al.*, 2008).

La biofortificación de cultivos permitirá el acceso a alimentos mejorados nutricionalmente por parte de familias que viven en área rurales, y serán de utilidad en aquellas situaciones en las que dichas familias tienen un acceso limitado a los mercados y centros de salud, lugares donde se proporcionan los alimentos



fortificados y suplementos nutricionales a través de programas sociales. La implementación de la biofortificación reducirá el número de personas con deficiencia de micronutrientes que dependen de la suplementación y los programas de fortificación (PMA, 2010).

2.3.2. Clon

Hidalgo (1999), define clon como “Individuos derivados por propagación vegetativa o apomixis de un individuo (Padre) original”. En papa este término se emplea en dos formas principales: Los mejoradores identifican como “Clones” a los individuos dentro de una misma familia, donde cada uno de ellos es un genotipo definido que permanecerá así en el tiempo.

Son grupo de organismos que descienden por mitosis de un antepasado común. Conjunto de individuos procedentes de otro organismo, por alguno de los procedimientos de multiplicación asexual (división, injerto, partenogénesis, etc.) sin reducción cromática.

2.3.3. Rendimiento

Según Hidalgo (1997), 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 y metro cuadrado.

Es la eficacia de todos los recursos utilizados en un proceso productivo, para lograr los objetivos agronómicos planteados, incluyendo la reducción de riesgos y mejorando la calidad de las cosechas, este es expresado en kilogramos o toneladas/hectárea (Fraume, 2007).



2.3.4. Variedad

Egúsquiza y Catalán (2011), definen a variedad como un 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.

2.3.5. Variedades Nativas

Siendo estas el resultado de un largo proceso de domesticación, selección y conservación ancestral, siendo la herencia de los antiguos habitantes de los Andes; el Perú cuenta con amplia biodiversidad genética con alrededor de 3,000 variedades de papas nativas conservadas ancestralmente *in situ* a nivel nacional por los productores de las zonas alto andinas (Zúñiga *et al.*, 2010).

CIP (2017), indica que, una variedad nativa es una variedad local de una especie de planta domesticada, que se ha desarrollado fundamentalmente a través de procesos naturales por adaptación al entorno natural y cultural en el que vive.

Monteros *et al.* (2005), sostienen que, las papas nativas fueron de suma importancia por los agricultores indígenas, debido a sus propiedades organolépticas (sabor, color, textura, forma), como por sus propiedades agrícolas y por la identidad cultural que representan. Adicionalmente, Cuesta (2006), menciona que las papas nativas se usa de base genética para realizar trabajos de mejoramiento genético, para desarrollar nuevas variedades mejoradas.



2.3.6. Variedades Mejoradas

Cahuana y Arcos (1993), indican que fueron todas aquellas variedades de papa obtenidas a través de un proceso de mejoramiento genético por hibridación, selección clonal o por otras metodologías de mejoramiento. Estas variedades, desde el inicio de su mejoramiento hasta la liberación y producción de semilla básica, fueron manejadas por el fito-mejorador.

2.3.7. Tubérculos Comerciales y no Comerciales

INIA (2014), 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.

2.3.8. Productos Comerciales y no Comerciales

Todo lo que el comprador recibe cuando efectúa un acto de compra: el producto propiamente dicho (bien o servicio), el envase, la garantía y los servicios complementarios. El producto debe responder a las necesidades de los consumidores y no a las preferencias de los ejecutivos y técnicos de la empresa. Un producto comercial es algo más que un bien o servicio que satisface una determinada necesidad. Un producto comercial es, en realidad, una combinación de atributos: diseño, color, calidad, coste, envasado, tamaño, duración, peso, etcétera. Estos atributos, que pueden parecer secundarios desde una óptica meramente utilitarista y no concurrencial, fueron determinantes con frecuencia del éxito o fracaso comercial de muchos productos.



2.4. MARCO TEÓRICO

2.4.1. Origen de la papa

Según Cahuana y Arcos (1993), ha quedado demostrado que la papa, es originaria de la región andina de América del Sur, entre el Perú (región de Puno y Cuzco), y en el norte de Bolivia; por la existencia de una gran diversidad genética de especies cultivadas y silvestres, así como por el número de evidencias citológicas (series poliploides); históricas (crónicas, ritos); arqueológicas (cerámicas, restos de chuño, granos de polen); lingüísticas (voces quechuas y aimaras) y botánicas (mecanismos evolutivos de especies) señala que este centro no solo era de papa, sino también de muchos otros cultivos.

La papa es originaria de la región andina ubicada entre Bolivia y Perú, donde existe una amplia diversidad de especies silvestres y cultivadas, lo que constituye una fuente genética importante para las futuras generaciones. La papa es uno de los cultivos andinos alimenticios de mayor importancia en el mundo, situándose en cuarto lugar de importancia junto al trigo, maíz y arroz. En Bolivia ha formado, parte fundamental de la alimentación de nuestros antepasados y actualmente, es consumida a mayor escala en las zonas andinas del Altiplano y Valles, forma parte de una gran riqueza culinaria, y utilizado en estado fresco o procesado (Canqui y Morales, 2009).

Es originaria de Los Andes de América, fue llevada a Europa por los conquistadores españoles que cultivaban desde épocas prehispánicas, cuya antigüedad data de 7000 años antes de las culturas preincas e incas (Pardave, 2004).

Pumisacho y Sherwood (2002), afirman que, el centro de domesticación del cultivo se encuentra en los alrededores del Lago Titicaca, cerca de 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.

Muñoa *et al.* (2014), afirman que, las evidencia sitúa los primeros indicios del cultivo de papa alrededor del Lago Titicaca, hace unos 8,000 los sitios arqueológicos sugieren que la papa fue domesticada por la mujer mientras el hombre se dedicaba a la caza y a la pesca Además, se encontraron en dicha zona restos de cerámicos y figuras pre-Incas con significados sobre la papa. También hoy en día fueron las mujeres quienes cumplen un rol muy importante en la selección de semilla.

2.4.2. La papa a nivel Mundial

La papa es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo, en términos de consumo humano, luego del arroz y del trigo CIP (2017), reporta que, más de mil millones de personas en todo el mundo comen papa regularmente y la producción total del cultivo supera los 374 millones de toneladas. En el Perú se cultivan más de 3 500 variedades aproximadamente, de las 5 000 variedades que existen en el mundo (IDEXCAM, 2018).

CIP (2017), indica que China, es el mayor productor mundial de papa, con un crecimiento de más de 88 millones de toneladas al año. La superficie mundial de papa cultivada por los agricultores supera los 19 millones de hectáreas, 156 países alrededor del mundo cultivan papas actualmente.

MINAGRI (2018), indica que actualmente Perú ocupa el 12° lugar en el mundo en producción de papa, y el primer lugar en producción de papa en Latinoamérica.

Tabla 1. Producción de papa en América latina

N°	País	Producción (Millones t)
1	Perú	4.69
2	Brasil	3.69
3	Colombia	1.99
4	Argentina	1.86
5	México	1.69
6	Chile	1.06
7	Bolivia	1.10
8	Guatemala	0.53
9	Venezuela	0.50
10	Ecuador	0.44
11	Uruguay	0.08

Nota: MINAGRI (2019)

2.4.3. La papa en el Perú

IDEXCAM (2018) reporta que, hoy en día existen alrededor de 5 000 variedades de papa y en el Perú se cultivan más de 3 000 variedades aproximadamente, que tienen una diversidad de colores, formas y tamaños. Un aproximado de 711 mil familias peruanas produce este tubérculo, por esta razón es que el Perú ocupa el primer lugar como productor en América Latina y el Caribe.

Ordinola y Vela (2011), señalan que en el Perú, se cultiva una gran cantidad de variedades entre ambos tipos (mejoradas y nativas) ya sea por su importancia económica como por la significancia que poseen en los mercados regionales.

MIDAGRI (2020), reporta que durante el año 2020, la producción nacional de papa fue aproximadamente de 5 millones 449 mil 056 toneladas, esta estuvo distribuida en 19 de departamentos, principalmente en la sierra del país donde se produjeron 5 449.1 miles de toneladas de papa en 331 437 mil hectáreas, distribuidas

en 19 regiones, principalmente de la sierra del país. Las zonas de mayor producción que comprendieron aproximadamente el 90 % de la producción total.

Tabla 2. Producción Nacional de Papa (toneladas) 2019-2020

	Región	Campaña Agrícola		Producción %
		2018-2019	2019-2020	
1	Puno	838,777	850,360	16
2	Huánuco	716,568	744,913	13
3	La Libertad	542,350	532,601	10
4	Ayacucho	368,708	448,520	8
5	Cusco	439,613	440,412	8
6	Junín	395,299	416,064	7
7	Apurímac	414,776	379,609	7
8	Cajamarca	347,052	365,830	7
9	Arequipa	337,670	319,755	6
10	Huancavelica	329,139	311,640	6
11	Otras regiones	659,280	639,352	12
TOTAL		5,389,231	5,449,056	100

Nota: MIDAGRI – DGESEP (2020)

2.4.4. La papa en la región Puno

Cahuana *et al.* (2012), señalan que en Puno, se siembran aproximadamente 35,000 a 40,000 has de papa y, uno de los factores limitantes de su producción, es la escasez de semilla de buena calidad. La Estación Experimental Illpa-Puno a través del Programa de Investigación en papa desde 1983 ha priorizado la investigación y producción de semilla de alta calidad genética, sanitaria, fisiológica y física de las variedades nativas y mejoradas agro socioeconómicamente importantes en la región de Puno.

Tabla 3. Superficie Cosechada, producción y rendimiento a nivel nacional 2018-2020

Cultivo de papa en Perú	Campaña Agrícola	
	2018-2019	2019-2020
Superficie cosechada (Ha)	331 177	331 437
Producción (t)	5 389 231	5 449 056
Rendimiento (kg/ha)	16 273	16 441

Nota: MIDAGRI – DGESEP (2020)

Tabla 4. Superficie Cosechada, producción y rendimiento a nivel regional 2018-2020

Cultivo de papa en Puno	Campaña Agrícola	
	2018-2019	2019-2020
Superficie cosechada (Ha)	60 730	61 853
Producción (tn)	838 777	850 360
Rendimiento (kg/ha)	13 812	13 748

Nota: MIDAGRI – DGESEP (2020)

2.4.5. Diversidad de especies de papas cultivadas

Según la clasificación taxonómica tradicional adoptada por el CIP, existen 8 especies de papa cultivada tabla 5, que fueron: *S. stenotomum* (2x), *S. goniocalix* (2x), *S. phureja* (2x), *S. ajanhuiri* (2x), *S. juzepczsukii* (3x), *S. chaucha* (3x), *S. tuberosum* (4x) y *S. curtilobum* (5x) (Huamán, 1986). Sin embargo el último tratamiento taxonómico realizado por Spooner *et al.*, (2007) reclasifica a la papa cultivada en tan solo 4 especies: (i) *S. tuberosum*, con dos grupos de cultivares (grupo Andigena con variedades diploides, triploides y tetraploides de los altos Andes, y grupo Chilotanum con variedades tetraploides de las tierras bajas chilenas); (ii) *S. ajanhuiri* (diploide), (iii) *S. juzepczsukii* (triploide) y (iv) *S. curtilobum* (pentaploide).

Tabla 5. Especies de papa según el tratamiento taxonómico tradicional y moderno.

Autor	Especies	Número de cromosomas	Nivel de ploidía
Huamán (1986)	<i>S. ajanhuiri</i> Juz. et Buk. <i>S. goniocalix</i> <i>S. phureja</i> Juz. et Buk. <i>S. stenotomum</i> Juz. et Buk.	$2n = 2x = 24$	Diploide
	<i>S. chaucha</i> Juz. et Buk. <i>S. juzepczsukii</i> Buk.	$2n = 3x = 36$	Triploide
	<i>S. tuberosum</i> L. spp. andigena spp. tuberosum	$2n = 4x = 48$	Tetraploide
	<i>S. curtilobum</i> Juz. et Buk.	$2n = 5x = 60$	Pentaploide
Spooner (2007)	<i>S. ajanhuiri</i> Juz. et Buk.	$2n = 2x = 24$	Diploide
	<i>S. juzepczsukii</i> Buk.	$2n = 3x = 36$	Triploide
	<i>S. tuberosum</i> L. Grupo Andigena	$2n = 2x = 24$ $2n = 3x = 36$	Diploide Triploide
	Grupo Chilotanum	$2n = 4x = 48$ $2n = 4x = 48$	Tetraploide Tetraploide
	<i>S. curtilobum</i> Juz. et Buk.	$2n = 5x = 60$	Pentaploide

Nota: Huaman (1986)



2.4.6. Ubicación Taxonómica de la papa

Zhio TM, (2011), indica que la taxonomía de la papa es:

Reino:	Plantae
División:	Magoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub Clase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanales
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>S. Teberosum</i>
Nombre científico:	<i>Solanum teberosum</i>

2.4.7. Descripción morfológica.

2.4.7.1. Planta

Ríos (2007), afirma que la planta, es dicotiledónea, con hábitos de crecimiento vegetativo, suculento, herbáceo y anual por su parte aérea y perenne por sus tubérculos (tallos subterráneos) que se desarrollan al final de los estolones que nacen del tallo principal, y a veces de varios tallos, según el número de yemas que hayan brotado del tubérculo.

2.4.7.2. Raíces

Está formado por raíces adventicias, Ríos (2007) indica que las raíces, se desarrollan principalmente en el verticilo en los nudos del tallo principal su crecimiento es primero vertical dentro de la capa de suelo arable, luego horizontal de 25 a 50 cm, la planta de papa posee un sistema radicular fibroso y muy ramificado.

2.4.7.3. Tubérculo.

Pumisacho y Sherwood (2002), indican que los tubérculos, fueron tallos carnosos que se originan en el extremo del estolón y tienen yemas y ojos. 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 y Fries, 2007)

2.4.7.4. Brotes.

Tapia y Fries (2007), indican que el número de ojos de un tubérculo depende de la variedad, calibre del tubérculo, distribuidos en espiral en toda la superficie, de estos ojos surgen los brotes que darán lugar a una nueva planta cuando las condiciones vuelven a ser favorables y de un tiempo se producirán muchos tubérculos.

2.4.7.5. Hojas

Ríos (2007), señala que, las hojas fueron 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.

INIA (2002), señala que, las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente, las hojas fueron compuestas, es decir, tienen un raquis central y varios folíolos. Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal. La parte del raquis debajo del par inferior de folíolos primarios se llama pecíolo. Cada folíolo puede estar unido al raquis por un pequeño pecíolo llamado peciólulo, o puede estar unido directamente, sin peciólulo, y en este caso se llama folíolo sésil. La secuencia



regular de estos folíolos primarios puede estar interceptada por la presencia de folíolos secundarios pequeños.

INIA (2002), indica que, en la base de cada pecíolo se encuentran dos hojuelas laterales llamadas pseudoestípulas. La forma y tamaño de ésta, así como el ángulo de inserción del pecíolo en el tallo, fueron caracteres varietales distintivos muy útiles. Desde el punto de inserción del pecíolo, pueden extenderse hacia abajo, las alas o costillas del tallo.

2.4.7.6. Estolones

CIP (1984), morfológicamente descritos, los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener 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 desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal.

2.4.7.7. Tallos.

INIA (2002), indica que la planta de papa, consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen un solo tallo principal mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos. Los tallos laterales fueron ramas de los tallos principales.

INIA (2002), afirma que en un corte transversal, los tallos de papa presentan formas entre circulares y angulares; en las márgenes angulares se forman alas o costillas. Las alas pueden ser rectas, onduladas o dentadas. El



tallo es generalmente de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado.

2.4.7.8. Inflorescencia

Román y Hurtado (2002), afirman que la inflorescencia de la papa, es una cima terminal con muchas flores, pedúnculos bifurcados o trifurcados con los pedicelos articulados encima del centro o hacia la base del cáliz.

2.4.7.9. Flor.

Ríos (2007), indica que las flores, son hermafroditas, tetracíclicas, pentámeras; el cáliz es gamosépalo lobulado, la corola de color blanco a púrpura con cinco estambres, anteras de color amarillo a anaranjado que por supuesto producen polen.

2.4.7.10. Fruto-Semilla.

Pumisacho y Sherwood (2002), indican que, el fruto de la papa es una baya pequeña, carnosa de forma redonda u ovalada, de color verde amarillento o castaño rojizo posee dos lóculos con un promedio de 200 a 300 semillas.

2.4.8. Fase fenológica del cultivo de papa.

Yzarra y López (2011), mencionan una breve descripción de las fases fenológicas más importantes del cultivo de la papa.

2.4.8.1. Emergencia

Aparecen las primeras hojas sobre la superficie del suelo.

2.4.8.2. Brotes laterales

Los brotes que surgen desde el tallo principal fueron aéreos y subterráneos. Los primeros dan lugar a la formación del follaje de la planta y



los segundos a rizomas, donde posteriormente engrosarán en la porción distal para la formación de tubérculos.

2.4.8.3. Botón floral

Aparecen los primeros botones florales. El pedúnculo floral y la inflorescencia crecen cuando el tallo principal ha finalizado su crecimiento y da inicio a la floración. En algunas variedades coincide con el inicio de la tuberización (Hernandez y Leon, 1992).

2.4.8.4. Floración

La fase de plena floración, se inicia con la apertura de los primeros botones florales (las primeras flores) (Hernandez y Leon, 1992).

2.4.8.5. Maduración

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.

2.4.9. Requerimientos agroclimáticos del cultivo de papa.

2.4.9.1. Altitud.

La papa se cultiva en diferentes altitudes, desde la línea del Ecuador hasta más de 40° de latitud Norte y Sur, se pueden distinguir tres zonas agroecológicas: zonas de tierras altas, zonas de tierras bajas de clima tropical y subtropical y en las zonas de clima templado (Horton, 2005).

2.4.9.2. Suelo.

Cahuana *et al.* (2012), señalan que requiere suelos francos, franco limoso y franco arcilloso, con estructura granular y alto contenido de materia orgánica, profundos y buen drenaje; pH de 5.5 a 8.0 (MINAGRI, 2011).



El sistema radicular es muy ramificado ocupan aproximadamente 40 cm. de profundidad, por ello requiere suelo profundos, orgánicos, mullidos y con buena retención de humedad, obteniendo mejores rendimientos en suelos francos arenosos, con pH de 5.5 a 8.0 (Pardavé, 2004).

2.4.9.3. Clima

Cahuana y Arcos (1993), indican 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.

2.4.9.4. Precipitación Pluvial

Cahuana *et al.* (2012), señalan que el cultivo de papa requiere precipitaciones de 600 a 800 mm por campaña agrícola y bien distribuida. Para satisfacer las necesidades hídricas, la papa necesita entre 500 y 700 mm de agua, de acuerdo con las condiciones climáticas y la duración del cultivo. La producción se reduce, si se agota más del 50 % del total del agua disponible en el suelo durante el período de crecimiento, la etapa más crítica que perjudica al cultivo es durante la formación de tubérculos (FAO, 2008).

2.4.9.5. Humedad

Cahuana *et al.* (2012), señalan que, requiere humedad relativa alta, mayores a 80% en el medio ambiente.

2.4.9.6. Temperatura.

Cahuana *et al.* (2012), señalan para brotamiento requiere de 15 a 22°C y para tuberización 14 a 18 °C.



MINAGRI (2015) indica que, hay diferencias de requerimientos según la variedad; las temperaturas diurnas es de 20 a 25°C y las mínimas de 8 a 13°C fueron excelentes para una buena tuberización. La temperatura media óptima para la tuberización es de 20 °C.

2.4.9.7. Radiación solar.

MINAGRI (2008), indica que la luz, tiene una incidencia directa sobre el fotoperiodo, ya que induce la tuberización. Los fotoperiodos influyen en el rendimiento de la cosecha; para la tuberización normal requiere de 12 – 16 horas de luz por día (Cahuana *et al.*, 2012).

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

2.4.10. Manejo agronómico del cultivo de papa

2.4.10.1. Preparación de terreno

Las labores de preparación de terreno deben realizarse cuando el suelo esta húmeda para que haya un buen roturado del terreno con implementos del disco; si el suelo está seco lo que sucederá es que el implemento no penetrara lo suficiente y las raíces de la planta no crecerán y su rendimiento será reducido y por consiguiente la producción será limitada; aplicar materia orgánica descompuesta con la finalidad de mejorar la textura del suelo y su fertilidad (Bouzo, 2008).



2.4.10.2. Época de preparación del terreno

Cahuana *et al.* (2012), señalan que, los terrenos en descanso o de rompe, deben prepararse durante los meses de marzo a abril, para favorecer la incorporación de residuos orgánicos existentes y los suelos que están bajo el sistema de rotación sucesiva de cultivos, deben prepararse inmediatamente después de la cosecha anterior y/o después de la aplicación del estiércol, durante los meses de agosto y setiembre.

2.4.10.3. Roturado

Cahuana *et al.* (2012), señalan que, la aradura debe realizarse oportunamente con tractor, yunta o chaquitajlla, a una profundidad de 20 a 30 cm, con la finalidad de; incorporar los residuos orgánicos y el estiércol aplicado al suelo; favorecer la descomposición de la materia orgánica y producción de sustancias tóxicas, que permitirán destruir larvas o pupas de insectos plaga, huevos, larvas y adultos de nematodos, esporas y zoosporas de enfermedades fúngicas; exponer los estados inmaduros de plagas y enfermedades, a la acción depredadora de las aves, resecado, por efecto de los rayos solares y congelado por efecto de heladas.

2.4.10.4. Rastrado

Cahuana *et al.* (2012), señalan que, el desmenuzamiento de los terrones, debe realizarse con rastra de discos o con herramientas manuales, durante los meses de setiembre y octubre, de preferencia después de una lluvia, para; completar la destrucción de las malezas en crecimiento y las semillas de germinación; destruir las pupas y adultos invernantes de plagas, huevos, larvas y adultos de nematodos, esporas, zoosporas de las enfermedades fúngicas; favorecer la emergencia rápida y uniforme de las plantas de papa, buen



crecimiento y desarrollo de las raíces tallos y tubérculos; favorecer la adecuada y óptima formación y desarrollo de estolones y tubérculos.

2.4.10.5. Tubérculo – semilla

Cahuana *et al.* (2012), indican que los tubérculos semilla de papa, deben ser de tamaño uniforme y turgente, con brotes numerosos, cortos, verdeados y vigorosos, libre de plagas y enfermedades.

Cabrera (2009), indica que, el peso de la semilla puede variar entre 20 a 60g correspondiendo a una semilla de 2da, 3ra y 4ta clase, tubérculos de mayor peso, incrementan el costo de producción y el fraccionamiento no es tan recomendable.

2.4.10.6. Plantación

Cahuana *et al.* (2012), indican que, en el altiplano de la Región Puno, la época de siembra depende de las precipitaciones pluviales, la densidad de siembra, depende de la variedad de papa, condiciones del suelo y clima, recomendados de preferencia semillas de tamaño segunda (61 a 80 gramos) o tercera (41 a 60 gramos), para esquivar los daños y favorecer la pronta recuperación de la plantas dañadas por efecto de heladas, sequías o granizadas, distanciados a 25 o 30 cm entre ellos, el tapado a una capa de 6 a 10 cm de tierra, a fin de que los tubérculos – semilla queden ubicados entre 6 y 8 cm de profundidad.

2.4.11. Labores culturales

Cahuana *et al.* (2012), indican que, se deben efectuarse en forma oportuna y adecuada, de acuerdo a las necesidades del cultivo y condiciones climáticas.

2.4.12. Abonamiento

Tito (2017), menciona que, el estiércol en sus diferentes formas de descomposición, es el medio principal para mejorar y conservar la fertilidad de los suelos. A través de él, se incorpora al suelo los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, mejorando paralelamente sus características físicas y biológicas.

2.4.12.1. Fertilización

Egúsquiza y Catalán (2011), señalan que, los fertilizantes fueron las fuentes sintéticas de nutrientes, los de mayor importancia por mayor requerimiento fueron el Nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) conocidos como NPK. 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.

Cabrera (2009), señala que antes de aplicar el fertilizante, se recomienda realizar un análisis de suelos, para determinar la cantidad exacta del fertilizante a aplicar. 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.

2.4.12.2. Primer aporque

Cahuana *et al.* (2012), mencionan que esta labor, se realizó cuando las plantas ha alcanzado 15 a 20 cm. de altura o a los 60 o 70 días después de la siembra, depositando una capa de 6 a 8 cm. de tierra, alrededor del cuello de las plantas de papa con la finalidad de:

- Favorecer mayor desarrollo de las raíces y adecuada formación de estolones y tubérculos.



- Dificultar el ingreso de larvas de gorgojo de los Andes, polilla, gusanos de tierra y epitrix.
- Sostener mejor las plantas y evitar el escape de los estolones
- Eliminar las malezas y airear el suelo.
- Favorecer buen drenaje.

2.4.12.3. Segundo aporque

Cahuana *et al.* (2012), mencionan que, se debe realizar entre los 20 a 25 días después de primer aporque o cuando las plántulas tienen 45 a 50 cm de altura, para evitar el escape de los estolones y favorecer buena formación y desarrollo de los tubérculos.

2.4.12.4. Control de malezas

Egúsquiza y Catalán (2011), señalan que las malezas o malas hierbas, fueron otras plantas que compiten con las plantas de papa en el uso del espacio, agua y nutrientes; por otro lado, las malezas pueden ser hospederos de patógenos que causan daños al cultivo de papa. Siendo así, es recomendable mantener densidades muy bajas de malezas y si el campo de papa estuviera dedicado a la producción de semillas, debe estar libre de malezas.

2.4.12.5. Control de plagas y enfermedades

Según Egúsquiza y Catalán (2011), indican 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.



2.4.13. Cosecha

DRA (2011), indica que la cosecha: se efectúa cuando el cultivo alcanza su madurez completa, caracterizado por presentar más del 80 % de plantas tumbadas y en proceso de secado.

- Consiste en remover el suelo, extraer y recolectar los tubérculos, cuando están maduros y ya no se pelan a la fricción de los dedos o roce entre los tubérculos por efecto del manipuleo.
- Debe ser oportuna y adecuada, cuando el suelo presente una humedad apropiada, para evitar daños mecánicos y cortes en los tubérculos, daños por heladas dentro del suelo, daño de plagas, especialmente de la polilla y gusanos cortadores.

2.4.14. Manejo de post cosecha

2.4.14.1. Selección

DRA (2011), señala que la selección, consiste en separar todos los tubérculos que presenten problemas fitosanitarios, magulladuras, heridas, daños por cortes, daños por la acción de insectos, pudriciones y otros, de los tubérculos sanos y apropiados que se ajusten a las características típicas de la variedad de papas en procesamiento.

2.4.14.2. Clasificación

Cabrera (2009), indica la clasificación, consiste en separar las semillas por su peso y tamaño. Generalmente la clasificación se hace en base al tamaño, para su traslado al almacén donde se efectuará la reclasificación definitiva.

DRA (2011), señala que consiste en separar los tubérculos – semilla, papas destinadas al consumo humano y transformación, en diferentes categorías de acuerdo al tamaño o peso (diámetro) y por su longitud.

Tabla 6. Clasificación de tubérculos de papa por su peso

Categoría	Tamaño (peso) de tubérculo de papa	Destino y forma de uso
Extra	Tubérculos mayores de 101 g	Semilla fraccionada
Primera	Tubérculos entre 81 – 100 g	Semilla fraccionada
Segunda	Tubérculos entre 61 – 80 g	Semilla entera
Tercera	Tubérculos entre 41 – 60 g	Semilla entera
Cuarta	Tubérculos entre 21 – 40 g	Semilla entera

Nota: Cahuana (2011)

2.4.14.3. Almacenado

Pumisacho y Sherwood (2002), indican que la temperatura, es un factor especialmente importante en el almacenamiento de papa para semilla, porque influye en la velocidad y tipo de brotamiento. Temperaturas de 15 a 20°C aceleran el brotamiento en tubérculos. Con temperaturas de 5 a 13°C, el brotamiento apical es prácticamente nulo. Las heladas y la exposición directa al sol producen ruptura de los tejidos y aceleran la deshidratación, favoreciendo la vejez fisiológica.

2.4.15. Descriptores para caracterización de papas

Hernandez (2013), señala que la caracterización morfológica de recursos fitogenéticos, es la determinación de un conjunto de caracteres mediante el uso de descriptores definidos que permiten diferenciar taxonómicamente a las plantas. Algunos caracteres pueden ser altamente heredables, fácilmente observables y expresables en la misma forma en cualquier ambiente. Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, para identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación.



Huamán (2008), señala que la toma de datos de las características de los tallos, hojas y flores, se realizó cuando las plantas propagadas usando tubérculos están en plena floración. Los datos de los descriptores relacionados a tamaño deben registrarse en base al promedio de las mediciones hechas en varias plantas de cada entrada. Todos los datos sobre características de hojas fueron registrados en las hojas ubicadas en la porción media del tallo principal. Los datos que se registren siempre deben ser la expresión promedio de por lo menos dos hojas centrales.

2.4.16. Propiedades Nutricionales

CIP (2017), señala que la pulpa de las papas, puede tener colores blanco, amarillo, rosado, rojo, púrpura e incluso azul. El amarillo se debe principalmente a la presencia de concentraciones de carotenoides, y las antocianinas fueron responsables de los colores rojo, púrpura y azul. Ambos fueron antioxidantes y se cree que cumplen un importante papel en la prevención del cáncer y enfermedades relacionadas con el envejecimiento.

Existía mitos que la papa era un alimento de bajo contenido nutricional, que al consumir provocaba sobre peso en las personas; Sin embargo, nuevas investigaciones han demostrado todo lo contrario, ya que la papa contiene vitaminas, aminoácidos y minerales. Su valor biológico en proteínas es un tanto inferior a la de la carne, pero supera a la proteína de los cereales y verduras (Christiansen, 1980).

Los tubérculos de papa contienen en promedio lo siguiente: “El 74% de agua, 20% de carbohidratos, 2% de proteínas y el resto son minerales como potasio, magnesio, hierro y fósforo. Es rica en carotenoides y vitamina C. La papa es muy baja en grasa, posee solo el 5% de la que posee el trigo y un cuarto de las calorías de un pan” (Sánchez, 2003).

Tabla 7. Composición por cada 100 g en porción comestible (muestra fresca).

Componentes	Papa amarilla	Papa blanca
Energía (Kcal)	103	97
Agua (g)	73.2	74.5
Proteína (g)	2	2.1
Grasa (g)	0.4	0.1
Carbohidrato (g)	23.3	22.3
Fibra (g)	0.7	0.6
Ceniza (g)	1.1	1
Calcio (g)	6	9
Fosforo (mg)	52	47
Hierro (mg)	0.4	0.5
Tiamina (mg)	0.07	0.09

Nota: Collazos, 1996.

2.4.16.1. Vitaminas

IDEXCAM (2018), señala que contiene vitaminas B y C que ayudan a prevenir el escorbuto y fueron necesarias para el metabolismo, el sistema nervioso central y la formación de los glóbulos rojos. Además, debido a sus cualidades nutricionales, el consumo de papa puede contribuir a la reducción del estrés, a dormir mejor y a un mejor funcionamiento del cerebro.

2.4.16.2. Hidratos de carbono

CIP (2017), indica que los carbohidratos como los azúcares o el almidón aportan energía al cuerpo con poca grasa, en particular al sistema nervioso y al cerebro.

2.4.16.3. Fuente de minerales

IDEXCAM (2018), señala que la papa es rica en potasio, un mineral imprescindible para el correcto funcionamiento de los músculos. También



aporta al organismo minerales como el hierro, el magnesio, el fósforo o el zinc.

Hualla (2017), menciona que, los clones avanzados con altos contenidos en micronutrientes (hierro y zinc) pueden ser difundidos y promovidos como variedades que ayudarán a mitigar los efectos de la desnutrición por deficiencia de hierro y zinc en las diversas zonas de nuestro país y del mundo.

2.4.17. Carotenoides

Acuña *et al.* (2010), afirman que los colores cremas, anaranjados y amarillos de los vegetales fueron indicativos de la presencia de carotenos. En general, mientras mayor sea la intensidad del color, mayor será el contenido de carotenos, es importante considerar que la “papa nativa”, es una buena fuente de carotenoides del tipo luteína, zeaxantina, violaxantina y neoxantina, las cuales abundan en las variedades de pulpa de color amarillo o naranja

Andre *et al.* (2007), por otro lado, han demostrado que las variedades diploides y triploides tienen mayor contenido de carotenoides que las tetraploides; siendo los factores ambientales determinantes en la variabilidad del contenido de antioxidantes.

Según estudios realizados usando papas crudas, las papas de pulpa amarilla contienen niveles significativos de luteína y zeaxantina, carotenoides que juegan un rol protector en la prevención de la degeneración de la macula ocular

Muñoz (2014), señala que, las papas con pulpas más amarillas tienen mayor contenido de estos compuestos que las papas de pulpas más blancas. Los carotenoides tienen una serie de propiedades, entre ellas están: Actividad Pro vitamina A, antioxidantes, activan el sistema inmune, protección de la piel ante luz ultravioleta,



promueve comunicación intercelular, aumentan la agudeza mental, reducen los riesgos de cáncer, reducen riesgos de enfermedades cardiovasculares.

2.4.18. Hierro

El Hierro es un oligoelemento mineral esencial para el cuerpo, necesario para prevenir la anemia nutricional y desempeña un papel importante en la respiración y la oxidación de los tejidos (Lagua y Claudio, 2004).

El hierro de tipo hémico, es el que forma parte de la hemoglobina, mioglobina, citocromos y muchas otras hemoproteínas, que se encuentran principalmente en los alimentos de origen animal, principalmente, de la hemoglobina y mioglobina (proviene de las carnes) y vísceras, es absorbido en una proporción mucho mayor y casi no es afectado por otros componentes de la dieta (Lagua y Claudio, 2004).

El hierro de tipo no hémico corresponde a aquel hierro que no se encuentra unido al grupo hemo; básicamente está formado por sales inorgánicas de este metal y el mismo se encuentra principalmente en los alimentos de origen vegetal (Goodman, 1996).

Según White *et al.* (2009) mencionan que “a pesar de que la mayoría de personas sufren por déficit de hierro, también hay quienes padecen las consecuencias de tener elevadas concentraciones de este elemento en el cuerpo. A esta afección se le conoce como hemocromatosis que se considera un trastorno genético que se transmite de padres a hijos y es congénito. Las personas con este problema absorben demasiado hierro a través del tubo digestivo, el cual se acumula principalmente en el hígado, los síntomas pueden incluir dolor abdominal, fatiga, oscurecimiento de la piel, dolor articular y falta de energía”.

Estudios señalados por White y Broadley (2009), indican “un papel importante del hierro en la modulación inmune, en la síntesis de ADN, en la formación de colágeno, resistencia a las enfermedades y colabora en muchas reacciones químicas. Interviene en el crecimiento celular, desarrollo neurológico, mecanismos de desintoxicación y en la regulación genética, como reguladores de la activación genética a través de la sensibilidad al oxígeno”

Tabla 8. Requerimientos diarios de Fe para infantes, niños y adultos.

Requerimiento de hierro (Fe)	RDA (mg/día)
Lactantes de 0-6 meses	0.27
Lactantes de 7-12 meses	11
Niños de 1-3 años	7
Niños de 4-8 años	10
Varones de 9-13 años	8
Varones 14-18 años	11
Mujeres de 9-13 años	8
Mujeres de 14-18 años	15

Nota: (White *et al* 2009).

El hierro es uno de los nutrientes más importantes en la nutrición y muchas enfermedades se relacionan con su deficiencia o exceso (Gaitán *et al.*, 2006). De las dos condiciones, la deficiencia de hierro es la alteración nutricional con más prevalencia en el mundo, especialmente en los países no desarrollados, afectando principalmente a la población materna infantil, es decir, niños y mujeres, especialmente menores de 5 años y mujeres embarazadas o en lactancia. De todos los períodos de la vida, la gestación y la infancia necesitan altos requerimientos de hierro para favorecer el crecimiento celular y el desarrollo.

Estudios señalan que el hierro, también juega un papel importante en la modulación inmune, en la síntesis de ADN, en la formación de colágeno, resistencia a las enfermedades y colabora en muchas reacciones químicas (FAO, 2000). También interviene en el crecimiento celular, desarrollo neurológico, mecanismos de desintoxicación y en la regulación genética, como reguladores de la activación genética a través de la sensibilidad al oxígeno (Fujita *et al.*, 2003).

Tabla 9. Alimentos con fuentes de hierro no hémico en 100g

Alimentos	mg/100g
Cañihua	15.0
Maca	14.6
Habas	13.0
Kiwicha tostada	8.1
Arvejas	7.5
Quinoa	7.5
Pallares	6.7
Papa	5.5
Avena	4.5
Espinaca	4.0

Nota: MINSA (2009).

Cuando la dieta es reducida en hierro, se presenta una enfermedad por déficit de hierro, la anemia, la cual consiste en la producción de células rojas pequeñas que tienen poco color cuando se observa al microscopio. Este déficit de hierro provoca diversos síntomas en el ser humano como palidez, mareos y, en el peor de los casos, en los niños la anemia provoca reducción en el crecimiento corporal y pobre desarrollo del cerebro. También afecta la capacidad de aprendizaje, disminuye el apetito y se puede notar una reducida capacidad para el trabajo o cualquier actividad física y la presencia de cansancio corporal, tanto en niños como en adultos (FAO, 2000).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.

El trabajo de investigación se ejecutó durante la campaña agrícola 2020 - 2021, en el Centro Experimental Illpa EPIA-FCA-UNA-Puno

3.1.1. Ubicación política

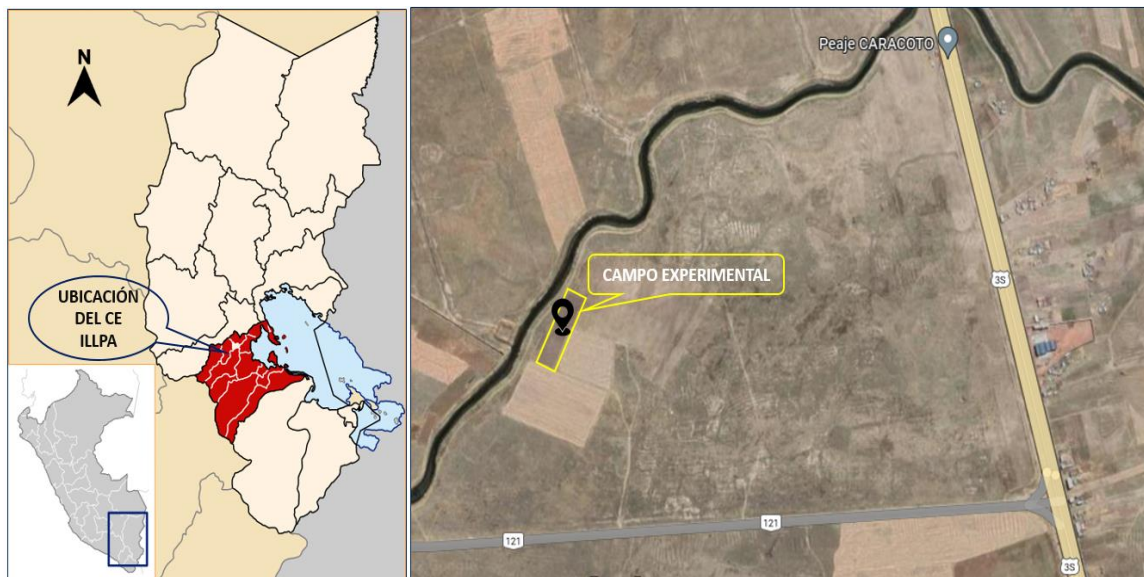
Región: Puno

Provincia: Puno

Distrito: Paucarcolla

3.1.2. Ubicación geográfica

Figura 1: Localización del campo experimental en Centro Experimental Illpa EPIA-FCA-UNA Puno



3.1.3. Características climatológicas de la zona de estudio

Para conocer la conducta de los datos meteorológicos registrados a lo largo de la conducción del experimento durante la campaña agrícola. 2020 - 2021, se instaló un Hoho Pendant en el Centro Experimental; para tal efecto se tomó en

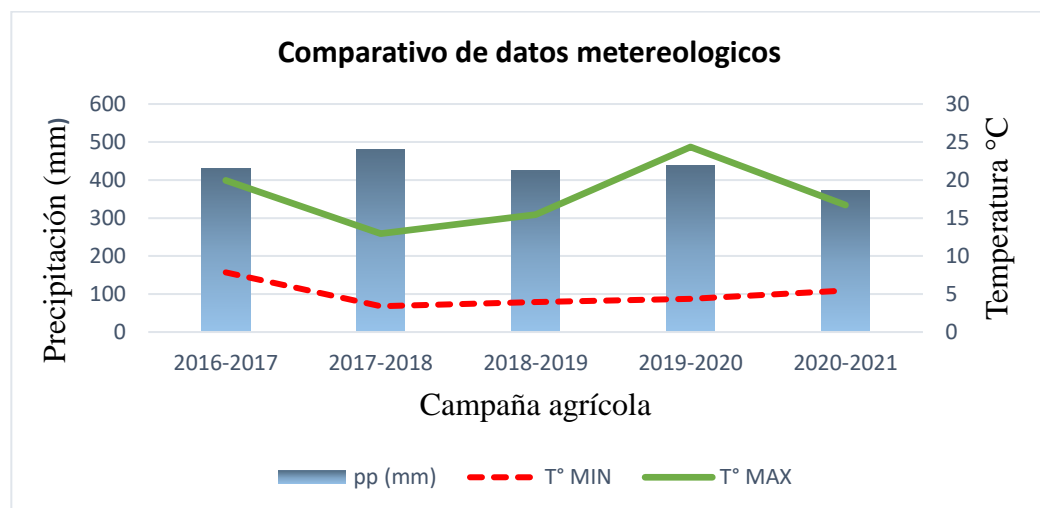
cuenta las Temperaturas (máxima, mínima y media), y en cuanto a la precipitación pluvial se obtuvo de la Estación Illpa; siendo las coordenadas de la estación:

Tabla 10. Información de datos meteorológicos de las últimas campañas agrícolas.

Datos Meteorológicos	Campañas Agrícolas				
	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
T° Mínima (°C)	7.85	3.4	3.95	4.35	5.45
T° Máxima (°C)	12.1	9.55	11.5	20	11.25
Precipitación Pluvial (mm)	431.2	481	424.8	438.4	373.4

Nota: Estación Meteorológica Illpa – Puno 2021.

Figura 2. Comparativo de datos meteorológicos campañas agrícolas 2016-2021



Nota: Estación Meteorológica Illpa – Puno 2021

En la Tabla 10 y Figura 2, se aprecia el comportamiento de los datos meteorológicos, donde se aprecia poca presencia de precipitación pluvial en la campaña agrícola 2020 – 2021 con un total de 373.4 mm que corresponden a 7 meses; en comparación con el promedio de las cuatro campañas agrícolas pasadas, que tienen dato de 443.85 mm, donde guarda relación con la presencia de sequía en los primeros meses de la campaña agrícola, dificultando la emergencia de los

tubérculos. Al respecto Egúsquiza y Catalán (2011), indican que el sistema de producción en seco, los cultivos de papa de mejor rendimiento son esos que reciben al menos 600 mm de precipitación (lluvia) a lo largo de la campaña agrícola.

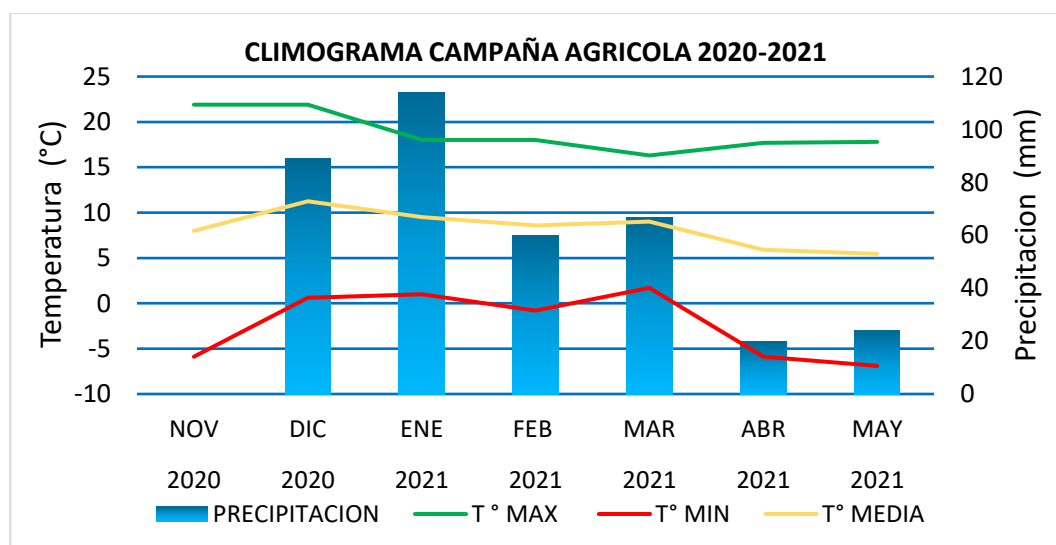
En cuanto a temperaturas, se observa que en las últimas campañas agrícolas se vienen registrándose temperaturas mínimas de 5.45 a 3.35 °C, por ende la presencia de heladas meteorológicas, las cuales ocasionan daños físicos en el desarrollo del cultivo.

Todos los factores presentes en la campaña agrícola permitirán a seleccionar clones de buena adaptación a las condiciones climáticas del Altiplano expresado en su buen rendimiento.

Tabla 11. Temperatura y precipitación promedio, correspondientes a la campaña agrícola 2020-2021

Mes	N	D	E	F	M	A	M	T/M
Prec. (mm)	0	89	114	59.8	66.7	19.8	24.1	373.4
Temp. (°C)	8	11.25	9.5	8.6	9	5.9	5,45	8.24

Figura 3. Climograma correspondiente a la campaña agrícola 2020-2021





En el periodo comprendido entre noviembre del 2020 a mayo del 2021, las precipitaciones medias mensuales son escasas (373 mm), destacando los meses de diciembre (89 mm) y enero (114 mm) como los más lluviosos, y noviembre (0 mm) como el mes con ausencia de precipitaciones.

En cuanto a las temperaturas, en el periodo comprendido entre los meses noviembre a mayo, la media anual es fresca (8,24°C.), con un mes más frío en mayo con 5.45°C y el mes más cálido en diciembre con 11.25°C. En concreto, el mes con las temperaturas mínimas más bajas es mayo (-6.9°C. de media de las mínimas) mientras que el mes con las temperaturas máximas más altas es diciembre (21.9°C. de media de las máximas). La oscilación térmica entre el mes más cálido y el más frío es moderada (5,8 °C.). Con respecto a las heladas, en dicha localidad hiela a lo largo del mes de mayo.

3.1.4. Características edáficas de la zona de estudio

Análisis fisicoquímica del suelo experimental

Para conocer las propiedades físico – químico del suelo agrícola del experimento, se obtuvo 1kg muestra suelo de la capa arable a partir de sub-muestras por cada bloque de diferentes puntos de manera zigzag para su envío al “Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande”-Lima. Y se tienen los siguientes resultados:

Tabla 12. Análisis Físico-químico del suelo experimental

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADOS
ANALISIS FISICO		
Arena	%	23.40
Limo	%	46.92
Arcilla	%	29.68
Clase Textural		FA
ANALISIS QUIMICO		
pH (25 °C)		7.65
C.E. (25 °C)	dS/m	0.74
Carbonato de calcio Total	%	0.20
Fosforo disponible	ppm	12.67
Materia orgánica	%	3.58
Nitrógeno total	%	0.21
Potasio disponible	ppm	455.67

Nota. Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande-Lima-2021

La Tabla 12 muestra el análisis de fertilidad del campo experimental, el cual de acuerdo a las evaluaciones realizadas en el Laboratorio de Química Agrícola (Valle Grande), el suelo se caracteriza por ser un suelo de textura “Franco Arcilloso” adecuada para el cultivo de papa (MINAGRI, 2011). El contenido de Materia Orgánica (M.O) 3.58 % valor medio; el contenido de Nitrógeno (N) total 0.21 % siendo de valor bajo; Fósforo (P) disponible 12.67 ppm cuyo valor es medio; Potasio (K) disponible 455.67 ppm de valor medio; pH de 7.65 y es ligeramente alcalino; este último parámetro según (MINAGRI, 2011) es adecuado para el desarrollo del cultivo cuyo rango de 5.5 a 8 de pH.

Tabla 13. Análisis químico de estiércol de ovino utilizado en el experimento.

PARAMETRO	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
C.E.	dS/m 25 °C	7.73
Humedad	%	16.67
Materia Orgánica	%	59.14
Impurezas	%	18.31

Nota. Laboratorio de Química Agrícola-Valle Grande-Lima-2021

La Tabla 13, muestra el análisis químico de la composición del estiércol de ovino utilizado en el experimento, en donde se expresa que el nitrógeno (N) disponible es 1.77 %; fosforo (P₂O₅) disponible es 0.38 %; el Potasio (K₂O) disponible es 1.15% y el valor del pH es 8.64 ligeramente alcalino.

3.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El historial y/o manejo secuencial de los cultivos conducidos antes del experimento fue:

Tabla 14. Antecedentes del campo experimental

Campaña Agrícola	Producto cultivado
2019-2020	Descanso
2020-2021	Trabajo ejecutado (papa)

Nota. Elaboración propia

3.3. DISPOSICIÓN EXPERIMENTAL

3.3.1. Procedencia del material genético utilizado

En esta investigación se empleó tubérculos semilla, que comprende a ocho clones de papa biofortificados tetraploide con alto contenido de Hierro y dos variedades comerciales (Yungay y serranita), procedentes del Centro Internacional de la Papa (CIP-LIMA).

Tabla 15. Identificación de clones y variedades comerciales del material genético.

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

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



3.3.2. Tratamientos en estudio

Para esta investigación se ha establecido, diez tratamientos en estudio; de los cuales ocho corresponden a clones de papa biofortificados tetraploide con alto contenido de Hierro y dos tratamientos corresponden a variedades comerciales (yungay y serranita).

Tabla 16. Tratamientos en estudio

	Tratamiento	Condición	Código de Clon
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	T9 (TESTIGO)	Hibrido	Yungay
10	T(TESTIGO)	Hibrido	Serranita

3.3.3. Características del campo experimental.

N° genotipos	: 10
N° de planta/genotipo/repetición	: 120
Distancia entre plantas	: 0.3 m
Distancia entre surcos	: 0.9 m
Calle	: 1 m
Área neta 1 surco	: 3. 78 m ²
Área total 1 surco	: 4. 68 m ²
Área neta de parcela	: 30. 24 m ²
Área total de parcela	: 37. 44 m ²
Área neta total	: 907. 2 m ²
Área total	: 1123.2 m ²



3.4. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.4.1 Características de clones de papa en estudio

Estos clones biofortificados tetraploides fueron desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP) mediante la estrategia de mejoramiento de interploidía, basada en la tetraploidización unilateral, que combina la diversidad genética y los rasgos valiosos disponibles en híbridos diploides biofortificados, procedentes de la combinación de grupos taxonómicas de variedades nativas diploides como phureja y stenotomum, con los clones tetraploides avanzados con resistencia a enfermedades, buena calidad, alto rendimiento y tolerancia a estrés abiótico, lo que brinda la oportunidad de acercarse a la máxima heterocigosidad en el desarrollo de nuevos cultivares (Salas *et al*, 2018).

Código de Adhesión	Progenitor Masculino	Progenitor Femenino
BIOT-633.294	CIP306416.68	CIP393536.13
BIOT-637.001	CIP306418.69	CIP393536.13
BIOT-721.245	CIP306416.68	CIP395017.229
BIOT-721.286	CIP306416.68	CIP395017.229
BIOT-725.024	CIP306418.69	CIP395017.229
BIOT-725.047	CIP306418.69	CIP395017.229
BIOT-735.105	CIP306416.68	CIP395017.242
BIOT-767.014	CIP306418.69	CIP395443.103

3.4.2 Características de las variedades de papa.

- **Yungay.** “Es una variedad liberada en 1971 por el programa de mejoramiento de papa de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). Se caracteriza por su forma ovalada chata, piel amarillenta con pigmentación rojiza en sus ojos



superficiales. El color de su pulpa también es amarillento, posee un periodo vegetativo tardío de entre 6 a 7 meses” (Maldonado, Suarez y Thiele, 2008).

- **Serranita.** “El Ministerio de Agricultura (MINAG) a través del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) presentó la papa INIA 309, denominada “la serranita ecológica”, debido a que emplea una menor cantidad de pesticidas durante su cultivo, lo que la convierte en una alternativa alimenticia con responsabilidad ambiental”. “La serranita sólo necesita de cuatro a cinco aplicaciones de fungicida de acción preventiva, mientras que otras variedades como la Canchán o Yungay requieren entre ocho y 16 aplicaciones”. Explicó que, entre las características de este tubérculo, ésta posee forma oval redondeada, piel morada lisa, pulpa crema, ojos superficiales y concentración de tubérculos alrededor de la raíz de la planta. Según Infoagro (2010) “el nuevo cultivo tiene como adaptación y precocidad especialmente a la sierra del Perú desde los 2,000 hasta los 4, 000 metros sobre el nivel del mar con un periodo vegetativo de 120 días”.

3.4.3 Maquinaria Agrícola

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

3.4.4 Equipos de campo

- Mochila fumigadora de 20 Lt.
- Balanza analítica.
- Cámara fotográfica

3.4.5 Herramientas y materiales de campo

- | | |
|-----------|-----------------------|
| - Estacas | - Pala |
| - Cordel | - Yeso |
| - Pico | - Vincha de 50 metros |



- Etiquetas de corbata
- Cuaderno de campo
- Bolsas de plástico
- Tablero
- Mallas
- Sacos

3.4.6 Insumos

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

3.4.7 Materiales de escritorio

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

3.5. CONDUCCIÓN EXPERIMENTAL

3.5.1. Preparación del terreno.

a. Aradura.

Se realizó de forma mecanizada con tractor agrícola; se inició con la labranza del terreno, empleando arado de disco a una profundidad promedio 0.30 m aproximadamente, esta actividad se realizó en el mes de Junio.

b. Mullido con rastra Cruzada.

Se procedió el mullido del terreno empleando la rastra y se efectuó de forma cruzada con el fin de desmenuzar los terrones. Esta actividad se realizó en el mes de octubre.

c. Surcado.

El surcado se realizó con el uso de la surcadora mecánica, el distanciamiento de surcos fue a 1.0 m entre surco y surco con una profundidad de 0.20 m. Posteriormente se efectuó el marcado del terreno en

parcelas de acuerdo a las dimensiones planteadas para el experimento con la ayuda un cordel, estacas y yeso trazando el borde de los bloques y sus respectivos callejones.

3.5.2. Semilla.

El material genético tubérculos semilla utilizados en el experimento, fueron procedentes del Centro Internacional de la Papa (CIP-LIMA) que comprende a ocho clones de papa biofortificados tetraploide con alto contenido que fueron desarrollado por el CIP mediante la estrategia de mejoramiento de interploidia, basada en la tetraploidización y dos variedades comerciales (Yungay y serranita), Para el proyecto de investigación se seleccionó los tubérculos de la categoría tercera y cuarta con brotes verdeados, cortos y numerosos.

Figura 4. Material genético tubérculos semilla y marcado de parcelas experimentales.



Nota: elaboración propia

3.5.3. Siembra.

Esta actividad se realizó en forma semimecanizada el 12 de Noviembre del 2020, en el Centro de investigación Illpa de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a una densidad de siembra de 0.30m entre plantas y 1m entre surcos, depositando 01 tubérculo por golpe, lo que representa una población de 3600

plantas en 1600 m², el tapado se efectuó con maquinaria agrícola cubriéndole a los tubérculos con una ligera capa de tierra de aproximadamente 0.10 a 0.15 m. de profundidad.

Figura 5. Plantio de semillas tuberculo de papa en el campo experimental.



Nota: elaboracion propia

3.5.4. Labores culturales:

a. Deshierbo.

La identificación de malezas se realizó durante la fase fenológica y conducción, cabe mencionar que en el campo experimental se encontró un gran número de malezas que a continuación se menciona.

Tabla 17. Especies de malezas observadas en el experimento.

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Kora	<i>Tarasa cerratei</i>	Malvaceae
Bolsa de pastor	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Brassicaceae
Nabo silvestre	<i>Brassica campestris</i>	Brassicaceae
Chiriro	<i>Bidens pilosa</i>	Asteraceae

Nota. Elaboración propia

Figura 6. Deshierbo de malezas del campo experimental.



Nota: elaboracion propia

b. Aporque.

En esta actividad se empleó tractor agrícola y posterior a ello se desmenuzo los terrones con la ayuda del pico, acomodando en los surcos y se realizaron dos aporques; el primer aporque se realizó a los 63 días después de la siembra, cuando las plántulas tuvieron una altura de entre 10 a 15 cm aproximadamente y el segundo aporque a los 21 días del primer aporque, estas dos actividades se realizaron con el fin de cubrir los tubérculos y evitar que los estolones salgan hacia la superficie y se conviertan en tallos aéreos, disminuyendo el rendimiento, y evitando el verdeo.

Figura 7. Primero y segundo aporque de manera semimecanizado.



Nota: elaboración propia

3.5.5. Abonamiento y Fertilización.

Se realizó abonamiento homogéneo al momento de la siembra, a razón de 13 kg de estiércol de ovino por parcela experimental al momento de la siembra y se complementó con fertilizantes como se muestra en la tabla 16. Los fertilizantes mezclados se aplicaron en "golpes" al fondo del surco entre planta y planta, esto de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de suelo, posteriormente estos fueron cubiertos con tierra.

Tabla 18. Abonamiento y fertilización (180-180-160)

Fertilizante	Siembra	Aporque	Total (kg)	Total (kg/ha)	Sacos/ha (50kg)
Nitrato de Amonio	5.38	24.74	30.12	272.7	5.5
Fosfato Diamonico	35.50	-	35.50	391.3	7.8
Cloruro de Potasio	24.19	-	24.19	266.7	5.3
Abonamiento					
Estiércol de ovino	390	-	390	4298.9	85.9

Nota: elaboración propia

Figura 8. Fertilización del campo experimental.



3.5.6. Control fitosanitario.

A lo largo de la conducción del experimento se presentaron las siguientes plagas y enfermedades.

Tabla 19. Plagas observadas en el campo experimental.

PLAGAS			
Nombre Común	Nombre Técnico	Condición	Observación
trips	<i>Franckiniella tuberosi</i>	plaga secundaria	daño en las hojas
epitrix	<i>Epitrix yanazara</i>	plaga secundaria	daño en follaje
Pulgón	<i>Myzus persicae</i>	plaga secundaria	Daños en follaje
Polilla	<i>Phthorimaea operculella</i>	plaga importante	Tallos y tuberculos (galerías)
Gorgojo de los andes	<i>Premnotrypes spp.</i>	Plaga clave	Tubérculo (galería)

Nota: elaboración propia.

Tabla 20. Enfermedades observadas en el experimento.

ENFERMEDADES			
Nombre Comun	Nombre Técnico	Condición	Observación
Manchas foliares	<i>Alternaria solani</i>	Enfermedad	Hojas y tallos (manchas con anillos concéntricos, color marrón)
Roña	<i>Spongospora subterranea</i>	Enfermedad	Tubérculo (forman costras, de forma irregular, color marrón oscuro-negro)
Rizoctoniasis	<i>Rhizoctonia solani</i>	Enfermedad	Tubérculo (pequeños terrones negros y duros)
Pudrición rosada	<i>Phytophthora erythroseptica</i>	Enfermedad	Tubérculo (oscurecimiento de la piel)
Pudrición seca	<i>Fusarium solani</i>	Enfermedad	Tubérculo (lesiones hundidas con anillos concéntricos)

Nota: elaboración propia

3.5.7. Cosecha.

Esta labor se llevó a cabo de manera manual, el 26 de mayo del 2021, a los 195 días después de la siembra, el cual se efectuó con herramientas manuales (Pico) cosechándose planta por planta, surco por surco de cada unidad experimental y cada uno de los bloques y/o tratamientos posteriormente se procedió a la selección y clasificación de los tubérculos en cada unidad experimental, posteriormente se realizó su conteo y pesado por clase y en forma total. En el proceso se realizaron las siguientes observaciones:

a. Conteo de tubérculos

Se contabiliza los tubérculos por planta, y tratamiento.

b. Pesado

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

c. Clasificación

La selección y clasificación, se realizó manualmente considerando las siguientes clases y pesos aproximados.

Tabla 21. Clasificación de tubérculos

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

Nota: Cahuana *et al.* (2012).

Figura 9. Cosecha y clasificación de tubérculos del campo experimental.



Nota: elaboración propia.

3.6. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

3.6.1. Evaluaciones en periodo vegetativo

3.6.1.1. Número de tubérculos plantados por parcela: Esta información se toma al momento de la siembra.

3.6.1.2. Número de plantas emergidas por parcela: Se realizó el conteo correspondiente de plantas emergidas en cada unidad experimental a los 45 días después de la siembra.

3.6.1.3. Hábito de crecimiento de la planta. Esta evaluación se realiza considerando una escala de 1 a 3.

Tabla 22. Escala de evaluación hábito de crecimiento según Gomez, (2004).

Escala	Estado	Descripción
1	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°.
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	Decumbente	El ángulo de inserción entre el raquis de las hojas y el tallo principal es muy abierto, entre 60 a 90°. Estas plantas cubren el suelo muy bien y tienen la mayor parte de sus hojas expuestas a los rayos solares.

3.6.1.4. Uniformidad de la Planta: La evaluación se realiza usando una escala de 1 a 9.

Tabla 23. Escala de evaluación de uniformidad de planta según Salas *et al.* (2004).

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.

3.6.1.5. Vigor de la Planta: La evaluación realizó usando escala de 1 a 9.

Tabla 24. Escala de evaluación de vigor de planta según Salas *et al.* (2004).

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.

3.6.1.6. Grado de floración: Se realiza usando una escala de 1 a 7.

Tabla 25. Escala de evaluación del grado de floración según Gomez, (2004).

Esc:	Estado	Descripción
0	Sin botones	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	Profuso	Floración profusa con 20 o más flores (botones, botones florales, flores, frutos y abscisiones de flores) por inflorescencia.

3.6.1.7. Número de tallos por planta.

3.6.1.8. Altura de planta.

3.6.2. Evaluaciones en la cosecha.

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

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

3.6.2.2. 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.

Tabla 26. Escala de evaluación del número de estolones según Amoros y Gastelo (2011).

Escala	Estado	Descripción
1	Muy pocos	Las plantas tienen muy pocos o no muestran estolones (0 a 4).
3	Pocos	Las plantas tienen de 5 a 10 estolones.
5	Intermedio	Las plantas tienen de 11 a 15 estolones.
7	Alto	Las plantas tienen de 16 a 25 estolones.
9	Muy alto	Las plantas tienen más de 25 estolones.

3.6.2.3. Largo de estolones.

Tabla 27. Escala de evaluación del largo de estolones según Amoros y Gastelo (2011).

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.

3.6.2.4. Apariencia del tubérculo.

Tabla 28. Escala de evaluación de apariencia de tubérculo, según Amoros y Gastelo (2011).

Esc:	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	Buen rendimiento, tubérculos muestran buena forma y tamaño uniforme.
9	Muy bueno	Alto rendimiento, tubérculos muestran buena forma y tamaño uniforme.

3.6.2.5. 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.

Tabla 29. Escala de evaluación de uniformidad del tubérculo según Amoros y Gastelo (2011).

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 presente con un tamaño predominante.
9	Muy uniforme	Solo presenta un tamaño de tubérculo.

3.6.2.6. Tamaño de tubérculo: Esta evaluación se lleva a cabo considerando una escala de 1 a 9.

Tabla 30. Escala de evaluación del tamaño de tubérculo según Amoros y Gastelo (2011).

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.

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

3.6.2.8. Número de tubérculos comerciales categoría II/parcela: Se contabiliza el número de tubérculos comerciales para la categoría II con peso entre 80-200 g o tubérculos entre 30-60 mm de diámetro.

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

3.6.2.10. Peso de tubérculos comerciales categoría I/parcela: Se pesa los tubérculos comerciales categoría I/parcela. La unidad de medida es kilogramos.

3.6.2.11. Peso de tubérculos comerciales categoría II/parcela: Se pesa los tubérculos comerciales categoría II/parcela. La unidad de medida es kilogramos.

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



3.6.2.13. Evaluación estándar de rendimiento: Se registra el rendimiento por clon para ser comparados estadísticamente con los rendimientos de las variedades yungay y serranita. Esta evaluación estándar de rendimiento consiste en contar el número de plantas cosechadas, el número de tubérculos cosechados y peso de los mismos. Se lleva a cabo con cada clon y variedad comerciales en cada repetición.

3.6.2.14. Determinación de contenido de hierro

Para la determinación nutricional de los análisis químicos de los tubérculos, se envió muestras representativas de los tubérculos de papa de cada tratamiento, al ICP-MS (Universidad de Nottingham), para los análisis del contenido de hierro.

Donde se realizó usando el método ICP reportado por Burgos *et al* (2007) el cual se describe a continuación: “Para ello se pesó 0.6 g de la muestra liofilizada y molida. Se digiere a 40 C en 70 % (W/W) HNO₃/HClO₄. La muestra digerida es sometida a análisis para determinar el contenido de hierro por Espectrometría de Emisión por Plasma Inductivo Acoplado (ICP-OES) usando ARL 3580B ICP. Como aluminio es comúnmente encontrado en altos niveles en el suelo y en muy bajos niveles en los cultivos.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CONTENIDO DE HIERRO EN CLONES BIOFORTIFICADOS Y VARIETADES COMERCIALES DE PAPA.

Tabla 31. Análisis de varianza para contenido de hierro en clones y variedades de papa/tratamientos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		
					0,05	0,01	SIG.
BLOQUES	2	51.44	25.721	3.266	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	9	373.23	41.47	5.2656	1.7	2.12	**
ERROR	18	141.76	7.876				
TOTAL	29	566.43					

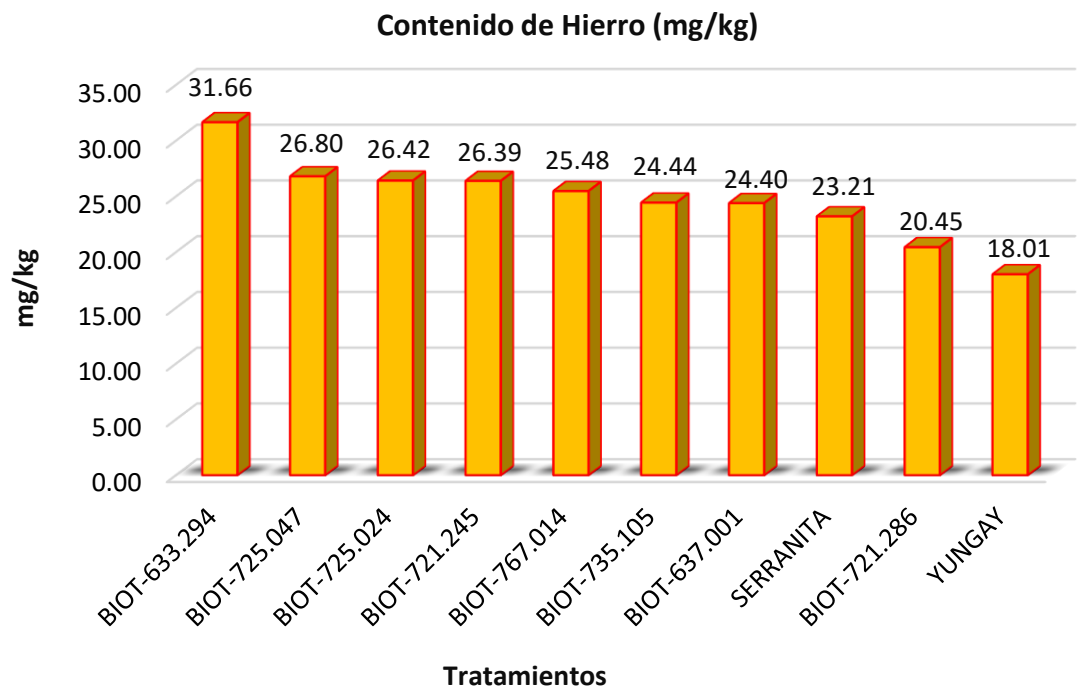
C.V. = 11.3% Media = 24.7

La Tabla 22, se observa que entre tratamientos en estudio, existe diferencia estadística altamente significativa, mostrando que por lo menos un clon es diferente a los demás tratamientos.

Tabla 32. Prueba de TUKEY al 5% para contenido de hierro

Orden	Tratamientos	Media (mg/kg) BS	SIG. ≤ 0.05
1	T1 – biot 633_294	31.7	a
2	T6 – biot 725_047	26.8	a b
3	T3 – biot 721_245	26.4	a b
4	T5 – biot 725_024	26.4	a b
5	T8 – biot 767_014	25.5	a b c
6	T2 – biot 637_001	24.4	a b c
7	T7 – biot 735_105	24.4	a b c
8	T10 - Serranita	23.2	b c
9	T4 – biot 721_286	20.4	b c
10	T9 - Yungay	18.2	c

Figura 10. Contenido de hierro en clones y variedades de papa/tratamiento.



En la Tabla 32 y Figura 10, los resultados indican que de los ocho clones, siete son estadísticamente similares a excepción del BIOT-721.286 y las variedades comerciales, resaltando con el primer valor al BIOT-633.294 con de 31.7 mg/kg de hierro, en cuanto el mínimo valor observado fue de 18.2 mg/kg de hierro correspondiente a la variedad comercial yungay, dichos resultados son mayores a lo reportado por Leiva (2021), quien reporta valores en un rango de 27.77 y 13.43 mg/kg correspondiente el mayor contenido de hierro al clon BIOT-725.047 y el mínimo valor correspondiente a la variedad comercial Canchan-INIA, ello a una altitud de 2 666 msnm – Cajamarca durante el periodo de similares meses (noviembre del 2018 a abril del 2019), adicionalmente los clones BIOT-725.047, BIOT-721.245 y BIOT-725.024, con medias de 26.8; 26.4; 26.4; mg/kg respectivamente, que pueden ser clones promisorios.



Sin embargo, CIP (2021) como uno de sus últimos reportes en la búsqueda de material genético de papa biofortificada, indica que han llegado a obtener hasta 32 mg/kg de hierro, siendo este contenido similar a nuestro resultado obtenido en condiciones de altiplano a una altitud de 3827 msnm. Por su parte, según los reportes de Tito (2017) en condiciones del centro poblado de Tacsana del distrito de Yauli – Huancavelica a 3750 msnm; reportó al clon CIP306416.68 con 31.67 mg/kg correspondiente al contenido de hierro, siendo una cifra similar a nuestro resultado al del clon BIOT-633.294.

Por otro lado Gabriel, *et al* (2012) reportan como mejor resultados a la variedad “chota ñawi” con 10.50 mg/kg. y variedades con contenido moderado de hierro como “palta chola” con 7.90 mg/kg y los clones 00-218 y 00-330-14 (con 3.90 a 4.10 mg/kg) respectivamente, siendo estos datos inferiores a los datos obtenidos en el presente trabajo, por ende nuestros resultados indican que podemos reportar hasta siete clones con buen contenido de hierro (Fe) en condiciones del altiplano y a la vez pueden constituir una alternativa que complemente los requerimientos de hierro para las personas que padecen de la deficiencia de este elemento, de acuerdo a los requerimientos diarios de Fe en infantes, niños y adultos. Tal como lo reporta White *et al* (Tabla 8).

4.2. CLONES DE BUENA ADAPTACION A LAS CONDICIONES CLIMATICAS DEL ALTIPLANO

4.2.1. Número de plantas cosechadas

Tabla 33. Análisis de varianza para número de plantas cosechadas de papa/tratamientos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0,05	0,01	
BLOQUES	2	8.47	4.233	0.5051	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	9	322.53	35.837	4.2757	1.7	2.12	**
ERROR	18	150.87	8.381				
TOTAL	29	481.87					

C.V. = 3.66% Media = 78.9

La Tabla 33, muestra el análisis de varianza, para el número de plantas cosechadas, donde se aprecia que, para el efecto de tratamientos resulto con una diferencia estadística altamente significativa, indicando que el número de plantas cosechadas, varía entre genotipos o al menos un clon o variedad es diferente.

Tabla 34. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para número de plantas cosechadas.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	T7 biot-735.105	82.7	a
2	T10 serranita	81.7	a
3	T8 biot-767.014	80.3	a
4	T6 biot-725.047	80.3	a
5	T9 Yungay	80.3	a
6	T3 biot-721.245	80.2	a
7	T4 biot-721.286	79.7	a
8	T1 biot-633.294	79.1	a b
9	T2 biot-637.001	72.7	b
10	T5 biot-725.024	72.7	b

En la Tabla 34, se observa la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), donde los tratamientos BIOT – 735.105, serranita, BIOT-767.014, BIOT-725.047, yungay, BIOT-721.245, BIOT-721.286 y BIOT-633.294 con promedios de número de plantas cosechadas/parcela, estadísticamente son iguales, tienen una pequeña diferencias por tratamientos y estadísticamente bastante diferentes al BIOT-725.024 que llega a tener una media de 72.7 número de plantas cosechadas/parcelas. Con relación al número de tubérculos plantados que es 120 plantas/tratamiento, para esta variable de cosecha se evaluaron en base a 90 plantas/tratamiento, correspondiente a 6 surcos centrales, esto por efecto borde, por influencia de las condiciones climáticas (MINAGRI, 2014) 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 (Figura 3). Por ende, se podría decir que el 17.33 % fue afectado por factores ambientales.

4.2.2. Evaluación de rendimiento

Tabla 35. Análisis de varianza para rendimiento total de clones y variedades de papa/tratamientos.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		
					0,05	0,01	SIG.
BLOQUES	2	92960659	46480329	4.6174	2.76	4.13	*
TRATAMIENTOS	9	5433070095	603674455	59.9697	1.7	2.12	**
ERROR	18	181193779	10066321				
TOTAL	29	5707224533					

C.V. = 15.2% Media = 20750.6

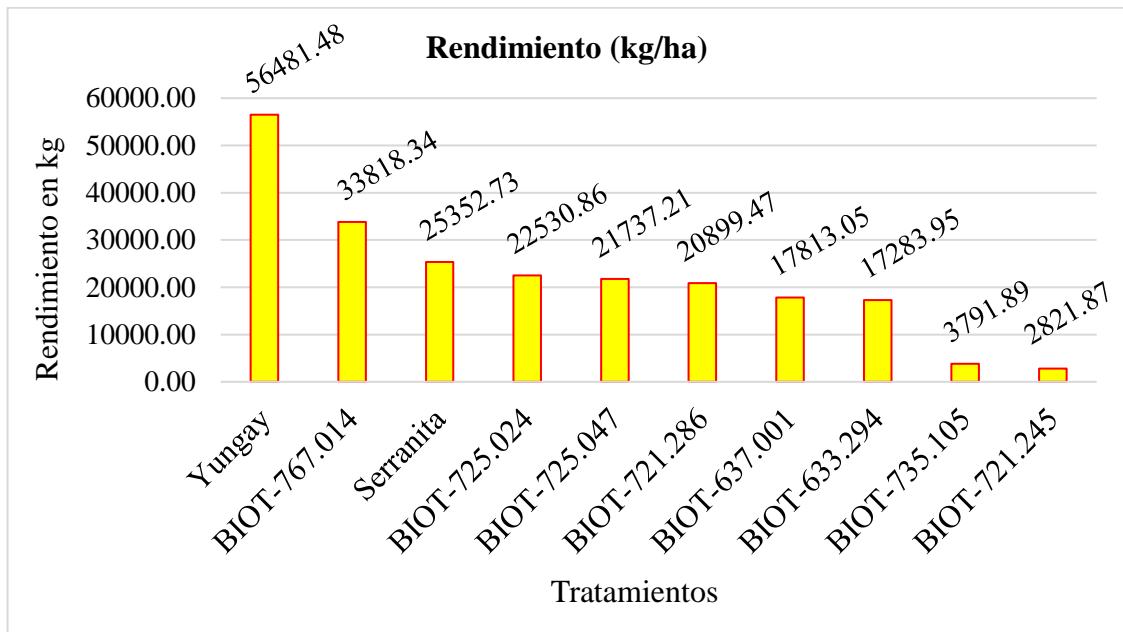
La Tabla 35, muestra el Análisis de Varianza, para rendimiento total de tubérculos/tratamiento, donde se observa que entre tratamientos resulto diferencia estadística altamente significativa, indicando que el rendimiento (kg/parcela), varía entre genotipos o al menos un clon o variedad es diferente.

Mencionar que el presente trabajo de investigación se realizó bajo condiciones del altiplano a una altitud de 3 849 msnm, con precipitación promedio de 373.4 mm, temperaturas que oscilan de 5.45 a 11.25 °C, en un suelo de textura FA, al respecto, Tirado *et al.* (2014), indican que los clones avanzados de papa varían entre las localidades y en los años evaluados, esto quiere decir que entre las localidades presentan condiciones climáticas, suelo y precipitación pluvial diferentes, en cuanto al factor años, existe diferencias debido a que los elementos climáticos difieren año tras año. Asimismo, la constitución genética de cada clon se expresa de acuerdo con las condiciones de la localidad y de los diferentes años.

Tabla 36. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para rendimientos total de tubérculos

Orden	Tratamientos	Media (kg)		SIG. ≤ 0.05
		kg/22.68m ²	Rdto kg/ha	
1	T9 - Yungay	128.1	56481.48	a
2	T8 - biot_767-014	76.7	33818.34	b
3	T10 - Serranita	57.5	25352.73	c
4	T5 - biot_725-024	51.1	22530.86	c d
5	T6 - biot_725-047	49.3	21737.21	c d
6	T4 - biot_721-286	47.4	20899.47	c d
7	T2 - biot_637-001	40.4	17813.05	d
8	T1 - biot_633-294	39.2	17283.95	d
9	T7 - biot_735-105	8.6	3791.89	e
10	T3 - biot_721-245	6.4	2821.87	e

Figura 11. Peso total de tubérculos de papa en kilogramos.



En la Tabla 36 y Figura 11, muestran la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), donde el tratamiento T9 (yungay), presenta mayor rendimiento y diferente al resto de los tratamientos con 56.48t/ha.

Cabe mencionar que los tratamientos con mayores rendimientos obtenidos son menores a lo reportado por Leiva (2021) yungay con 59.7 t/ha, el clon (BIOT-767-014) con 34.8 t/ha y serranita con 37.8 t/ha respectivamente, ello en textura de suelo franco arcilloso, una altitud de 2 666 msnm – Cajamarca durante el periodo (noviembre del 2018 a abril del 2019).

Al respecto, MIDAGRI – DGESEP (2020), reporta el promedio de rendimiento de papa en la región Puno durante la campaña agrícola 2019-2020 de 13 748 kg/ha, por otro lado según SENAMHI (2018) reporta un promedio de 12.44 tn/ha, siendo estos datos menores al dato obtenido con el rendimiento de los clones de mejor contenido de hierro y rendimiento, BIOT-725.047, BIOT-767-014, con 21.74 y 33.82 tn/ha, inclusive el clon BIOT-633.294 que presenta el mayor contenido

de hierro, pero un rendimiento promedio de 17.28 th/ha, superior al promedio de la región Puno, este parámetro de evaluación nos ayuda a identificar clones de buena adaptación a las condiciones climáticas del altiplano, ya que durante el proceso se presentaron distintos factores climatológicos; al inicio se presentó una sequía prolongada durante el mes de noviembre (mes de instalación del experimento) con 0 mm, lo cual afectó en la emergencia de tubérculos semilla, posterior a ello se presentaron heladas y granizadas tal como se muestra en la (Tabla 11), dichos factores intervienen directamente en su rendimiento, por lo que las familias de los productores preferirán consumir y serían los clones recomendadas con alto contenido de hierro y rendimiento.

4.2.3. Peso de tubérculos categoría comercial/tratamiento

Tabla 37. Análisis de varianza para peso de tubérculos categoría comercial/tratamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0,05	0,01	
BLOQUES	2	304	152.01	8.2573	2.76	4.13	**
TRATAMIENTOS	9	9232.5	1025.83	55.7252	1.7	2.12	**
ERROR	18	331.4	18.41				
TOTAL	29	9867.9					

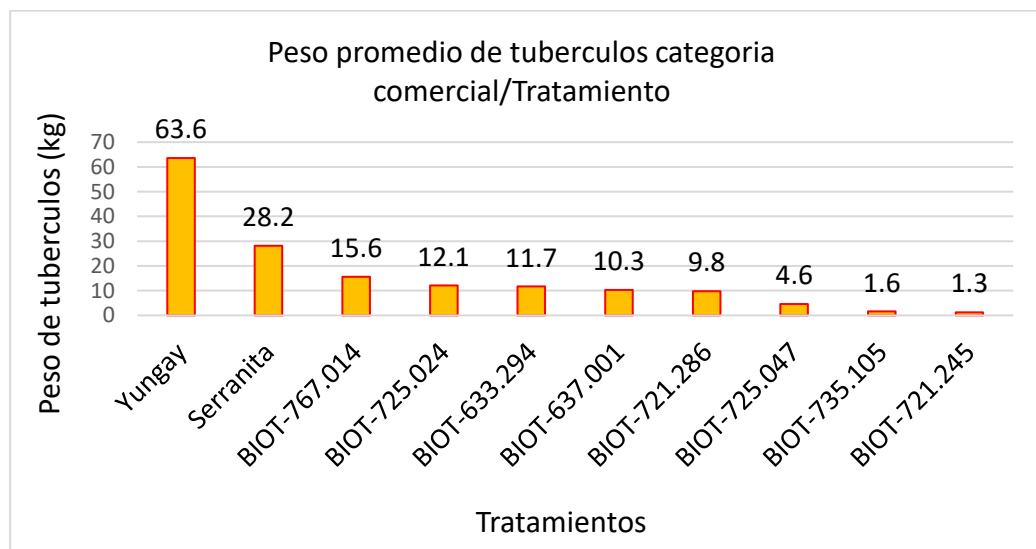
C.V. = 27.04% Media = 15.8

La Tabla 37, muestra el Análisis de Varianza, para peso de tubérculos categoría comercial donde se observa, que entre los tratamientos en estudio existe diferencia estadística altamente significativa, mostrando que entre los clones y variedades difieren entre sí en el peso de tubérculos categoría comercial.

Tabla 38. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el peso de tubérculos categoría comercial.

Orden	Tratamientos	Media (kg)	Media kg/ha	SIG. ≤ 0.05
1	T9 - Yungay	63.6	19 629.62	a
2	T10 - Serranita	28.2	8 703.70	b
3	T8 - biot_767-014	15.6	4 814.81	c
4	T5 - biot_725-024	12.1	3 734.56	c d
5	T1 - biot_633-294	11.7	3 611.11	c d
6	T2 - biot_637-001	10.3	3 179.01	c d
7	T4 - biot_721-286	9.8	3 024.69	c d
8	T6 - biot_725-047	4.6	1 419.75	c d
9	T7 - biot_735-105	1.6	493.82	d
10	T3 - biot_721-245	1.3	401.23	d

Figura 12. Peso de tubérculos de la categoría comercial por tratamiento de clones de papa.



En la Tabla 38 y Figura 12, se muestra la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), donde la variedad yungay sigue siendo diferente y superior a todas las demás, incluso con la variedad serranita, las cuales presenten altos rendimientos y bajo contenido de hierro. En cuanto a los clones

BIOT-767.014; BIOT-725.024 y BIOT-633.294, obtuvieron 15.6; 12.1 y 11.7 peso (kg) de tubérculos respectivamente, donde dichos clones presentan alto contenido de hierro, en específico el clon BIOT-633.294. Por lo cual se muestra, que a mayor número de tubérculos de tamaño grande se muestran mayores pesos, ya que la variedad yungay ocupa en primer lugar con 1604 tubérculos de categoría comercial por tratamiento (Figura 12). Además se deduce que los tubérculos grandes (Categorías extras, primeras y segundas) genera un mayor peso que los medianos. Por ende el clon con alto contenido de hierro BIOT-633.294 muestra un buen rendimiento de tubérculos en categoría comercial.

4.2.4. Peso de tubérculos categoría no comercial/tratamiento

Tabla 39. Análisis de varianza para peso de tubérculos categoría no comercial/tratamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0,05	0,01	
BLOQUES	2	140.6	70.32	1.6714	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	9	9006	1000.67	23.785	1.7	2.12	**
ERROR	18	757.3	42.07				
TOTAL	29	9903.9					

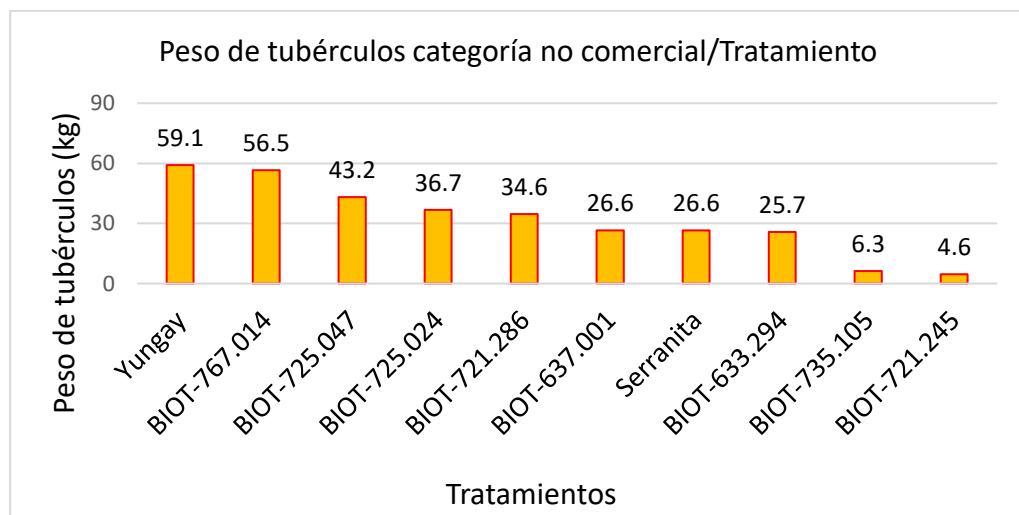
C.V. = 20.2% Media = 178.4

La Tabla 39, muestra el Análisis de Varianza para peso de tubérculos categoría no comercial, en donde se observa que, entre tratamientos en estudio, existe diferencias estadísticas altamente significativas, mostrando que entre los clones y variedades de papa existen diferencias en rendimiento o al menos un clon o variedad es diferente al resto de los clones en rendimiento de tubérculos de categoría no comercial.

Tabla 40. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el peso de tubérculos categoría no comercial.

Orden	Tratamientos	Media (kg)	Media kg/ha	SIG. ≤ 0.05
1	T9 - Yungay	59.1	18 240.74	a
2	T8 - biot_767-014	56.5	17 438.27	a
3	T6 - biot_725-047	43.2	13 333.33	a b
4	T5 - biot_725-024	36.7	11 327.16	b
5	T4 - biot_721-286	34.6	10 679.01	b
6	T2 - biot_637-001	26.6	8 209.87	b
7	T10 - Serranita	26.6	8 209.87	b
8	T1 - biot_633-294	25.7	7 932.09	b
9	T7 - biot_735-105	6.3	1 944.44	c
10	T3 - biot_721-245	4.6	1 419.75	c

Figura 13. Peso de tubérculos de la categoría no comercial por tratamiento de clones de papa.



En la Tabla 40 y Figura 13, se muestra la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), donde los tratamientos T9 (yungay), T8 (BIOT-767.014) y T6 (BIOT-725.047), son estadísticamente similares, respecto a los demás tratamientos en rendimiento de categoría no comercial, por encima de los tratamientos T5 (BIOT-725-024), T4 (BIOT-721-

286), T2 (BIOT-637-001) T10 (serranita), por lo que continua la tendencia de que los de menor contenido de hierro tienen mayor rendimiento, a excepción de los clones BIOT-633.294 y BIOT-725.047 que tienen alto contenido de hierro 31.7; 26.8 mg/kg respectivamente, considerando que las familias de los productores preferirán consumir, por lo que serían los clones recomendadas para las condiciones del altiplano.

Al respecto mencionar que el rendimiento de tubérculos de la categoría no comerciales sea al efecto genotípico, ya que al instalar este material genético en un ambiente nuevo, presenta una alta variación, por lo tanto, habrá plantas que no terminen de tuberizar completamente, quedándose medianas debido a que el medio ambiente influye en la respuesta a esta variable en estudio. Cosio (2006), menciona que el material genético no es estático sino que cambia a través del tiempo y su morfología o fenotipo es fuertemente influenciado por el medio, de modo que un registro y caracterización, será una respuesta de actualización permanente y confiable para cada especie.

4.2.5. Peso de tubérculos categoría descarte/tratamiento

Tabla 41. Análisis de varianza para peso de tubérculos categoría descarte/tratamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		
					0,05	0,01	SIG.
BLOQUES	2	0.053	0.0267	0.0161	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	9	62.359	6.9288	4.1888	1.7	2.12	**
ERROR	18	29.774	1.6541				
TOTAL	29	92.186					

C.V. = 51.2% Media = 2.5

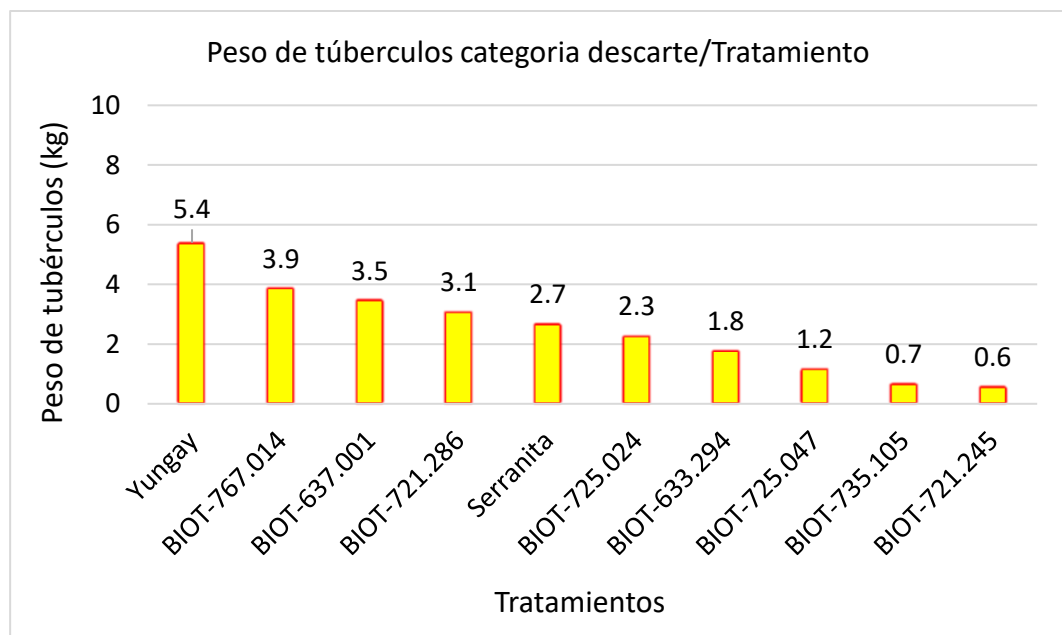
La Tabla 41, muestra el Análisis de Varianza, para peso de tubérculos categoría descarte, en donde se observa que entre los tratamientos en estudio,

existe diferencia estadísticas altamente significativas, mostrando que entre los clones y variedades de papa existe diferencias en más de tubérculos.

Tabla 42. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el peso de tubérculos categoría descarte.

Orden	Tratamientos	Media (kg)	Media kg/ha	SIG. ≤ 0.05
1	T9 - Yungay	5.4	1 666.66	a
2	T8 - biot_767-014	3.9	1 203.70	a b
3	T2 - biot_637-001	3.5	1 080.24	a b
4	T4 - biot_721-286	3.1	956.79	a b
5	T10 - Serranita	2.7	833.33	a b
6	T5 - biot_725-024	2.3	709.87	a b
7	T1 - biot_633-294	1.8	555.55	a b
8	T6 - biot_725-047	1.2	370.37	b
9	T7 - biot_735-105	0.7	216.05	b
10	T3 - biot_721-245	0.6	185.18	b

Figura 14. Peso de tubérculos de la categoría descarte por tratamiento



En la Tabla 42 y Figura 14, se muestra la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), donde el máximo valor observado fue de 5.4 kg/tratamiento correspondiente a la variedad yungay el



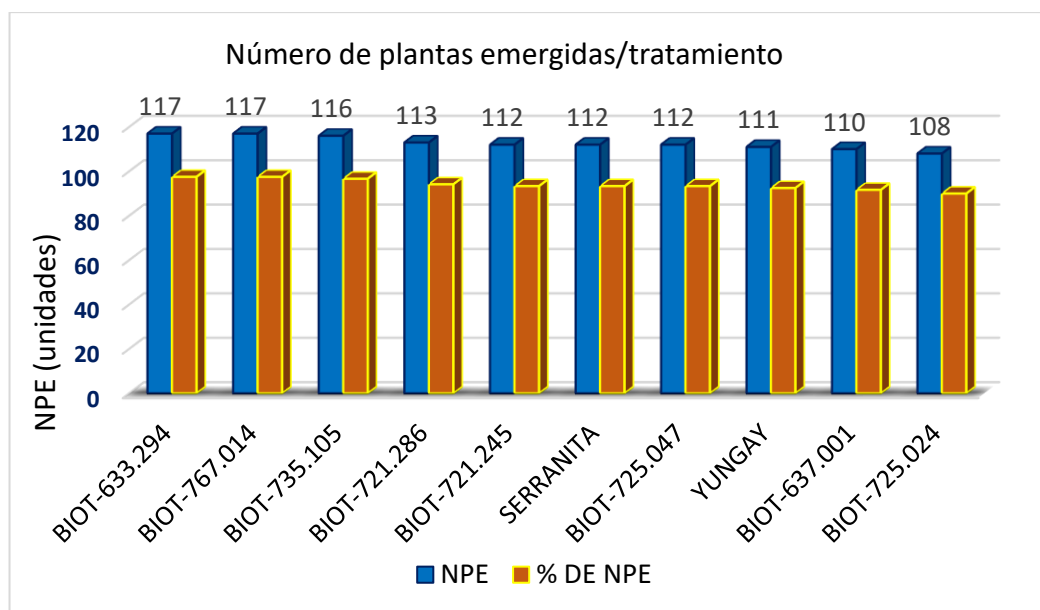
mínimo valor observado fue de 0.6 kg/tratamiento que corresponde al clon BIOT-721.245.

Cabe mencionar que el peso de tubérculos categoría descarte, se deba al efecto biótico (plagas y enfermedades), abiótico y daños mecánicos en el momento de la cosecha, teniendo así a la variedad yungay expensa a estos daños, ya que según Oryazún *et al.* (2002) afirman que las enfermedades del cultivo de papa, causan pérdidas considerables tanto en el rendimiento como en la calidad del tubérculo. Para realizar un manejo efectivo y práctico de estos problemas, es necesario identificarlos y cuantificarlos. Por otro lado, los clones BIOT-633.294 y BIOT-725.047 con alto contenido de hierro presentan mínimos pesos de tubérculos de la categoría descarte, resaltando por la poca pérdida de daños abióticos, bióticos y mecánicos.

4.3. CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS Y FENOLOGICAS DE LOS TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

4.3.1. Número de plantas emergidas por parcela: Esta información se obtuvo 70 días después de la siembra, debido a que se presenció sequías moderadas, durante la campaña agrícola (Tabla 10) y los datos obtenidos son de 8 surcos, teniendo así la siguiente información:

Figura 15. Número de plantas emergidas por tratamientos de clones de papa



Como se observa en la Figura 15, el máximo valor de media observado es de 117 plantas emergidas/tratamiento correspondiente a los clones BIOT-633.294 y BIOT-767.014, indicando buenas características morfológicas y a su vez los altos contenidos de hierro, mientras el mínimo valor observado es de 108 plantas emergidas/tratamiento correspondiente al clon BIOT-725.024, dichos resultados de los clones con mínimos valores, sea a consecuencia de posibles de tuberculos semilla en pésimas condiciones como también a bajas precipitaciones que se dieron durante los primeros meses de la campaña agrícola. Ya que en el altiplano puneño, en los últimos años las precipitaciones pluviales y temperaturas son inestables debido al

cambio climático, siendo así en el mes de noviembre (mes del plantío) muestra bajas precipitaciones con 0 mm (Figura 3), lo que afectó el desarrollo en la fase de emergencia del cultivo. En cuanto a temperatura, según Cahuana *et al.*, (2012) indica que para brotamiento de las yemas se requiere temperatura media de 15° a 22°C; en el caso del presente experimento según la tabla 10, fue 8 °C en el mes de noviembre y 11.25°C en diciembre, de los cuales se deduce que las condiciones no fueron favorables para la emergencia de las yemas y brotes de la papa.

4.3.2. Hábito de crecimiento de la planta: Este dato se colectó 113 días después de la siembra. Par ello se utilizó la guía para las caracterizaciones Morfológicas en Papa del CIP (2000).

Tabla 43. Características de hábito de crecimiento de la planta

	Tratamiento	Código de Adhesión	Estado de PGH	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Semierecto	2
2	T2	BIOT-637.001	Semierecto	2
3	T3	BIOT-721.245	Decumbente	3
4	T4	BIOT-721.286	Semierecto	2
5	T5	BIOT-725.024	Decumbente	3
6	T6	BIOT-725.047	Decumbente	3
7	T7	BIOT-735.105	Decumbente	3
8	T8	BIOT-767.014	Decumbente	3
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Semierecto	2
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Semierecto	2

Tabla 43, muestra la caracterización del hábito de crecimiento de la planta, lo cual se observó a las plantas desde más de un metro de distancia del surco; en donde los tratamientos T1 (BIOT-633.294); T2 (BIOT-637.001); T4 (BIOT-721.286); T9

(yungay) y T10 (serranita) tienen el hábito de crecimiento Semi – erecto, un crecimiento más o menos vertical, en donde algunos tallos secundarios son un poco abiertos y el ángulo de inserción del raquis de la hoja con el tallo principal es más abierto; estas características son regulares en cuanto al hábito de crecimiento, mientras los tratamientos T3 (BIOT-721.245); T5 (BIOT-725.024); T6 (BIOT-725.047); T7 (BIOT-735.105) y T8 (BIOT-767.014) tienen el hábito de crecimiento decumbente, un crecimiento más abierto entre 60 a 90°, algunos tallos secundarios están 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.

4.3.3. Uniformidad de planta: Esta información se colectó 118 días después de la siembra.

Tabla 44. Uniformidad de planta.

	Tratamiento	Código de Adhesión	Plant_Unif	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Intermedio	5
2	T2	BIOT-637.001	Heterogéneo	3
3	T3	BIOT-721.245	Muy heterogéneo	1
4	T4	BIOT-721.286	Intermedio	5
5	T5	BIOT-725.024	Heterogéneo	3
6	T6	BIOT-725.047	Intermedio	5
7	T7	BIOT-735.105	Heterogéneo	3
8	T8	BIOT-767.014	Uniforme	7
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Heterogéneo	3
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Heterogéneo	3

Tabla 44, se tiene que el tratamiento T3(BIOT-721.245) es muy heterogéneo, debido a que muestra altura, vigor y etapa de crecimiento muy irregular, mientras los

tratamientos T2(BIOT-637.001); T5(BIOT-725.024); T7(BIOT-735.105); T9(Yungay) y T10(Serranita) son heterogéneos, debido a que en un 75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa de crecimiento heterogéneo, en cuanto a los tratamientos T1(BIOT-633.294); T4(BIOT-721.286) y T6(BIOT-725.047) presentan crecimiento intermedio presentando en un 50% con la altura, vigor y etapa de crecimiento heterogéneo, y el tratamiento T8(BIOT-767.014) es uniforme, teniendo 75% de las plantas muestran altura, vigor y etapa de crecimiento homogéneo, estas a su vez son clones con alto contenido de hierro, tales datos afirman la buena adaptación a las condiciones climáticas del altiplano afirmando que la uniformidad de planta es afectado por las condiciones medioambientales y del suelo, que estuvieron presentes durante la campaña agrícola.

4.3.4. Vigor de planta:

Tabla 45. Vigor de planta

	Tratamiento	Código de Adhesión	Plant_Vigor	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Intermedio	5
2	T2	BIOT-637.001	Intermedio	5
3	T3	BIOT-721.245	Débil	3
4	T4	BIOT-721.286	Vigoroso	7
5	T5	BIOT-725.024	Intermedio	5
6	T6	BIOT-725.047	Vigoroso	7
7	T7	BIOT-735.105	Intermedio	5
8	T8	BIOT-767.014	Vigoroso	7
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Vigoroso	7
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Intermedio	5

Tabla 45. Muestra el vigor de planta, en donde el tratamiento T3(BIOT-721.245) es débil, debido a que un 75% de las plantas son pequeñas (<20 cm), presentan pocas hojas, tallos muy delgados, mientras los tratamientos T1(BIOT-633.294); T2(BIOT-637.001); T5(BIOT-725.024); T7(BIOT-735.105) y

T10(Serranita) presentan un vigor de planta intermedio o normal, siendo estos clones con características adecuadas para la selección de adaptación a condiciones climáticas del altiplano, mientras los tratamiento T4(BIOT-721.286); T6(BIOT-725.047); T8(BIOT-767.014) y T9(Yungay), las plantas son Vigorosos, presentando en un 75% de las plantas tienen más de 50 cm, robustas con follaje o color verde oscuro, tallos gruesos y hojas bien desarrolladas.

En tal sentido en cuanto al vigor de planta, las raíces juegan un papel crucial en este proceso a través de la exploración del entorno edáfico y la absorción de agua. La poca presencia de precipitación puede afectar en gran medida el funcionamiento de las raíces al modificar la conductividad hidráulica de sus células e influir en el vigor de las plantas.

4.3.5. Grado de floración:

Tabla 46. Grado de floración.

	Tratamiento	Código de Adhesión	Estado Flowering	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Moderado	5
2	T2	BIOT-637.001	Poco	3
3	T3	BIOT-721.245	Aborto de botones	1
4	T4	BIOT-721.286	Moderado	5
5	T5	BIOT-725.024	Moderado	5
6	T6	BIOT-725.047	Moderado	5
7	T7	BIOT-735.105	Aborto de botones	1
8	T8	BIOT-767.014	Moderado	5
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Profuso	7
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Poco	3

Tabla 46, se observa que los tratamientos T3(BIOT-721.245) y T7(BIOT-735.105) presentan abortos de botones, donde se observó la presencia de

inflorescencias pequeñas o rudimentarias que muestran un aborto o punto de abscisión en la unión del pedicelo, mientras los tratamientos T2(BIOT-637.001) y T10(Serranita) presenta grado de floración en estado poco, debido a que la floración es escasa con presencia de 2 o 3 flores por inflorescencia, en cambio los tratamientos T1(BIOT-633.294); T4(BIOT-721.286); T5(BIOT-725.024); T6(BIOT-725.047) y T8(BIOT-767.014), un grado de floración moderado, con 8 a 12 flores por inflorescencia, y el tratamiento T9(Yungay), tiene grado de floración profuso con 20 o más flores por inflorescencia.

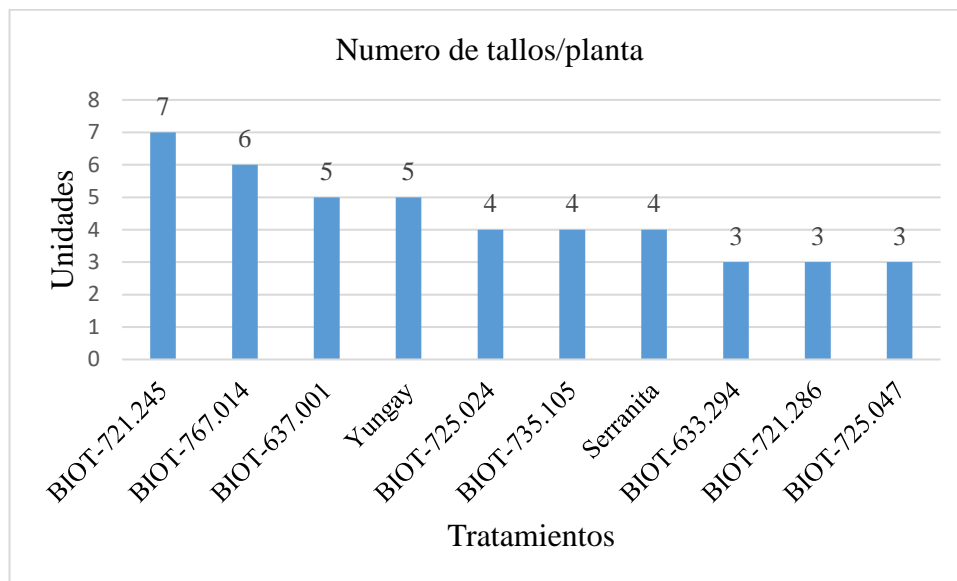
Cabe mencionar que en el altiplano puneño, en los últimos años las precipitaciones pluviales y las temperaturas son inestables debido al cambio climático, siendo así en el mes de febrero (mes de floración) muestra presencia de granizadas, lo que afectó el normal desarrollo en la fase de floración del cultivo.

4.3.6. Numero de tallos por planta

Tabla 47. Número de tallos por planta.

	Tratamiento	Promedio
1	T3 -BIOT-721.245	7
2	T8 - BIOT-767.014	6
3	T2 - BIOT-637.001	5
4	T9 - Yungay	5
5	T5 - BIOT-725.024	4
6	T7 - BIOT-735.105	4
7	T10 - Serranita	4
8	T1 - BIOT-633.294	3
9	T4 - BIOT-721.286	3
10	T6 - BIOT-725.047	3

Figura 16. Número de tallos por tratamientos de clones y variedades de papa



En la Tabla 47 y Figura 16, se muestra la comparación de número de tallos promedios por planta en cada tratamiento, siendo esta variable un indicador para el rendimiento de productividad, como afirma (Gámez, 2016) que a la medida que se incrementa el número de tallos, aumenta la cantidad de tubérculos por planta. En nuestro resultado muestra estadísticamente que, con el máximo valor hallado fue de 7 tallos/planta correspondiente al clon BIOT-721.245, pero aritméticamente hay una ligera diferencia y con el mínimo valor hallado estadísticamente fue con 3 tallos/planta correspondiente a los clones BIOT-633.294, BIOT-721.286 y BIOT-725.047, siendo resultados similares a los que obtuvo (Leiva, 2020) que reporta como el máximo valor observado fue de 6 tallos por planta correspondiente al clon BIOT-725.050 y el mínimo valor observado fue de 3 tallos por planta corresponde al clon biofortificado BIOT-721.163, pero con respecto al trabajo de investigación de (Livisi, 2017) observa que, para el número de tallos primarios los clones y cultivares tienen el número medio (4 - 9) tallos primarios, siendo este número de tallos/planta no tan alejado a nuestro resultado obtenido en condiciones de altiplano a una altitud de 3827 msnm.

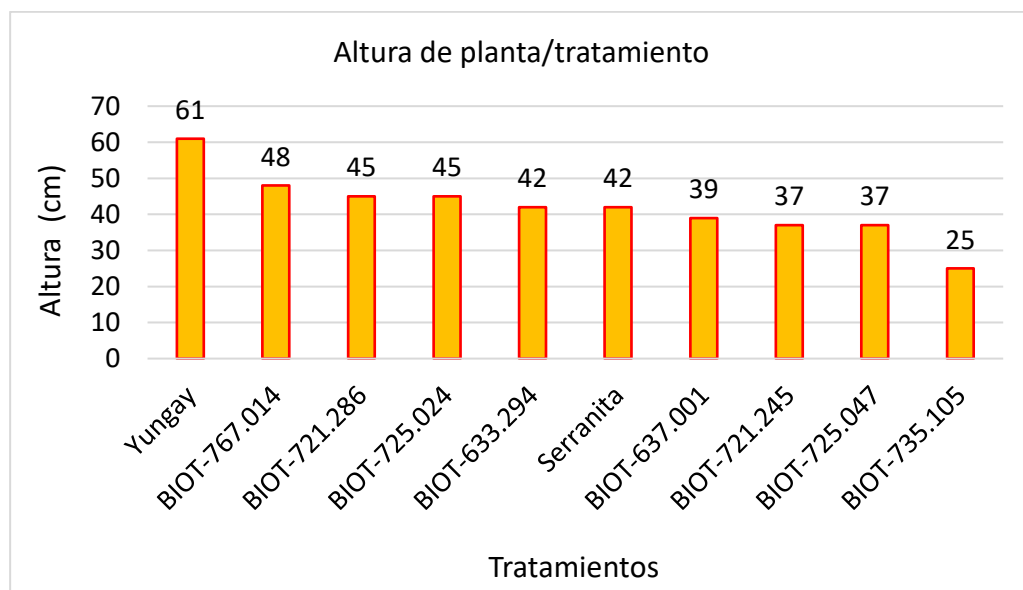
4.3.7. Altura de Planta

Tabla 48: Análisis de Varianza para la altura de planta

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0,05	0,01	
BLOQUES	2	0.23	0.114	1.5229	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	9	2281.14	253.46	3376.13	1.7	2.12	**
ERROR	18	1.35	0.075				
TOTAL	29	2282.72					
C.V. = 0.64%		Media = 42.6					

La Tabla 48, muestra el análisis de varianza para la altura de planta, donde se observa que, en tratamientos se muestra que existe diferencias altamente significativas, lo cual nos indica que la altura entre las plantas es heterogénea.

Figura 17. Altura de planta por tratamientos de clones de papa



Como se observa en la Figura 17, donde el máximo valor corresponde a la variedad yungay con media de 61.00 cm. estadísticamente es diferente al mínimo valor, correspondiente al clon BIOT-735.105 con media de 25.00 cm, considerando a (Collanqui, 2019) en su trabajo experimental observo que, entre los clones, el 508110.02B es mayor a diferencia de los demás clones. con 64.50

cm, al igual que en el trabajo de investigación por (Livisi, 2017) que, para la altura de planta el clon H6S163P1 con 67 cm.; afirma que para las diferencias en altura pueden deberse principalmente a las características genotípicas en respuesta a las condiciones del medio ambiente, no obstante, en el presente trabajo de investigación se observa que con la mayor altura de planta es la variedad Yungay con 61 cm.

4.3.8. Largo de estolones:

Tabla 49. Caracterización de largo de estolones

	Tratamiento	Código de Adhesión	Estado Leng_Stolon	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Corto	3
2	T2	BIOT-637.001	Corto	3
3	T3	BIOT-721.245	Muy corto	1
4	T4	BIOT-721.286	Corto	3
5	T5	BIOT-725.024	Largo	7
6	T6	BIOT-725.047	Largo	7
7	T7	BIOT-735.105	Muy corto	1
8	T8	BIOT-767.014	Corto	3
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Largo	7
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Intermedio	5

Muestra que los tratamientos T3 (BIOT-721.245) y T7 (BIOT-735.105) presentan un estado de estolón muy corto mostrando $X \leq 20$ cm largo, además de los clones BIOT-633.294, BIOT-637.001, BIOT-721.286 y BIOT-767.014 que presentan un estado de estolón corto a comparación de las variedades comerciales que presentan estolón largo (yungay), intermedio (serranita), por lo que los clones con estolones muy cortos y cortos son adecuados para el altiplano, debido a que los primeros estolones se producen próximos a la semilla. Por esta razón los primeros estolones son más largos y los estolones más cortos son los que se encuentran más alejados del

tubérculo – semilla. Los tubérculos más grandes son los que se encuentran en la parte más baja (Egúsquiza, 2000).

4.3.9. Apariencia del tubérculo:

Tabla 50. Caracterización de apariencia de tubérculo

	Tratamiento	Código de Adhesión	Estado Tuber_Apper	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Bueno	7
2	T2	BIOT-637.001	Bueno	7
3	T3	BIOT-721.245	Muy pobre	1
4	T4	BIOT-721.286	Bueno	7
5	T5	BIOT-725.024	Regular	5
6	T6	BIOT-725.047	Regular	5
7	T7	BIOT-735.105	Pobre	3
8	T8	BIOT-767.014	Regular	5
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Muy bueno	9
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Muy bueno	9

Tabla 50, muestran que los tratamientos T1 (BIOT-633.294); T2 (BIOT-637.001) y T4 (BIOT-721.286); presentan una apariencia de tubérculo bueno, con buen rendimiento mostrando tubérculos con buena forma y tamaño uniforme, cercanos a las variedades comerciales T9 (Yungay) y T10 (Serranita) que tienen apariencia de tubérculo muy bueno presentando alto rendimiento, tubérculos con buena forma y tamaño uniforme.

4.3.10. Uniformidad del tubérculo:

Tabla 51. Caracterización de uniformidad del tubérculo

	Tratamiento	Código de Adhesión	Estado Tub_Unif	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Intermedio	5
2	T2	BIOT-637.001	Intermedio	5
3	T3	BIOT-721.245	Muy heterogéneo	1
4	T4	BIOT-721.286	Heterogéneo	3
5	T5	BIOT-725.024	Heterogéneo	3
6	T6	BIOT-725.047	Heterogéneo	3
7	T7	BIOT-735.105	Muy heterogéneo	1
8	T8	BIOT-767.014	Intermedio	5
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Uniforme	7
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Uniforme	7

Tabla 51, muestra que los tratamientos T1 (BIOT-633.294); T2 (BIOT-637.001) y T8 (BIOT-767.014); presentan un estado intermedio, en donde solo existe 2 ó 3 tamaños de tubérculos pero hay un tamaño predominante, los cuales son clones más adecuados y con alto contenido de hierro que normalmente se adaptarían a las condiciones climáticas del altiplano, y a la vez son cercanos a las variedades comerciales, T9 (yungay) y T10 (serranita) que tienen un estado de uniformidad de tubérculo uniforme, y predominan solo 2 tamaños con un tamaño predominante.

4.3.11. Tamaño de tubérculo.

Tabla 52. Caracterización del tamaño de tubérculo

	Tratamiento	Código de Adhesión	Estado Tub_Size	Escala
1	T1	BIOT-633.294	Mediano	5
2	T2	BIOT-637.001	Mediano	5
3	T3	BIOT-721.245	Mediano	5
4	T4	BIOT-721.286	Mediano	5
5	T5	BIOT-725.024	Pequeño	3
6	T6	BIOT-725.047	Pequeño	3
7	T7	BIOT-735.105	Pequeño	3
8	T8	BIOT-767.014	Pequeño	3
9	T9 (TESTIGO)	YUNGAY	Largo	7
10	T10(TESTIGO)	SERRANITA	Largo	7

Se observa que los tratamientos T1 (BIOT-633.294); T2 (BIOT-637.001); T3 (BIOT-721.245) y T4 (BIOT-721.286); presentan un tamaño de tubérculo mediano, entre 4 a 6 cm, que normalmente se recomendaría para ser clones pilotos en condiciones del altiplano, ya que se encuentran cercanos a los tratamientos T9 (yungay) y T10 (serranita) que tienen un tamaño de tubérculo largo, tubérculos grandes entre 6 a 9 cm.

Al respecto la FAO, (2007) indica que además de las dificultades usuales relacionadas con las plagas y enfermedades, los productores de papa se enfrentan cada vez más a problemas abióticos. Tanto los productores como los investigadores dan cuenta de un aumento del estrés hídrico, de cambios en la distribución e intensidad de las lluvias, de granizadas, de heladas y nevadas más frecuentes a altitudes elevadas. Los cuales están directamente relacionados en cuanto al tamaño de tubérculo, debido a que durante la campaña agrícola se presentaron presencia de



heladas y granizadas, por ende generando en la mayoría de los clones tubérculos medianos y pequeños, está afectando a la vez al rendimiento.

4.3.12. Numero de tubérculos categoría comercial/tratamiento

Tabla 53. Análisis de varianza para número de tubérculos categoría comercial/tratamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0,05	0,01	
BLOQUES	2	26350	13175	6.8372	2.76	4.13	**
TRATAMIENTOS	9	574366	63818	33.1187	1.7	2.12	**
ERROR	18	34685	1927				
TOTAL	29	635401					

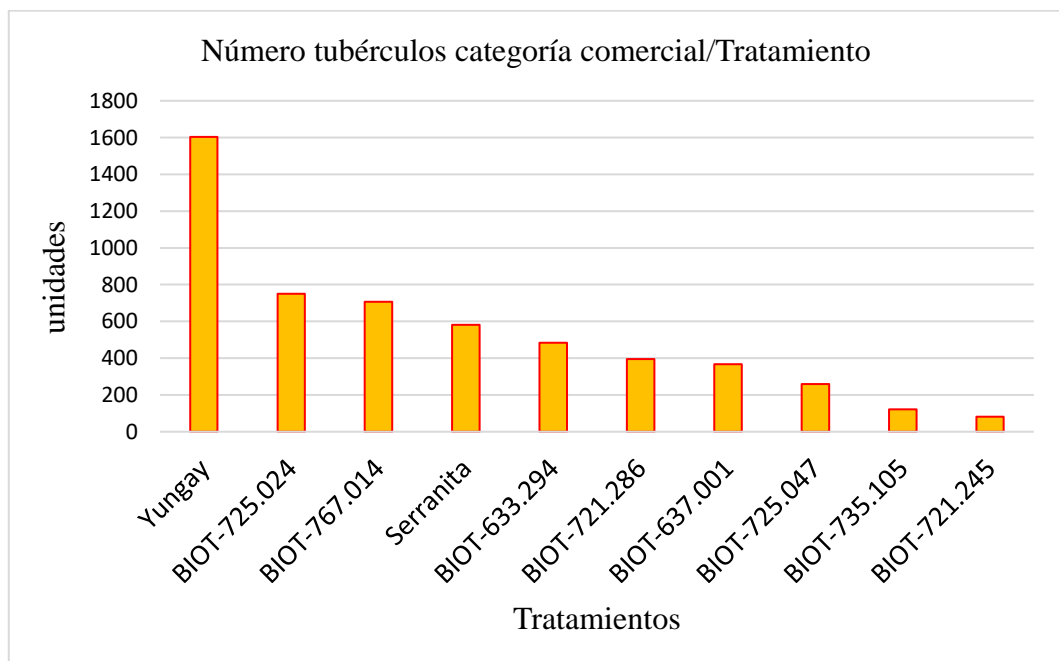
C.V. = 24.6% Media = 178.4

La Tabla 53, muestra el Análisis de Varianza, para número de tubérculos de categoría comercial en donde se observa, que entre tratamientos en estudio existe diferencia estadística altamente significativa, mostrando que entre los clones y variedades difieren entre sí en el número de tubérculos categoría comercial promedio o al menos un clon es diferente a los demás clones en estudio.

Tabla 54. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el número de tubérculos categoría comercial

Orden	Tratamientos	Media (unidad)	SIG. ≤ 0.05
1	T9 - Yungay	534.7	a
2	T5 - biot_725-024	250.2	b
3	T8 - biot_767-014	235.7	b
4	T10 - Serranita	194.1	b c
5	T1 - biot_633-294	161.3	b c d
6	T4 - biot_721-286	131.7	b c d e
7	T2 - biot_637-001	122.7	b c d e
8	T6 - biot_725-047	86.7	c d e
9	T7 - biot_735-105	40.3	d e
10	T3 - biot_721-245	27.3	e

Figura 18. Número de tubérculos de la categoría comercial por tratamientos de clones de papa



En la Tabla 54 y Figura 18, se muestran la prueba de comparación estadística, a través de la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), donde la variedad yungay estadísticamente tiene el mayor número de tubérculos comerciales con media de

534.7 número de tubérculos, no muy lejano siguen los clones BIOT-725.024 y BIOT-767.014 con medias de 250.2; 235.7 número de tubérculos comerciables/tratamiento respectivamente, donde estadísticamente existe una gran diferencia frente a los clones BIOT-735.105 y el BIOT-721.245 con media de 40.3 y 27.3 número de tubérculos comerciables/tratamiento, estos siendo con el menor número de tubérculos comerciales. Estas diferencias se dan por la selección y clasificación de tubérculos de papa, algunos presentaron problemas fitosanitarios, magulladuras, heridas, daños por corte, por insectos, pudrición y otros, considerando que para esta variable se seleccionaron tubérculos sanos y apropiados de buen tamaño y con un buen peso tal como lo mencionan (Cahuana y Gonzales, 2011) que para la categoría comercial se consideran tubérculos con peso mayor a 61g. siendo como extra mayores de 101g/tubérculos, sin embargo (De Haan *et al.*, 2014), señalan que se debe contar el número de tubérculos comerciales para la categoría I con peso entre 200-300 g o tubérculos de 60 mm de diámetro.

4.3.13. Numero de tubérculos categoría no comercial/tratamiento

Tabla 55. Análisis de varianza para número de tubérculos categoría no comercial/tratamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0,05	0,01	
BLOQUES	2	42257	21129	0.242	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	9	16577904	1841989	21.096	1.7	2.12	**
ERROR	18	1571635	87313				
TOTAL	29	18191796					

C.V. = 20.3% Media = 1451.8

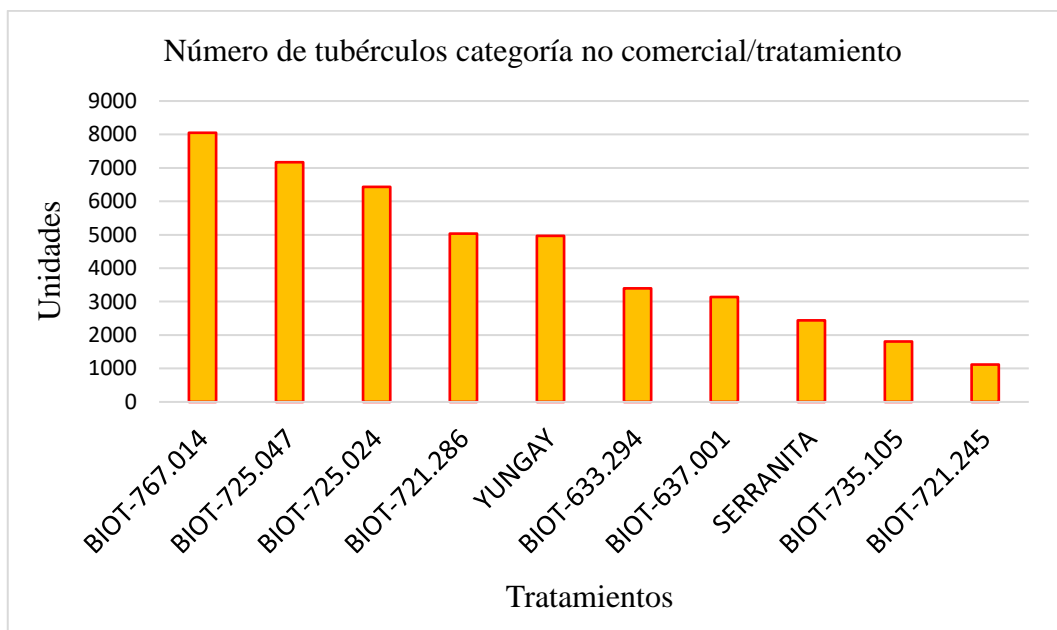
La Tabla 55, muestra el análisis de varianza para el numero de tubérculos categoría no comercial/parcela, en donde se observa que, en los tratamientos en

estudio, existe diferencias estadísticas altamente significativas, mostrando que entre los clones de papa existe diferencias en el número de tubérculos categoría no comercial.

Tabla 56. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para el número de tubérculos categoría no comercial

Orden	Tratamientos	Media (unidad)	SIG. ≤ 0.05
1	T8 - biot_767-014	2684.3	a
2	T6 - biot_725-047	2389.3	a b
3	T5 - biot_725-024	2142.7	a b
4	T4 - biot_721-286	1678.7	b c
5	T9 - Yungay	1655.3	b c d
6	T1 - biot_633-294	1131.7	c d e
7	T2 - biot_637-001	1046.7	c d e
8	T10 - Serranita	813.1	d e
9	T7 - biot_735-105	603.3	e
10	T3 - biot_721-245	373.3	e

Figura 19. Número de tubérculos de la categoría no comercial por tratamientos de clones de papa



En la Tabla 56 y Figura 19, se muestra la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$), donde los tratamientos T6 (BIOT-725.047) y T5 (BIOT-725.024), obtuvieron el número de tubérculos de la categoría no comercial con medias de 2389.3 y 2142.7, donde estadísticamente son similar al tratamiento T8 (BIOT-767.014) y superior al tratamiento T4 (BIOT-721.286) y T9 (yungay) con medias de 1678.7 y 1655.3 número de tubérculos respectivamente.

Además se observa que los clones poseen mayor número de tubérculos de la categoría no comercial por tratamiento, en comparación con las variedades testigo (yungay y serranita).

4.3.14. Número de tubérculos categoría descarte

Tabla 57. Análisis de varianza para número de tubérculos categoría descarte/tratamiento.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0,05	0,01	
BLOQUES	2	1410	705	0.388	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	9	31953	3550.3	1.9537	1.7	2.12	n.s.
ERROR	18	32709	1817.2				
TOTAL	29	66072					

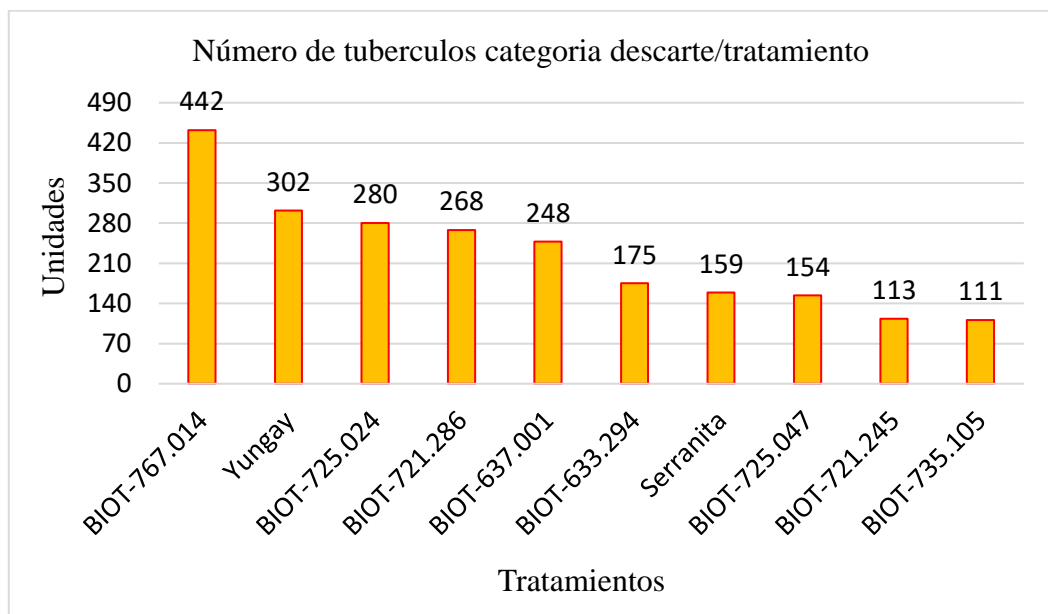
C.V. = 56.7% Media = 75.0

En la Tabla 57, muestra el Análisis de Varianza, para el número de tubérculos categoría descarte, en donde se observa que entre; entre los tratamientos en estudio, no existe diferencia estadística significativa, mostrando que entre los clones de papa presentan similar número de tubérculos categoría descarte.

Tabla 58. Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para el número de tubérculos categoría descarte.

Orden	Tratamientos	Media (unidad)	SIG. ≤ 0.05
1	T8 - biot_767-014	147.3	a
2	T9 - Yungay	100.7	a b
3	T5 - biot_725-024	93.3	a b
4	T4 - biot_721-286	89.3	a b
5	T2 - biot_637-001	82.7	a b
6	T1 - biot_633-294	58.3	b
7	T10 - Serranita	53	b
8	T6 - biot_725-047	51.3	b
9	T3 - biot_721-245	37.7	b
10	T7 - biot_735-105	37	b

Figura 20. Número de tubérculos de la categoría descarte por tratamientos de clones de papa



En la Tabla 58 y Figura 20, se muestra la comparación de promedios estadísticos, mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$), donde los tratamientos T9 (yungay), T5 (BIOT-725.024), T4 (BIOT-721.286) y T2 (BIOT-637.001)



obtuvieron el número de tubérculos de la categoría descarte por tratamiento con medias de 100.7; 93.3; 89.3 y 82.7 número de tubérculos respectivamente, donde estadísticamente son iguales y superiores a los tratamientos, T1 (BIOT-633.294), T10 (serranita), T6 (BIOT-725.047), T3 (BIOT-721.245) y T7 (BIOT-735.105) y similar al tratamiento T8 (BIOT-767.014) con media de 147.3 número de tubérculos por tratamiento respectivamente, cabe mencionar que el número de tubérculos categoría descarte, se deba al efecto biótico, abiótico y daños mecánicos en el momento de la cosecha.



V. CONCLUSIONES

De los ocho clones en estudio, siete son estadísticamente similares en contenido de hierro, sin embargo el BIOT-633.294 tiene la mayor cantidad de hierro 31.7 mg/kg.

El mayor rendimiento obtuvo la variedad yungay frente a los clones; sin embargo entre los clones, el BIOT-767.014, es el que tuvo el mayor rendimiento para condiciones del altiplano.

En respuesta a la adaptabilidad a las condiciones climáticas del altiplano, en base al contenido de hierro y rendimiento, los mejores clones fueron BIOT-725.047, BIOT-633.294 y BIOT-767.014, mostrándose vigorosos y con apariencias de tubérculos regulares, frente a la variedad yungay.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar trabajando con el clon BIOT-633.294, y los promisorios BIOT-725.047, BIOT-721.245 y BIOT-725.024, que obtuvieron mayor contenido de hierro frente a las variedades comerciales, a fin de estabilizar el contenido de hierro en condiciones del altiplano.

Continuar con la investigación en comparación con variedades locales y en distintas zonas agroecológicas del altiplano.

A partir de los presentes resultados, seguir realizando investigaciones en la biofortificación con el micro elemento hierro en la región altiplánica, con la finalidad de contar con variedades de alto contenido de hierro, que contribuyan a reducir los niveles de anemia en la región Puno y el país.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, O., Angulo, D., Montenegro, S., & Monteros, C. (2010). *Memorias I Congreso Internacional de Investigación y Desarrollo de Papas Nativas*. Quito, Ecuador.
- Allen, R. (1978), *Australian Journal of Agricultural Research* 29(6) 1223 - 1233.
- Amoros, W., Salas, E., Muñoz, L., (2009). *Ascorbic Ac. Concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage*. *Journal of food composition and analysis*. pp 533-538.
- Ancajima, L. A. (2016). *Aplicación de bioestimulantes en el cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) en condiciones del valle del Cañete*. Tesis de pre - grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Peru.
- André, C., Ghislain, M., Bertin, P., Oufir, M., Hausman, J., & Larondelle, E. (2007). *Andean potato cultivars (Solanum tuberosum L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. pp 366 - 378.
- Arcos, F. (2008). *Apuntes impartidos en la clase de la cátedra de fertilización*. Riobamba: ESPOCH.
- Bacon, B., Adams, P., & Kowdley, K. (2011). *Diagnosis and management of hemochromatosis: Practice guideline by the American Association for the Study of Liver Diseases*. *Hepatology*. pp 328 - 343.
- Beltrán y Seinfeld, (2009). *Desnutrición Crónica Infantil en el Perú: Un problema persistente*. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. Pag.2



- Bouzo, C. (2008). El cultivo de papa en Argentina. Tesis de especialización, Universidad Nacional de Litoral. Santa fe, Argentina.
- Burgos, G.,Walter, A.,Maximo, M., Stangoulis, J.,Bonierbale, M. (2007). *Iron and zinc concentration of native Andean potato varieties from a human nutrition perspective*. Journal of the Science of Food and Agriculture. pp 668 - 675.
- Burgos, G.; Salas, E.; Amoros , W.; Auqui, M.; Muñoa, L.; Kimura, M.; Bonierbale, M. (2009). *Total and individual carotenoid profiles in Solanum phureja of cultivated potatoes: I. Concentrations and relationships as determined by spectrophotometry and HPLC*. Journal of Food Composition and Analysis. Centro Internacional de la Papa CIP). pp 503 - 508.
- Cabrera, H. A. (2009). *Manual técnico de Producción de Semilla Básica de Papa*. Programa Nacional de Investigación en Papa de la Estación Experimental Baños del Inca. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) - Cajamarca, Perú. 80 p.
- Cahuana, R., & Arcos, J. (1993). Variedades de Papa más importantes en Puno y lineamientos para su caracterización. Del programa interinstitucional de waru waru (PIWA). Edit. CIMA, la Paz. PELT/INADE - IC/COTESU. Puno - Perú. 110 p.
- Cahuana, Q. R., Condori, M.T & Flores P.M. (2011). *Cosecha, Selección y Clasificación de tubérculos de papa*. Revista visión Agraria Año III - Edición 11. Puno, Perú.
- Cahuana, R., Arcos, J., Barreda, W., Canihua, J., Quenallata, J. P., & Holguín, V. (2012). *Producción de tubérculos semillas de buena calidad de papa*. Serie Manual 01 -



- 2012, Programa Nacional de Innovación Agraria en Raíces Tuberosas. Estación Experimental Agraria Illpa - INIA. Editorial Pacifico S.R.L. Puno, Peru. 37 p.
- Canqui, F. y Morales, E. 2009. “*Conocimiento Local en el Cultivo de Papa*”. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). (2000). *Guía para las Características Morfológicas Básicas en Colecciones de papas Nativas*. Departamento de Mejoramiento y Recursos Genéticos: Lima - Peru.
- CIP (Centro Internacional de la Papa). (2017). *Hechos y cifras sobre la papa*. Lima, Perú. 2 p.
- Collazos C. 1996. Tablas peruanas de composición de alimentos. MINSA. Perú.
- Cosio, P (2006). *Variabilidad de papas nativas en seis comunidades de calca, Urubamba, Cusco: devolviendo información a los agricultores dueños de la diversidad genética de papa*. Asociación Arariwa. Cusco, Perú. 226 p.
- Cortes. M, R.; Hurtado, G. 2002. *Guía técnica cultivo de la papa*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal CENPA. Ciudad Arce, el Salvador. Disponible en, <http://es.scribd.com/doc/20572799/Cultivo-de-la-Papa-en-El-Salvador>
- Cuesta, X. (2006). *Papas Nativas Ecuatorianas en Proceso de Extinción, Instituto Nacional Autónomo de Investigadores Agropecuarias (INIAP) - Estación Experimental Santa Catalina*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador. 26 p.



- Dallman, P. (1990). *Iron present knowledge in nutrition*. International Life Sciences Institute (ILSI). New York, USA. 25 p.
- De Haan, S., Palomino, A., Ramos, A., Ying, R., Portillo, Z. & Quinyero, G. (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica-Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Federación Departamental de Comunidades Campesinas (FEDECH). Lima, Peru. 208 p.
- DRA (Dirección Regional Agraria). (2011). *Manual Técnicas de manejo, selección y clasificación de papas nativas*, Proyecto "Fortalecimiento de Capacidades Técnico Productivas para la Competitividad de los Cultivos Andinos de Papa Nativa, Haba, Cañihua en la Region Puno, Perú". Primera Edición. 30 p.
- DRA (Dirección Regional Agraria). (2019), *Información estadística de producción regional Puno*. Disponible en: <https://www.agropuno.gob.pe/sintesis-agricola>
- Egúsquiza, R. (2000). *La papa: producción, transformación y comercialización*. Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), Asociación de Exportadores (ADEX). Lima, Perú. 203 p.
- Egúsquiza, B. & Catalán, W. (2011). *Guía técnica. Curso - Taller manejo integrado de papa*. Universidad Nacional la Molina (UNALM) - Agrobanco. Cuzco, Perú.
- FAO, (2000). *Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares*. Producido por el departamento de agricultura. Cartilla (20).
- FAO, (2008). *La eficiencia del uso de agua en cultivo de papa*. Organizaciones de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación (FAO).



- FAO, (2007). *Adaptación al Cambio Climático en Agricultura, Silvicultura y Pesca: Perspectiva, Marco y Prioridades*, Grupo de Trabajo Interdepartamental sobre Cambio Climático
- 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.
- Fujita, H., Nishitani, C., & Nakajima, M. (2003). *Molecular biology of iron in nutritional science*. Nippon Eiseigaku Zasshi (Japanese Journal of Hygiene), pp 248 - 253.
- Fraume, N. (2007). *Diccionario ambiental*. Ltda Kimpres. Bogotá, Colombia. 465 p.
- Gaitán, D., Olivares, M., Arredondo, M., & Pizarro, A. (2006). *Biodisponibilidad de Hierro en Humanos*. Revista chilena de Nutrición. Chile. pp 142 - 148.
- Goodman, G. (1996). *The pharmacological basis of therapeutics*. Pergamon Press Inc. New York, US.
- Hernandez, A. (2013). *Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos*. CONACYT. Roma, Italia.
- Hernandez, J., & Leon, J. (1992). *Cultivos marginados: Producción y Protección Vegetal*. Roma, Italia.
- Hidalgo, O. (1997). *Conceptos Básicos sobre la Producción de Semillas de Papa y de sus Instituciones*. Manual técnico. Centro Internacional de la Papa (CIP). Bogotá, Colombia.



- Horton, D. E. 2005. *La papa en los países en desarrollo*. Revista latinoamericana de la papa. pp. 9 – 17
- Hualla, V. R. (2017). *Ganancias genéticas en el contenido de hierro y zinc en papas diploides en tres ciclos de selección recurrente*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en mejoramiento genético de plantas. Escuela de post grado, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima - Peru. 118 p.
- Huamán, Z. (2008). *Descriptores morfológicos de la papa (Solanum tuberosum L.)*. Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, España. pp 30 - 40.
- IDEXCAM. (2018). *Papa, Milenario Producto Andino*. Instituto de Investigación y Desarrollo de Comercio. Exterior de la Cámara de Comercio de Lima - Perú.
- Inca, N. R. (2015). *Tolerancia a heladas de clones y variedades de papa (Solanum sp.) en diferentes ambientes de la Región Huancavelica* (Tesis pre-grado). Facultad de Agronomía. Universidad del Centro del Perú. Mantaro, Jauja, Perú. 114 p.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2002). *Papa: Compendio de Información Técnica*. Manual. Lima - Perú.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2014). *Plan Estratégico de Programa Nacional de Investigación en Papa*. DGIA. Sub - dirección de Cultivos. Lima, Perú.
- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). (2011). *Descriptores mínimos de papa (Solanum sp) para el Registro Nacional de la papa nativa peruana*. Segunda Edición. Perú. 20 p.



- INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2017. *Tecnología en papa* (en línea). Lima, Perú. Consultado 18 mayo 2022. Disponible en <http://www.inia.gob.pe/tecnologias/cultivos/132cattecnologias/cultivos/394tecnologia-en-papa>
- Juli D, & Arias E. (2005), *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, Perú. 2011.
- Lagua, R., & Claudio, V. (2004). *Diccionario de Nutrición y Dietoterapia*. Quinta Edición. México.
- Livisi, L. C. (2017). *Caracterización agromorfológica de dos clones y dos cultivares de papa (Solanum tuberosum L.) con tolerancia a heladas en condiciones agroecológicas de Illpa-Puno*. Tesis pre - grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 99 p.
- Leiva, Y., (2021). *Comparativo de 34 clones de papa biofortificadas con alto contenido de hierro y zinc, para contribuir a la seguridad alimentaria en el departamento de Cajamarca*. [Tesis de grado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].
- López Fleites, R. (2017). *El cultivo de la papa*. Conferencia impartida en la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara
- Meléndez, A., Martínez, I., Vicario, F., Heredia J. (2004). *Importancia nutricional de Carotenoides*. Área de nutrición y bromatología. Facultad de Farmacia. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 54 p.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura). 2011. Página Web. www.minag.gob.pe. Lima-Perú.



- MINAGRI (Ministerio de Agricultura). (2015). *Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana*. Boletín Informativo - Mayo 2017. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de estudios Económicos e Información Agraria. Lima, Perú.
- MINAGRI. (2018). *Plan Nacional de Cultivos* (Campana Agrícola 2018-2019). Perú.
- MINSA. Ministerio de Salud. Zinc. Disponible en:
ftp://ftp2.minsa.gob.pe/destacados/archivos/47/5_Zinc.pdf.
- MINSA, P. (2009). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.
- Monteros, J., Cuesta Subía, H. X., & Jiménez, J. (2005). *Papas Nativas en el Ecuador*. Estudios cualitativos sobre oferta y demanda. Ecuador.
- Muñoa, L., Burgos, G., Salas, E., Amoros, W., Auqui, M., Kimura, M., & Bonierbale, M. (2009). *Total and individual carotenoid profiles in Solanum phureja of cultivated potatoes: I. Concentrations and relationships as determined by spectrophotometry and HPLC*. Journal of Food Composition and Analysis. pp 503 - 508.
- Muñoa, L., Fonseca, C., Burgos, G., Rodríguez, F., & Ordinola, M. (2014). *Catálogo de variedades de papa nativa con potencial para la seguridad alimentaria y nutricional de Apurímac y Huancavelica*. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 29 p.
- Muñoz, M. (2014). *Composición y aportes nutricionales de la papa*. Revista agrícola. pp 36 - 37. Disponible en:



http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/2014/09/revistaagricolaoctubre_36-37.pdf.

- Muñoz, M.; Revelo, M.; Pachón, E. 2008. *El consumo y la producción familiar de frijol, maíz, yuca, batata y arroz en un municipio rural en Colombia: evaluación de la posibilidad de implementar la biofortificación de cultivos*. Perspectivas en nutrición humana. *Agronomía Colombiana* 10 (1): pp. 11-21
- Nestel, P.; Bouis, H.; Meenakshi, J.; Pfeiffer, W. 2006. *Biofortification of staple food crops*. *J Nutr.* (136): 1064-7
- Ordinola, M., & Vela, A. (2011). *Cambios del sector papa en el Perú en la última década*. Los aportes del Proyecto Innovación y Competitividad de la Papa (INCOPA). Perú.
- Ortiz, R. (2010). *La biofortificación de los cultivos para combatir la anemia y las deficiencias de micronutrientes en el Perú*. Programa Mundial de Alimentos (PMA). Lima, Perú. 39 p.
- Osorio, P.G. 2010. *La papa en la Sierra Central del Perú*. Centro de Investigación de Cultivos Agrícolas (CICA). Huancayo, Perú.
- Oyarzún, P., Gallegos, P., Asaquibay, C. Forbes, G., Ochoa, J., Paucar, B., Prado, M. (2002) *Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades*. En: *Pumisacho M. y Sherwood, S. El Cultivo de papa en Ecuador*. Quito, Ecuador. 85 p.
- Pachón, H. 2008. *El impacto nutricional de cultivos biofortificados o cultivos con mayor calidad nutricional*. Bogotá, CO. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 25 p.



- Palomino, L., Amorosos, W., Burgos, G., Salas, E., Bonierbale, M., & Palomino, J. (2014). *Selección de papas pigmentadas diploides con valor agregado*. CIP. Lima, Perú.
- Pardave, C. 2004. *Cultivo y comercialización de papa*. Primera edición. Perú. Editorial Palomino E.I.R.L. 133 p.
- Pumisacho, M., & Sherwood, S. (2002). *El cultivo de la papa en Ecuador*: Editorial Abya Yala. Ecuador.
- PMA (Programa Mundial de Alimentos). 2010. *La biofortificación de los cultivos para combatir la anemia y las deficiencias de micronutrientes en el Perú*. Consultado 12 Febrero (2022). Disponible en: https://issuu.com/peru.nutrinet.org/docs/catalogo_biofortificacion
- Ríos, G. (2007). *Distribución y Variabilidad de Ralstonia solanacearum ef Smith Agente causal de Marchitez Bacteriana en el Cultivo de Papa (Solanum tuberosum L), en tres Departamentos del norte de Nicaragua (Esteli, Matagalpa y Jinotega)*. Trabajo de Diploma. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 44 p.
- Román, M., & Hurtado, G. (2002). *Guía técnica cultivo de papa*. Centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal (CENTA). El Salvador. 36 p. recuperado de: http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/papa_criolla.htm (926 Kb) 36 p.
- Sánchez, R. 2003. “Cultivo y Comercialización de la Papa “. Primera impresión. Lima - Perú, 43 - 44 pp.



- SENAMHI. (2020). D.P. (2020). SENAMHI – Puno.
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=puno&p=pronostico-meteorologico>.
- SENAMHI. (2018). Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de papa. (Ficha técnica)
<https://www.midagri.gob.pe/portal/informacion-agroclimatica/fichas-tecnicas-2018?download=13548:ficha-tecnica-cultivo-de-la-papa>
- Solano, L. M. (2006). *Botánica sistemática*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú
- Tapia, M., & Fries, A. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO, ANPE - PERÚ.
- Tirado, R. H. (2014). *Evaluación del rendimiento de clones avanzados de papa (Solanum tuberosum L.) con pulpa pigmentada Cajamarca* (Tesis pre-grado). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. 116 p.
- 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 pre - grado. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Huancavelica. Acobamba, Huancavelica, Perú. 94 p.
- Triveño, G., Flores, P., Fonseca, C., Panchi, N., Gonzales, M., & Velasco, C. (2019). *Soy papa, no papá: Historias de cambios destacables del proyecto Fortalecimiento de la Innovación para Mejorar los Ingresos, la Seguridad Alimentaria y la Resiliencia de productores de papa en Bolivia, Ecuador y Perú*. Centro Internacional de la Papa: Lima, Peru.60 p.



- Vasquez, V. (1990). *Experimentación agrícola*. Editores Amaru. Primera Edición, Lima, Peru.
- Villacrés, E.; Quilca, N.; Monteros, C. 2007. Caracterización Química y Funcional de Papas Nativas para Orientar sus Usos Futuros. Quito, EC. Consultado el 12 Marzo del 2022 Disponible en:
<ftp://ftp.cgiar.org/cip/TEMP/CIPQUITO/Cecilia%20Monteros/Anexos%20Ecuador/Anexo%203%20valor%20nutritivo%20%20de%20papa%20nativas.pdf>
- White P. J. and M.R. Broadley. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist* 182: 49-84. Citado por Gabriel J.1, R. Botello, A. Angulo, J. Velasco, F. Rodríguez 2012
- Yzarra, W., & López, F. (2011). *Manual de observaciones fenológicas*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Perú. 99 p.
- Zhio TM. (2011). La Papa: *Taxonomía y Nombres Comunes*. Recuperado el 03 de junio de 2023, de <http://zhiotm.blogspot.com/2011/04/la-papa-taxonomia-y-nombrescomunes.html>
- Zúñiga, N., Amorosos, W. R., Bonierbale, M., López, G., Devaux, A., Oswald, A., Lindo, E. (2010). *Comercialización de variedades nativas de papa con valor agregado a través de la metodología participativa*: EPCP. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Huancavelica, Perú. 2 p.

ANEXOS

Figura 21. Croquis de distribución de tratamientos y bloques.

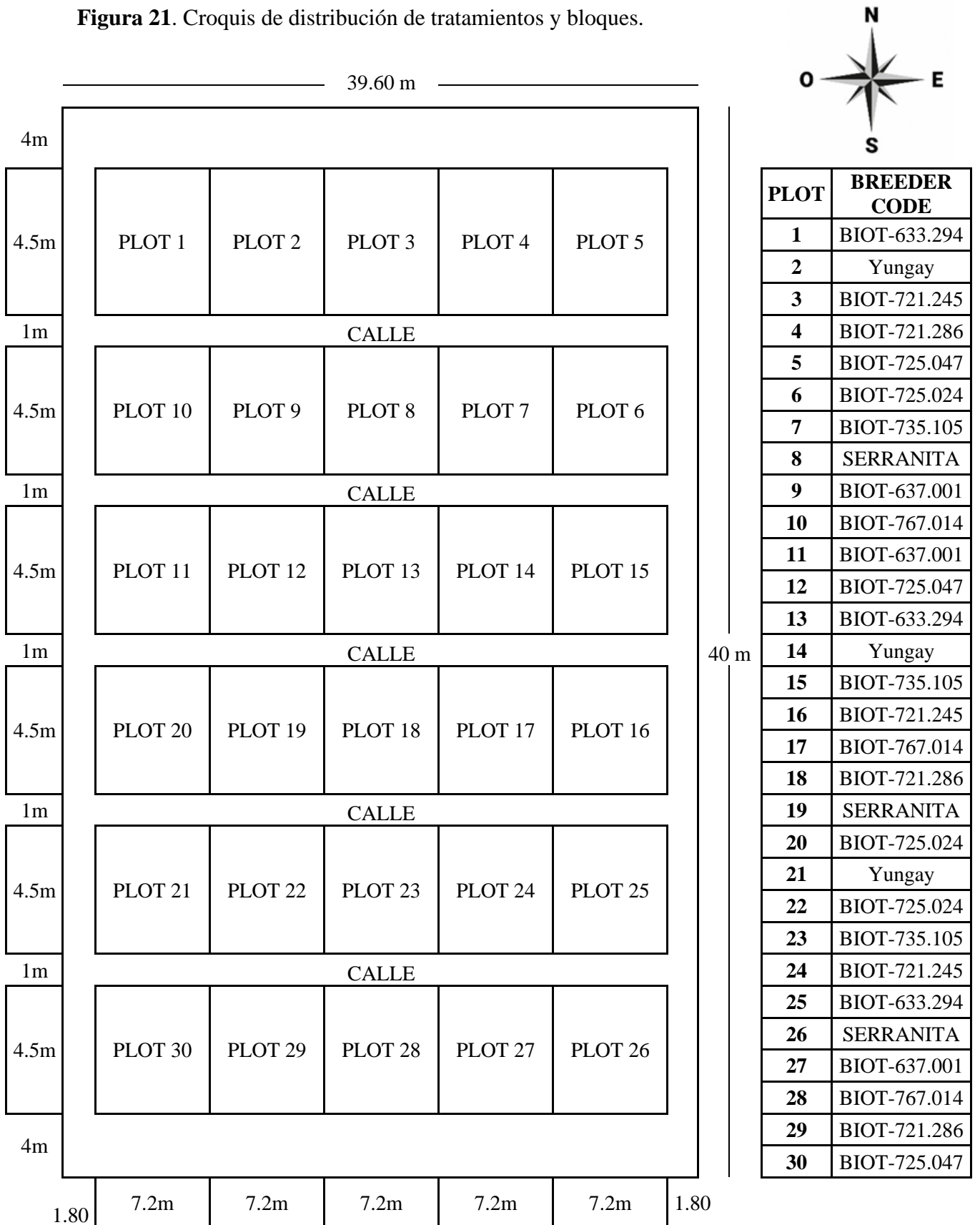


Tabla 59. Precipitación pluvial (mm) del mes de noviembre 2020 a junio del 2021

	Mes	Año	Precipitación Pluvial (mm)
1	Noviembre	2020	0
2	Diciembre	2020	89
3	Enero	2021	114
4	Febrero	2021	59.8
5	Marzo	2021	66.7
6	Abril	2021	19.8
7	Mayo	2021	24.1
Total Precipitación Campaña Agrícola 2020-2021			373.4

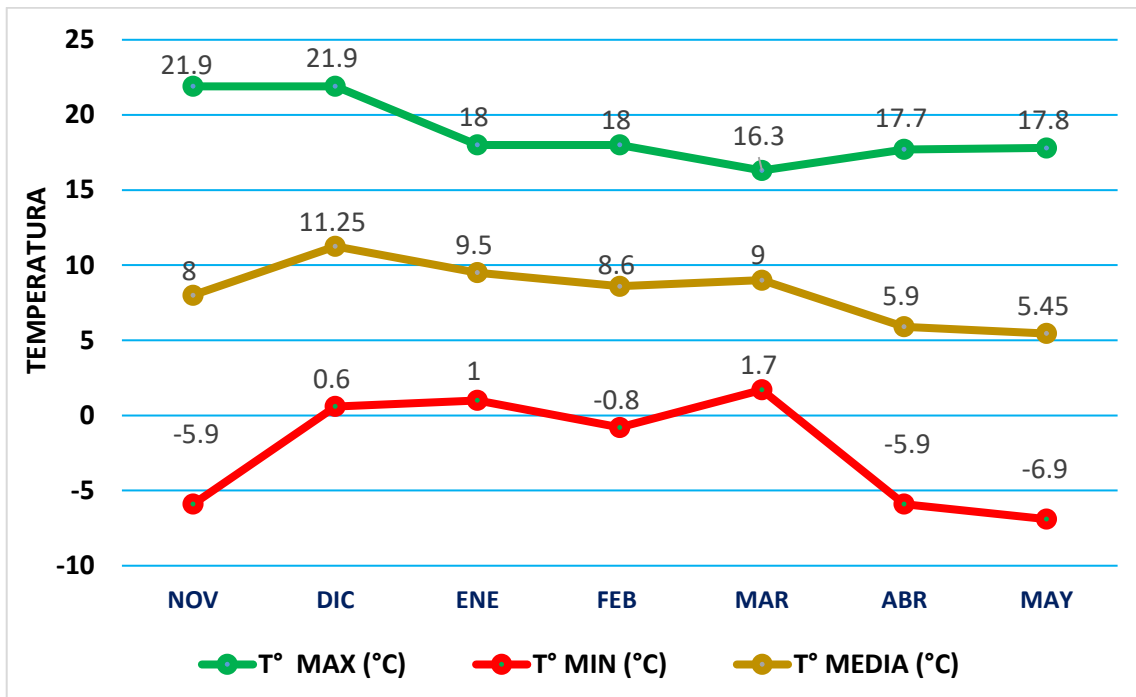
Nota: Estación Meteorológica Illpa – Puno 2021

Tabla 60. Temperatura °C correspondiente a la campaña agrícola 2020-2021

	Año	Mes	Temperatura (°C)		
			Máxima	Mínimo	Media
1	2020	Noviembre	21.9	-5.9	8
2	2020	Diciembre	21.9	0.6	11.25
3	2021	Enero	18	1	9.5
4	2021	Febrero	18	-0.8	8.6
5	2021	Marzo	16.3	1.7	9
6	2021	Abril	17.7	-5.9	5.9
7	2021	Mayo	17.8	-6.9	5.45

Nota: Estación Meteorológica Illpa – Puno 2021

Figura 22. Temperatura (°C) correspondiente a la campaña agrícola 2020-2021



Nota: Estación Meteorológica Illpa – Puno 2021

Tabla 61. Altura de planta

	TRATAMIENTO	CODIGO DE ADHESION	BLOQUE			PROMEDIO (cm)
			I	II	III	
1	T9 (Testigo)	Yungay	62	67	54	61
2	T8	BIOT-767.014	47	45	51	48
3	T4	BIOT-721.286	49	45	42	45
4	T5	BIOT-725.024	53	45	38	45
5	T1	BIOT-633.294	41	47	38	42
6	T10(Testigo)	Serranita	47	42	37	42
7	T2	BIOT-637.001	48	32	37	39
8	T3	BIOT-721.245	39	27	45	37
9	T6	BIOT-725.047	47	32	33	37
10	T7	BIOT-735.105	24	22	29	25

Nota: elaboración propia

Tabla 62. Número de plantas cosechadas

	TRATAMIENTO	CODIGO DE ADHESION	BLOQUE			TOTAL
			I	II	III	
1	T7	BIOT-735.105	81	84	83	248
2	T10(Testigo)	Serranita	84	80	81	245
3	T6	BIOT-725.047	79	78	84	241
4	T8	BIOT-767.014	81	81	79	241
5	T9 (Testigo)	Yungay	82	81	78	241
6	T3	BIOT-721.245	83	77	80	240
7	T4	BIOT-721.286	80	81	78	239
8	T1	BIOT-633.294	80	78	79	237
9	T2	BIOT-637.001	77	70	71	218
10	T5	BIOT-725.024	69	79	70	218

Nota: elaboración propia

Tabla 63. Rendimiento de tubérculos de papa/tratamiento

	TRATAMIENTO	CÓDIGO DE ADHESIÓN	BLOQUE			TOTAL (kg/68.04m ²)
			I	II	III	
1	T9 (Testigo)	YUNGAY	124.17	136.99	123.06	384.22
2	T8	BIOT-767.014	94.5	68.53	67.06	230.09
3	T10(Testigo)	SERRANITA	61.78	54.98	55.77	172.53
4	T5	BIOT-725.024	50.16	46.27	56.62	153.05
5	T6	BIOT-725.047	47.28	54.98	44.65	146.91
6	T4	BIOT-721.286	62.39	45.27	34.52	142.18
7	T2	BIOT-637.001	53.75	40.24	27.12	121.11
8	T1	BIOT-633.294	46.67	35.06	35.82	117.55
9	T7	BIOT-735.105	10.22	12.36	3.17	25.75
10	T3	BIOT-721.245	7.59	5.57	6.17	19.33

Nota: elaboración propia



SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

ANÁLISIS N° : 123-06S-2021

PREDIO : PAUCARCOLLA

LUGAR : PUNO

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

FECHA DE RECEP. : 14/01/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD

MUESTRA : EAE_Illpa_Rep 3_PS / 14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	22.75	%		
Limo	44.92	%		
Arcilla	32.33	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Porcentaje de Saturación de Agua	60.42	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	0.04	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C	0.68	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 25.3 °C	7.65		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	16.00	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	4.34	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.25	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	367.80	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
Calcio	22.61	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	3.11	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.38	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.92	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	1.41	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	27.03	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	1.19	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	3.06	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	0.74	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	2.64	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	4.48	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	0.94	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	1.72	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	0.27	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	2.84	ppm (*)	ISO 9390.1990	Colorimétrico

DONDE:

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

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.

SM : Standar Methods

EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

ISO : International Organization for Standardization.

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:

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

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

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

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

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

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



SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

ANÁLISIS N° : 123-04S -2021

PREDIO : PAUCARCOLLA

LUGAR : PUNO

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

FECHA DE RECEP. : 14/01/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

MUESTRA : EAE_Illpa_Rep 1_PS / 14-01-21

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
				Extractante: DTPA
Cobre Disponible (Cu)	3.71	ppm	MES - 018	FAAS
Zinc Disponible (Zn)	1.77	ppm	MES - 019	FAAS
Manganeso Disponible (Mn)	18.52	ppm	MES - 020	FAAS
Hierro Disponible (Fe)	21.51	ppm	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl ₂ ·2H ₂ O
Boro Disponible (B)	2.92	ppm	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:

DTPA : Pentaacetato de Dietilentiaramina.
MES : Método propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.
ppm : mg/Kg

NOTA:

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

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

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

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

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

Activar Windows

Ir a Configuración de PC

Figura 23. Láminas fotográficas.



Instalación del estudio



Emergencia del cultivo



Aporque del cultivo



Evaluaciones en floración (identificación de criterios)



Cosecha



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

Por el presente documento, Yo CAHUANA CAHUAPAZA JOSE
, identificado con DNI 72637973 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRONÓMICA

.informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado Título Profesional denominado:

"COMPARATIVO DE OCHO CLONES BIOFORTIFICADOS DE PAPA TETRAPLOIDE CON ALTO CONTENIDO DE HIERRO Y DOS VARIETADES COMERCIALES EN CENTRO EXPERIMENTAL JILPA 2020-2021"

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 07 de JUNIO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo CAHUANA CAHUAPAZA JOSE
identificado con DNI 72637973 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRONÓMICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación para la obtención de Grado
 Título Profesional denominado:

"COMPARATIVO DE OCHO CLONES BIOFORTIFICADOS DE PAPA TETRAPLOIDE CON ALTO

CONTENIDO DE HIERRO Y DOS VARIETADES COMERCIALES EN CENTRO EXPERIMENTAL ILLPA 2020-2021

" Es un tema original.

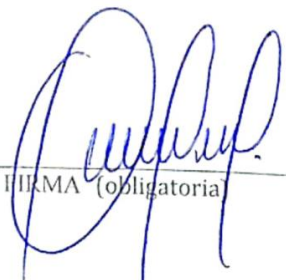
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, 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 07 de JUNIO del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella