

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

**RENDIMIENTO, CALIDAD ORGANOLÉPTICA Y VALOR NUTRICIONAL DE TREINTA
CLONES BIOFORTIFICADOS Y CUATRO VARIEDADES COMERCIALES DE PAPA
EN EL DISTRITO DE CHUGAY - LA LIBERTAD**

PRESENTADO POR

BACHILLER: Cristian Iván Villanueva Ambrocio

ASESORES: Dr. Juan Francisco Seminario Cunya

Ing. M.Sc. José Ronal Otiniano Villanueva

Ing. M.Sc. Elisa Del Carmen Salas Murrugarra

CAJAMARCA – PERU

2024



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. **Investigador:** Cristian Iván Villanueva Ambrocio
DNI: 47642652
Escuela Profesional/Unidad UNC: Agronomía
2. **Asesor:** Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
Facultad/Unidad UNC: Ciencias Agrarias
3. **Grado académico o título profesional:**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. **Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. **Título de Trabajo de Investigación:** RENDIMIENTO, CALIDAD ORGANOLÉPTICA Y VALOR NUTRICIONAL DE TREINTA CLONES BIOFORTIFICADOS Y CUATRO VARIETADES COMERCIALES DE PAPA EN EL DISTRITO DE CHUGAY - LA LIBERTAD
6. **Fecha de evaluación:** 01/08/2024
7. **Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 15%
9. **Código Documento:** oid:3117:371093158
10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:** 01/08/2024
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 01/08/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 <hr/> Dr. Juan Francisco Seminario Cunya DNI: 26717651



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica

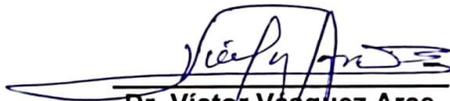


ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los dieciocho días del mes de marzo del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2C - 202 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 060-2024-FCA-UNC, de fecha 09 de febrero del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "RENDIMIENTO, CALIDAD ORGANOLÉPTICA Y VALOR NUTRICIONAL DE TREINTA CLONES BIOFORTIFICADOS Y CUATRO VARIETADES COMERCIALES DE PAPA EN EL DISTRITO DE CHUGAY - LA LIBERTAD", realizada por el Bachiller CRISTIAN IVÁN VILLANUEVA AMBROCIO para optar el Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las once horas y cinco minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AGRÓNOMO.

A las doce horas y veinticinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.


Dr. Víctor Vásquez Arce
PRESIDENTE


Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
SECRETARIO


Ing. M. Sc. Jesús Hipólito De La Cruz Rojas
VOCAL


Dr. Juan Francisco Seminario Cunya
ASESOR


Ing. M. Sc. José Ronal Otiniano Villanueva
ASESOR


Ing. M. Sc. Elisa Del Carmen Salás Murrugarra
ASESORA

DEDICATORIA

El presente trabajo es el producto de mis constantes esfuerzos y sacrificios, el cual dedico con todo mi cariño y aprecio.

A mis apreciados padres Santos y Wilfredo con todo mi amor y gratitud, por su apoyo incondicional, su sabiduría y su ejemplo de fortaleza. Sus enseñanzas y sacrificios han sido la luz que guía mi camino. Este logro es tan suyo como mío, y siempre llevaré sus enseñanzas en mi corazón.

A mis hermanos Ana, Edgar, Merly y Anyhelo, por ser mi constante fuente de apoyo y alegría. Cada uno de ustedes ha contribuido de manera especial a mi vida, brindándome amor, risas y momentos inolvidables. Este logro también les pertenece, y siempre llevaré con orgullo la dicha de tenerlos como hermanos.

A mi esposa Fiorella, por su amor, paciencia y apoyo incondicional han sido la fuerza detrás de mis logros y la luz en mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por llenar nuestros días de alegría y amor. Este logro es tan tuyo como mío, y estoy infinitamente agradecido por compartir este viaje contigo.

En memoria a mi recordado amigo Lic. Homero Morales, siempre te recordaré con cariño y gratitud. Tu amistad fue un faro de luz en mi vida, y tus enseñanzas y ejemplo siguen presentes en mi corazón. Aunque ya no estés con nosotros, tu legado de sabiduría y bondad perdurará por siempre. Gracias por los momentos compartidos y por haber sido una parte tan importante de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme cada día y por iluminar mi camino, permitiéndome tomar las decisiones correctas en mi vida.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por contribuir diariamente a mi formación personal y profesional. Sin su constante respaldo, no habría logrado alcanzar mis estudios superiores.

A la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), especialmente a la Facultad de Ciencias Agrarias, por ser mi centro de estudios y por proporcionarme el conocimiento y la formación profesional adecuada.

Al Dr. Juan Francisco Seminario Cunya, mi asesor, por compartir sus conocimientos, experiencias y valiosas orientaciones, que han sido fundamentales para la realización de este estudio.

Al Centro Internacional de la Papa (CIP), por brindarme las facilidades necesarias para llevar a cabo este estudio, incluyendo el financiamiento y el apoyo técnico que hicieron posible su realización.

A la Asociación Pataz (AP), y en especial a todo el equipo técnico del área de Investigación Agraria, por su colaboración y apoyo en este logro de investigación dentro de sus proyectos.

ÍNDICE

CAPITULO I	18
1. Introducción	18
1.1. Descripción, formulación y justificación del problema	19
1.1.1. <i>Descripción del problema</i>	19
1.1.2. <i>Formulación del problema</i>	20
1.1.3. <i>Justificación del problema</i>	21
1.2. Objetivos.....	22
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	22
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	22
1.3. Hipótesis.....	22
CAPÍTULO II	23
2. Revisión de literatura	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.2. Marco teórico	25
2.2.1. <i>La papa</i>	25
2.2.2. <i>Fitomejoramiento</i>	25
2.2.3. <i>Mejoramiento convencional</i>	26
2.2.4. <i>Biofortificación</i>	27
2.2.5. <i>Importancia de los minerales (Hierro y Zinc) en el ser humano</i>	28
2.2.6. <i>Importancia de la vitamina C en el ser humano</i>	29
2.3. Definición de términos	29
2.3.1. <i>Clon</i>	29
2.3.2. <i>Selección participativa de variedades de papa (SPV)</i>	30
2.3.3. <i>Azúcares reductores</i>	30
2.3.4. <i>Compuestos fenólicos</i>	30

2.3.5. Seguridad alimentaria	30
2.3.6. Evaluación organoléptica	30
CAPÍTULO III	31
3. Materiales y métodos	31
3.1. Ubicación geográfica	31
3.2. Características climáticas de la zona	31
3.2.1. Temperatura	31
3.2.2. Precipitación	32
3.3. Características del suelo	32
3.4. Disposición experimental	32
3.5. Material experimental	35
3.6. Metodología de manejo de experimento y recolección de información	36
3.7. Evaluaciones para determinar rendimiento	39
3.8. Evaluación de la calidad organoléptica (apariencia, sabor y textura)	44
3.9. Valor nutricional de los tubérculos	46
3.10. Otras evaluaciones realizadas	48
3.11. Trabajo de gabinete	48
CAPÍTULO IV	52
4. Resultados y discusión	52
4.1. Evaluaciones para determinar rendimiento	52
4.2. Evaluación de la calidad organoléptica realizada por agricultores y panel entrenado en laboratorio	96
4.3. Valor nutricional de los tubérculos	99
CAPÍTULO V	115
5. Conclusiones y recomendaciones	115
CAPÍTULO VI	117

6. Bibliografía.....	117
Anexos	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Identificación de los clones y variedades que constituyen los tratamientos en estudio.....</i>	33
Tabla 2 <i>Características del campo experimental.....</i>	35
Tabla 3 <i>Escala de uniformidad de la planta.....</i>	40
Tabla 4 <i>Escala de vigor de la planta.....</i>	40
Tabla 5 <i>Escala de largo de estolones.....</i>	41
Tabla 6 <i>Escala de apariencia del tubérculo.....</i>	42
Tabla 7 <i>Escala de uniformidad de tubérculo.....</i>	42
Tabla 8 <i>Escala de tamaño que muestra el tubérculo.....</i>	43
Tabla 9 <i>Análisis de varianza (ANOVA).....</i>	50
Tabla 10 <i>Medianas observadas en uniformidad de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	53
Tabla 11 <i>Medianas observadas en vigor de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	55
Tabla 12 <i>Análisis de varianza para el número de tallos por planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - Región La Libertad.....</i>	56
Tabla 13 <i>Comparación de medias para número de tallos por planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	58
Tabla 14 <i>Análisis de varianza para altura de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	60
Tabla 15 <i>Comparación de medias para altura de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	61
Tabla 16 <i>Prueba de significación de escalas en longitud de estolones en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	64

Tabla 17	<i>Prueba de significación de escalas en apariencia de tubérculos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	66
Tabla 18	<i>Prueba de significación de escalas en uniformidad del tubérculo en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	68
Tabla 19	<i>Prueba de significación de escalas en tamaño de tubérculo en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad</i>	70
Tabla 20	<i>Análisis de varianza para el número de tubérculos comerciales en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	71
Tabla 21	<i>Comparación de medias para número de tubérculos comerciales en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	73
Tabla 22	<i>Análisis de varianza para peso de tubérculos comerciales en Kg/parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad</i>	75
Tabla 23	<i>Comparación de medias para peso de tubérculos comerciales en Kg/ parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	76
Tabla 24	<i>Análisis de varianza para rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	78
Tabla 25	<i>Comparación de medias para rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	79
Tabla 26	<i>Análisis de varianza para peso promedio de tubérculos comerciales en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	82
Tabla 27	<i>Comparación de medias para peso promedio de tubérculos comerciales en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad..</i>	83
Tabla 28	<i>Análisis de varianza para el número total de tubérculos por parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	85
Tabla 29	<i>Comparación de medias para número total de tubérculos por parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	86

Tabla 30	<i>Análisis de varianza para peso total de tubérculos Kg/parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad</i>	88
Tabla 31	<i>Comparación de medias para peso total de tubérculos en Kg/parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	89
Tabla 32	<i>Análisis de varianza para rendimiento total de tubérculos ajustado tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad</i>	91
Tabla 33	<i>Comparación de promedios para rendimiento total de tubérculos ajustado en tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	92
Tabla 34	<i>Análisis de varianza para peso promedio de tubérculos en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.....</i>	94
Tabla 35	<i>Comparación de promedios para peso promedio de tubérculos en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	95
Tabla 36	<i>Resultados del análisis de contenido de Fe, Zn y Vitamina C en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	101
Tabla 37	<i>Análisis de varianza para contenido de Hierro en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad</i>	102
Tabla 38	<i>Análisis de varianza para contenido de Zinc en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad</i>	102
Tabla 39	<i>Matriz de selección de mejores clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad</i>	106
Tabla 40	<i>Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	108
Tabla 40.1	<i>Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	109
Tabla 40.2	<i>Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad.....</i>	110

Tabla 40.3 *Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad.....111*

Tabla 40.4 *Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad.....112*

Tabla 40.5 *Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad.....113*

Tabla 40.6 *Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad.....114*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de campo experimental.....	31
Figura 2 Croquis del campo experimental y distribución de tratamientos.....	34
Figura 3 Número de tallos por planta (SNPP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....	59
Figura 4 Altura de planta (PLAHE) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....	62
Figura 5 Número de tubérculos comerciales por parcela (NMTP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....	74
Figura 6 Peso de tubérculos comerciales Kg/parcela (MTWP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.....	77
Figura 7 Rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} (MTYA) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.	81
Figura 8 Peso promedio de tubérculos comerciales en gramos (ATMW) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.	84
Figura 9 Número total de tubérculos por parcela (TNTP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.	87
Figura 10 Peso total de tubérculos en Kg/parcela (TTWP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.	90
Figura 11 Rendimiento total de tubérculos ajustado tha^{-1} (TTYA) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.	93
Figura 12 Peso promedio de tubérculos en gramos (ATW) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.	96
Figura 13 Análisis de componentes principales de las pruebas organolépticas considerando apariencia, textura y sabor en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.	97

Figura 14 <i>Análisis de componentes principales para sabores extraños, oscurecimiento, sabor y textura en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.</i>	99
Figura 15 <i>Análisis de componentes principales para contenido de Fe, Zn y Vitamina C en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.</i>	104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Resultado de análisis de suelo del Laboratorio de Química Agrícola “Valle Grande”, Cañete situado en Lima.	125
Anexo B. Otras evaluaciones realizadas.	127
Anexo C. Prueba de comparación no paramétrica de Friedman al $\alpha < 0.05$	157
Anexo D. Número de brotes promedio por tubérculo a los 75.90.120 d.d.c.	157
Anexo E. Pruebas organolépticas considerando textura, sabor y sabores extraños y oscurecimiento.	158
Anexo F. Fotografías del manejo del campo experimental.	159

Resumen

Este trabajo de investigación evaluó el rendimiento, la calidad organoléptica y el valor nutricional de treinta clones biofortificados y cuatro variedades comerciales de papa en el distrito de Chugay, La Libertad, durante la campaña agrícola 2018-2019. Se instaló una parcela experimental en el caserío La Soledad con treinta y cuatro tratamientos, utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones. Se evaluaron variables como uniformidad y vigor de las plantas, número de tallos, altura de planta, longitud de estolones, apariencia y uniformidad del tubérculo, tamaño del tubérculo, número y peso de tubérculos comerciales por parcela, rendimiento de tubérculos comerciales ajustado en t/ha^{-1} , peso promedio de tubérculo comercial en gramos, número total de tubérculos por parcela, peso total de tubérculos por parcela, rendimiento total de tubérculos ajustado a t/ha^{-1} y peso promedio de los tubérculos. Para evaluar la calidad organoléptica, se sancocharon tubérculos frescos recién cosechados de cada tratamiento, analizando apariencia, sabor y textura mediante un panel de agricultores y un panel entrenado en laboratorio. Para determinar el valor nutricional, se tomaron muestras de tubérculos de cada tratamiento para analizar el contenido de hierro, zinc y vitamina C en el laboratorio de calidad del Centro Internacional de la Papa. Los resultados de los análisis estadísticos mostraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento total de tubérculos en t/ha^{-1} entre los clones biofortificados y las variedades testigo. El análisis de la calidad organoléptica también reveló diferencias estadísticamente significativas en apariencia, sabor y textura. En cuanto al valor nutricional, seis clones biofortificados mostraron diferencias altamente significativas en contenido de hierro en comparación con las cuatro variedades testigo.

Palabras Claves: Papa, selección participativa, mejoramiento genético, clones biofortificados, biofortificación.

Abstract

This research evaluated the yield, organoleptic quality, and nutritional value of thirty biofortified potato clones and four commercial varieties in the district of Chugay, La Libertad, during the 2018-2019 agricultural season. An experimental plot was set up in the village of La Soledad with thirty-four treatments, using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. Variables evaluated included plant uniformity and vigor, number of stems, plant height, stolon length, tuber appearance and uniformity, tuber size, number and weight of commercial tubers per plot, adjusted commercial tuber yield in t/ha^{-1} , average weight of commercial tubers in grams, total number of tubers per plot, total weight of tubers per plot, adjusted total tuber yield in t/ha^{-1} , and average weight of the tubers. To evaluate organoleptic quality, freshly harvested tubers from each treatment were boiled and analyzed for appearance, taste, and texture by a panel of farmers and a trained panel in the laboratory. To determine the nutritional value, samples of tubers from each treatment were analyzed for iron, zinc, and vitamin C content in the quality laboratory of the International Potato Center. The results of the statistical analyses showed significant differences in total tuber yield in t/ha^{-1} between the biofortified clones and the control varieties. The organoleptic quality analysis also revealed significant differences in appearance, taste, and texture. In terms of nutritional value, six biofortified clones showed highly significant differences in iron content compared to the four control varieties.

Keywords: Potato, participatory selection, genetic improvement, biofortified clones, biofortification.

CAPITULO I

1. Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) ocupa el tercer lugar, después del arroz y el trigo, en la lista de alimentos vegetales más consumidos a nivel mundial (Fornos Blanco et al., 2021). Perú es el principal productor de papa en Latinoamérica, alcanzando en junio de 2023 una producción de 819,987 toneladas, con una superficie cosechada de 330,790 hectáreas y una productividad de 17.20 tha^{-1} (INEI, 2023). El consumo per cápita en Perú ha aumentado de 65 a 92 kg en la última década (Ortíz & Ordinola, 2022).

En 2021, la anemia afectó al 38.8% de la población entre 6 y 35 meses de edad, siendo más frecuente en zonas rurales (48.7%) que en áreas urbanas (35.3%). Entre las mujeres de 15 a 49 años, el 18.8% sufrió de anemia, con una prevalencia mayor entre las mujeres embarazadas (27.0%) y aquellas que habían tenido entre 4 y 5 hijos nacidos vivos (22.3%). Las mujeres que vivían en áreas rurales presentaron una prevalencia del 20.0% (ENDES, 2021).

Según ENDES (2021), la desnutrición crónica afectó al 11.5% de los niños menores de cinco años, cifra que es 1.6 puntos porcentuales mayor que lo registrado en 2016. En las áreas urbanas, la prevalencia de desnutrición crónica fue del 6.8%, mientras que en las zonas rurales esta cifra se elevó al 24.4%.

Para enfrentar esta deficiencia nutricional, el Centro Internacional de la Papa ha desarrollado nuevos clones biofortificados de papa utilizando métodos tradicionales de mejora genética. Estos clones presentan niveles más altos de hierro y zinc. El objetivo principal es evaluar el rendimiento, la calidad organoléptica (apariencia, sabor y textura) y el valor nutricional de treinta clones biofortificados con hierro, zinc y vitamina C, en comparación con cuatro variedades comerciales de papa (testigos) en el distrito de Chugay, La Libertad.

1.1. Descripción, formulación y justificación del problema

1.1.1. Descripción del problema

El gobierno nacional y las instituciones de salud reconocen que la anemia infantil y la desnutrición crónica son problemas graves en el país. Aunque se promueve el consumo de carnes, pescado y suplementos nutricionales para combatir estos problemas, estas soluciones no son sostenibles debido a la pobreza generalizada. Como alternativa, se propone el uso de alimentos vegetales biofortificados, como la papa, que pueden proporcionar hierro y zinc para reducir la desnutrición y la anemia (Burgos, 2017).

La papa es un alimento fundamental en la dieta diaria de las comunidades andinas, con un consumo promedio de 100 gramos por día en niños y 500 gramos por día en mujeres en edad fértil. Incrementar el contenido de hierro en la papa es crucial para reducir los índices de anemia en estas poblaciones (Salas et al., 2021). La papa se destaca por su alto contenido de vitamina C, que facilita la absorción de hierro, y por tener bajos niveles de fitatos, los cuales pueden inhibir esta absorción. Comparado con cultivos como el arroz, trigo, frijoles y maíz, la papa tiene una biodisponibilidad superior de hierro debido a estos factores (Salas et al., 2021). Según Salas et al. (2021), aproximadamente el 75% del hierro contenido en la papa se libera durante la digestión y está disponible para ser absorbido en el intestino, un porcentaje mayor en comparación con otros alimentos como el arroz, maíz y habas.

El Centro Internacional de la Papa a través de su Programa Global de Genética y Mejoramiento de Cultivos, ha desarrollado clones de papa biofortificada mediante cruces sexuales, los cuales contienen niveles más altos de hierro y zinc que las variedades actuales. Aunque se han obtenido estos clones, todavía es necesario seleccionar aquellos con el mayor contenido de estos nutrientes para transformarlos en nuevas variedades en el futuro cercano (Salas et al., 2021).

El desarrollo de papas biofortificadas por parte del Centro Internacional de la Papa (CIP) ha requerido 19 años de esfuerzo continuo. Los clones actuales son el resultado de una estrategia de interploidías y tetraploidización unilateral, combinando diversidad genética y rasgos valiosos del híbrido diploide biofortificado con clones tetraploides avanzados que son resistentes a enfermedades y ofrecen altos rendimientos. Estos avances han permitido crear clones de papa más nutritivos, adaptados a diversas condiciones y con mayor resistencia a enfermedades. Se espera que uno o más de estos clones biofortificados se conviertan en nuevas variedades de papa, contribuyendo así a reducir la desnutrición infantil y la anemia en la población mediante su adopción y cultivo por parte de los agricultores (Amoros et al., 2016; Salas et al., 2021).

Se evaluaron treinta clones biofortificados y cuatro variedades comerciales de papa como controles en la región La Libertad. Esto formó parte del proyecto "Potenciales de nuevas variedades de papa biofortificadas con alto contenido de hierro y zinc para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional en la agricultura familiar de alta montaña", llevado a cabo por el Centro Internacional de la Papa (CIP), la Asociación Pataz y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC).

1.1.2. *Formulación del problema*

¿Cuál es el rendimiento, la calidad organoléptica (apariencia, sabor y textura) y el valor nutricional (hierro, zinc y vitamina C) de treinta clones biofortificados en comparación con cuatro variedades comerciales de papa (testigos), en el distrito de Chugay, región La Libertad?

1.1.3. Justificación del problema

La introducción de papas biofortificadas con altos niveles de hierro y zinc es crucial en las regiones andinas del Perú, como La Libertad, donde la papa es un pilar fundamental en la alimentación local y en la seguridad alimentaria de pequeños y medianos agricultores. A pesar de su prevalencia como alimento básico, la región enfrenta serios problemas de salud pública, como altos índices de anemia y desnutrición crónica, especialmente entre niños y mujeres.

Los esfuerzos del Centro Internacional de la Papa (CIP) en el desarrollo de estas papas biofortificadas han demostrado resultados prometedores, aumentando significativamente los niveles de hierro y zinc en comparación con las variedades tradicionales. Estas mejoras tienen el potencial de suplir una parte significativa de las necesidades diarias de hierro, siendo particularmente beneficiosas para niños y mujeres en edad fértil, quienes tienen requerimientos nutricionales específicos y a menudo no cumplen con ellos debido a la dieta limitada.

La realización de ensayos adicionales en diversas regiones productoras de papa, como Cusco, Huancavelica, Cajamarca, Junín y La Libertad, es esencial para identificar y seleccionar los clones más efectivos y adaptados localmente. Estos ensayos permitirán validar la capacidad de estas nuevas variedades biofortificadas para mejorar la salud nutricional de las poblaciones locales, reduciendo así los índices de anemia y contribuyendo a la seguridad alimentaria a través de una agricultura más sostenible y nutritiva.

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Evaluar el rendimiento de tubérculos frescos, la calidad organoléptica (apariencia, sabor y textura) y el valor nutricional de treinta clones biofortificados con hierro, zinc y vitamina C, en comparación con cuatro variedades comerciales de papa (testigos), en el distrito de Chugay, región La Libertad.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- ✓ Determinar el rendimiento de tubérculos frescos de treinta clones biofortificados y cuatro variedades comerciales de papa en el distrito de Chugay, región La Libertad.
- ✓ Evaluar la calidad organoléptica (apariencia, sabor y textura) de treinta clones biofortificados y cuatro variedades comerciales de papa en el distrito de Chugay, con agricultores y un panel entrenado en laboratorio.
- ✓ Determinar el contenido de hierro, zinc y vitamina C en los tubérculos de treinta clones biofortificados y cuatro variedades comerciales de papa en el distrito de Chugay, región La Libertad.

1.3. Hipótesis

Al menos tres de los treinta clones biofortificados demostrarán un rendimiento superior, una calidad organoléptica mejorada y un mayor valor nutricional en comparación con las cuatro variedades comerciales de papa en Chugay, región La Libertad.

CAPÍTULO II

2. Revisión de literatura

2.1. Antecedentes

Oxa (2022) realizó el estudio en Ccorca, Cusco, durante la campaña agrícola 2018-2019. El objetivo fue seleccionar, con criterios agronómicos de agricultores y técnicos, los ocho mejores clones biofortificados de papa para promover su liberación en la Sierra Sur del Perú. Se evaluaron 34 genotipos (30 clones y 4 variedades testigo) usando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Los mejores clones (BIOT-721.245, BIOT-637.001, BIOT-609.247, BIOT-871.043, BIOT-725.024, BIOT-767.014, BIOT-621.097 y BIOT-721.036) presentaron concentraciones de hierro entre 31.26 y 22.07 mg/kg y de zinc entre 13.56 y 11.27 mg/kg, superando a las variedades testigo. El rendimiento de estos clones varió entre 46.43 y 35.02 toneladas por hectárea. La selección participativa varietal mostró coincidencias significativas entre agricultores en diferentes etapas de evaluación, con coeficientes de correlación $r=0.47$, $r=0.81$ y $r=0.56$.

Leiva (2021) comparó 30 clones de papa biofortificada con altos niveles de Fe y zinc con cuatro variedades comerciales (Ccompis, Yungay, Serranita y Canchan) durante la temporada agrícola de 2019 en Cajamarca. La metodología involucró a agricultores locales en la selección de variedades durante las etapas de cultivo, utilizando un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con 3 repeticiones y 34 tratamientos. El clon BIO.T-725.047 se destacó por su contenido de Fe (27.8 mg/kg DW), superando a las variedades Canchan (13.4 mg/kg DW) y Yungay (17.0 mg/kg DW). En cuanto al contenido de Zn y vitamina C, los clones BIO.T-725.047, BIO.T-751.021 y BIO.T-764.006 sobresalieron. Los clones con mejores índices de selección fueron BIO.T-721.074, BIO.T-721.245, BIO.T-721.163, BIO.T-721.286, BIO.T-633.294, BIO.T-751.025, BIO.T-721.038 y BIO.T-735.105, mostrando un buen desempeño en floración, cosecha, postcosecha y pruebas de laboratorio.

Tito (2017) realizó un estudio para determinar los niveles de Fe, Zn y vitamina C en 20 clones de papa mejorada diploides biofortificadas del Centro Internacional de la Papa en Tacsana, Yauli, Huancavelica (3750 msnm). Utilizando un diseño de DBCA con tres bloques y 60 unidades experimentales, evaluó variables como vitamina C, Zn, Fe y rendimiento. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los clones. El clon 13 tuvo el mayor contenido de hierro (31.67 mg/kg), el clon 14 el mayor contenido de zinc (15.003 mg/kg), la variedad Amarilla (clon 1) el mayor contenido de vitamina C (49 mg/100g), y el clon 3 el mayor rendimiento (28.378 t/ha). Las heredabilidades para vitamina C, Zn, Fe y rendimiento fueron 0.83, 0.49, 0.74 y 0.57, respectivamente, indicando que estos atributos pueden mejorarse mediante mejoramiento genético.

Gabriel et al. (2014; 2016) evaluaron 11 variedades y 8 clones mejorados de papa en Tiraque, Cochabamba, en 2012, para medir los niveles de Fe y Zn en los tubérculos, utilizando absorción atómica en el laboratorio del I.T.A. de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. La variedad Chota Ñawi presentó los niveles más altos de Fe (10.50 mg/kg) y Zn (6.10 mg/kg) en base seca. Las variedades Puyjuni Imilla, Morita y P'alta Chola tuvieron niveles moderados de Fe (7.90 mg/kg), mientras que la variedad Tempranera y los clones 00-218 y 00-330-14 mostraron niveles moderados de Zn (3.90-4.10 mg/kg). Se encontró una correlación positiva, moderada y significativa ($r = 0.49$) entre los contenidos de hierro y zinc en las variedades estudiadas.

Ortega (2014) estudió 15 genotipos de papa en dos localidades para determinar sus niveles de hierro y zinc y la influencia de factores genéticos, ambientales o su interacción. Utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 3 repeticiones, encontró que la variedad INIAP-Victoria tuvo el mayor rendimiento (1.45 kg/planta) y el contenido más alto de hierro (76.15 ppm). El clon 07-40-1 destacó en contenido de zinc (30.25 ppm). Los valores de heredabilidad para Fe y Zn fueron 0.33 y 0.23, respectivamente.

2.2. Marco teórico

2.2.1. La papa

La papa es un cultivo de gran relevancia mundial, especialmente en los países latinoamericanos, donde desempeña un papel importante en las actividades agrícolas y tiene un impacto significativo tanto a nivel social como económico. Debido a su alto consumo global, la papa es esencial para la seguridad alimentaria. Este tubérculo es un componente fundamental de la dieta familiar, ya que 100 gramos aportan una cantidad significativa de nutrientes esenciales para la salud. Por ejemplo, contiene el 5% del valor diario sugerido de calorías, 2% de proteína, 22% de vitamina C, 10% de ácido fólico, 13% de fibra, 16% de potasio, 9% de magnesio y 15% de vitamina B6. Esto resalta la importancia nutricional de la papa en la alimentación diaria de muchas personas en el mundo (Singh et al., 2016).

2.2.2. Fitomejoramiento

Según Cuesta et al. (2015), el mejoramiento genético se refiere a la creación de nuevas variedades que exhiben características agronómicas idóneas, como resistencia a factores bióticos y abióticos, así como cualidades relacionadas con la calidad. Este proceso implica la producción de variedades con una estructura genética mejorada, directamente vinculada a las demandas y requerimientos de la sociedad. La "mejora" se refiere a aspectos como mayor rendimiento, mejor sabor y color, maduración temprana, y tolerancia y resistencia a enfermedades.

El mejoramiento genético también incluye la producción de variedades de cultivos con mejoras en micronutrientes esenciales (Sheoran et al., 2022; Dhaliwal et al., 2022; Shahzad et al., 2021). La biofortificación mediante mejoramiento de plantas busca aumentar la concentración y bioaccesibilidad de minerales en los cultivos, utilizando las diferencias genéticas entre especies similares (Sheoran et al., 2022; Marques et al., 2021).

Inicialmente, el enfoque del mejoramiento de plantas se centraba en el rendimiento y las características agronómicas de los cultivos. Sin embargo, las técnicas recientes también promueven la calidad nutricional (Stangoulis & Knez, 2022; Dhaliwal et al., 2022). Estas técnicas deben basarse en la introducción de genotipos que mejoren la absorción, transporte y redistribución de minerales para aumentar la eficiencia de la biofortificación (Lal et al., 2020). Para lograrlo, es necesario mejorar la movilidad de los minerales en los vasos del floema, responsables de redistribuir y removilizar estos minerales (Lal et al., 2020). La translocación y redistribución de Zn desde el brote a los frutos o porciones comestibles de los cultivos ha sido un desafío debido a la baja movilidad de Zn en los vasos del floema, lo que resulta en concentraciones más bajas de Zn en las porciones comestibles en comparación con las hojas o el sistema de raíces (Lal et al., 2020; Buturi et al., 2021).

Existen tres técnicas principales para el mejoramiento de plantas: mejoramiento convencional, mejoramiento molecular y mejoramiento por mutación (Singh et al., 2016; Sheoran et al., 2022).

2.2.3. *Mejoramiento convencional*

El mejoramiento convencional es la forma más común y aceptada de mejoramiento de plantas para la biofortificación (Amoros et al 2020; Sheoran et al., 2022; Garg et al., 2018). Mejorando la calidad nutricional de los cultivos sin comprometer otras características agronómicas (Stangoulis & Knez, 2022); (Sheoran et al., 2022); Dhaliwal et al., 2022). La biofortificación a través del mejoramiento convencional implica cruzar cultivos con características genotípicas de alta densidad de nutrientes y otras características agronómicas para que se produzcan nuevas variedades con características agronómicas y de nutrientes deseables (Garg et al., 2018; Salas et al 2021).

Requiere identificar las variedades biodiversas de cultivos, evaluar las características y las cantidades de nutrientes objetivo en estas variedades y determinar las implicancias de las condiciones de crecimiento en la estabilidad de estas características (Shelenga et al., 2021). Actualmente, se han lanzado alrededor de 299 variedades biofortificadas en más de 30 países a través de la reproducción convencional (Dhaliwal et al., 2022). Un cultivo típico biofortificado a través del mejoramiento convencional del camote de pulpa anaranjada "Orange-Fleshed sweet Potato" (OFSP), que ha sido biofortificado con provitamina A y con características de mayor rendimiento (Marques et al., 2021; Dhaliwal et al., 2022; Kumar et al., 2021). El Maíz Proteico de Calidad (QPM) también es un producto de mejoramiento convencional (Singh et al., 2016; Sheoran et al., 2022). Otros ejemplos recientes de biofortificados incluyen variedades de trigo biofortificado, "Zincol" y "Akbar-2019" lanzadas en 2015 y 2019, con contenidos mejorados de Fe y Zn, frijoles biofortificados con Fe y mandioca y maíz biofortificados con provitamina A (Shahzad et al., 2021; Marques et al., 2021; Van Der Straeten et al., 2020).

2.2.4. Biofortificación

La biofortificación es el proceso mediante el cual se cultivan cultivos alimentarios para mejorar su valor nutricional. Los proyectos de biofortificación se concentran principalmente en potenciar el hierro, el zinc y el carotenoide provitamina A en diferentes cultivos alimentarios a través del fitomejoramiento o agronómicamente (fertilizante mineral); algunos proyectos también han biofortificado con aminoácidos y proteínas. Ejemplos de proyectos de biofortificación incluyen la biofortificación con hierro de arroz, frijoles, maíz y camote; biofortificación con zinc de trigo, arroz, frijoles, camote y maíz; y biofortificación con vitamina A de camote, maíz y yuca.

La investigación sobre biofortificación ha identificado las ventajas de este enfoque, específicamente se dirige a familias pobres que viven en áreas rurales remotas con restringido o nulo acceso a alimentos fortificados industrialmente. Estas familias a menudo

dependen de la agricultura de subsistencia, de esta forma pueden cultivar, consumir y vender sus propios cultivos fortificados. Además, cuando se enfoca correctamente, la biofortificación puede permitir que los sistemas alimentarios proporcionen alimentos más nutritivos de manera rentable (Álvarez, & Boy, 2019). En el norte de Mozambique, un estudio de 2019, De Brauw et al. (2019) encontró que la introducción de batatas anaranjadas (OFSP) a los agricultores aumentó la ingesta de vitamina A entre las mujeres en etapa reproductiva y los niños, y mejoró la ingesta de vitamina A (con impactos a largo plazo en la ingesta de vitamina A).

Las dietas pobres en nutrientes basadas en cultivos básicos (tubérculos y cereales) generalmente conducen a múltiples deficiencias de micronutrientes, pero la biofortificación puede aumentar el valor nutricional de un cultivo utilizando técnicas tradicionales de mejoramiento y biofortificación agronómica. Sin embargo, la biofortificación a través de la ingeniería genética, que permite la introducción simultánea de múltiples micronutrientes en un solo cultivo, podría respaldar mayores niveles de múltiples micronutrientes en un solo cultivo alimentario y una acumulación de alto nivel de micronutrientes (Van Der Straeten et al., 2020).

2.2.5. Importancia de los minerales (Hierro y Zinc) en el ser humano

El hierro (Fe) es esencial para la síntesis de hemoglobina y el funcionamiento de los glóbulos rojos en el transporte de oxígeno y la producción de energía (Ilardi et al., 2021). Además, contribuye al desarrollo del cerebro, el metabolismo celular y las funciones enzimáticas (Godswill et al., 2020; McCann et al., 2020; Cornelissen et al., 2019). La deficiencia de Fe en niños puede disminuir sus niveles de actividad física, respuestas inmunes, desarrollo cerebral y control perceptual (Savarino et al., 2021). Los adolescentes tienen mayores necesidades de Fe debido a su importancia en el desarrollo muscular y la formación de nuevos glóbulos rojos, especialmente en las adolescentes que experimentan la menstruación (Savarino et al., 2021). Las mujeres embarazadas y lactantes también

requieren más Fe para satisfacer las necesidades del bebé (Godswill et al., 2020; Ilardi et al., 2021). La ingesta diaria recomendada de Fe es de 7 a 11 mg para niños, 13 mg para adolescentes y 18 mg para adultos (Savarino et al., 2021; Godswill et al., 2020).

El zinc (Zn) es crucial para los niños, ya que regula las hormonas del crecimiento, promueve la inmunidad celular y apoya el sistema gastrointestinal (Savarino et al., 2021; Ilardi et al., 2021). Durante la adolescencia, el rápido crecimiento aumenta los requerimientos de Zn (Savarino et al., 2021), necesario también para las actividades enzimáticas en adolescentes y adultos (Godswill et al., 2020). La deficiencia de Zn puede provocar retraso en el crecimiento, pérdida de apetito y debilitamiento del sistema inmunológico (Savarino et al., 2021). La ingesta diaria recomendada de Zn es de 2.9 a 4.3 mg para niños, con un máximo de 7 mg, y 11 mg para adolescentes y adultos (Savarino et al., 2021; Godswill et al., 2020; Chouraqui et al., 2020).

2.2.6. Importancia de la vitamina C en el ser humano

También denominada ácido ascórbico, la vitamina C desempeña un papel fundamental en las reacciones enzimáticas y no enzimáticas, y actúa como antioxidante, mejorando el sistema defensivo del cuerpo contra enfermedades tanto en niños como en adultos (Marcos, 2021; Siegel & Morton, 1977). La deficiencia de vitamina C puede manifestarse a través de síntomas como cansancio, pérdida de peso y escorbuto (Rowe & Carr, 2020). La ingesta diaria recomendada de vitamina C es de 20 mg para niños y 90 mg para adultos (Savarino et al., 2021; Godswill et al., 2020).

2.3. Definición de términos

2.3.1. Clon

Es el conjunto de plantas que presentan una caracterización idéntica entre ellas y se reproducen vegetativamente (Egúsquiza, 2000).

2.3.2. Selección participativa de variedades de papa (SPV)

Esta estrategia integrada en el diseño Mamá y Bebé brinda la oportunidad para que las personas expresen sus percepciones, experiencias y saberes valiosos, reconociendo que tanto hombres como mujeres pueden tener perspectivas diversas (De Haan et al., 2017).

2.3.3. Azúcares reductores

Según Morales et al. (2018), la determinación precisa de los azúcares en la papa es fundamental tanto para propósitos científicos como comerciales. Los principales azúcares presentes en este tubérculo son glucosa, fructosa y sacarosa.

2.3.4. Compuestos fenólicos

Estos compuestos ayudan a equilibrar las especies reactivas de oxígeno y se encuentran en una variedad de alimentos, incluyendo vegetales y frutas (Taboada & Liliana, 2023).

2.3.5. Seguridad alimentaria

El término "seguridad alimentaria" tiene sus raíces en los esfuerzos históricos por erradicar el hambre y la pobreza mundial después de la Segunda Guerra Mundial (Bianchi & Szpak, 2016).

2.3.6. Evaluación organoléptica

La evaluación organoléptica implica la prueba de características perceptibles por los sentidos, como el sabor, la textura, la astringencia (detectable en la boca) y el aroma (detectable en la nariz) (De Haan et al., 2017).

CAPÍTULO III

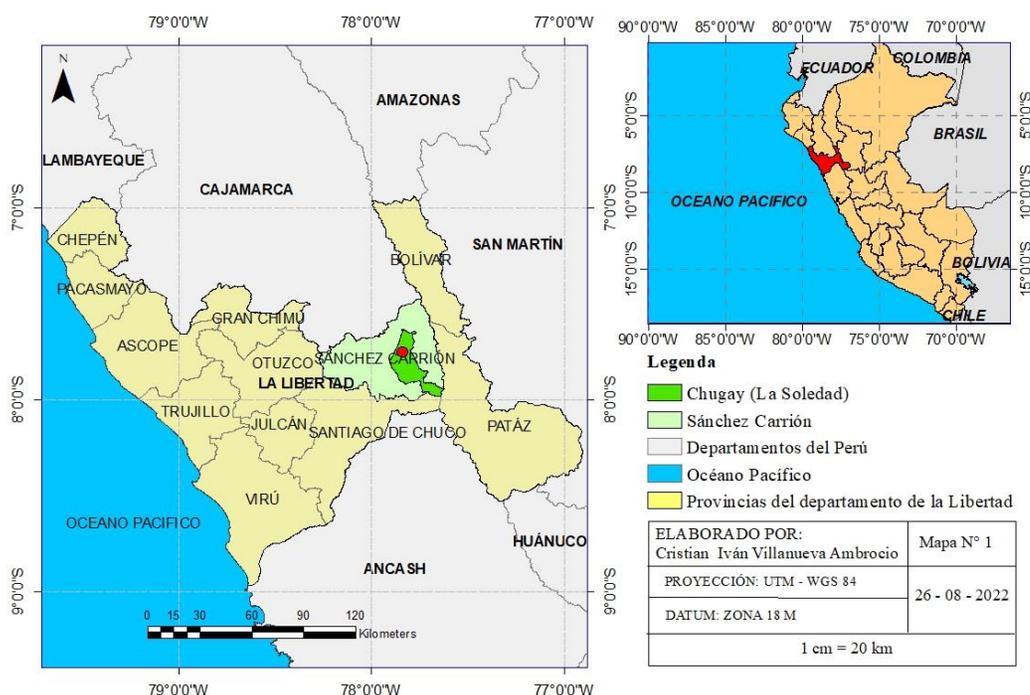
3. Materiales y métodos

3.1. Ubicación geográfica

El estudio se llevó a cabo en el caserío La Soledad, ubicado a 3,764 metros sobre el nivel del mar, en el distrito de Chugay, provincia de Sánchez Carrión, región La Libertad, con coordenadas: 9138797N y 183621E (Figura 1).

Figura 1

Mapa de ubicación de campo experimental.



3.2. Características climáticas de la zona

3.2.1. Temperatura

El clima es mayormente suave, cálido y templado, con una temperatura promedio de 10.5 °C. El mes más cálido del año es enero, con una temperatura promedio de 11.5 °C, mientras que junio registra las temperaturas más bajas, con un promedio de 9.3 °C.

3.2.2. Precipitación

La precipitación anual alcanza los 995 mm. Junio registra la precipitación más baja, con un promedio de 17 mm, mientras que marzo presenta la mayor cantidad de precipitación, con un promedio de 162 mm.

3.3. Características del suelo

Durante los cinco años anteriores al inicio del trabajo experimental, el campo estuvo en descanso, gestionado con un sistema de rotación de cultivos que incluyó papa, avena, chocho, haba y períodos de descanso. La caracterización físico-química del suelo se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Agrícola "Valle Grande" en Cañete, Lima (Ver Anexo A). Los resultados del análisis de suelo indican lo siguiente: El pH del suelo es 4.1, la textura es franco, el contenido de Fe es de 213 ppm y el de Zn es de 0.55 ppm. El pH extremadamente ácido no es ideal para el desarrollo óptimo del cultivo de papa, que requiere un pH entre 5.5 y 7.0. Aunque la textura del suelo es adecuada, el contenido de Fe es alto y el de Zn es bajo.

3.4. Disposición experimental

3.4.1. Tratamientos en estudio

Los tubérculos semilla de treinta clones de papa biofortificados provenientes del Programa de Mejoramiento de Cultivos del CIP y cuatro variedades comerciales de papa (Cachan, Yungay, Serranita y Ccompis) que se utilizaron como testigos. El proceso de obtención de los clones biofortificados fue iniciado por el CIP en el año 2005, en el 2012 se realizó su tetraploidización y actualmente se encuentran en el primer ciclo de la selección recurrente con el objetivo de incrementar los contenidos de Fe y Zn a nivel de tubérculo (Tabla 1).

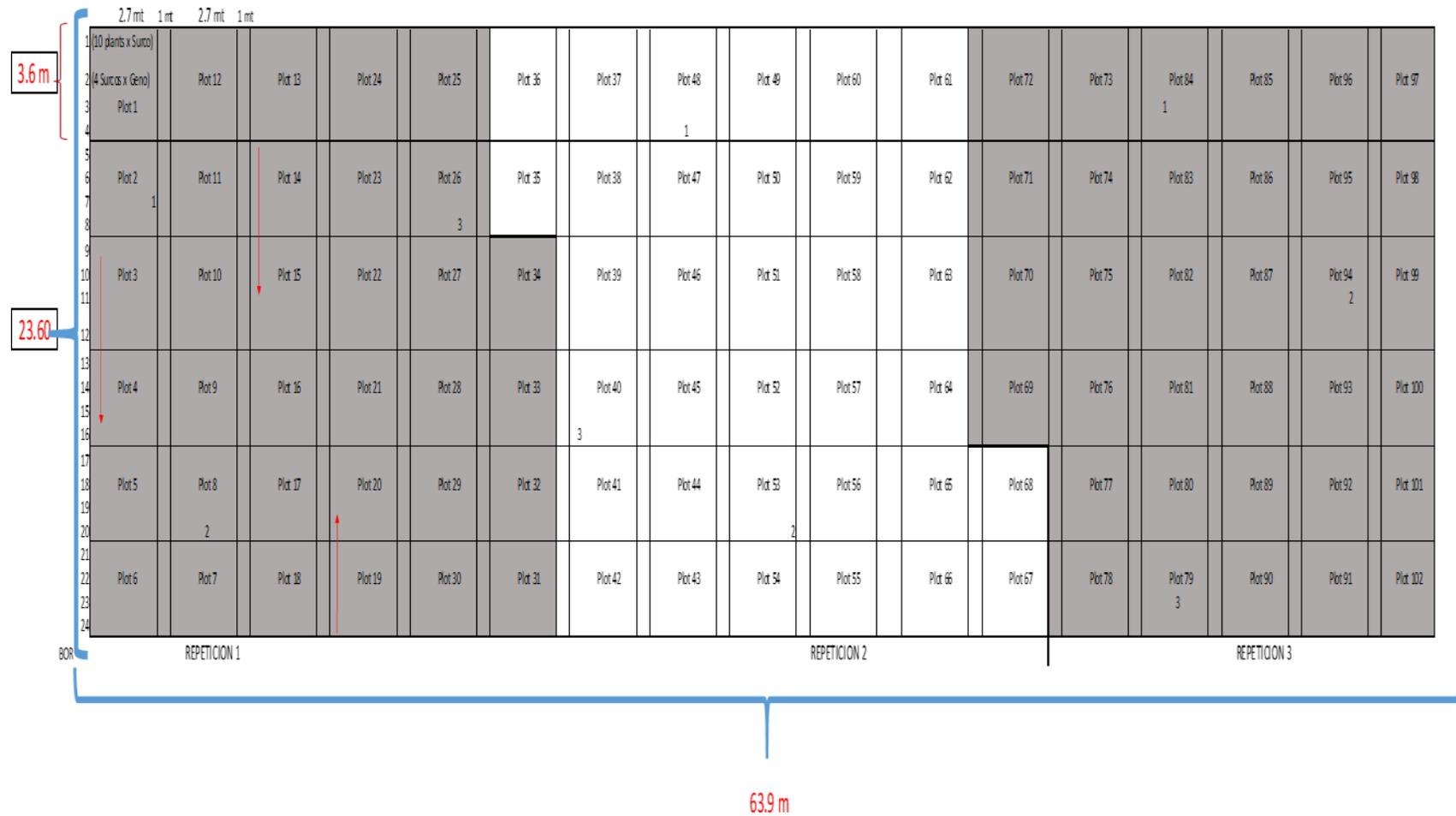
Tabla 1

Identificación de los clones y variedades que constituyen los tratamientos en estudio

N°	Número Institucional CIP	Código de Mejorador	Progenitor Hembra	Progenitor Macho
1	CIP312507.311	BIOT-507.311	CIP391058.175	CIP306416.68
2	CIP312507.312	BIOT -507.312	CIP391058.175	CIP306416.68
3	CIP312609.247	BIOT -609.247	CIP393083.2	CIP306416.68
4	CIP312621.069	BIOT -621.069	CIP393382.44	CIP306416.68
5	CIP312621.097	BIOT -621.097	CIP393382.44	CIP306416.68
6	CIP312633.294	BIOT -633.294	CIP393536.13	CIP306416.68
7	CIP312637.001	BIOT -637.001	CIP393536.13	CIP306418.69
8	CIP312637.089	BIOT -637.089	CIP393536.13	CIP306418.69
9	CIP312682.042	BIOT -682.042	CIP394600.52	CIP306416.68
10	CIP312686.019	BIOT -686.019	CIP394600.52	CIP306418.69
11	CIP312721.036	BIOT -721.036	CIP395017.229	CIP306416.68
12	CIP312721.038	BIOT -721.038	CIP395017.229	CIP306416.68
13	CIP312721.074	BIOT -721.074	CIP395017.229	CIP306416.68
14	CIP312721.163	BIOT -721.163	CIP395017.229	CIP306416.68
15	CIP312721.245	BIOT -721.245	CIP395017.229	CIP306416.68
16	CIP312721.286	BIOT -721.286	CIP395017.229	CIP306416.68
17	CIP312725.024	BIOT -725.024	CIP395017.229	CIP306418.69
18	CIP312725.047	BIOT -725.047	CIP395017.229	CIP306418.69
19	CIP312725.050	BIOT -725.050	CIP306418.69	CIP395017.229
20	CIP312725.067	BIOT -725.067	CIP395017.229	CIP306418.69
21	CIP312735.105	BIOT -735.105	CIP395017.242	CIP306416.68
22	CIP312747.056	BIOT -747.056	CIP395112.32	CIP306416.68
23	CIP312751.021	BIOT -751.021	CIP395112.32	CIP306418.69
24	CIP312751.025	BIOT -751.025	CIP395112.32	CIP306418.69
25	CIP312763.051	BIOT -763.051	CIP395443.103	CIP306416.68
26	CIP312763.441	BIOT -763.441	CIP395443.103	CIP306416.68
27	CIP312764.006	BIOT -764.006	CIP395443.103	CIP 306418.1
28	CIP312767.014	BIOT -767.014	CIP395443.103	CIP 306418.69
29	CIP312787.011	BIOT -787.011	CIP397060.19	CIP 306418.69
30	CIP312871.043	BIOT -871.043	CIP780278	CIP 306418.69
31	CIP380389.1	Canchan-INIA	BL-1.2	MURILLO III-80
32	CIP391691.96	INIA Serranita	309; 381381.9	LB-CUZ.1
33	CIP720064	Yungay	(SEQUOIA EARLINE)	x 720020= ([Huagalina x Renacimiento (JIRUCO x SUITO)])
34	Ccompis			

Figura 2

Croquis del campo experimental y distribución de tratamientos.



3.4.2. *Diseño experimental*

El experimento se llevó a cabo siguiendo los lineamientos del Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con treinta y cuatro tratamientos y tres repeticiones. Antes de realizar los análisis, se efectuaron pruebas para verificar la homogeneidad y la normalidad de los datos, así como la varianza. Las características del campo experimental se detallan en la Figura 2 y la Tabla 2.

3.4.3. *Campo experimental*

Tabla 2

Características del campo experimental

Bloques	Características
Número	3
Área neta (m)	408
Parcela	
Número por bloque	34
Número de surcos por parcela	4
Largo de parcela (m)	2.7
Ancho de parcela (m)	3.6
Número de plantas por parcela	40
Distancia entre plantas (m)	0.30
Distancia entre surcos (m)	0.90
Área de parcela (m)	9.72
Número de surcos a evaluar	408
Calles	
Número de calles	18
Ancho de calle (m)	1
Largo de calle (m)	23.6
Área del campo experimental (m)	1358.64

3.5. **Material experimental**

3.5.1. *Características de clones de papa*

Las papas biofortificadas contienen un promedio de 30% más de hierro y 20% más de zinc en comparación con las papas no biofortificadas. Cuando mencionamos papas no biofortificadas, nos referimos tanto a las diversas variedades de papas nativas (que incluyen más de 3,000 variedades) como a las papas mejoradas (que incluyen alrededor de 50 variedades) desarrolladas para obtener un mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, pero no mejoradas para aumentar sus niveles de hierro y zinc.

3.5.2. Materiales de campo, herramientas y equipos

Estacas, rafia, etiquetas, libreta de campo, regla graduada, wincha, balanza con aproximación al gramo, calculadora, cámara fotográfica, computadora, palana, lampa, zapapico y mochila.

3.5.3. Insumos

Abonos: Estiércol de ovino, nitrato de amonio (NH_4NO_3), fosfato di amónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) y cloruro de potasio (KCl).

3.6. Metodología de manejo de experimento y recolección de información

3.6.1. Preparación del terreno

Se llevó a cabo el arado con yunta hasta una profundidad de 20 cm, que incluye la roturación del suelo comenzando con el barbecho, seguido de cinco pasadas cruzadas y finalmente el surcado. Se preparó un área total de 1358.64 m². Posteriormente, se tomaron muestras de suelo a nivel de la capa arable para realizar el análisis físico-químico correspondiente. Aproximadamente un mes antes de la última pasada cruzada, se aplicó cal siguiendo las recomendaciones del análisis de suelos realizado en el Laboratorio de Química Agrícola “Valle Grande” en Cañete, Lima.

3.6.2. Siembra

Se llevó a cabo de manera manual, con la participación de técnicos de campo de la Asociación Pataz, el representante del CIP y 32 productores de la Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Jerusalén, con el objetivo de realizar la entrega de semillas de clones biofortificados y la siembra de la parcela en el caserío La Soledad.

Antes de la siembra, se realizó una selección de semillas, utilizando un tubérculo por golpe. Se sembraron 4 surcos por cada tratamiento, con 10 plantas por surco. La siembra se llevó a cabo en surcos espaciados a 0.9 m entre sí y a 0.3 m entre golpes. La densidad de siembra se estimó en 37,037 plantas por hectárea.

3.6.3. Fertilización

Se realizó una fertilización localizada conforme a las recomendaciones del análisis de suelo. Se emplearon 15 sacos de estiércol de ovino (30 Kg cada uno), aplicados a razón de 110 g por planta (equivalente a 136 sacos por hectárea). Esta fuente orgánica se complementó con una mezcla química NPK en la proporción 120 – 120 – 100, administrada en dos etapas: el 50% durante la siembra y el 50% restante durante el deshierbo.

Durante la siembra, se distribuyeron 3.92 Kg de Nitrato de amonio, 25.86 Kg de Fosfato diamónico y 16.52 Kg de Cloruro de potasio, equivalentes a 35.58 Kg de nitrato de amonio, 234.75 Kg de fosfato diamónico y 149.96 Kg de cloruro de potasio por hectárea.

En el momento del deshierbo, se aplicaron adicionalmente 18.03 Kg de Nitrato de amonio, proporcionando un total de 163.67 Kg de nitrato de amonio por hectárea.

3.6.4. Deshierbo

El trabajo se realizó manualmente cuando la altura promedio del cultivo era de entre 15 y 20 cm, es decir, a los 43 días después de la siembra. En esta labor participaron los agricultores de la asociación mencionada.

3.6.5. Controles fitosanitarios

Se realizaron las actividades tomando como referencia una evaluación previa de plagas y enfermedades en toda la parcela, y considerando los umbrales de acción de cada plaga y enfermedad que afectan al cultivo de papa.

Las plagas presentes durante el desarrollo vegetativo del cultivo fueron:

Gusano de tierra (*Agrotis* sp): Para su control se aplicó LORSBAN 4E (Clorpirifos) a una dosis de 50 ml por mochila de 20 L en forma de drench.

Pulguilla Saltona (*Epitrix* spp) y el Gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp): Para su prevención y control se aplicó REGENT SC (Fipronil) a una dosis de 25 ml por mochila de 20L en tres momentos claves:

Primera aplicación: cuando el cultivo presentaba un 50% de emergencia.

Segunda aplicación: 3 días antes del deshierbo.

Tercera aplicación: 3 días antes del aporque.

Mosca minadora (*Liriomyza* spp): Para su control se realizó una aplicación de CICLON (Dimetoato) a una dosis de 25 ml por mochila de 20 L.

La principal enfermedad que se presentó fue la rancha (*Phytophthora infestans*). Para su control se emplearon las siguientes medidas:

Aplicación preventiva de ANTRACOL 70% PM (Propineb) a una dosis de 50 g por mochila de 20 L.

Posteriormente, se aplicó Fitoraz (Propineb + cymoxanil) con aplicaciones cada 8 días, alternando con Acrobat (Dimetomorf y mancozeb) a una dosificación de 50 g por mochila de 20 L, realizándose un total de ocho aplicaciones.

3.6.6. Riegos

No se realizaron porque la parcela se encontraba en una zona de secano y el cultivo dependía exclusivamente de las precipitaciones locales.

3.6.7. Aporque

Para su ejecución, primero se evaluó el estado de desarrollo de los estolones con el fin de realizar el aporque cuando se diferenciara la formación del gancho, indicador del inicio de la tuberización. Este trabajo se realizó manualmente a los 67 días después de la siembra, con la participación de los agricultores de la asociación mencionada.

3.6.8. Cosecha

3.6.8.1. Época de cosecha. El momento oportuno para cosechar el cultivo de papa es cuando las hojas están amarillentas y los tallos decaídos. Al evaluar la maduración, se debe observar que la cutícula del tubérculo no se desprende fácilmente al frotarla.

3.6.8.2. Corte de tallo. Se realizó antes de los quince días del inicio de la cosecha, empleando una hoz. Cosechar sin cortar el tallo podría provocar que la cutícula de los tubérculos se desprenda, lo que reduciría su valor comercial, a menos que se permita que el follaje se seque por completo.

3.6.8.3. Cosecha. Se realizó manualmente a los 176 días después de la siembra, con la participación de los técnicos de campo de la Asociación Pataz (AP), representantes del CIP, representantes de la UNC y 40 productores de la mencionada asociación.

3.6.9. Almacenamiento de semilla

Durante la cosecha, se seleccionaron 10 tubérculos de papa de tamaño semilla, con un peso aproximado de 60 g, de cada tratamiento y repetición por separado. Estos tubérculos se colocaron en una malla roja, correctamente identificados con etiquetas de corbata plastificadas, y se almacenaron en un almacén rústico con luz difusa.

3.7. Evaluaciones para determinar rendimiento

3.7.1. Uniformidad de las plantas

Los datos fueron colectados a los 86 días luego de la siembra y se efectuó utilizando una escala 1 a 9. (De Haan et al., 2014).

Tabla 3*Escala de uniformidad de la planta*

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

Fuente: De Haan et al. (2014).

3.7.2. Vigor de las plantas

Los datos se colectaron a los 86 días luego de la siembra y se realizó empleando una escala de 1 a 9 (De Haan et al., 2014).

Tabla 4*Escala de vigor de la planta*

Grado	Detalle	Caracterización
1	Muy débil	La totalidad de las plantas resultaron ser pequeñas, a un valor menor a 20 cm, presentan una caracterización de debilidad, pocas hojas, destacándose los tallos de color verde claro y con delgadez.
3	Débil	Aprox. 75% de las plantas resultaron ser pequeñas, a un valor menor a 20 cm, o también la totalidad, se ubicó entre 20 a 30 cm, presentando una caracterización de debilidad, pocas hojas, destacándose los tallos de color verde claro y con mucha delgadez.
5	Intermedio	Se encuentra en nivel normal o intermedio.
7	Vigoroso	Aprox. 75% de las plantas mostraron una altura mayor a 50 cm, presentando una caracterización de robustez, muchas hojas, destacándose los tallos de color verde oscuro y bien desarrolladas.
9	Vigoroso	La totalidad de las plantas mostraron una altura mayor a 70 cm, presentando una caracterización de robustez cubriendo el suelo, muchas hojas, destacándose los gruesos tallos de color verde oscuro y bien desarrolladas.

Fuente: De Haan et al. (2014).

3.7.3. Características biométricas

Las evaluaciones se realizaron en el área de muestreo de cada unidad experimental a los 93 días después de la siembra, específicamente el 2 de marzo de 2019. Esta área de muestreo comprendió los 2 surcos centrales de cada unidad experimental, excluyendo los surcos laterales. Para evitar cualquier influencia debida al borde, se descontaron 0.5 metros a ambos lados de los surcos centrales.

3.7.3.1. Número de tallos. En los surcos centrales designados para la evaluación, se contó el número de tallos en 10 plantas seleccionadas al azar, registrando esta información.

3.7.3.2. Altura de planta. Se midió la altura de las 10 plantas seleccionadas al azar utilizando una cinta métrica, desde la base del suelo hasta la altura máxima del follaje.

3.7.4. Evaluaciones al momento de cosecha

Las actividades se llevaron a cabo a los 176 días después de la siembra con la participación de los agricultores de ambos sexos, hombres y mujeres.

3.7.4.1. Longitud de estolones. La medición del largo de los estolones se efectuó mediante una inspección visual y se registró utilizando una escala que iba del 1 al 9 (De Haan et al., 2014).

Tabla 5

Escala de largo de estolones

Escala	Estado	Descripción
1	Muy corto	Longitud que se hace referencia resultó inferior y a la vez equivalente a los 20 cm.
3	Corto	Longitud que se hace referencia resultó mayor a 20 e inferior y a la vez equivalente a los 40 cm.
5	Intermedio	Longitud que se hace referencia resultó mayor a 40 e inferior y a la vez equivalente a los 60 cm.
7	Largo	Longitud que se hace referencia resultó mayor a 60 e inferior y a la vez equivalente a los 80 cm.
9	Muy largo	Longitud que se hace referencia resultó ser superior en cm: 80.

Fuente: (De Haan et al., 2014).

3.7.4.2. Apariencia del tubérculo. La calificación se ejecutó empleando una escala con valores que van del 1 a 9 (De Haan et al., 2014).

Tabla 6

Escala de apariencia del tubérculo

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

Fuente: De Haan et al. (2014).

3.7.4.3. Uniformidad de tubérculo. La calificación se ejecutó utilizando una escala que abarcaba desde 1 hasta 9 (De Haan et al., 2014).

Tabla 7

Escala de uniformidad de tubérculo

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

Fuente: De Haan et al. (2014).

3.7.4.4. Tamaño de tubérculo. Esta evaluación se ejecutó utilizando una escala que abarcaba desde 1 hasta 9. (De Haan et al., 2014).

Tabla 8

Escala de tamaño que muestra el tubérculo

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

Fuente: De Haan et al. (2014).

3.7.4.5. Número de tubérculos comerciales por parcela. La categorización de los tubérculos se realizó siguiendo las prácticas locales, dividiéndolos en categorías de primera y segunda, abarcando todo lo que se vende en el mercado.

$$NMTP = NMTCI + NMT CII$$

3.7.4.6. Peso de tubérculos comerciales por parcela. Se realizó el pesaje de dichos tubérculos en kilogramos.

$$MTWP = MTWCI + MTWCII$$

3.7.4.7. Rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} .

$$MTYA = \frac{\text{Peso de tubérculo comercial por planta} \times \text{Densidad de planta}}{1000}$$

3.7.4.8. Peso promedio de tubérculos comerciales (g).

$$ATMW = \frac{\text{Peso de tubérculos comerciales por parcela}}{\text{Número de tubérculos comerciales por parcela}} \times 1000$$

3.7.4.9. Número total de tubérculos / parcela.

$$TNTP = \text{Núm. de tub. comerciales} + \text{Núm. de tub. no comerciales} + \text{Núm. de tub. Descarte.}$$

3.7.4.10. **Peso total de tubérculos / parcela.**

TTWP= Peso de tub. comerciales + Peso de tub. no comerciales + Peso de tub. Descarte.

3.7.4.11. **Rendimiento total de tubérculos ajustado a tha^{-1} .**

$$\text{TTYA} = \frac{\text{Peso total de tubérculo por planta} \times \text{Densidad de planta}}{1000}$$

3.7.4.12. **Peso promedio de tubérculos.**

$$\text{ATW} = \frac{\text{Peso total de tubérculos por parcela}}{\text{Número total de tubérculos por parcela}} \times 1000$$

3.8. **Evaluación de la calidad organoléptica (apariencia, sabor y textura)**

3.8.1. **Evaluación organoléptica con agricultores**

Según la investigación de De Haan et al. (2017), la adopción de una nueva variedad de papa está influenciada por los atributos de preferencia relacionados con la cocina local y el desempeño de los clones en sus propiedades organolépticas. Esta evaluación incluye la degustación de características perceptibles a través de los sentidos, como sabor, textura, astringencia y aroma. El enfoque se centra en la apariencia, sabor y textura de los clones y variedades recién cosechadas, con evaluaciones realizadas primero en el campo con agricultores locales y luego en laboratorio con un grupo especializado.

Las muestras de papa se cocinan y se presentan en platos identificados con códigos para su evaluación. Los "paneles" de evaluación, compuestos por 5 a 6 agricultores (al menos la mitad mujeres), evaluaron 4 controles. Los panelistas reciben instrucciones sobre los componentes clave de la evaluación organoléptica y deben calificar las muestras individualmente, sin discutir ni buscar consenso, utilizando un formulario de evaluación.

La apariencia se refiere al aspecto de las papas después de hervirlas, evaluada visualmente antes de probarlas. Las opciones son: Excelente (sin oscurecimiento, 5 puntos), Regular (oscurecimiento moderado, 3 puntos) y Pobre (oscurecimiento fuerte, 1 punto). El sabor se evalúa al probar las papas: Excelente (sabor agradable, 5 puntos), Regular (sabor

aceptable, 3 puntos) y Pobre (sabor amargo/picante, 1 punto). La textura se refiere a la sensación en boca, relacionada con el contenido de almidón o materia seca: Harinosa (seca y granulosa, 5 puntos), Intermedia (ni acuosa ni seca, 3 puntos) y Blanda o aguachenta (acuosa, 1 punto).

Los resultados de las evaluaciones se recogen y se informan a todos los involucrados, sirviendo para planificar actividades futuras como evaluaciones postcosecha o ensayos para la próxima temporada. Este proceso se puede repetir en otros entornos, como centros urbanos, ferias, mercados, supermercados o restaurantes.

3.8.2. Evaluación organoléptica con panel entrenado en laboratorio

Las muestras de papa se cocinan y se presentan en platos identificados con códigos para su evaluación. Los "paneles" de evaluación, compuestos por 5 a 6 personas entrenadas (al menos la mitad mujeres), evaluaron 4 controles. Los panelistas reciben instrucciones sobre los componentes clave de la evaluación organoléptica y deben calificar las muestras individualmente, sin discutir ni buscar consenso, utilizando un formulario de evaluación.

La evaluación de la apariencia se refiere al aspecto de las papas después de hervirlas, evaluada visualmente antes de probarlas. Las opciones son: Excelente (sin oscurecimiento, 5 puntos), Regular (oscurecimiento moderado, 3 puntos) y Pobre (oscurecimiento fuerte, 1 punto). El sabor se evalúa al probar las papas: Excelente (sabor agradable, 5 puntos), Regular (sabor aceptable, 3 puntos) y Pobre (sabor amargo/picante, 1 punto). La textura se refiere a la sensación en boca, relacionada con el contenido de almidón o materia seca: Harinosa (seca y granulosa, 5 puntos), Intermedia (ni acuosa ni seca, 3 puntos) y Blanda o aguachenta (acuosa, 1 punto).

3.9. Valor nutricional de los tubérculos

3.9.1. Determinación del contenido de Hierro y Zinc

El análisis de minerales se ejecutó utilizando el método ICP (Espectrometría de Plasma Acoplado Inductivamente), tal como se describe en el estudio previo realizado por Burgos et al. (2007). Estos análisis se ejecutaron en el Laboratorio de Calidad del CIP, con la participación de profesionales especializados en esta área.

Los tubérculos de cada variedad se sometieron a un proceso de limpieza exhaustiva que incluyó el lavado con agua para eliminar cualquier residuo de suelo, luego se pelaron y se lavaron nuevamente con agua destilada para eliminar la piel restante. Posteriormente, se secaron con papel toalla. Los tubérculos pelados se cortaron de forma longitudinal en cuatro secciones, y se tomaron de dos secciones opuestas de ellas de 2 a 3 rodajas, de manera que se obtuvo una muestra de 50 gramos.

Estas muestras se llegaron a congelar de inmediato a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego sometidas a un proceso de liofilización. Posteriormente, se molieron hasta obtener un polvo con una malla de tamaño #40, y este polvo se almacenó a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta el momento del análisis.

El método químico utilizado implicó el pesaje de 0.6 gramos de la muestra liofilizada y molida. Esta muestra se sometió a un proceso de digestión a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ en una solución compuesta por un 70 % en peso de ácido nítrico (HNO_3) y ácido perclórico (HClO_4). Luego, la muestra digerida se analizó para determinar el contenido de Fe y Zn utilizando la técnica de Espectrometría de Emisión por Plasma Inductivo Acoplado (ICP-OES) con un equipo ARL 3580B ICP.

El análisis estadístico de datos cualitativos de la determinación de minerales (Hierro y Zinc) fueron analizados a través de la prueba de Friedman.

3.9.2. Determinación del contenido de vitamina C

El análisis se ejecutó utilizando el método espectrofotométrico descrito previamente por Burgos et al. (2009). Este análisis específico de vitamina C se realizó en las instalaciones del laboratorio de calidad del CIP, por profesionales altamente capacitados en el campo. El procedimiento comenzó con la preparación de los tubérculos sin cocer de cada variedad. Estos tubérculos fueron meticulosamente lavados con agua para eliminar cualquier residuo de suelo y luego se secaron cuidadosamente con papel toalla. Luego, los tubérculos se cortaron de forma longitudinal en cuatro secciones, y de estas se tomaron dos secciones opuestas de las cuales se obtuvieron de 2 a 3 rodajas. Estas rodajas fueron cortadas en pequeños cuadrados que se unieron para formar una muestra de 7.5 gramos, que se empleó para analizar la vitamina C.

El método químico empleado para detallar el contenido de vitamina C se basa en la capacidad de esta vitamina para disminuir el 2,6-Dicloroindofenol. Para ejecutar este análisis, se empleó una muestra de 7.5 gramos, sometiéndose a un proceso de extracción utilizando ácido oxálico y una solución de acetona, en proporciones de 0.4% y 20%, respectivamente. Este proceso de extracción se realizó mediante una homogeneización en un ultraturrax durante 1 minuto a una velocidad de 12,000 rpm.

Una vez completada la extracción, el extracto resultante se filtró por vacío empleando papel filtro Whatman #2 y se transfirió a una fiola de 50 ml junto con la misma solución extractante. Luego, se llevó a cabo la reacción química al mezclar 1 ml del extracto con 9 ml de 2,6-Dicloroindofenol al 1.6% durante 1 minuto. La lectura de la reacción se realizó a una longitud de onda de 520 nm utilizando un espectrofotómetro. La concentración de vitamina C en la muestra se determinó mediante una comparación con una curva estándar de L-ácido ascórbico.

3.10. Otras evaluaciones realizadas

Se realizaron además otras evaluaciones que, aunque no forman parte de los objetivos principales de este trabajo, son igualmente relevantes. Estas evaluaciones incluyen la metodología de selección participativa de variedades de papa en tres momentos clave (floración, cosecha y postcosecha), la cantidad promedio de brotes por tubérculo, el porcentaje de pérdida de peso de los tubérculos en almacenamiento, la determinación del patrón de brotamiento y las evaluaciones en el laboratorio de procesamiento del Centro Internacional de la Papa, que abarcan materia seca, azúcares reductores y calidad de fritura (ver Anexo B).

3.11. Trabajo de gabinete

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis estadístico utilizando varios programas informáticos, como R Studio, SAS (Sistema de Análisis Estadístico) y HIDAP. Estas herramientas facilitaron tanto el análisis cuantitativo como la interpretación de datos cualitativos, presentando los hallazgos en tablas y gráficos.

Para comparar los promedios, se aplicaron pruebas estadísticas como la prueba de Friedman, Waller Duncan, análisis factorial y análisis de componentes principales. Antes de realizar estos análisis, se verificaron la homogeneidad de las varianzas y la normalidad de los datos para asegurar la validez de los resultados.

3.11.1. Modelo aditivo lineal de Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)

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

Donde:

Y_{ij} : es la variable aleatoria que representa la observación (i)-ésima del bloque (j)-ésimo.

μ : es un efecto constante que mide el nivel promedio de respuesta para todas las unidades, denominado media o promedio.

τ_i : es el efecto producido por el nivel i-ésimo del factor principal. Se supone que $\sum_i \tau_i = 0$

β_j : es el efecto producido por el nivel j-ésimo del factor secundario o factor de bloque. Se supone que $\sum_j \beta_j = 0$

μ_{ij} : Las variables aleatorias en cuestión son consideradas como independientes entre sí y siguen una tendencia normal con promedio cero, además de “ σ ” considerada como la “desviación estándar”. Estas variables representan el impacto de todas las demás fuentes de variabilidad en el modelo. De manera similar al modelo de diseño completamente aleatorizado, estas variables se denominan perturbaciones o errores experimentales.

Por lo que nos planteamos las hipótesis siguientes:

Ho : $\tau_i = 0$ (todos los clones o tratamientos son iguales).

Ha : $\tau_i \neq 0$ (al menos un clon o tratamiento es diferente)

Tabla 9*Análisis de varianza (ANOVA)*

Fuentes de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrados
Bloques	$(r-1) = 2$	$\frac{\sum x_j^2}{t} - \frac{(\sum x_j)^2}{rt} = \text{sc. Bloques}$
Tratamientos	$(t-1) = 7$	$\frac{\sum x_j^2}{r} - \frac{x^2}{rt} = \text{sc. Tratamientos}$
Error	$(r-1)(t-1) = 14$	Por diferencia
Total	$(txr-1) = 23$	$\frac{\sum x^2}{ij} - \frac{(\sum x_i)^2}{rt} = \text{sc. Total}$

Fuente: Boqué & Maroto (2004).

3.11.2. Análisis no paramétrico de Friedman ($\alpha=0.05$)

b = número de bloques (repeticiones)

k = número de tratamientos (accesiones)

Chisq: Es el estadístico de Friedman T1

Df: k-1

p.chisq: Es el p valor asociada a una distribución chi-cuadrado con Df

grados de libertad

F: Es el estadístico de Friedman ajustado T2

DFerror: (b-1) (k-1)

p.F: Es el p valor asociada a una distribución F con k1 = Df y k2 = DFerror

grados de libertad

3.11.3. *Modelo Aditivo Lineal con 2 factores bajo el Diseño de Bloques*

Completos al Azar (DBCA)

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = Observación realizada en el tratamiento resultante de combinar el nivel i del factor G con el j del factor D en el Bloque k

R_k = Efecto del Bloque k .

A_i = Efecto del nivel i del factor A

B_j = Efecto del nivel j del factor B

$(AB)_{ij}$ = Efecto de interacción del nivel i del factor A con el nivel j del factor B .

e_{ijk} = Efecto aleatorio.

CAPÍTULO IV

4. Resultados y discusión

4.1. Evaluaciones para determinar rendimiento

4.1.1. Uniformidad de la planta

Los datos de evaluación se recopilaron 86 días después de la siembra y se calificaron en una escala del 1 al 9. La mediana de las calificaciones en el ensayo experimental fue de 7, indicando que el 75% de las plantas presentaron una etapa de crecimiento, vigor y altura uniformes, con valores mínimos y máximos de 7 y 9, respectivamente. La prueba estadística de comparación de Friedman mostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos (puntuación $F = 0.000$) (ver Anexo C).

El análisis de Friedman clasificó los genotipos en tres grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo se encuentran los clones biofortificados: BIOT-721.038, BIOT-721.245, BIOT-787.011, y las variedades Serranita, Yungay, y Ccompis. Estos genotipos presentaron un rango uniforme de grado 9, indicando que el 100% de las plantas en este grupo exhibieron una altura, vigor y etapa de crecimiento uniformes.

En el segundo grupo estadístico se identificó al clon biofortificado BIOT-725.024. En el tercer y último grupo se ubicaron los demás clones biofortificados y la variedad Canchan. Estos últimos grupos presentaron un rango de grado igual a 7, lo que sugiere que el 75% de las plantas en estos grupos mostraron altura, vigor y etapa de crecimiento homogéneos (ver Tabla 10).

Tabla 10

Medianas observadas en uniformidad de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	N	Mediana	Suma de rangos	Grupo estadístico
Ccompis	Ccompis	3	9	94	A
CIP.312721.038	BIOT-721.038	3	9	94	A
CIP.312721.245	BIOT-721.245	3	9	94	A
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	9	94	A
CIP391691.96	Serranita	3	9	94	A
CIP720064	Yungay	3	9	94	A
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	7	60	B
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	7	43	C
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	7	43	C
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	7	43	C
CIP.312621.069	BIOT-621.069	3	7	43	C
CIP.312621.097	BIOT-621.097	3	7	43	C
CIP.312633.294	BIOT-633.294	3	7	43	C
CIP.312637.001	BIOT-637.001	3	7	43	C
CIP.312637.089	BIOT-637.089	3	7	43	C
CIP.312682.042	BIOT-682.042	3	7	43	C
CIP.312686.019	BIOT-686.019	3	7	43	C
CIP.312721.036	BIOT-721.036	3	7	43	C
CIP.312721.074	BIOT-721.074	3	7	43	C
CIP.312721.163	BIOT-721.163	3	7	43	C
CIP.312721.286	BIOT-721.286	3	7	43	C
CIP.312725.047	BIOT-725.047	3	7	43	C
CIP.312725.050	BIOT-725.050	3	7	43	C
CIP.312725.067	BIOT-725.067	3	7	43	C
CIP.312735.105	BIOT-735.105	3	7	43	C
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	7	43	C
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	7	43	C
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	7	43	C
CIP.312763.051	BIOT-763.051	3	7	43	C
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	7	43	C
CIP.312764.006	BIOT-764.006	3	7	43	C
CIP.312767.014	BIOT-767.014	3	7	43	C
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	7	43	C
CIP380389.1	Canchan	3	7	43	C

4.1.2. Vigor de la planta

Los datos de evaluación se recopilaron 86 días después de la siembra, utilizando una escala del 1 al 9. La mediana observada en el ensayo experimental fue de 7, lo que indica que el 75% de las plantas presentaban características como una altura superior a los 50 cm, robustez con tallos gruesos, color verde oscuro, y hojas bien desarrolladas. Los valores mínimos y máximos observados fueron de 5 y 9 grados, respectivamente. La prueba de Friedman, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, mostró diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos (puntuación $F=0.000$) (ver Anexo C).

El análisis de Friedman identificó cuatro grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo se encuentran los clones biofortificados: BIO.T-721.038, BIO.T-721.245, BIO.T-787.011, y las variedades Yungay, Serranita, y Ccompis. Estos genotipos presentaron un rango de grado igual a 9, indicando que todas las plantas en estos grupos superaron los 70 cm de altura y tuvieron una cobertura completa del suelo, con tallos gruesos y un abundante follaje de color verde oscuro.

En el segundo grupo estadístico se encuentra el clon biofortificado BIOT-725.024. En el tercer grupo se presentan otros clones biofortificados y la variedad Canchán, con un grado de 7, lo que indica que el 75% de las plantas presentaron una altura mayor a 50 cm, robustez con follaje bien desarrollado, tallos gruesos y color verde oscuro. Finalmente, en el cuarto grupo se ubicaron los clones biofortificados con un rango de grado 5, lo que indica un vigor de planta intermedio o normal (ver Tabla 11).

Tabla 11

Medianas observadas en vigor de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	N	Mediana	Suma de rangos	Grupo estadístico
Ccompis	Ccompis	3	9	94	A
CIP 312721.038	BIOT-721.038	3	9	94	A
CIP 312721.245	BIOT-721.245	3	9	94	A
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	9	94	A
CIP391691.96	Serranita	3	9	94	A
CIP720064	Yungay	3	9	94	A
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	7	66	B
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	7	52	C
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	7	52	C
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	7	52	C
CIP 312621.069	BIOT-621.069	3	7	52	C
CIP 312621.097	BIOT-621.097	3	7	52	C
CIP 312633.294	BIOT-633.294	3	7	52	C
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	7	52	C
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	7	52	C
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	7	52	C
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	7	52	C
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	7	52	C
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	7	52	C
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	7	52	C
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	7	52	C
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	7	52	C
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	7	52	C
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	7	52	C
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	7	52	C
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	7	52	C
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	7	52	C
CIP380389.1	Canchan	3	7	52	C
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	5	10.5	D
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	5	10.5	D
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	5	10.5	D
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	5	10.5	D
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	5	10.5	D
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	5	10.5	D

4.1.3. Número de tallos por planta

Según Egúsquiza (2000), la cantidad de tallos por planta es crucial para obtener un mayor número de tubérculos al momento de la cosecha, lo que se traduce en mejores rendimientos. Este rasgo ha mostrado una alta correlación con el rendimiento de tubérculos por planta en muchos casos (Cevallos et al., 2020).

La evaluación se realizó 86 días después de la siembra, seleccionando al azar 10 plantas por tratamiento y repetición para el conteo de tallos. Para determinar si cada tratamiento difiere de los otros, se llevó a cabo un ANOVA, que reveló diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. Esto sugiere que la cantidad de tallos por planta varía significativamente entre los diferentes genotipos evaluados.

El valor de la variación observado para este rasgo fue del 3.81%, lo que indica una buena precisión en la recopilación de datos y una relativa homogeneidad en la muestra en términos de la cantidad de tallos por planta. Además, el valor de R^2 alcanzó 0.98, sugiriendo que los datos se ajustan bien al modelo aditivo lineal empleado en el análisis. Esto respalda la validez de los resultados obtenidos (ver Tabla 12).

Tabla 12

Análisis de varianza para el número de tallos por planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - Región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma cuadrática	Cuadrados promedios	F	P	Sig.
Tratamientos	33	108.61	3.29	110.41	0.00	**
Bloques	2	0.17	0.08	2.79	0.07	
Error	66	1.97	0.03	NA	NA	
Total	101	110.74				
CV (%)		3.81				
Promedio		4.53				
r^2		0.98				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

El Test de Waller Duncan identificó un grupo superior estadísticamente, compuesto por dos clones biofortificados: BIOT-609.247 y BIOT-763.441, con promedios de 7.80 ± 0.26 y 7.27 ± 0.15 tallos por planta, respectivamente. En el segundo grupo se encontraron tres clones biofortificados: BIOT-637.001, BIOT-686.019 y BIOT-721.038, con promedios de 5.97 ± 0.15 , 5.63 ± 0.25 y 5.53 ± 0.15 tallos por planta, respectivamente. Por otro lado, el clon biofortificado BIOT-721.036 y la variedad Ccompis mostraron la menor cantidad de tallos por planta, con valores medios de 2.80 ± 0.10 y 2.60 ± 0.10 , respectivamente. Una mayor cantidad de tallos por planta se asocia con un mayor rendimiento productivo (ver Tabla 13 y Figura 3).

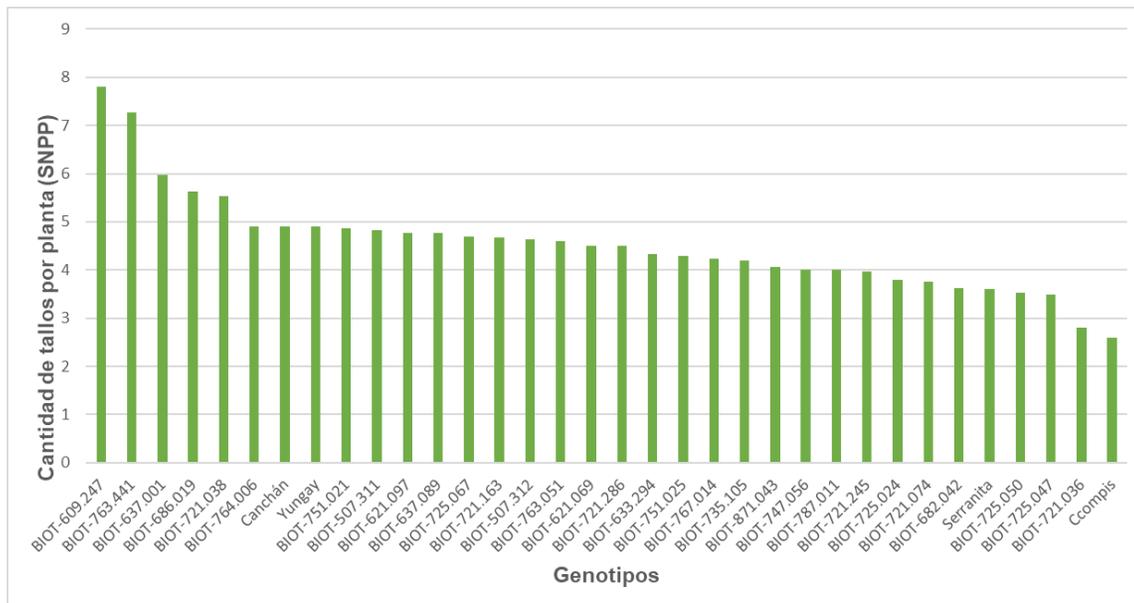
Tabla 13

Comparación de medias para número de tallos por planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Número CIP	Código de Mejorador	N	Media	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	7.80	0.26	A
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	7.27	0.15	B
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	5.97	0.15	C
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	5.63	0.25	D
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	5.53	0.15	D
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	4.90	0.20	E
CIP380389.1	Canchán	3	4.90	0.17	E
CIP720064	Yungay	3	4.90	0.10	E
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	4.87	0.12	EF
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	4.83	0.21	EFG
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	4.77	0.15	EFG
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	4.77	0.15	EFG
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	4.70	0.20	EFGH
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	4.67	0.25	EFGH
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	4.63	0.23	FGH
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	4.60	0.10	GH
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	4.50	0.10	HI
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	4.50	0.20	HI
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	4.33	0.21	IJ
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	4.30	0.20	IJK
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	4.23	0.15	JKL
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	4.20	0.20	JKLM
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	4.07	0.15	KLM
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	4.00	0.10	LMN
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	4.00	0.10	LMN
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	3.97	0.15	MN
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	3.80	0.20	NO
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	3.77	0.35	NOP
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	3.63	0.15	OPQ
CIP391691.96	Serranita	3	3.60	0.10	OPQ
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	3.53	0.15	PQ
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	3.50	0.10	Q
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	2.80	0.10	R
Ccompis	Ccompis	3	2.60	0.10	R

Figura 3

Número de tallos por planta (SNPP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.4. Altura de planta (PLAHE)

Esta evaluación debe realizarse una vez inmediatamente después del aporque y dos veces después del inicio de la sequía (Cevallos et al., 2020).

La evaluación se realizó 86 días después de la siembra, seleccionando al azar 10 plantas por tratamiento y repetición para medir la altura de las plantas. Se llevó a cabo un ANOVA para determinar si existían diferencias significativas en la altura de las plantas entre los tratamientos, y se demostró que cada tratamiento mostró comportamientos significativamente diferentes. Esto indica que la altura de las plantas varía de manera significativa entre los diferentes genotipos evaluados.

El coeficiente de variación observado fue del 20.66%, indicando una buena precisión en la recolección de datos y que la muestra es relativamente homogénea. El valor de R^2 de 1.00 indica un ajuste perfecto al modelo aditivo lineal utilizado (ver Tabla 14).

Tabla 14

Análisis de varianza para altura de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	14979.13	453.91	1018.89	0.00	**
Bloques	2	3.42	1.71	3.84	0.03	
Error	66	29.40	0.45	NA	NA	
Total	101	15011.95				
CV (%)		20.66				
Promedio		59.55				
r ²		1.00				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

El Test de Waller Duncan identificó un grupo superior estadísticamente, compuesto por las variedades Yungay y Serranita, las cuales no presentan diferencias significativas entre ellas. Los promedios de altura de planta fueron de 86.50 ± 0.36 y 84.33 ± 0.25 , respectivamente. En el segundo grupo se encontraron dos clones biofortificados: BIOT-721.245 y BIOT-787.011, con promedios de altura de planta de 77.43 ± 0.31 y 75.3 ± 0.30 , respectivamente. Por otro lado, los clones biofortificados BIOT-725.067 y BIOT-682.042 mostraron la menor altura, con promedios de 36.6 ± 0.20 y 35.6 ± 0.25 , respectivamente (ver Tabla 15 y Figura 4).

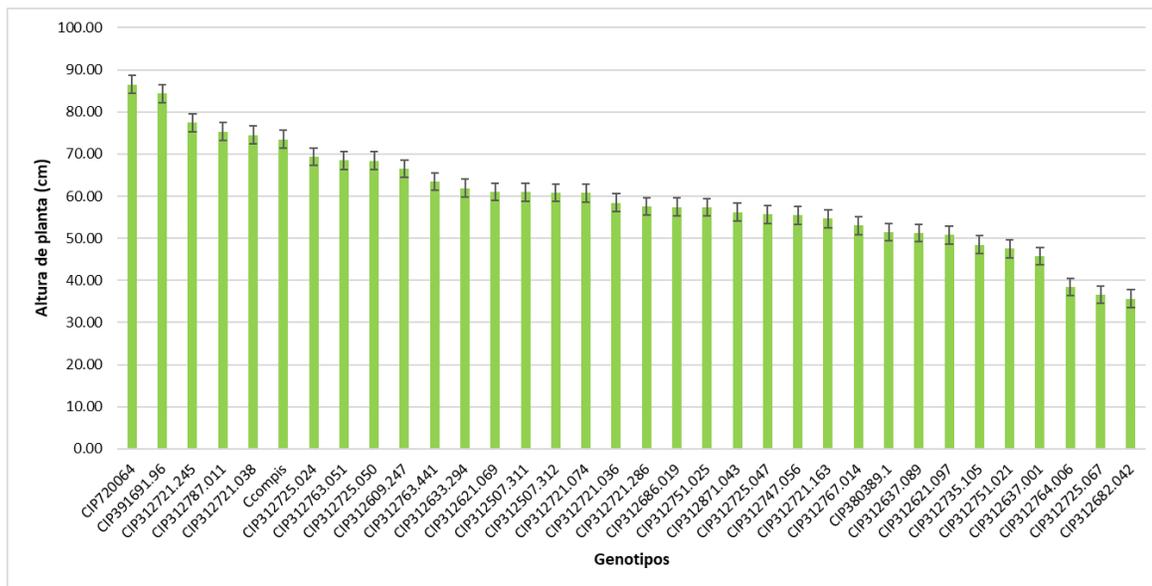
Tabla 15

Comparación de medias para altura de planta en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Número CIP	Código de Mejorador	N	Media	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP720064	Yungay	3	86.50	0.36	A
CIP391691.96	Serranita	3	84.33	0.25	B
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	77.43	0.31	C
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	75.30	0.30	D
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	74.50	0.36	D
Ccompis	Ccompis	3	73.47	1.15	E
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	69.33	0.25	F
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	68.47	0.31	F
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	68.40	0.30	F
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	66.53	1.17	G
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	63.43	0.25	H
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	61.90	0.62	I
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	61.00	0.26	IJ
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	60.97	1.68	IJ
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	60.83	2.66	J
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	60.73	0.40	J
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	58.40	0.30	K
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	57.53	0.15	KL
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	57.40	0.30	L
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	57.33	0.15	L
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	56.17	0.76	M
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	55.67	0.25	M
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	55.47	0.25	MN
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	54.67	0.25	N
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	53.03	0.31	O
CIP380389.1	Canchan	3	51.43	0.15	P
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	51.27	0.76	P
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	50.80	0.40	P
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	48.50	0.36	Q
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	47.50	0.36	R
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	45.77	0.35	S
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	38.43	0.25	T
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	36.60	0.20	U
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	35.63	0.25	V

Figura 4

Altura de planta (PLAHE) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.5. Longitud de estolones (Leng_ Stolon)

Los datos se recolectaron 176 días después de la siembra, utilizando una escala del 1 al 9 para el examen. La mediana observada en el experimento fue de 3, indicando que los estolones tienen una longitud de $20 \text{ cm} < X \leq 40 \text{ cm}$, en una escala que va de 1 a 5. La prueba de Friedman, con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, confirmó diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos ($p = F = 0.000$) (ver Anexo C).

La prueba de Friedman identificó 4 grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo, los clones biofortificados BIO.T-725.047 y BIO.T-725.024 obtuvieron una escala de 5, indicando estolones de $40 \text{ cm} < X \leq 60 \text{ cm}$ de longitud, mientras que BIO.T-721.036, BIO.T-507.311, BIO.T-507.312, BIO.T-721.038, BIO.T-721.074, BIO.T-721.163, BIO.T-721.245, BIO.T-725.050, BIO.T-787.011, BIO.T-686.019 y la variedad Yungay obtuvieron una escala de 3, indicando estolones de $20 \text{ cm} < X \leq 40 \text{ cm}$ de longitud.

En el segundo grupo, el clon biofortificado BIO.T-621.069, BIO.T-747.056 y BIO.T-767.014 también obtuvieron una escala de 3, indicando estolones de $20 \text{ cm} < X \leq 40 \text{ cm}$ de longitud.

En el tercer y cuarto grupo se encuentran el resto de clones biofortificados y las variedades Serranita, Ccompis y Canchán, con una escala de 1, indicando estolones con longitud $X \leq 20 \text{ cm}$ (ver Tabla 16).

Tabla 16

Prueba de significación de escalas en longitud de estolones en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	N	Mediana	Suma de rangos	Grupo estadístico
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	5	94	A
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	5	91.5	A
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	3	81.5	AB
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	3	74	AB
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	3	74	AB
CIP 312721.038	BIOT-721.038	3	3	74	AB
CIP 312721.074	BIOT-721.074	3	3	74	AB
CIP 312721.163	BIOT-721.163	3	3	74	AB
CIP 312721.245	BIOT-721.245	3	3	74	AB
CIP 312725.050	BIOT-725.050	3	3	74	AB
CIP 312787.011	BIOT-787.011	3	3	74	AB
CIP720064	Yungay	3	3	74	AB
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	3	67.5	ABC
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	3	58	BC
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	3	58	BC
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	3	58	BC
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	1	42.5	CD
CIP391691.96	Serranita	3	1	42.5	CD
Ccompis	Ccompis	3	1	42	CD
CIP 312725.067	BIOT-725.067	3	1	42	CD
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	1	41.5	CD
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	1	41.5	CD
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	1	41.5	CD
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	1	41.5	CD
CIP 312763.441	BIOT-763.441	3	1	41.5	CD
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	1	26	D
CIP 312633.294	BIOT-633.294	3	1	26	D
CIP 312637.001	BIOT-637.001	3	1	26	D
CIP 312682.042	BIOT-682.042	3	1	26	D
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	1	26	D
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	1	26	D
CIP 312764.006	BIOT-764.006	3	1	26	D
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	1	26	D
CIP380389.1	Canchan	3	1	26	D

4.1.6. Apariencia de tubérculo (*Tuber_Apper*)

Los datos se recolectaron al momento de la cosecha, es decir, a los 176 días después de la siembra. La evaluación se realizó utilizando una escala del 1 al 9. La mediana observada en el experimento fue de 5, lo que indica que los tubérculos mostraron un rendimiento intermedio y una buena forma en general, aunque con un tamaño desigual. Los valores mínimos y máximos registrados en la escala fueron de 3 y 7, respectivamente. El análisis de Friedman, realizado con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, reveló diferencias significativas entre los genotipos ($p = 0.000$), sugiriendo que los diferentes genotipos evaluados tienen un impacto significativo en el rendimiento y la forma de los tubérculos (ver Anexo C).

La prueba de Friedman mostró 6 grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo, se encuentran los clones biofortificados: BIO.T-871.043, BIO.T-764.006, BIO.T-725.067 junto con las variedades Serranita y Canchan, los cuales no difieren entre sí (confirmado estadísticamente), mostrando una calificación de 7 en la escala. Esto indica que estos tubérculos tienen una buena forma, tamaño uniforme y buen rendimiento. En el segundo grupo, los clones BIO.T-751.021, BIO.T-787.011, BIO.T-721.036, BIO.T-763.051 junto con la variedad Yungay no mostraron diferencias significativas entre ellos, mostrando una calificación de 5, indicando un rendimiento intermedio, buena forma de los tubérculos, pero tamaño no uniforme.

En los grupos tercero y cuarto, se observan clones biofortificados de la variedad Ccompis que no difieren entre sí, mostrando una calificación de 5, lo que significa rendimiento intermedio y buena forma, pero tamaño no uniforme de los tubérculos. En el quinto y sexto grupo, el resto de clones biofortificados no mostraron diferencias significativas entre ellos, mostrando una calificación de 3, indicando tubérculos deformes, tamaño no uniforme y bajo rendimiento (ver Tabla 17).

Tabla 17

Prueba de significación de escalas en apariencia de tubérculos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	N	Mediana	Suma de rangos	Grupo estadístico
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	7	95	A
CIP391691.96	Serranita	3	7	86.5	A
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	7	82.5	AB
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	7	81.5	AB
CIP380389.1	Canchan	3	7	81.5	AB
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	5	69	ABC
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	5	69	ABC
CIP720064	Yungay	3	5	69	ABC
CIP 312721.036	BIOT-721.036	3	5	67	ABCD
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	5	67	ABCD
Ccompis	Ccompis	3	5	53.5	BCD
CIP 312609.247	BIOT-609.247	3	5	53.5	BCD
CIP 312621.097	BIOT-621.097	3	5	53.5	BCD
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	5	53.5	BCD
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	5	53.5	BCD
CIP 312721.163	BIOT-721.163	3	5	53.5	BCD
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	5	53.5	BCD
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	5	53.5	BCD
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	5	53.5	BCD
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	5	53.5	BCD
CIP 312751.025	BIOT-751.025	3	5	53.5	BCD
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	5	53.5	BCD
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	5	40.5	CDE
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	5	39	DEF
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	5	39	DEF
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	5	38	DEF
CIP 312637.089	BIOT-637.089	3	5	38	DEF
CIP 312721.245	BIOT-721.245	3	5	38	DEF
CIP 312725.047	BIOT-725.047	3	5	38	DEF
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	3	23.5	EF
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	3	23.5	EF
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	3	23.5	EF
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	3	23.5	EF
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	3	10.5	F

4.1.7. Uniformidad de tubérculo (Tub_Unif)

Los datos fueron recolectados al momento de la cosecha, es decir, 176 días después de la siembra. El examen se realizó utilizando una escala del 1 al 9. La mediana observada en el experimento fue de 5, indicando la presencia de dos o tres tamaños de tubérculos, siendo uno predominantemente mayor. Los valores mínimos y máximos registrados en la escala fueron de 5 y 7 respectivamente. El análisis de Friedman, llevado a cabo con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, demostró que los genotipos no son uniformes, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p. F = 0.139$) (ver Anexo C). Esto sugiere que los diversos genotipos evaluados tienen un impacto significativo en la uniformidad del tamaño de los tubérculos.

Los resultados de Friedman revelaron la existencia de tres grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo se encuentran los clones biofortificados BIO.T-686.019, BIO.T-725.047 y BIO.T-871.043, los cuales no mostraron diferencias significativas entre sí y obtuvieron una puntuación de 7 en la escala. Esto indica que estos genotipos presentan dos tamaños de tubérculos predominantes, siendo uno de ellos claramente mayor.

En el segundo grupo se incluyen los clones BIO.T-747.056, BIO.T-621.097, BIO.T-721.074, BIO.T-735.105, BIO.T-751.025, los cuales tampoco mostraron diferencias significativas entre ellos y obtuvieron una puntuación de 5 en la escala. Esto sugiere que estos genotipos presentan principalmente dos o tres tamaños de tubérculos, con uno de ellos siendo claramente predominante.

En el tercer grupo se agrupan los demás clones biofortificados junto con las variedades Ccompis, Serranita y Yungay. Estos genotipos tampoco mostraron diferencias significativas entre ellos y obtuvieron una puntuación de 5 en la escala, lo que sugiere una distribución similar de tamaños de tubérculos con uno predominante (ver Tabla 18).

Tabla 18

Prueba de significación de escalas en uniformidad del tubérculo en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	N	Mediana	Suma de rangos	Grupo estadístico
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	7	81.5	A
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	7	81.5	A
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	7	80.5	A
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	5	66	AB
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	5	64.5	AB
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	5	64.5	AB
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	5	64.5	AB
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	5	64.5	AB
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	5	49.5	BC
Ccompis	Ccompis	3	5	49	BC
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	5	49	BC
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	5	49	BC
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	5	49	BC
CIP 312633.294	BIOT-633.294	3	5	49	BC
CIP 312637.001	BIOT-637.001	3	5	49	BC
CIP 312637.089	BIOT-637.089	3	5	49	BC
CIP 312682.042	BIOT-682.042	3	5	49	BC
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	5	49	BC
CIP 312721.038	BIOT-721.038	3	5	49	BC
CIP 312721.163	BIOT-721.163	3	5	49	BC
CIP 312721.286	BIOT-721.286	3	5	49	BC
CIP 312725.024	BIOT-725.024	3	5	49	BC
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	5	49	BC
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	5	49	BC
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	5	49	BC
CIP 312763.441	BIOT-763.441	3	5	49	BC
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	5	49	BC
CIP 312787.011	BIOT-787.011	3	5	49	BC
CIP 391691.96	Serranita	3	5	49	BC
CIP720064	Yungay	3	5	49	BC
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	5	35.5	C
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	5	35.5	C
CIP380389.1	Canchan	3	5	35.5	C
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	5	32.5	C

4.1.8. Tamaño de tubérculo (*Tub_Size*)

Los datos fueron recopilados al momento de la cosecha, es decir, 176 días después de la siembra, utilizando una escala de puntuación del 1 al 9. La mediana observada en el experimento fue de 3, indicando que los tubérculos son pequeños, típicamente de 2 a 4 cm de tamaño. Los valores mínimos y máximos registrados en la escala fueron 1 y 5 respectivamente. El análisis de Friedman, realizado con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, reveló diferencias significativas entre los genotipos ($p = 0.000$), lo que sugiere que los diferentes genotipos evaluados tienen un impacto considerable en el tamaño de los tubérculos cosechados (ver Anexo C).

Los resultados del análisis de Friedman mostraron la existencia de cinco grupos estadísticamente diferentes. En el primer grupo se encuentran los clones biofortificados BIO.T-871.043, BIO.T-751.021, BIO.T-751.025, BIO.T-721.074, BIO.T-725.067, junto con las variedades Canchan, Yungay y Serranita. Estos genotipos no mostraron diferencias significativas entre sí y obtuvieron una puntuación de 5 en la escala, indicando tubérculos de tamaño mediano, generalmente de 4 a 6 cm.

En el segundo, tercer y cuarto grupo se observan clones biofortificados junto con la variedad Ccompis, que tampoco mostraron diferencias significativas entre ellos. Estos grupos obtuvieron una puntuación de 3 en la escala, lo que indica tubérculos de tamaño pequeño, típicamente de 2 a 4 cm.

En el quinto grupo se encuentra el clon BIO.T-764.006, que obtuvo una puntuación de 1 en la escala. Esto indica que la mayoría de los tubérculos de este clon son muy pequeños, con menos de 2 cm de tamaño (ver Tabla 19).

Tabla 19

Prueba de significación de escalas en tamaño de tubérculo en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	N	Mediana	Suma de rangos	Grupo estadístico
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	5	93.5	A
CIP 391691.96	Serranita	3	5	93	A
CIP 312751.021	BIOT-751.021	3	5	88.5	A
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	5	88.5	A
CIP380389.1	Canchan	3	5	88.5	A
CIP720064	Yungay	3	5	88.5	A
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	5	72.5	AB
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	5	72.5	AB
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	3	57.5	BC
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	3	57.5	BC
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	3	57.5	BC
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	3	57.5	BC
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	3	57.5	BC
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	3	56.5	BC
Ccompis	Ccompis	3	3	41.5	CD
CIP 312507.312	BIOT-507.312	3	3	41.5	CD
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	3	41.5	CD
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	3	41.5	CD
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	3	41.5	CD
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	3	41.5	CD
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	3	41.5	CD
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	3	41.5	CD
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	3	41.5	CD
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	3	41.5	CD
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	3	41.5	CD
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	3	41.5	CD
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	3	41.5	CD
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	3	41.5	CD
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	3	41.5	CD
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	3	41.5	CD
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	3	29	D
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	3	29	D
CIP 312621.097	BIOT-621.097	3	3	29	D
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	1	4.5	E

4.1.9. Número de tubérculos comerciales por parcela (NMTP)

Para poder afirmar que el cultivar de papa es rentable, es crucial conocer el número de tubérculos destinados a la venta, conocidos como tubérculos comerciales. Por lo tanto, al momento de la cosecha, se llevó a cabo el conteo de tubérculos comerciales por parcela y repetición, siguiendo las normativas locales de clasificación.

Para determinar si cada tratamiento difiere significativamente de los demás, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). La Tabla 20 muestra claramente que cada tratamiento difiere estadísticamente de los otros (esto se detalla en la sección de estadísticas), lo cual indica que la cantidad de tubérculos comerciales por parcela varía según los diferentes genotipos evaluados.

El Coeficiente de Variación observado para esta variable fue del 22.24 %, sugiriendo que la recopilación de datos en este experimento fue precisa y que la muestra de genotipos es relativamente homogénea. El coeficiente de determinación es 0.60, indicando que se ajusta adecuadamente al modelo de regresión lineal utilizado (ver Tabla 20).

Tabla 20

Análisis de varianza para el número de tubérculos comerciales en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	2228839.69	67540.60	2.36	0.00	**
Bloques	2	604911.90	302455.95	10.56	0.00	
Error	66	1891159.43	28653.93	NA	NA	
Total	101	4724911.02				
CV (%)		22.24				
Promedio		761.10				
r ²		0.60				

* . ** significativo al 5 y 1 %, respectivamente.

Posteriormente, se llevó a cabo una prueba de Waller Duncan al 0.5 % de probabilidad para realizar comparaciones múltiples entre las medias establecidas de cada tratamiento. Los resultados revelaron diferencias significativas notablemente en cuanto a la cantidad de tubérculos por parcela.

El promedio de tubérculos comerciales por parcela en los tratamientos fue de 761.10 \pm 154.18. La variedad Ccompis, junto con 16 clones biofortificados, superaron este promedio general. El máximo valor observado fue de 1060 tubérculos comerciales por parcela, correspondiente al clon BIO.T-686.019, mientras que el mínimo fue de 546 tubérculos comerciales por parcela, perteneciente a la variedad Serranita. Estos resultados indican que la elección de genotipos puede tener un impacto significativo en la cantidad de tubérculos producidos en cada parcela.

En la prueba de Waller Duncan se identificó un grupo superior, confirmado estadísticamente, compuesto por 16 clones biofortificados, con medias de 1060, 1037, 1001, 983, 944, 902, 896, 892, 884, 834, 825, 820, 818, 777, 774, 768 tubérculos comerciales por parcela respectivamente, junto con las variedades Ccompis y Yungay que alcanzaron promedios de 865 y 735 tubérculos comerciales por parcela respectivamente. En el segundo grupo se encontraron 2 clones biofortificados, BIO.T-721.163 y BIO.T-637.001, con un promedio de 709 tubérculos comerciales por parcela, mientras que los clones BIO.T-787.011, BIO.T-871.043, BIO.T-721.286 y la variedad comercial Serranita mostraron una menor cantidad de tubérculos por parcela, con promedios de 549, 548, 548 y 546 respectivamente (ver Tabla 21 y Figura 5).

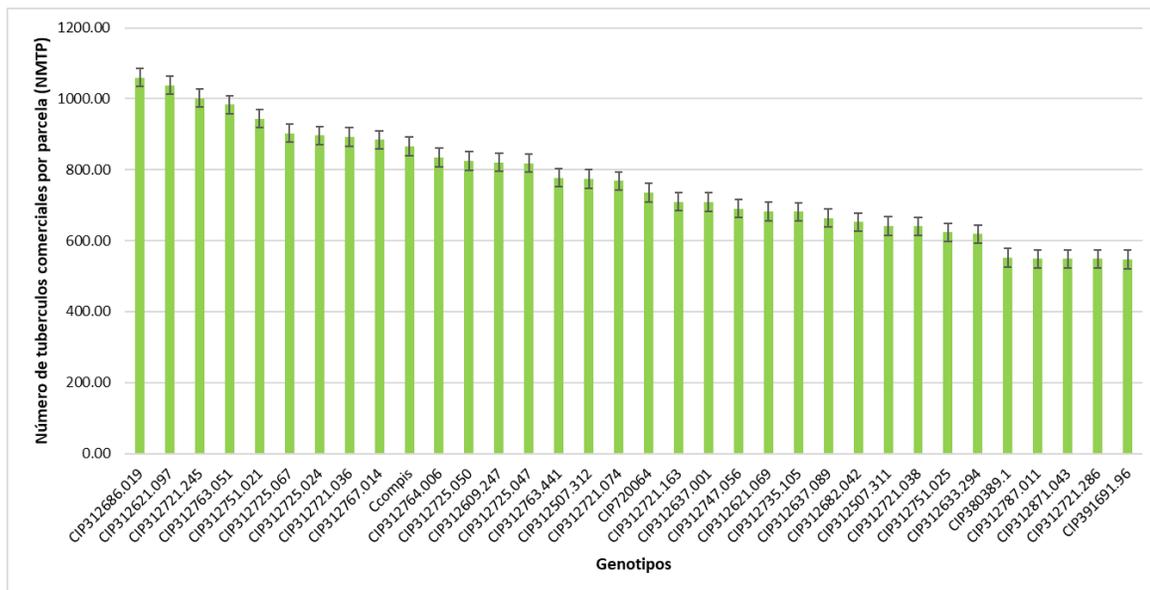
Tabla 21

Comparación de medias para número de tubérculos comerciales en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	1060.00	325.41	A
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	1037.67	283.20	AB
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	1001.67	291.43	ABC
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	983.67	197.79	ABCD
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	944.00	140.08	ABCDE
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	902.67	128.94	ABCDE
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	896.00	150.19	ABCDE
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	892.33	155.89	ABCDE
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	884.00	236.81	ABCDEF
Ccompis	Ccompis	3	865.67	95.66	ABCDEFG
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	834.00	581.79	ABCDEFG
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	825.00	79.08	ABCDEFG
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	820.33	33.65	ABCDEFG
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	818.00	182.10	ABCDEFG
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	777.00	297.14	ABCDEFG
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	774.33	150.15	ABCDEFG
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	768.67	80.13	ABCDEFG
CIP720064	Yungay	3	735.33	83.70	ABCDEFG
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	709.33	309.83	BCDEFG
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	709.00	75.02	BCDEFG
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	690.00	68.17	CDEFG
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	682.33	95.02	CDEFG
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	681.00	121.02	CDEFG
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	664.00	133.05	DEFG
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	652.67	111.84	DEFG
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	641.33	143.82	EFG
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	640.67	258.20	EFG
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	623.67	82.66	EFG
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	618.33	15.63	EFG
CIP380389.1	Canchán	3	552.00	145.56	FG
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	549.00	15.39	G
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	548.67	51.32	G
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	548.33	53.29	G
CIP391691.96	Serranita	3	546.67	69.21	G

Figura 5

Número de tubérculos comerciales por parcela (NMTP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.10. Peso de tubérculos comerciales kg/parcela (MTWP)

Para poder afirmar que el cultivo de papa es rentable, es crucial conocer el número de tubérculos destinados a la venta, conocidos como tubérculos comerciales. Por lo tanto, al momento de la cosecha, se realizó el pesaje de los tubérculos comerciales por parcela.

Para verificar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA). La Tabla 22 confirma esto, respaldado por pruebas estadísticas, detallando que el peso de estos tubérculos varía entre los diferentes genotipos evaluados.

El coeficiente de variación observado para esta variable fue del 17.53 %, lo que sugiere que la recopilación de datos en este experimento fue precisa y que la muestra de genotipos es relativamente homogénea. Además, el coeficiente de determinación de 0.76 indica que el modelo de regresión lineal utilizado se ajusta adecuadamente (ver Tabla 22).

Tabla 22

Análisis de varianza para peso de tubérculos comerciales en Kg/parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	6490.88	196.69	4.56	0.00	**
Bloques	2	2374.40	1187.20	27.53	0.00	
Error	66	2846.14	43.12	NA	NA	
Total	101	11711.42				
CV (%)		17.53				
Promedio		37.46				
r ²		0.76				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

El peso promedio de tubérculos comerciales por parcela para todos los tratamientos fue de 37.46 ± 7.96 kg. Las variedades Yungay, Serranita y Canchan, junto con 14 clones biofortificados, superaron esta media general. El valor máximo fue de 55.91 kg/parcela, correspondiente a la variedad Yungay, mientras que el valor mínimo fue de 21.97 kg/parcela, correspondiente al clon biofortificado BIO.T-764.006.

En el análisis de Waller Duncan, se identificó un grupo estadísticamente superior que incluye dos clones biofortificados, para los cuales no se encontraron diferencias significativas entre ellos. Estos dos clones biofortificados tienen un peso promedio de 48.69 y 47.17 kg/parcela de tubérculos comerciales, respectivamente. Además, en este grupo se encuentran las variedades comerciales Serranita, Canchan y Yungay, con pesos promedio de 55.91, 52.03 y 47.11 kg/parcela de dichos tubérculos, respectivamente.

En el segundo grupo se encuentran siete clones biofortificados, denominados BIO.T-725.050, BIO.T-721.074, BIO.T-725.067, BIO.T-721.245, BIO.T-871.043, BIO.T-721.036 y BIO.T-751.025, con pesos promedio de 44.97, 44.26, 42.71, 42.40, 42.09, 42.04 y 41.37 kg/parcela de tubérculos comerciales, respectivamente (ver Tabla 23 y Figura 6).

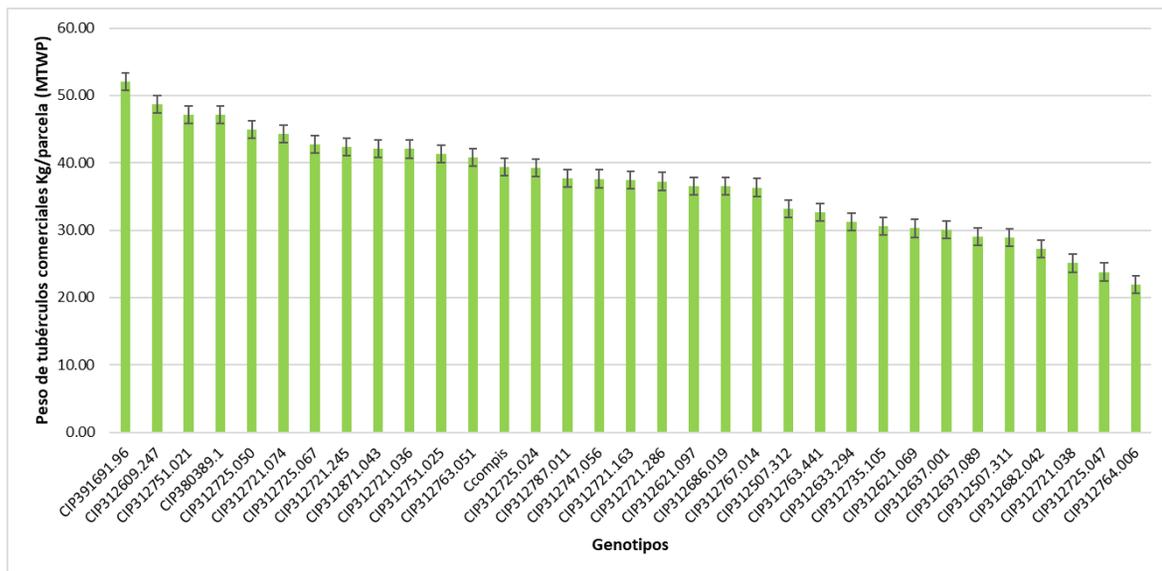
Tabla 23

Comparación de medias para peso de tubérculos comerciales en Kg/ parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP720064	Yungay	3	55.91	15.33	A
CIP391691.96	Serranita	3	52.03	12.91	AB
CIP 312609.247	BIOT -609.247	3	48.69	6.97	ABC
CIP312751.021	BIOT -751.021	3	47.17	8.93	ABCD
CIP380389.1	Canchán	3	47.11	13.19	ABCDE
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	44.97	8.05	BCDE
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	44.26	3.05	BCDE
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	42.71	11.53	BCDEF
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	42.40	12.25	BCDEF
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	42.09	5.56	BCDEF
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	42.04	3.06	BCDEFG
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	41.37	8.69	BCDEFGH
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	40.84	8.38	CDEFGHI
Ccompis	Ccompis	3	39.40	8.25	CDEFGHIJ
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	39.28	8.91	CDEFGHIJ
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	37.70	12.95	DEFGHIJK
CIP 312747.056	BIOT -747.056	3	37.62	2.17	DEFGHIJK
CIP 312721.163	BIOT -721.163	3	37.48	11.40	DEFGHIJK
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	37.24	6.62	DEFGHIJK
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	36.56	1.09	DEFGHIJK
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	36.51	10.71	DEFGHIJK
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	36.33	9.92	EFGHIJK
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	33.13	7.47	FGHIJKL
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	32.63	6.72	FGHIJKLM
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	31.26	4.82	GHIJKLM
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	30.57	7.51	HIJKLM
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	30.27	4.92	IJKLM
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	30.03	2.05	JKLM
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	29.04	7.40	JKLM
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	28.89	10.20	JKLM
CIP 312682.042	BIOT -682.042	3	27.19	8.17	KLM
CIP312721.038	BIOT -721.038	3	25.11	13.85	LM
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	23.79	3.80	LM
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	21.97	3.85	M

Figura 6

Peso de tubérculos comerciales Kg/parcela (MTWP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.11. Rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} (MTYA)

El rendimiento en el cultivo de papa es un factor crucial que depende de la cantidad, tamaño y peso de los tubérculos por área. Por lo tanto, estos componentes son de gran importancia para evaluar la rentabilidad del cultivo de papa.

Se utilizó ANOVA para determinar si los clones y las variedades comerciales difieren entre sí. Los resultados en la Tabla 24 indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual sugiere que cada genotipo posee un potencial de rendimiento distinto.

El coeficiente de variación para este factor fue del 16.82%, indicando la precisión de los datos obtenidos en este experimento. Además, el coeficiente de determinación de 0.78 demostró que los datos se ajustaron adecuadamente al modelo lineal aditivo empleado (ver Tabla 24).

Tabla 24

Análisis de varianza para rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	6341.55	192.17	5.21	0.00	**
Bloques	2	2049.66	1024.83	27.81	0.00	
Error	66	2432.12	36.85	NA	NA	
Total	101	10823.34				
CV (%)		16.82				
Promedio		36.09				
r ²		0.78				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

En el análisis de rendimiento, la media de todos los tratamientos fue de 36.10 ± 7.37 tha^{-1} . Las variedades Serranita, Yungay, Canchán y Ccompis, junto con 13 clones biofortificados, superaron este promedio total. El máximo rendimiento observado fue de 53.77 tha^{-1} de tubérculos comerciales ajustados, correspondiente a la variedad Serranita, mientras que el rendimiento mínimo fue de 20.35 tha^{-1} de dichos tubérculos ajustados, correspondiente al clon biofortificado BIO.T-764.006. Estos resultados muestran que el rendimiento de tubérculos comerciales difirió entre cada genotipo evaluado.

En el análisis de Waller Duncan, se identificó un grupo superior confirmado estadísticamente, compuesto por 2 clones biofortificados que no mostraron diferencias significativas entre sí en cuanto al peso promedio de tubérculos comerciales por parcela. Estos dos clones tuvieron promedios de 48.69 y 47.17 kg/parcela de tubérculos comerciales, respectivamente. Además, este grupo superior incluyó a las variedades comerciales Yungay, Serranita y Canchán, que presentaron promedios de 55.91, 52.03 y 47.11 kg/parcela de dichos tubérculos, respectivamente.

En el segundo grupo se encuentran 7 clones biofortificados: BIO.T-725.050, BIO.T-721.074, BIO.T-725.067, BIO.T-721.245, BIO.T-871.043, BIO.T-721.036 y BIO.T-751.025, con promedios de peso de tubérculos por parcela de 44.97, 44.26, 42.71, 42.40, 42.09, 42.04 y 41.37 kg respectivamente (ver Tabla 25).

Tabla 25

Comparación de medias para rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP391691.96	Serranita	3	53.77	14.09	A
CIP720064	Yungay	3	52.40	13.15	AB
CIP380389.1	Canchán	3	47.36	13.32	ABC
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	45.44	6.29	ABCD
CIP312751.021		3	44.95	9.66	ABCDE
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	43.17	2.96	BCDEF
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	42.86	8.72	BCDEF
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	42.34	6.64	CDEF
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	40.97	4.53	CDEFG
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	40.36	9.62	CDEFG
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	39.95	3.21	CDEFG
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	39.26	11.35	CDEFG
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	38.80	7.99	CDEFGH
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	38.76	7.44	CDEFGH
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	38.43	7.31	CDEFGH
Ccompis	Ccompis	3	37.25	6.44	DEFGHI
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	36.67	2.12	DEFGHI
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	36.01	9.50	DEFGHIJ
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	35.45	11.76	EFGHIJ
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	34.22	9.27	FGHIJ
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	33.90	9.08	FGHIJ
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	33.85	1.00	FGHIJ
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	32.44	8.12	GHIJK
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	31.99	5.84	GHIJK
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	29.27	2.00	HIJKL
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	29.16	4.19	HIJKL
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	29.03	4.96	HIJKL
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	28.59	6.77	IJKL
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	28.50	6.70	IJKL
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	27.93	9.97	IJKL
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	26.70	6.21	JKL
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	23.65	12.46	KL
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	23.48	4.36	KL
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	20.35	3.57	L

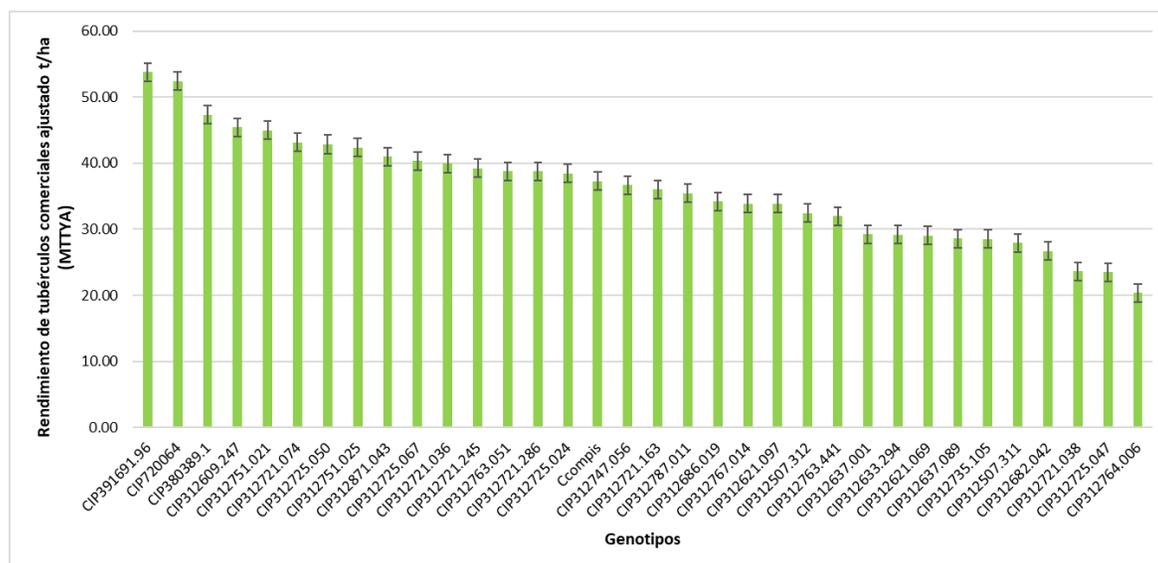
En el análisis de Waller Duncan se identificó un grupo estadísticamente superior que incluye tres variedades comerciales (Serranita, Canchán y Yungay) junto con dos clones biofortificados (BIOT-609.247 y BIOT-751.021). En este grupo, los genotipos no mostraron diferencias significativas entre sí en cuanto a los rendimientos de tubérculos comerciales ajustados, que fueron de 53.77 ± 14.09 , 52.40 ± 13.15 , 47.36 ± 13.32 , 45.44 ± 6.29 y $44.95 \pm 9.66 \text{ tha}^{-1}$ respectivamente, para las variedades comerciales y los dos clones biofortificados mencionados.

En el segundo grupo se encuentran dos clones biofortificados, BIO.T-721.074 y BIO.T-725.050, con rendimientos promedio de tubérculos comerciales ajustados de 43.17 y 42.86 tha^{-1} respectivamente.

Por otro lado, el clon BIOT-764.006 mostró el rendimiento más bajo en términos de tubérculos comerciales ajustados por hectárea, con un promedio de $20.35 \pm 3.57 \text{ tha}^{-1}$. Esto indica que este clon en particular produjo menos tubérculos comerciales ajustados en comparación con los otros genotipos evaluados (ver Tabla 25 y Figura 7).

Figura 7

Rendimiento de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} (MTYA) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.



4.1.12. *Peso promedio de tubérculos comerciales en gramos (ATMW)*

El peso promedio de tubérculos comerciales en gramos se calculó dividiendo el pesaje total de tubérculos por parcela entre su cantidad, y multiplicando por mil, para cada tratamiento y repetición.

Para determinar si las variedades comerciales de control y los clones difieren entre sí, se realizó un análisis de varianza (ANOVA). Los resultados, presentados en la Tabla 26, indican que cada tratamiento difiere significativamente de los demás, lo que sugiere que cada genotipo tiene un potencial de rendimiento único.

El coeficiente de variación para esta variable fue del 21.56 %, lo que indica que se obtuvieron datos precisos en este experimento. Además, el coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.73, lo que sugiere que los datos se ajustaron adecuadamente al modelo aditivo lineal utilizado en el análisis (ver Tabla 26).

Tabla 26

Análisis de varianza para peso promedio de tubérculos comerciales en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	21567.61	653.56	5.25	0.0001	**
Bloques	2	490.16	245.08	1.97	0.1476	
Error	66	8211.02	124.41	NA	NA	
Total	101	30268.79				
CV (%)		21.56				
Promedio		51.73				
r ²		0.73				

*, ** Significativo al 5 y 1% de forma respectiva

En los análisis del peso medio de tubérculos comerciales en gramos, la media de todos los tratamientos fue de 51.73 ± 8.47 gramos. Las variedades Serranita, Yungay y Canchán, junto con 9 clones biofortificados, mostraron un desempeño superior al promedio general. El valor máximo observado fue de 94.57 gramos de peso promedio de tubérculos comerciales, correspondiente a la variedad Serranita, mientras que el valor mínimo observado fue de 29.41 gramos, referido al clon biofortificado BIOT-725.047.

En el análisis de Waller Duncan se identificó un grupo mayor confirmado estadísticamente, compuesto por dos variedades comerciales junto con un clon biofortificado que no mostraron diferencias significativas entre sí. Estos genotipos son Serranita, Canchán y BIOT-871.043, con un peso promedio de tubérculos comerciales de 94.57 ± 15.00 gramos, 85.09 ± 4.70 gramos y 76.67 ± 5.89 gramos, respectivamente. En el segundo grupo se encuentra la variedad Yungay junto con dos clones biofortificados, BIO.T-787.011 y BIO.T-721.286, con pesos promedio de tubérculos comerciales de 75.19 gramos, 69.09 gramos y 67.55 gramos, respectivamente. Por otro lado, el genotipo con el menor peso promedio de tubérculos comerciales en gramos fue el clon BIOT-725.047, con un promedio de 29.41 ± 2.22 gramos (ver Tabla 27 y Figura 8).

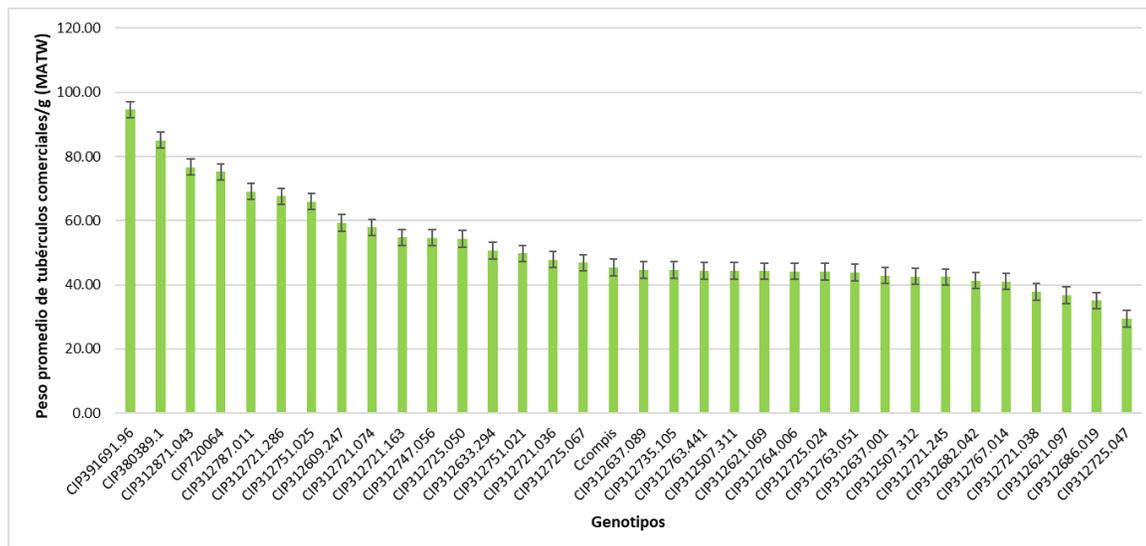
Tabla 27

Comparación de medias para peso promedio de tubérculos comerciales en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP391691.96	Serranita	3	94.57	15.00	A
CIP380389.1	Canchán	3	85.09	4.70	AB
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	76.67	5.89	ABC
CIP720064	Yungay	3	75.19	13.90	BCD
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	69.09	25.67	BCDE
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	67.55	6.13	BCDEF
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	65.91	4.99	CDEF
CIP 312609.247	BIOT-609.247	3	59.29	7.40	CDEFG
CIP 312721.074	BIOT-721.074	3	57.89	5.60	DEFGH
CIP 312721.163	BIOT-721.163	3	54.76	7.25	EFGHI
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	54.67	2.33	EFGHIJ
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	54.29	5.78	EFGHIJ
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	50.63	8.32	FGHIJK
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	49.78	2.66	FGHIJK
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	47.81	6.86	GHIJK
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	46.90	7.44	GHIJKL
Ccompis	Ccompis	3	45.40	7.53	GHIJKL
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	44.62	12.34	GHIJKL
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	44.61	4.51	GHIJKL
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	44.35	9.43	GHIJKL
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	44.31	7.17	GHIJKL
CIP312621.069	BIOT- 621.069	3	44.27	1.46	GHIJKL
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	44.18	41.08	GHIJKL
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	44.06	9.50	GHIJKL
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	43.84	18.32	GHIJKL
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	42.85	7.04	GHIJKL
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	42.62	1.49	GHIJKL
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	42.44	5.52	GHIJKL
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	41.25	6.97	HIJKL
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	41.05	0.90	HIJKL
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	37.78	5.34	IJKL
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	36.76	8.54	JKL
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	35.04	8.64	KL
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	29.41	2.22	L

Figura 8

Peso promedio de tubérculos comerciales en gramos (ATMW) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.



4.1.13. Número total de tubérculos por parcela (TNTP)

Se ha observado que una menor densidad de tallos conlleva a una menor competencia, resultando en una mayor cantidad de tubérculos por tallo, aunque esto puede llevar a una reducción en la cantidad total de tubérculos por unidad de área. Por otro lado, al incrementar la densidad de tallos se puede reducir la cantidad de tubérculos por tallo, pero generalmente se aumenta la cantidad de tubérculos por unidad de área (Alonso G, 2015).

En el ANOVA presentado en la Tabla 28, se evidencia que cada genotipo difiere significativamente entre sí, lo que indica que la cantidad total de tubérculos por parcela varía según los tratamientos. El coeficiente de variación para esta variable fue del 19.29%, lo que sugiere que se obtuvieron datos precisos en este experimento y que la muestra es relativamente homogénea. Además, el coeficiente de determinación es 0.92, lo cual indica que los datos se ajustaron bien al modelo aditivo lineal utilizado (ver Tabla 28).

Tabla 28

Análisis de varianza para el número total de tubérculos por parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	42759130.82	1295731.24	22.72	0.00	**
Bloques	2	1899151.78	949575.89	16.65	0.00	
Error	66	3763728.88	57026.2	NA	NA	
Total	101	48422011.48				
CV (%)		19.29				
Promedio		1237.84				
r ²		0.92				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

Se llevó a cabo un Test de Waller Duncan al 5% de nivel de significancia para identificar grupos estadísticos entre los promedios de los tratamientos. Los resultados revelan diferencias significativas marcadas en la cantidad de tubérculos por parcela.

En los análisis realizados, se observó que la cantidad promedio de tubérculos por parcela fue de 1237.84 ± 229.70 . Entre los 11 clones biofortificados evaluados, destacan aquellos con valores por encima del promedio general, con medias que van desde 4508.30 hasta 1258.70 tubérculos por parcela para los clones BIO.T-764.006, BIO.T-686.019, BIO.T-725.047, BIO.T-871.043, BIO.T-751.021, BIO.T-787.011, BIO.T-721.036, BIO.T-763.051, BIO.T-725.067, BIO.T-721.074 y BIO.T-621.097, respectivamente. El clon BIO.T-764.006 mostró el valor máximo con 4508.30 tubérculos por parcela, mientras que la variedad Serranita registró el mínimo observado con 696 tubérculos por parcela.

En el Test de Waller Duncan, se identificó un grupo estadísticamente superior que incluye únicamente al clon BIOT-764.006, con un promedio de 4508.30 ± 873.66 tubérculos por parcela. En el segundo grupo se encuentran ocho clones biofortificados, desde BIOT-686.019 hasta BIOT-621.097, con promedios que varían de 1757.00 a 1473.70 tubérculos por parcela. Por otro lado, las variedades comerciales Canchan y Serranita mostraron valores inferiores en términos de tubérculos por parcela, con promedios de 697.30 ± 166.81 y 696.00 ± 87.74 , respectivamente (ver Tabla 29 y Figura 9).

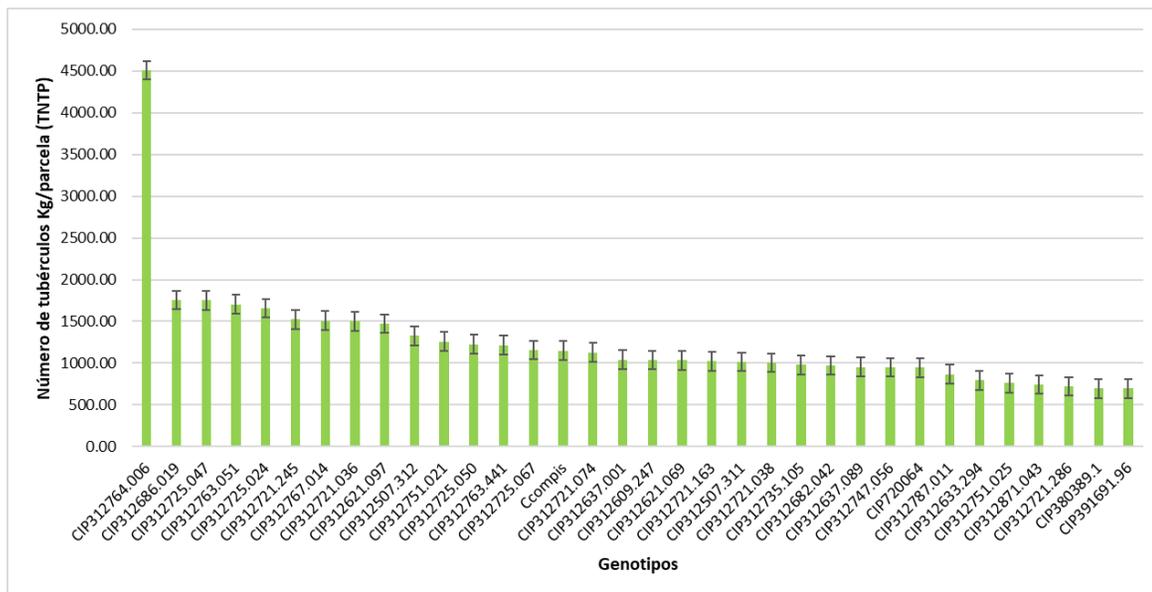
Tabla 29

Comparación de medias para número total de tubérculos por parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	4508.30	873.66	A
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	1757.00	438.52	B
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	1750.70	300.85	B
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	1704.70	307.18	B
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	1656.30	301.40	BC
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	1522.30	396.65	BCD
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	1509.30	534.78	BCD
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	1501.30	139.61	BCDE
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	1473.70	510.54	BCDEF
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	1329.30	290.22	CDEFG
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	1258.70	227.78	DEFGH
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	1227.70	32.13	DEFGH
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	1215.70	391.42	DEFGHI
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	1157.70	100.18	EFGHI
Ccompis	Ccompis	3	1148.00	129.33	FGHI
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	1126.30	138.35	FGHIJ
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	1042.00	172.36	GHIJK
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	1038.00	51.64	GHIJK
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	1035.00	220.11	GHIJK
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	1024.30	346.21	GHIJK
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	1015.70	130.54	GHIJK
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	1004.70	344.77	GHIJK
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	978.70	230.26	GHIJK
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	972.00	160.31	HIJK
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	954.30	170.74	HIJK
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	949.00	97.32	HIJK
CIP720064	Yungay	3	948.70	123.07	HIJK
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	865.70	63.54	IJK
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	793.30	60.70	JK
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	762.70	134.70	K
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	742.00	86.07	K
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	720.30	50.36	K
CIP380389.1	Canchán	3	697.30	166.81	K
CIP391691.96	Serranita	3	696.00	87.74	K

Figura 9

Número total de tubérculos por parcela (TNTP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.



4.1.14. *Peso total de tubérculos en kg/parcela (TTWP)*

El peso total de tubérculos por parcela se determinó sumando el peso de los tubérculos comerciales, los no comerciales y los descartes para cada tratamiento y repetición.

Para analizar si las variedades comerciales de referencia y los clones difieren entre sí, se realizó un ANOVA para verificar su significancia. Los resultados indicaron que los tratamientos difieren entre sí, lo que significa que el peso total de los tubérculos en kg por parcela varía según el rendimiento potencial de cada genotipo.

El coeficiente de variación para esta variable fue del 17.36 %, lo que indica una precisión adecuada en la recopilación de datos durante la investigación. Además, el coeficiente de determinación fue de 0.71, lo que sugiere que los datos se ajustaron bien al modelo aditivo lineal utilizado (ver Tabla 30).

Tabla 30

Análisis de varianza para peso total de tubérculos Kg/parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	5698.03	172.67	3.12	0.00	**
Bloques	2	3044.04	1522.02	27.51	0.00	
Error	66	3651.62	55.33	NA	NA	
Total	101	12393.69				
CV (%)		17.36				
Promedio		42.85				
r ²		0.71				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

En los análisis del peso total de los tubérculos en kg por parcela, la media de todos los tratamientos fue de 42.85 ± 9.03 kg. Las variedades Yungay, Serranita, Canchán y Ccompis, junto con 13 clones biofortificados, superaron el promedio general. El valor máximo observado fue de 59.61 kg por parcela, correspondiente a la variedad Yungay, mientras que el valor mínimo observado fue de 28.47 kg por parcela, para el clon biofortificado BIOT-721.038.

En el análisis de Waller Duncan, se identificó un grupo estadísticamente significativo que incluye 10 clones biofortificados (BIO.T-609.247, BIO.T-751.021, BIO.T-725.024, BIO.T-721.036, BIO.T-725.050, BIO.T-721.074, BIO.T-763.051, BIO.T-721.245, BIO.T-725.067 y BIO.T-751.025), junto con las variedades Yungay, Serranita y Canchán. Estos grupos presentaron un promedio de peso total de tubérculos por parcela que varía de 59.61 a 46.43 kg.

En el segundo grupo se encuentran 6 clones biofortificados (BIOT-871.043, BIO.T-686.019, BIO.T-767.014, BIO.T-787.011, BIO.T-721.163 y BIO.T-621.097) con promedios de peso total de tubérculos por parcela que oscilan entre 45.56 y 41.46 kg (ver Tabla 31 y Figura 10).

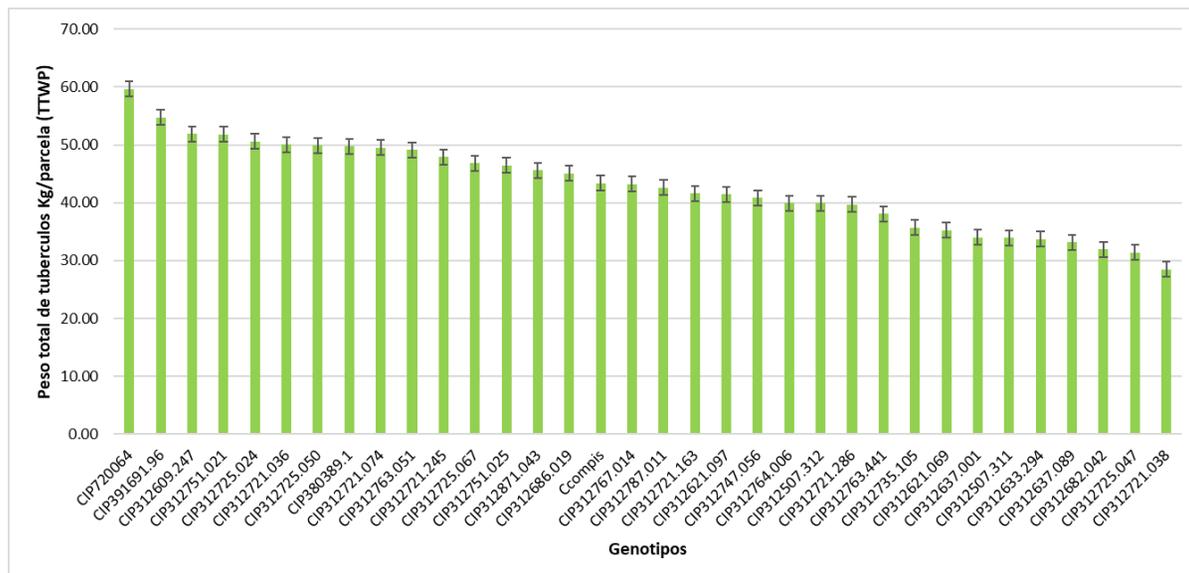
Tabla 31

Comparación de medias para peso total de tubérculos en Kg/parcela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP720064	Yungay	3	59.61	16.79	A
CIP391691.96	Serranita	3	54.69	13.90	AB
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	51.89	6.66	ABC
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	51.83	9.51	ABC
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	50.61	14.14	ABCD
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	50.04	4.69	ABCD
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	49.87	7.93	ABCD
CIP380389.1	Canchán	3	49.71	13.42	ABCD
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	49.49	5.36	ABCD
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	49.11	13.21	ABCD
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	47.87	12.37	ABCDE
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	46.85	13.13	ABCDEF
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	46.43	10.45	ABCDEF
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	45.56	5.65	BCDEFG
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	45.05	12.97	BCDEFGH
Ccompis	Ccompis	3	43.37	9.57	BCDEFGHI
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	43.23	13.24	BCDEFGHI
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	42.60	14.87	BCDEFGHI
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	41.58	10.74	BCDEFGHIJ
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	41.46	2.21	BCDEFGHIJ
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	40.85	1.13	CDEFGHIJ
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	39.94	5.09	CDEFGHIJ
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	39.93	9.25	CDEFGHIJ
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	39.67	6.56	CDEFGHIJ
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	38.10	8.09	DEFGHIJ
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	35.71	7.05	EFGHIJ
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	35.24	6.34	EFGHIJ
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	34.03	1.95	FGHIJ
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	33.93	10.32	FGHIJ
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	33.73	4.00	FGHIJ
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	33.14	9.79	GHIJ
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	31.96	8.41	HIJ
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	31.39	3.64	IJ
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	28.47	14.48	J

Figura 10

Peso total de tubérculos en Kg/parcela (TTWP) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.



4.1.15. Rendimiento total de tubérculos ajustado tha^{-1} (TTYA)

En el análisis del rendimiento total de tubérculos ajustado por hectárea, se observó que cada genotipo difiere significativamente de los demás, lo que indica que el rendimiento total de tubérculos varía según el potencial de rendimiento de cada genotipo. El coeficiente de variación para esta variable fue del 16.61%, lo cual sugiere que se registraron los datos con precisión y que la muestra era relativamente homogénea. Además, el coeficiente de determinación fue de 0.72, indicando que los datos se ajustaron bien al modelo aditivo lineal utilizado (Tabla 32).

Tabla 32

Análisis de varianza para rendimiento total de tubérculos ajustado tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	5469.25	165.73	3.53	0.00	**
Bloques	2	2596.41	1298.21	27.66	0.00	
Error	66	3098.20	46.94	NA	NA	
Total	101	11163.86				
CV (%)		16.61				
Promedio		41.26				
r^2		0.72				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

En el análisis de Waller Duncan, se identificó un grupo estadísticamente superior compuesto por las variedades comerciales Serranita, Yungay, Canchán y Ccompis, junto con 13 clones biofortificados. Estos grupos lograron un rendimiento total de tubérculos ajustado por hectárea que oscila entre 56.57 y 41.26 tha^{-1} .

Los resultados del análisis de Waller Duncan revelan la existencia de un grupo estadísticamente superior que incluye las variedades comerciales Yungay, Canchán y Serranita, junto con 8 clones biofortificados, obteniendo un rendimiento de tubérculos ajustado por hectárea que varía entre 56.57 y 46.64 tha^{-1} . En el segundo grupo se encuentran 3 clones biofortificados con rendimientos que van desde 44.34 hasta 44.28 tha^{-1} . Por otro lado, el clon biofortificado BIO.T-721.038 mostró el rendimiento más bajo, con un promedio de 26.84 \pm 12.98 tha^{-1} . Estos hallazgos son fundamentales para la toma de decisiones en la agricultura y la selección de variedades que puedan ofrecer un rendimiento óptimo, contribuyendo así al mejoramiento de la producción (ver Tabla 33 y Figura 11).

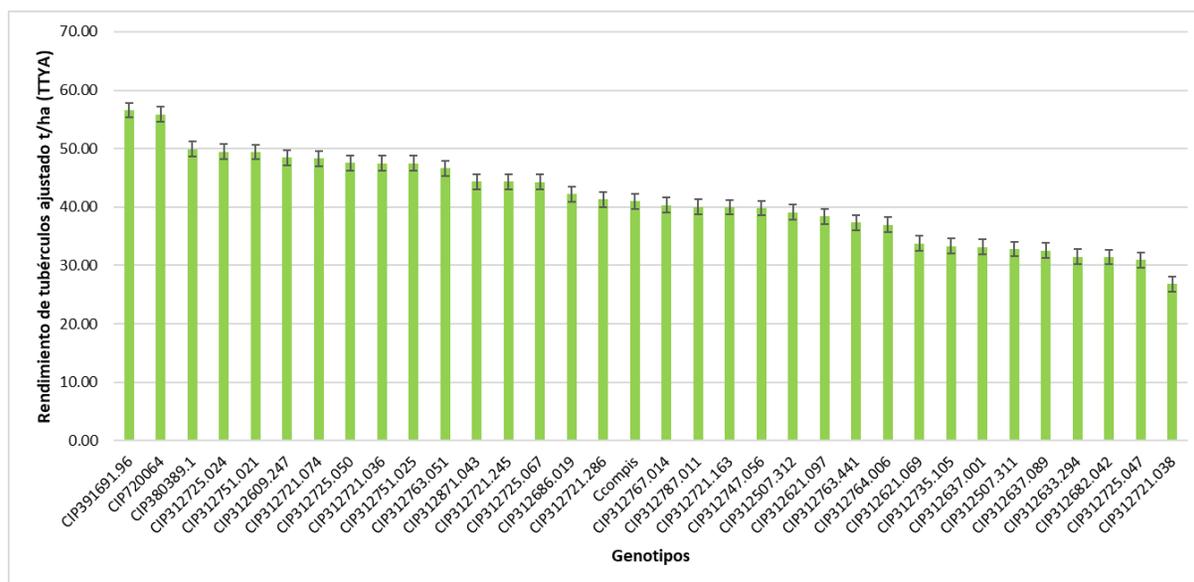
Tabla 33

Comparación de promedios para rendimiento total de tubérculos ajustado en tha^{-1} en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP391691.96	Serranita	3	56.57	15.34	A
CIP720064	Yungay	3	55.86	14.44	AB
CIP380389.1	Canchán	3	49.92	13.32	ABC
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	49.44	12.11	ABC
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	49.40	10.32	ABC
CIP312609.247	BIOT-609.247	3	48.45	6.10	ABCD
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	48.30	5.46	ABCD
CIP312725.050	BIOT-725.050	3	47.51	8.71	ABCD
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	47.50	3.93	ABCD
CIP312751.025	BIOT-751.025	3	47.50	8.11	ABCD
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	46.64	12.51	ABCD
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	44.34	4.45	BCDE
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	44.32	11.45	BCDE
CIP312725.067	BIOT-725.067	3	44.28	11.08	BCDE
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	42.20	11.17	CDEF
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	41.30	7.50	CDEF
Ccompis	Ccompis	3	40.98	7.56	CDEF
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	40.33	12.09	CDEF
CIP312787.011	BIOT-787.011	3	40.04	13.45	CDEF
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	39.95	8.58	CDEF
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	39.82	1.10	CDEF
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	39.10	10.05	CDEF
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	38.39	2.05	CDEFG
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	37.33	6.97	DEFG
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	36.98	4.71	DEFG
CIP312621.069	BIOT-621.069	3	33.78	6.25	EFG
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	33.29	6.22	EFG
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	33.16	1.91	EFG
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	32.80	10.16	EFG
CIP312637.089	BIOT-637.089	3	32.57	8.80	EFG
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	31.47	3.37	FG
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	31.44	6.39	FG
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	30.96	4.45	FG
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	26.84	12.98	G

Figura 11

Rendimiento total de tubérculos ajustado tha^{-1} (TTYA) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.



4.1.16. Peso promedio de tubérculos (g) (ATW)

En el análisis del peso promedio de tubérculos en gramos, se observan diferencias significativas entre cada tratamiento, indicando que el peso promedio de los tubérculos varía según el genotipo. El coeficiente de variación para esta variable fue del 14.81%, lo cual sugiere que los datos recopilados en el experimento fueron precisos y que la muestra fue relativamente homogénea. Además, un coeficiente de determinación de 0.90 indica un buen ajuste de los datos al modelo aditivo lineal utilizado (ver Tabla 34).

Tabla 34

Análisis de varianza para peso promedio de tubérculos en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	20812.59	630.68	18.28	0.00	**
Bloques	2	277.48	138.74	4.02	0.02	
Error	66	2276.73	34.50	NA	NA	
Total	101	23366.81				
CV (%)		14.81				
Promedio		39.66				
r ²		0.90				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

Se realizó el Test de Waller Duncan para establecer grupos estadísticos según los pesos promedio de los tubérculos entre los tratamientos. En este análisis, se observa que las variedades Serranita, Canchán y Yungay, junto con 12 clones biofortificados, mostraron pesos promedio de tubérculos superiores al promedio general. El peso máximo registrado fue de 77.90 gramos por tubérculo, correspondiente a la variedad Serranita, mientras que el mínimo fue de 8.95 gramos por tubérculo, observado en el clon biofortificado BIO.T-764.006.

Los resultados del análisis indican que existe una variación significativa en el peso promedio de los tubérculos entre los diferentes genotipos evaluados. Las variedades Serranita y Canchán exhiben los pesos promedio más altos, seguidas por la variedad Yungay y algunos clones biofortificados. Por otro lado, el clon biofortificado BIO.T-764.006 muestra el peso promedio más bajo entre todos los genotipos evaluados.

Estos hallazgos son fundamentales para comprender las diferencias en el rendimiento y las características de los tubérculos entre los genotipos estudiados. El análisis estadístico proporciona información valiosa para la toma de decisiones en la selección de variedades o clones que mejor se adapten a los objetivos del cultivo y las preferencias de los agricultores o productores (ver Tabla 35 y Figura 12).

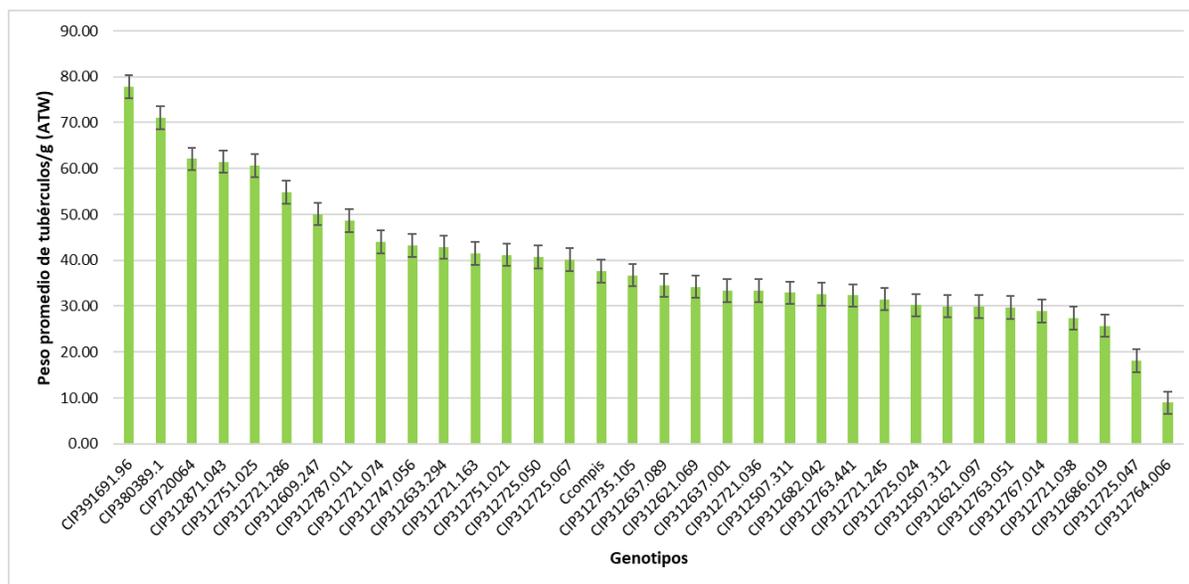
Tabla 35

Comparación de promedios para peso promedio de tubérculos en gramos en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Genotipos	Código de Mejorador	N	Promedio	DS	Grupos Estadísticos Waller Duncan
CIP391691.96	Serranita	3	77.90	11.08	A
CIP380389.1	Canchán	3	71.01	5.32	A
CIP720064	Yungay	3	62.08	11.30	B
CIP312871.043	BIOT-871.043	3	61.49	4.48	B
CIP 312751.025	BIOT-751.025	3	60.57	3.35	B
CIP312721.286	BIOT-721.286	3	54.83	5.66	BC
CIP 312609.247	BIOT-609.247	3	50.07	6.99	CD
CIP 312787.011	BIOT-787.011	3	48.59	13.21	CDE
CIP312721.074	BIOT-721.074	3	43.99	0.88	DEF
CIP312747.056	BIOT-747.056	3	43.26	3.20	DEFG
CIP312633.294	BIOT-633.294	3	42.90	8.24	DEFGH
CIP312721.163	BIOT-721.163	3	41.45	4.77	DEFGHI
CIP312751.021	BIOT-751.021	3	41.20	2.51	EFGHIJ
CIP 312725.050	BIOT-725.050	3	40.65	6.72	EFGHIJK
CIP 312725.067	BIOT-725.067	3	40.19	9.02	EFGHIJKL
Ccompis	Ccompis	3	37.61	6.09	FGHIJKLM
CIP312735.105	BIOT-735.105	3	36.73	1.91	FGHIJKLM
CIP 312637.089	BIOT-637.089	3	34.57	6.15	GHIJKLMN
CIP 312621.069	BIOT-621.069	3	34.24	2.64	HIJKLMNO
CIP312637.001	BIOT-637.001	3	33.41	6.86	IJKLMNO
CIP312721.036	BIOT-721.036	3	33.35	1.33	IJKLMNO
CIP312507.311	BIOT-507.311	3	32.92	5.81	IJKLMNO
CIP312682.042	BIOT-682.042	3	32.57	4.52	JKLMNO
CIP312763.441	BIOT-763.441	3	32.33	4.75	KLMNO
CIP312721.245	BIOT-721.245	3	31.54	4.05	LMNO
CIP312725.024	BIOT-725.024	3	30.20	3.85	MNO
CIP312507.312	BIOT-507.312	3	29.98	1.04	MNO
CIP312621.097	BIOT-621.097	3	29.89	7.67	MNO
CIP312763.051	BIOT-763.051	3	29.67	10.63	MNO
CIP312767.014	BIOT-767.014	3	29.00	2.95	MNO
CIP312721.038	BIOT-721.038	3	27.37	4.29	NO
CIP312686.019	BIOT-686.019	3	25.73	5.72	OP
CIP312725.047	BIOT-725.047	3	18.07	1.29	P
CIP312764.006	BIOT-764.006	3	8.95	0.98	Q

Figura 12

Peso promedio de tubérculos en gramos (ATW) en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.



4.2. Evaluación de la calidad organoléptica realizada por agricultores y panel entrenado en laboratorio

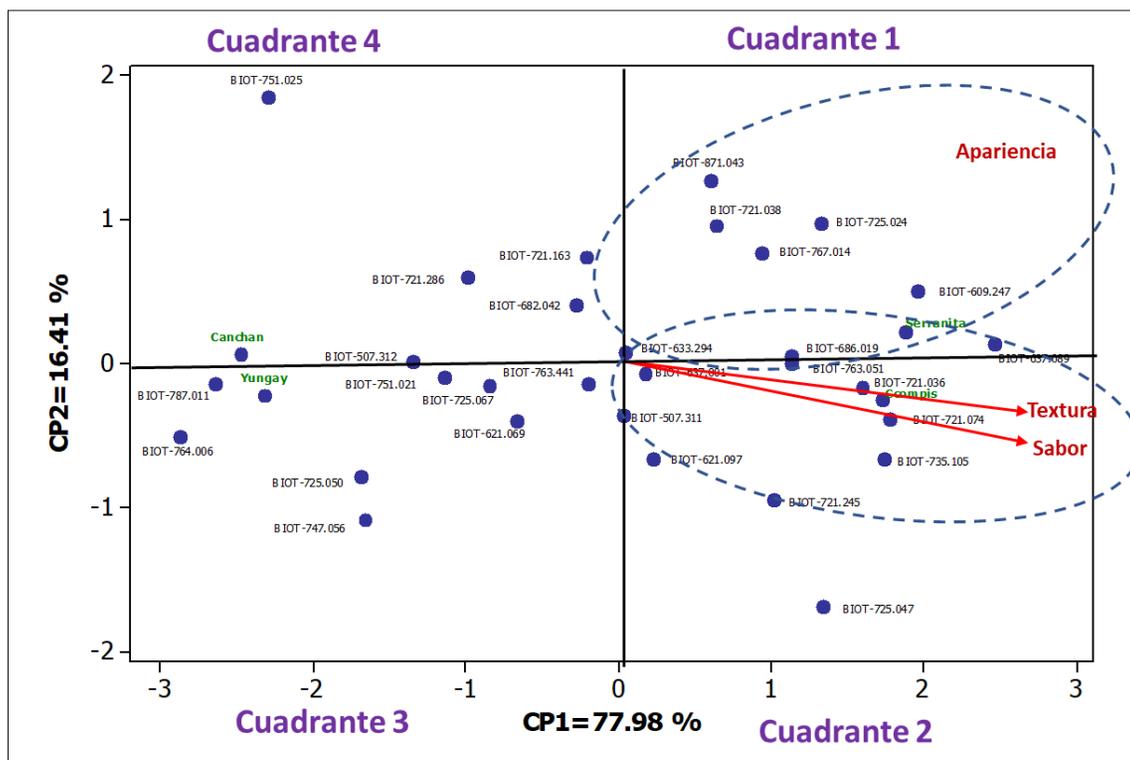
4.2.1. Evaluación organoléptica con agricultores

La evaluación organoléptica es un proceso que permite caracterizar alimentos mediante los sentidos, incluyendo la textura, el sabor, la astringencia y el aroma. En este caso, nos centramos especialmente en la apariencia, el sabor y la textura de los clones y variedades de papas recién cosechadas y realizado por paneles mixtos de agricultores.

Para analizar los datos cuantitativos de la calidad organoléptica recolectados en campo se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). El Componente Principal 1 calculado explica el 77.98 % de la variabilidad total de los datos, mientras que el CP2 representa el 16.41 %. Juntos, explican el 94.39 % de la variabilidad total observada (ver Figura 13).

Figura 13

Análisis de componentes principales de las pruebas organolépticas considerando apariencia, textura y sabor en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



En el cuadrante 1, destacan los genotipos con excelente apariencia, incluyendo clones biofortificados y la variedad de control Serranita, evaluados por los agricultores en esta prueba organoléptica. El cuadrante 2 muestra genotipos con notable textura y sabor, donde se incluyen clones biofortificados y la variedad de control Ccompis. En los cuadrantes 3 y 4, se observan clones biofortificados y las variedades de control Yungay y Canchan, que no muestran características organolépticas distintivas para los agricultores.

Estas características organolépticas son cruciales en el proceso de selección de nuevas variedades, ya que se espera que una nueva variedad presente buena apariencia, sabor y textura para ser considerada favorable por los agricultores.

4.2.2. Evaluación organoléptica con panel entrenado en laboratorio

La evaluación organoléptica se llevó a cabo con un panel de evaluadores compuesto por un total de 35 participantes, de los cuales 11 eran hombres (31.43%) y 24 mujeres (68.57%).

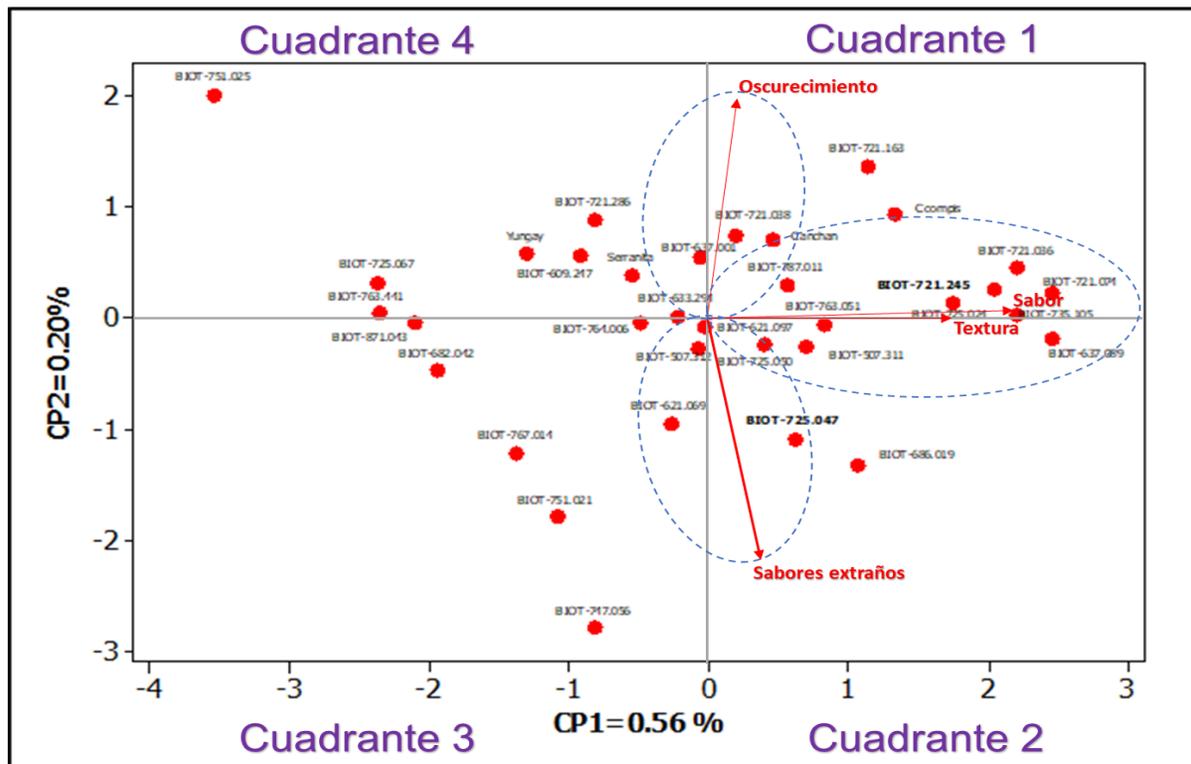
Para analizar los datos obtenidos de la evaluación organoléptica en laboratorio, se utilizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Esta técnica multivariante busca reducir la dimensionalidad de las variables originales, intentando explicar la mayor parte de la variabilidad total con el menor número posible de componentes principales. En este caso, se evaluaron 34 clones de papa, utilizando variables relacionadas con sabor, textura, oscurecimiento y sabores inusuales.

En la Figura 14 se presentan los resultados del ACP, donde el Componente Principal 1 (CP1) explica el 0.56% de la variabilidad total de los datos, mientras que el Componente Principal 2 (CP2) explica el 0.20% de la variabilidad total. En conjunto, estos dos componentes explican el 0.76% de la variabilidad total observada.

Dado que los porcentajes de variabilidad explicados por los dos primeros componentes principales son relativamente bajos, puede ser necesario considerar más componentes para capturar toda la variabilidad en los datos organolépticos (ver Figura 14 y Anexo E).

Figura 14

Análisis de componentes principales para sabores extraños, oscurecimiento, sabor y textura en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.3. Valor nutricional de los tubérculos

4.3.1. Determinación del contenido de Hierro y Zinc

Se utilizó ANOVA para verificar si los clones y las variedades comerciales de referencia difieren en cuanto a su contenido de Fe y Zn. Las Tablas 44 y 45 muestran que existe una clara diferencia entre los tratamientos y las variedades comerciales para ambas variables, confirmada mediante análisis estadístico, lo que indica variabilidad en el contenido de Fe y Zn según las características genotípicas.

El coeficiente de variación para estas variables fue del 11.30% y 11.78% respectivamente, lo cual indica un alto grado de precisión en la recopilación de datos del experimento. Además, los valores de R^2 fueron de 0.73 y 0.68 para el contenido de Fe y Zn

respectivamente, destacando que ambos constructos se ajustan al modelo aditivo lineal empleado.

En cuanto al contenido de Fe, el promedio general de todos los genotipos fue de 17.67 ± 1.77 mg/kg DW. Diecisiete clones biofortificados superaron este promedio, mientras que las variedades comerciales testigo mostraron valores inferiores. El clon BIO.T-682.042 registró el valor máximo observado de 25.62 mg/kg DW de hierro, mientras que la variedad Canchán-INIA presentó el valor mínimo observado de 12.85 mg/kg DW de hierro.

Para el contenido de Zn, el promedio fue de 14.13 ± 1.36 mg/kg DW en todos los genotipos. Las variedades Serranita y Ccompis, junto con 15 clones biofortificados, mostraron valores superiores al promedio general. El clon BIO.T-764.006 alcanzó el valor máximo observado de 20.92 mg/kg DW de zinc, mientras que la variedad Yungay mostró el valor mínimo observado de 10.33 mg/kg DW de zinc.

4.3.2. Determinación del contenido de vitamina C

Se evaluó el contenido de vitamina C, encontrando un valor máximo de 13.61 mg/kg DW en la variedad Canchán y un mínimo de 6.00 mg/kg DW en el clon biofortificado BIO.T-721.036.

Estos resultados concuerdan con estudios previos que también han demostrado diferencias significativas entre los clones en términos de contenido de Zn, Fe, rendimiento y vitamina C. Estos hallazgos son fundamentales para la selección de genotipos con características específicas de calidad y contenido de nutrientes (ver Tablas 36, 37 y 38).

Tabla 36

Resultados del análisis de contenido de Fe, Zn y Vitamina C en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Código del mejorador	N	Contenido de Hierro mg/kg (BS)			Contenido de Zinc mg/kg (BS)			Vitamina C mg/100g (BS)
		Promedio	DS	Grupos estadísticos Waller Duncan	Promedio	DS	Grupos estadísticos Waller Duncan	Valor observado
BIOT-682.042	3	25.66	2.58	A	16.54	2.46	BC	6.78
BIOT-871.043	3	21.44	1.47	B	17.19	0.86	B	10.05
BIOT-764.006	3	21.38	3.80	B	20.92	5.59	A	12.81
BIOT-725.047	3	21.03	2.76	BC	15.43	1.82	BCD	8.53
BIOT-721.245	3	20.21	2.77	BCD	15.36	2.37	BCDE	8.91
BIOT-735.105	3	20.11	3.00	BCD	11.55	0.15	GHI	13.52
BIOT-633.294	3	19.71	0.90	BCDE	15.45	1.30	BCD	13.02
BIOT-721.038	3	19.20	5.35	BCDEF	13.74	2.05	DEFG	9.30
BIOT-763.051	3	18.79	1.64	BCDEF	15.60	1.47	BCD	12.84
BIOT-637.089	3	18.70	1.45	BCDEF	14.13	1.17	CDEFG	12.05
BIOT-751.021	3	18.58	1.08	BCDEF	14.74	0.59	BCDEF	9.48
BIOT-725.024	3	18.26	1.87	BCDEF	13.15	0.56	DEFGH	9.82
BIOT-637.001	3	18.07	0.61	BCDEF	13.04	1.11	DEFGHI	8.82
BIOT-721.286	3	18.02	1.39	BCDEF	14.22	0.84	CDEFG	8.34
BIOT-725.050	3	17.86	1.89	BCDEFG	15.42	1.49	BCD	11.51
BIOT-721.163	3	17.79	2.16	BCDEFG	13.24	1.26	DEFG	12.31
BIOT-507.311	3	17.78	2.14	BCDEFG	14.13	1.38	CDEFG	8.26
BIOT-763.441	3	17.61	1.32	BCDEFG	15.55	1.12	BCD	9.81
BIOT-751.025	3	17.32	3.80	HCDEFG	13.89	4.14	CDEFG	8.30
BIOT-686.019	3	17.25	0.22	HCDEFG	12.10	0.77	FGHI	7.79
BIOT-721.036	3	17.06	2.04	HCDEFG	14.74	0.83	BCDEF	6.00
BIOT-747.056	3	16.74	1.01	HIDEFG	14.23	0.15	CDEFG	8.22
BIOT-767.014	3	16.68	1.75	HIDEFG	13.17	0.70	DEFGH	9.94
BIOT-725.067	3	16.57	1.53	HIDEFG	13.64	1.99	DEFG	6.06
BIOT-721.074	3	16.30	0.32	HIDEFG	12.58	0.79	EFGHI	12.30
BIOT-507.312	3	16.26	0.70	HIDEFG	12.23	0.39	FGHI	9.69
BIOT-621.069	3	16.00	1.44	HIEFG	13.97	0.88	CDEFG	11.48
BIOT-621.097	3	15.98	1.37	HIEFG	13.55	1.27	DEFG	13.11
BIOT-787.011	3	15.89	1.66	HIEFG	14.43	1.10	BCDEF	10.26
BIOT-609.247	3	15.53	0.80	HIFG	13.40	0.82	DEFG	10.26
Serranita	3	13.89	1.51	HIG	14.25	1.19	CDEFG	12.61
Ccompis	3	13.47	1.61	HI	14.23	2.26	CDEFG	13.13
Yungay	3	12.90	0.56	I	10.33	0.83	I	12.93
Canchán	3	12.85	1.57	I	10.38	0.54	HI	13.61

Tabla 37

Análisis de varianza para contenido de Hierro en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	674.29	20.43	5.12	0.00	**
Bloques	2	24.59	12.30	3.08	0.05	
Error	66	263.36	3.99	NA	NA	
Total	101	962.24				
CV (%)		11.30				
Promedio		17.67				
r ²		0.73				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

Tabla 38

Análisis de varianza para contenido de Zinc en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Tratamientos	33	370.58	11.23	4.05	0.00	**
Bloques	2	19.93	9.96	3.59	0.03	
Error	66	183.06	2.77	NA	NA	
Total	101	573.57				
CV (%)		11.78				
Promedio		14.13				
r ²		0.68				

*, ** resulta ser significativa al 5 y 1% de forma respectiva

Se utilizó análisis de componentes principales (ACP) para analizar los datos de la evaluación de parámetros de calidad de la papa, incluyendo el contenido de Fe, Zn y vitamina C. El ACP es una técnica multivariante que reduce la dimensionalidad de los datos originales, permitiendo explicar gran parte de la variabilidad total con un número menor de componentes principales. En este estudio, se evaluaron 34 clones en la localidad de Chugay, La Libertad, considerando tres variables: contenido de Fe, Zn y vitamina C.

La Figura 15 muestra los resultados del ACP, donde el Componente Principal 1 (CP1) explica el 58.50% de la variabilidad total de los datos observados, mientras que el Componente Principal 2 (CP2) explica el 30.20%. En conjunto, estos dos componentes explican el 88.70% de la variabilidad total observada.

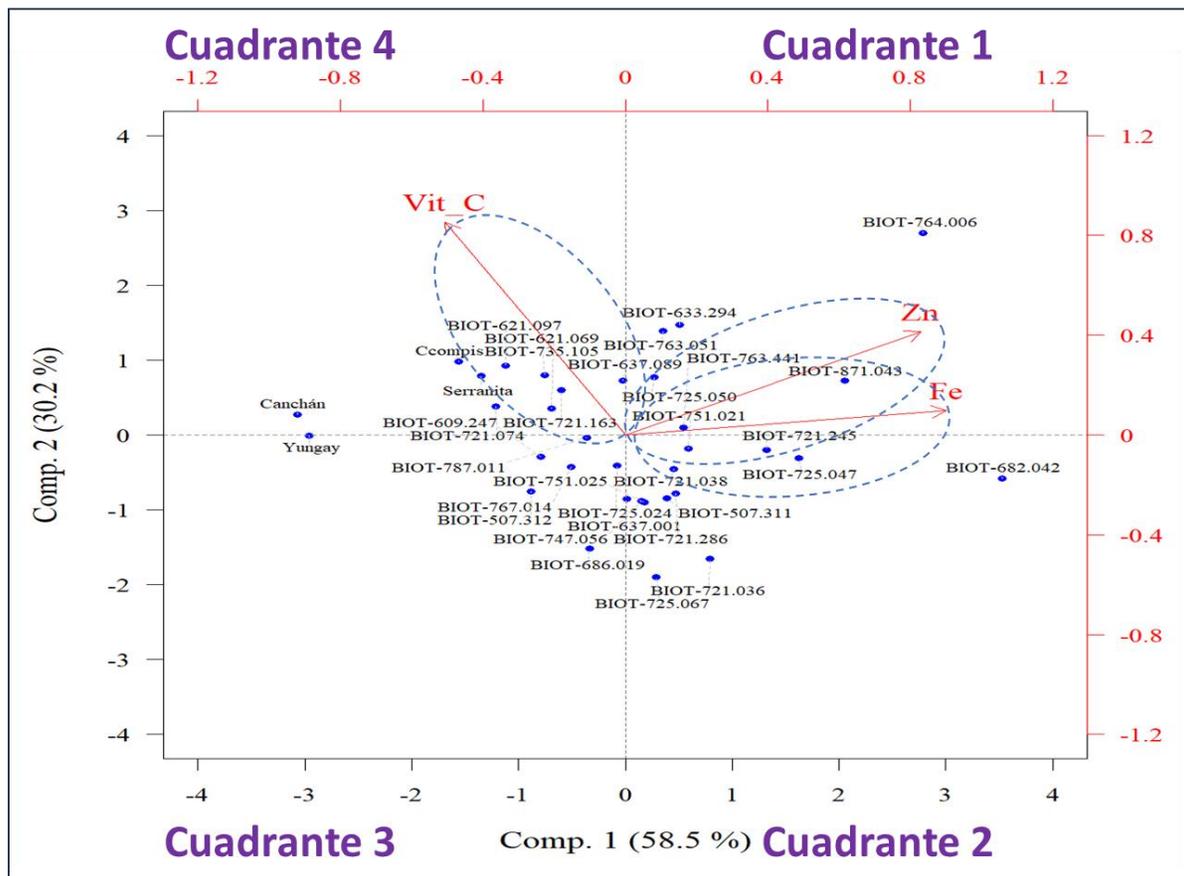
En los cuadrantes I y II del biplot se observan los clones biofortificados que destacan por su alto contenido de Fe y Zn, como BIO.T-682.042, BIO.T-871.043, BIO.T-764.006, BIO.T-725.047, BIO.T-721.245, BIO.T-633.294, BIO.T-763.051, BIO.T-725.050, BIO.T-751.021, BIO.T-721.038, BIO.T-507.311, BIO.T-721.286, BIO.T-721.036 y BIO.T-725.067.

En el cuadrante IV del biplot se identifican los clones con mayor contenido de vitamina C, como BIO.T-621.097, BIO.T-621.069, BIO.T-735.105, BIO.T-637.089, BIO.T-609.247, BIO.T-721.163, BIO.T-721.074, BIO.T-787.011, BIO.T-751.025, BIO.T-767.014, BIO.T-507.312, BIO.T-725.024, BIO.T-637.001, BIO.T-747.056, BIO.T-686.019, y las variedades comerciales Ccompis, Serranita, Canchán y Yungay.

Estos resultados del ACP permiten visualizar cómo los clones biofortificados y las variedades comerciales se distribuyen según su contenido de Fe, Zn y vitamina C, lo cual es crucial para la selección de genotipos con perfiles de nutrientes específicos en futuros programas de mejoramiento genético de este cultivo (ver Figura 15).

Figura 15

Análisis de componentes principales para contenido de Fe, Zn y Vitamina C en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.3.3. Matriz de Selección de mejores clones biofortificados

Para seleccionar los 10 mejores clones de papa biofortificada junto con las cuatro variedades testigo en el distrito de Chugay, primero se generó una matriz utilizando los resultados de las pruebas de comparación de medias de las variables cualitativas y cuantitativas evaluadas en las fases de floración, cosecha y postcosecha.

En la Tabla 39 se pueden observar las variables utilizadas en la matriz de selección, así como los pesos asignados a cada una. Se otorgó un peso de 3 a las variables de menor importancia, un peso de 5 a las de importancia media y un peso de 7 a las de mayor importancia. Los pesos se asignaron considerando solo aquellos clones que mostraron

valores superiores al promedio de rangos para las variables cualitativas o cuantitativas no continuas, y valores superiores al promedio general para las variables cuantitativas.

El "Índice de selección", que resulta de la suma de los valores ponderados de todas las características para cada clon, puede alcanzar un máximo de 94 puntos para ser considerado en el grupo TOP. Este índice nos permitirá identificar los clones biofortificados con las mejores características y mejor desempeño en el distrito de Chugay.

Se excluyeron de la matriz aquellas variables que resultaron poco informativas y/o más descriptivas. Seis variables fueron identificadas como de mayor importancia y se les asignó un peso de 7 en la matriz:

- ✓ Rendimiento total de tubérculos comerciales ajustado tha^{-1} (TTYA): Es crucial para la rentabilidad del cultivo.
- ✓ Contenido de hierro en los tubérculos: Priorizado para contribuir a la reducción de la anemia y desnutrición infantil.
- ✓ Sabor organoléptico de los tubérculos: Determinante para la aceptación del consumidor.
- ✓ Contenido de glicoalcaloides: Importante para evitar riesgos de toxicidad.
- ✓ Color de pulpa de tubérculo: Priorización de clones con colores "amarillo claro" o "crema" debido a sus potenciales beneficios para la absorción de hierro.

Estos criterios de selección son fundamentales para asegurar que los clones elegidos no solo sean productivos, sino también seguros y nutricionalmente beneficiosos para la comunidad de Chugay y más allá.

Tabla 39

Matriz de selección de mejores clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Orden	Nombre de la Variable	Tipo	Prueba	Peso
1	Votaciones SPV fase floración	Cuantitativo	Prueba de Friedman	3
2	Votaciones SPV fase cosecha	Cuantitativo	Prueba de Friedman	3
3	Votaciones SPV fase post cosecha	Cuantitativo	Prueba de Friedman	3
4	Uniformidad de planta	Cualitativo	Prueba de Friedman	3
5	Vigor de planta	Cualitativo	Prueba de Friedman	3
6	Número de tallos por planta	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	3
7	Altura de planta	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	3
8	Longitud de estolón	Cualitativo	Prueba de Friedman	--
9	Apariencia de tubérculos	Cualitativo	Prueba de Friedman	3
10	Uniformidad de tubérculos	Cualitativo	Prueba de Friedman	--
11	Tamaño de tubérculos	Cualitativo	Prueba de Friedman	3
12	Rendimiento de tubérculos comerciales ajustado t/ha (MTTYA).	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	7
13	Peso promedio de tubérculos comerciales /g. (MATW)	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	5
14	Rendimiento total de tubérculos ajustado t/ha (TTYA)	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	7
15	Peso promedio de tubérculos/g (ATW).	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	5
16	Porcentaje de Materia seca	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	5
17	Tipo de Dormancia	Cualitativo	Análisis Factorial	--
18	Porcentaje de pérdida de peso*	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	--
19	Patrón de brotamiento	Cualitativo	Descriptivo	--
20	Color de hojuelas (CHIP)	Cualitativo	Prueba de Friedman	--
21	Porcentaje de contenido de Azúcar	Cuantitativo	Prueba de Waller Duncan	--
22	Prueba Organoléptica: Textura	Cuantitativo	Componentes principales	5
23	Prueba Organoléptica: Sabor	Cuantitativo	Componentes principales	7
24	Prueba Organoléptica: Sabor Extraños	Cuantitativo	Componentes principales	--
25	Prueba Organoléptica: Sabor Extraños	Cuantitativo	Componentes principales	--
26	Glicoalcaloides peso fresco	Cuantitativo	Componentes principales	7
27	Contenido de Hierro mg/kg (BS)	Cualitativo	Prueba de Friedman	7
28	Contenido de Zinc mg/kg (BS) *	Cualitativo	Prueba de Friedman	5
29	Vitamina C mg/100 (BF)	Cualitativo	--	--
30	Color de pulpa de tubérculo	Cuantitativo	Descriptivo	7
PESO TOTAL				94

En la Tabla 40 y sus correspondientes subtablas (40.1, 40.2, 40.3, 40.4, 40.5 y 40.6), se destacan 6 clones biofortificados junto con las variedades testigo que obtuvieron los mayores índices de selección. El clon BIOT-721.245 sobresale con el puntaje más alto de 76 puntos. Este clon fue seleccionado por los agricultores durante las etapas de floración y cosecha debido a su uniformidad notable, con una calificación de 9 en la escala de uniformidad de planta, y por su vigor excepcional, evaluado con un 9 en tallos gruesos, abundante follaje y presencia de 4 tallos.

En cuanto a las características de los tubérculos, el clon presenta una apariencia regular, de tamaño pequeño, con un rendimiento promedio de tubérculos comerciales de 39.26 tha-1. El peso promedio de los tubérculos comerciales es de 42.44 gramos, con un rendimiento total de tubérculos de 44.32 tha-1 y un peso promedio de tubérculos de 31.54 gramos.

En términos de contenido mineral, este clon registra un promedio de 20.21 mg/kg (BS) de hierro, lo que representa un incremento del 45.5% respecto a la variedad comercial Serranita (13.89 mg/kg (BS)). Además, su contenido de zinc es de 15.36 mg/kg (BS), un 7.8% más alto que el de la variedad comercial Serranita.

El clon también muestra un alto porcentaje de materia seca en los tubérculos (28.09%), bajo contenido de azúcar (0.10%), y una pulpa de color crema con excelente calidad culinaria.

Además del clon BIOT-721.245, se destacan las variedades comerciales (testigos) y los siguientes clones biofortificados por sus altos índices de selección: Serranita (76 puntos), BIOT-725.024 (72 puntos), BIOT-725.050 (72 puntos), Ccompis (70 puntos), BIOT-721.074 (68 puntos), BIOT-871.043 (68 puntos), Canchan-INIA (68 puntos), BIOT-721.036 (66 puntos) y Yungay (66 puntos).

Tabla 40

Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad

ORD	Número CIP	Código de Mejorador	PVS - Floración			PVS - Cosecha			PVS - Post cosecha			Uniformidad de planta			
			SR	Friedman	Peso	SR	Friedman	Peso	SR	Friedman	Peso	Mediana	SR	Friedman	Peso
1	CIP312721.245	BIOT-721.245	43	EF	1	21.5	K	1	58.5	BC	3	9	94	A	3
2	CIP391691.96	Serranita	57	BCDEF	3	81	ABCD	3	54.0	BC	3	9	94	A	3
3	CIP312725.024	BIOT-725.024	63	BCDEF	3	55.5	CDEFGHIJ	3	57.5	BC	3	7	60	B	3
4	CIP312725.050	BIOT-725.050	69	ABCDE	3	101.5	A	3	96.0	A	3	7	43	C	1
5	Ccompis	Ccompis	55.5	CDEF	3	74.5	ABCDEF	3	55.0	BC	3	9	94	A	3
6	CIP312721.074	BIOT-721.074	102	A	3	50.5	DEFGHIJK	1	39.5	C	1	7	43	C	1
7	CIP312871.043	BIOT-871.043	66	ABCDEF	3	92.5	AB	3	39.5	C	1	7	43	C	1
8	CIP380389.1	Canchan-INIA	30.5	F	1	84	ABC	3	102.0	A	3	7	43	C	1
9	CIP312721.036	BIOT-721.036	65	ABCDEF	3	66.5	BCDEFGHI	3	39.5	C	1	7	43	C	1
10	CIP720064	Yungay	92	ABC	3	49.5	EFGHIJK	1	39.5	C	1	9	94	A	3

Tabla 40.1

Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad

ORD	Número CIP	Código de Mejorador	Vigor de planta				Número de tallos por planta				Altura de planta			
			Mediana	SR	Friedman	Peso	Promedio	DS	Waller Duncan	Peso	Promedio	DS	Waller Duncan	Peso
1	CIP312721.245	BIOT-721.245	9	94	A	3	3.97	0.15	MN	1	77.43	0.31	C	3
2	CIP391691.96	Serranita	9	94	A	3	3.60	0.10	OPQ	1	84.33	0.25	B	3
3	CIP312725.024	BIOT-725.024	7	66	B	3	3.80	0.20	NO	1	69.33	0.25	F	3
4	CIP312725.050	BIOT-725.050	7	52	C	1	3.53	0.15	PQ	1	68.40	0.30	F	3
5	Ccompis	Ccompis	9	94	A	3	2.60	0.10	R	1	73.47	1.15	E	3
6	CIP312721.074	BIOT-721.074	7	52	C	1	3.77	0.35	NOP	1	60.73	0.40	J	3
7	CIP312871.043	BIOT-871.043	7	52	C	1	4.07	0.15	KLM	1	56.17	0.76	M	1
8	CIP380389.1	Canchan-INIA	7	52	C	1	4.90	0.17	E	3	51.43	0.15	P	1
9	CIP312721.036	BIOT-721.036	7	52	C	1	2.80	0.10	R	1	58.40	0.30	K	1
10	CIP720064	Yungay	9	94	A	3	4.90	0.10	E	3	86.50	0.36	A	3

Tabla 40.2

Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad

ORD	Número CIP	Código de Mejorador	Apariencia de tubérculos				Tamaño de tubérculos				Rendimiento de tubérculos comerciales t/ha.			
			Mediana	SR	Friedman	Peso	Mediana	SR	Friedman	Peso	Promedio	DS	Waller Duncan	Peso
1	CIP312721.245	BIOT-721.245	5	38	DEF	1	3	41.5	CD	1	39.26	11.35	CDEFG	7
2	CIP391691.96	Serranita	7	86.5	A	3	5	93	A	3	53.77	14.09	A	7
3	CIP312725.024	BIOT-725.024	5	53.5	BCD	3	3	41.5	CD	1	38.43	7.31	CDEFGH	7
4	CIP312725.050	BIOT-725.050	5	53.5	BCD	3	3	41.5	CD	1	42.86	8.72	BCDEF	7
5	Ccompis	Ccompis	5	53.5	BCD	3	3	41.5	CD	1	37.25	6.44	DEFGHI	7
6	CIP312721.074	BIOT-721.074	5	53.5	BCD	3	5	72.5	AB	3	43.17	2.96	BCDEF	7
7	CIP312871.043	BIOT-871.043	7	95	A	3	5	93.5	A	3	40.97	4.53	CDEFG	7
8	CIP380389.1	Canchan-INIA	7	81.5	AB	3	5	88.5	A	3	47.36	13.32	ABC	7
9	CIP312721.036	BIOT-721.036	5	67	ABCD	3	3	57.5	BC	3	39.95	3.21	CDEFG	7
10	CIP720064	Yungay	5	69	ABC	3	5	88.5	A	3	52.40	13.15	AB	7

Tabla 40.3

Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad

ORD	Número CIP	Código de Mejorador	Peso promedio de tubérculos comerciales /g. (MATW)				Rendimiento total de tubérculos t/ha				Peso promedio de tubérculos/g			
			Promedio	DS	Waller Duncan	Peso	Promedio	DS	Waller Duncan	Peso	Promedio	DS	Waller Duncan	Peso
1	CIP312721.245	BIOT-721.245	42.44	5.52	GHIJKL	1	44.32	11.45	BCDE	7	31.54	4.05	LMNO	1
2	CIP391691.96	Serranita	94.57	15.00	A	5	56.57	15.34	A	7	77.90	11.08	A	5
3	CIP312725.024	BIOT-725.024	44.06	9.50	GHIJKL	1	49.44	12.11	ABC	7	30.20	3.85	MNO	1
4	CIP312725.050	BIOT-725.050	54.29	5.78	EFGHIJ	5	47.51	8.71	ABCD	7	40.65	6.72	EFGHIJK	5
5	Ccompis	Ccompis	45.40	7.53	GHIJKL	1	40.98	7.56	CDEF	1	37.61	6.09	FGHIJKLM	1
6	CIP312721.074	BIOT-721.074	57.89	5.60	DEFGH	5	48.30	5.46	ABCD	7	43.99	0.88	DEF	5
7	CIP312871.043	BIOT-871.043	76.67	5.89	ABC	5	44.34	4.45	BCDE	7	61.49	4.48	B	5
8	CIP380389.1	Canchan-INIA	85.09	4.70	AB	5	49.92	13.32	ABC	7	71.01	5.32	A	5
9	CIP312721.036	BIOT-721.036	47.81	6.86	GHIJK	1	47.50	3.93	ABCD	7	33.35	1.33	IJKLMNOP	1
10	CIP720064	Yungay	75.19	13.90	BCD	5	55.86	14.44	AB	7	62.08	11.30	B	5

Tabla 40.4

Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad

ORD	Número CIP	Código de Mejorador	Porcentaje de Materia Seca				Textura_lab			Sabor_lab			Tgly_FW	
			Promedio	DS	Duncan	Peso	Media	DS	Peso	Media	DS	Peso	Tgly_FW	Peso
1	CIP312721.245	BIOT-721.245	28.09	0.29	ABCD	5	32.50	6.61	5	36.00	4.18	7	1.205833334	7
2	CIP391691.96	Serranita	26.85	1.98	CDEFG	5	27.00	4.11	1	29.00	6.27	1	1.001117095	7
3	CIP312725.024	BIOT-725.024	26.81	1.36	CDEFG	5	34.00	5.48	5	36.00	2.24	7	0.596959914	7
4	CIP312725.050	BIOT-725.050	23.55	1.03	IJK	1	25.50	4.11	1	32.50	6.61	7	2.237250538	7
5	Ccompis	Ccompis	28.42	0.56	ABC	5	31.00	8.77	5	37.50	2.89	7	0.457497225	7
6	CIP312721.074	BIOT-721.074	28.07	0.51	ABCD	5	34.00	4.18	5	37.50	5.00	7	5.58851062	1
7	CIP312871.043	BIOT-871.043	26.31	1.25	CDEFGH	5	21.00	3.35	1	29.00	7.20	1	0.160435925	7
8	CIP380389.1	Canchan-INIA	23.47	0.52	IJK	1	28.75	7.23	1	31.81	7.51	7	1.164302491	7
9	CIP312721.036	BIOT-721.036	23.74	1.88	HIJK	1	34.00	4.18	5	35.50	7.58	7	0.616240566	7
10	CIP720064	Yungay	19.37	0.65	LM	1	16.81	6.53	1	30.38	7.35	1	0.253041844	7

Tabla 40.5

Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad

ORD	Número CIP	Código de Mejorador	Contenido de Hierro mg/kg (BS) *				Contenido de Zinc mg/kg (BS) *			
			Promedio	DS	Waller Duncan	Peso	Promedio	DS	Waller Duncan	Peso
1	CIP312721.245	BIOT-721.245	20.21	2.77	BCD	7	15.36	2.37	BCDE	5
2	CIP391691.96	Serranita	13.89	1.51	HIG	1	14.25	1.19	CDEFG	5
3	CIP312725.024	BIOT-725.024	18.26	1.87	BCDEF	7	13.15	0.56	DEFGH	1
4	CIP312725.050	BIOT-725.050	17.86	1.89	BCDEFG	7	15.42	1.49	BCD	5
5	Ccompis	Ccompis	13.47	1.61	HI	1	14.23	2.26	CDEFG	5
6	CIP312721.074	BIOT-721.074	16.30	0.32	HIDEFG	1	12.58	0.79	EFGHI	1
7	CIP312871.043	BIOT-871.043	21.44	1.47	B	7	17.19	0.86	B	5
8	CIP380389.1	Canchan-INIA	12.85	1.57	I	1	10.38	0.54	HI	1
9	CIP312721.036	BIOT-721.036	17.06	2.04	HCDEFG	1	14.74	0.83	BCDEF	5
10	CIP720064	Yungay	12.90	0.56	I	1	10.33	0.83	I	1

Tabla 40.6

Matriz de selección de los mejores clones biofortificados con relación a las variables y respectivos pesos en el distrito de Chugay – región La Libertad

ORD	Número CIP	Código de Mejorador	Color de pulpa de tubérculo			Peso	Peso total de selección
			Color predominante	Color secundario	Distribución del color secundario de la pulpa		
1	CIP312721.245	BIOT-721.245	Crema	Ausente	Ausente	7	76
2	CIP391691.96	Serranita	Amarillo claro	Ausente	Ausente	7	76
3	CIP312725.024	BIOT-725.024	Amarillo Claro	Morado	Areas	1	72
4	CIP312725.050	BIOT-725.050	Crema	Morado	Anillo Vascular y Medula	1	72
5	Ccompis	Ccompis	Amarillo Claro	Ausente	Ausente	7	70
6	CIP312721.074	BIOT-721.074	Amarillo Claro	Ausente	Ausente	7	68
7	CIP312871.043	BIOT-871.043	Crema	Rojo	Anillo Vascular y Medula	1	68
8	CIP380389.1	Canchan-INIA	Amarillo claro	Ausente	Ausente	7	68
9	CIP312721.036	BIOT-721.036	Crema	Ausente	Ausente	7	66
10	CIP720064	Yungay	Amarillo claro	Ausente	Ausente	7	66

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

1. El rendimiento total de tubérculos en tha^{-1} de los 10 primeros lugares fue de 56.57, 55.86, 49.92, 49.44, 48.30, 47.51, 47.50, 44.34, 44.32 y 40.98 tha^{-1} para Serranita, Yungay, Canchán, BIOT-725.024, BIOT-721.074, BIOT-725.050, BIOT-721.036, BIOT-871.043, BIOT-721.245 y Ccompis respectivamente.

2. En la evaluación organoléptica, los puntajes más altos en sabor fueron para Ccompis (37.50), BIOT-721.074 (37.50), BIOT-721.245 (36.00), BIOT-725.024 (36.00), BIOT-721.036 (35.50), BIOT-725.050 (32.50), Canchán (31.81), Yungay (30.38), Serranita (29.00) y BIOT-871.043 (29.00), destacando su aceptación sensorial entre los evaluadores.

3. Los 6 clones biofortificados demostraron un contenido superior de hierro en comparación con las cuatro variedades testigo, con valores de 21.437, 20.21, 18.257, 17.857, 17.057 y 16.303 mg/kg (BS) para los clones BIOT-871.043, BIOT-721.245, BIOT-725.024, BIOT-725.050, BIOT-721.036 y BIOT-721.074 respectivamente. El clon BIOT-721.245, que ocupó el primer lugar en la matriz de selección, mostró un incremento del 45.5%, 50%, 57.2% y 56.7% en contenido de hierro en comparación con las variedades comerciales Serranita, Ccompis, Canchán y Yungay respectivamente. En cuanto al contenido de zinc, estos clones obtuvieron un aumento del 7.8%, 8%, 48% y 48.7% más que las variedades comerciales Serranita, Ccompis, Canchán y Yungay respectivamente.

4. Los 10 primeros lugares en la matriz de selección fueron ocupados por clones biofortificados y variedades comerciales (testigos), destacando BIOT-721.245, Serranita, BIOT-725.024, BIOT-725.050, Ccompis, BIOT-721.074, BIOT-871.043, Canchán-INIA, BIOT-721.036 y Yungay, con índices de selección de 76, 72, 72, 70, 68, 68, 68, 66 y 66 puntos respectivamente, lo que refleja sus excelentes características en las fases de floración, cosecha, postcosecha y análisis de laboratorio.

5.2. Recomendaciones

1. Continuar con el estudio de los 10 mejores clones biofortificados que demostraron buen rendimiento, calidad culinaria y alto contenido de Fe, Zn y vitamina C, así como resistencia a enfermedades. El objetivo es desarrollar una variedad de papa altamente nutritiva que contribuya a reducir los niveles de anemia y desnutrición crónica en la provincia de Sánchez Carrión, adaptada a las condiciones locales.

2. Realizar un análisis detallado de los compuestos fenólicos, dado que estas sustancias podrían estar implicadas en la inhibición de la absorción de Fe en el organismo humano.

3. Prestar especial atención al clon biofortificado BIO.T-721.245, que ocupó el primer lugar en la matriz de selección con un contenido de Fe de 20.21 mg/kg B.S. Este clon representa una candidata prometedora para ser desarrollada como nueva variedad en el futuro, siendo este el principal objetivo de la investigación.

CAPÍTULO VI

6. Bibliografía

- Alonso, J. (2015). Fisiología y manejo de tubérculos semilla de papa. *Medium*.
<https://redepapa.medium.com/fisiologia-y-manejo-de-tuberculos-semilla-de-papa-b84693603380>
- Álvarez, Daniel & Boy, Erick. (2019). Evidencia científica de la Biofortificación.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28379.11041>
- Amoros, W., Salas, E., Hualla, V., Burgos, G., De Boeck, B., Eyzaguirre, R., Felde, T., Bonierbale, M (2020). Heritability and genetic gains for iron and zinc concentration in diploid potato. *Crop Science*, 60(4), 1884-1896.
<https://doi.org/10.1002/csc2.20170>
- Bianchi, E., & Szpak, C. (2016). Seguridad alimentaria y el derecho a la alimentación adecuada.
- Boqué, R., & Maroto, A. (2004). *EL ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)*.
- Burgos, G. (2017). *Papas biofortificadas con Hierro y Zinc*. *Revista Agro noticias*, (439), 26-28.
- Burgos, G., Amoros, W., Morote, M., Stangoulis, J., & Bonierbale, M. (2007). Iron and zinc concentration of native Andean potato cultivars from a human nutrition perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(4), 668-675.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2765>
- Burgos, G., Auqui, S., Amoros, W., Salas, E., & Bonierbale, M. (2009). Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(6), 533-538.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.05.013>

- Buturi, C., Mauro, R., Fogliano, V., Leonardi, C., & Giuffrida, F. (2021). Mineral Biofortification of Vegetables as a Tool to Improve Human Diet. *Foods*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020223>
- Cevallos, D., De Souza, J., Salas, E., Eyzaguirre, R., & Bonierbale, M. (2020). *Procedures for Standard Evaluation and Data Management of Advanced Potato Clones. Summary Guide to Selecting Potato Clones for Drought Tolerance under Field Conditions*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290604716>
- Chouraqui, J., Tavoularis, G., Turck, D., Ferry, C., & Feillet, F. (2020). Mineral and vitamin intake of infants and young children: The Nutri-Bébé 2013 survey. *European Journal of Nutrition*, 59(6), 2463-2480. <https://doi.org/10.1007/s00394-019-02093-3>
- Cornelissen, A., Guo, L., Sakamoto, A., Virmani, R., & Finn, A. V. (2019). New insights into the role of iron in inflammation and atherosclerosis. *EBioMedicine*, 47, 598-606. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2019.08.014>
- Cuesta, X., Rivadeneira, J., & Monteros, C. (2015). *MEJORAMIENTO GENÉTICO DE PAPA (2020)*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5649>
- de Brauw, A., Moursi, M., & Munhaua, A. B. (2019). Vitamin A intakes remain higher among intervention participants 3 years after a biofortification intervention in Mozambique. *The British Journal of Nutrition*, 122(10), 1175-1181. <https://doi.org/10.1017/S0007114519002162>
- De Haan, S. de, Forbes, A., Amoros, W., Gastelo, M., Salas, E., Hualla, V., Mendiburu, F. de, & Bonierbale, M. (2014). *Metodologías de evaluación estándar y manejo de datos de clones avanzados de papa. Modulo 2: Evaluación del rendimiento de tubérculos sanos de clones avanzados de papa, guía para colaboradores internacionales*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290604495>

- De Haan, S., Salas, E., Fonseca, C., Gastelo, M., Amaya, N., Bastos, Hualla, V., & Bonierbale, M. (2017). *Selección participativa de variedades de papa (SPV) usando el diseño mamá y bebé: Una guía para capacitadores con perspectiva de género*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290604754>
- Dhaliwal, S., Sharma, V., Shukla, A., Verma, V., Kaur, M., Shivay, Y., Nisar, S., Gaber, A., Brestic, M., Barek, V., Skalicky, M., Ondrisik, P., & Hossain, A. (2022). Biofortification- A Frontier Novel Approach to Enrich Micronutrients in Field Crops to Encounter the Nutritional Security. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 27(4), 1340. <https://doi.org/10.3390/molecules27041340>
- Egúsqüiza, B. (2000). La papa en el Perú y el mundo. *La papa: Producción, transformación y comercialización* (pp 30). International Potato Center.
- ENDES. (2021). *Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar - ENDES 2021*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/2982736-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-endes-2021>
- Fornos, J., Rivera, J., Sánchez, I., Monzón, A., & Ramírez, D. (2021). Razas, biovares y mecanismos de resistencia de aislados de *Ralstonia solanacearum* en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Nicaragua. *La Calera*, 21(37). <https://doi.org/10.5377/calera.v21i37.12821>
- Gabriel, J., Botello, R., Angulo, A., Velasco, J., & Rodríguez, F. (2014). CONTENIDO DE HIERRO Y ZINC EN VARIEDADES Y CLONES MEJORADOS DE PAPAS (*Solanum tuberosum* L.) DE BOLIVIA. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 18(1), Article 1. <https://doi.org/10.37066/ralap.v18i1.211>
- Garg, M., Sharma, N., Sharma, S., Kapoor, P., Kumar, A., Chunduri, V., & Arora, P. (2018). Biofortified Crops Generated by Breeding, Agronomy, and Transgenic Approaches Are Improving Lives of Millions of People around the World. *Frontiers in Nutrition*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2018.00012>

- Godswill, A., Somtochukwu, I., Ikechukwu, A., & Kate, E. (2020). Health Benefits of Micronutrients (Vitamins and Minerals) and their Associated Deficiency Diseases: A Systematic Review. *International Journal of Food Sciences*, 3(1), 1-32. <https://doi.org/10.47604/ijf.1024>
- Ilardi, L., Proto, A., Ceroni, F., Mornioli, D., Martinelli, S., Mosca, F., & Gianni, M. L. (2021). Overview of Important Micronutrients Supplementation in Preterm Infants after Discharge: A Call for Consensus. *Life (Basel, Switzerland)*, 11(4), 331. <https://doi.org/10.3390/life11040331>
- INEI. (2023). *Instituto Nacional de Estadística e Informática*. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/el-121-de-la-poblacion-menor-de-cinco-anos-de-edad-del-pais-sufrio-desnutricion-cronica-en-el-ano-2020-12838/>
- INIA & Red LatinPapa. (2012). *Catálogo de nuevas variedades de papa: Sabores y colores para el gusto peruano*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/978-92-9060-419-8>
- Joelle, C., Jessica, C., Ryan, G., Sara, C., Leigh, A., & Mary, G. (2010). *Gender & Cropping in Sub-Saharan Africa: Overview*. Evans School of Public Policy and Governance. <https://epar.evans.uw.edu/research/gender-cropping-sub-saharan-africa-overview>
- Kumar, A., Anju, T., Kumar, S., Chhapekar, S., Sreedharan, S., Singh, S., Choi, S., Ramchiary, N., & Lim, Y. (2021). Integrating Omics and Gene Editing Tools for Rapid Improvement of Traditional Food Plants for Diversified and Sustainable Food Security. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/ijms22158093>
- Lal, M., Kumar, A., Kardile, H., Raigond, P., Changan, S., Thakur, N., Dutt, S., Tiwari, R., Chourasia, K., & Kumar, D. (2020). Biofortification of vegetables. *Advances in agri-food biotechnology*, 105-129.

- Leiva, Y. (2021). *Comparativo de 34 clones de papa biofortificadas con alto contenido de hierro y zinc, para contribuir a la seguridad alimentaria en el departamento de Cajamarca, 2019*. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10341>
- Marcos, A. (2021). Editorial: A Review of Micronutrients and the Immune System—Working in Harmony to Reduce the Risk of Infection. *Nutrients*, 13(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/nu13114180>
- Marques, E., Darby, H., & Kraft, J. (2021). Benefits and Limitations of Non-Transgenic Micronutrient Biofortification Approaches. *Agronomy*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030464>
- McCann, S., Perapoch, M., & Moore, S. (2020). The Role of Iron in Brain Development: A Systematic Review. *Nutrients*, 12(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/nu12072001>
- Morales, S., Mora, R., Salinas, Y., Rodríguez, J., Colinas, M., & Lozoya, H. (2018). Growth and sugar content of potato tubers in four maturity stages under greenhouse conditions. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XXIV(1), 53-67. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.029>
- Ortega, D. (2014). *Evaluación del comportamiento agronómico de genotipos de papa (Solanum tuberosum) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la Sierra ecuatoriana*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2439>.
- Ortíz, O., & Ordinola, M. (2022). *La biodiversidad de papa nativas en el Perú: Generando valor para pequeños agricultores*. *Revista Agro Perú*, (21), 20-22.
- Oxa, M. (2022). Validación de clones potenciales de papas biofortificadas en agricultura familiar alto andina bajo condiciones del distrito de Ccorca - Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6874?show=full>
- Porras, E., Burgos, G., Sosa, P., & Felde, T. (2014). *Procedures for sampling and sample preparation of sweetpotato roots and potato tubers for mineral analysis*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160//9789290604457>

- Quisumbing, A., & Pandolfelli, L. (2010). Promising Approaches to Address the Needs of Poor Female Farmers: Resources, Constraints, and Interventions. *World Development*, 38(4), 581-592.
- Rowe, S., & Carr, A. (2020). Global Vitamin C Status and Prevalence of Deficiency: A Cause for Concern? *Nutrients*, 12(7), 2008. <https://doi.org/10.3390/nu12072008>
- Salas, E., Amoros, W., Mihovilovich, E., Gastelo, M., Cevallos, D., & Hualla, V. (2020). *Procedures for standard evaluation and data management of advanced potato clones Module 12. Post-Harvest Traits. International Cooperators' Guide*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290605584>
- Salas, E.; Bastos, C.; Maccera, C.; Cevallos, D.; De Boeck, B.; Burgos, G.; Campos, H. (2020). Potenciales nuevas variedades de papa biofortificada con altos contenidos de hierro y zinc, para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional en agricultura familiar alto andina. Tercer Reporte STC. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa. 42 pp
- Salas, E., Bastos, C., Maccera, C., Cevallos, D., Boeck, B., Burgos, G., & Campos, H. (2021). *Potenciales nuevas variedades de papa biofortificada con altos contenidos de hierro y zinc, para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional en agricultura familiar alto andina. Reporte Final STC*. International Potato Center. <https://doi.org/10.4160/9789290605935>
- Salomón, J., Castillo, J., Varela, M., Espinosa, E., Bello, L., Mesa, L., Monguía, R., Figueredo, A., Sabrina, R., Gómez, R., López, Y., Salomón, J., Castillo, J. G., Varela, M., Espinosa, E., Bello, L., Mesa, L., Monguía, R., Figueredo, A., López, Y. (2020). Aplicación del diseño Mamá-Bebé en la selección de cultivares foráneos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 41(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362020000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Savarino, G., Corsello, A., & Corsello, G. (2021). Macronutrient balance and micronutrient amounts through growth and development. *Italian Journal of Pediatrics*, 47(1), 109. <https://doi.org/10.1186/s13052-021-01061-0>
- Shahzad, R., Jamil, S., Ahmad, S., Nisar, A., Khan, S., Amina, Z., Kanwal, S., Aslam, H. M. U., Gill, R. A., & Zhou, W. (2021). Biofortification of Cereals and Pulses Using New Breeding Techniques: Current and Future Perspectives. *Frontiers in Nutrition*, 8, 721728. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.721728>
- Shelenga, T., Kerv, Y., Perchuk, I., Solovyeva, A., Khlestkina, E., Loskutov, I., & Konarev, A. (2021). The Potential of Small Grains Crops in Enhancing Biofortification Breeding Strategies for Human Health Benefit. *Agronomy*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071420>
- Sheoran, S., Kumar, S., Ramtekey, V., Kar, P., Meena, R., & Jangir, C. (2022). Current Status and Potential of Biofortification to Enhance Crop Nutritional Quality: An Overview. *Sustainability*, 14(6), 3301. <https://doi.org/10.3390/su14063301>
- Siegel, B., & Morton, J. (1977). Vitamin C and the immune response. *Experientia*, 33(3), 393-395. <https://doi.org/10.1007/BF02002847>
- Singh, U., Praharaj, C., Singh, S., & Singh, N. (2016). *Biofortification of Food Crops | SpringerLink*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-81-322-2716-8>
- Stangoulis, J., & Knez, M. (2022). Biofortification of major crop plants with iron and zinc—Achievements and future directions. *Plant and Soil*, 474(1-2), 57-76. <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05330-7>
- Taboada, B., & Liliana, M. (2023). *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO AUTORES Bach. PALOMINO JIMENEZ, ZULY YENNIFER*. <https://hdl.handle.net/20.500.12970/1412>

- 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*.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1596>
- Van Der Straeten, D., Bhullar, N., De Steur, H., Gruissem, W., MacKenzie, D., Pfeiffer, W., Qaim, M., Slamet, I., Strobbe, S., Tohme, J., Trijatmiko, K., Vanderschuren, H., Van Montagu, M., Zhang, C., & Bouis, H. (2020). Multiplying the efficiency and impact of biofortification through metabolic engineering. *Nature Communications*, 11(1), 5203.
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-19020-4>

Anexos

Anexo A. Resultado de análisis de suelo del Laboratorio de Química Agrícola “Valle Grande”, Cañete situado en Lima.



SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA ANÁLISIS N° : 337-04S-2019
 PREDIO : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA LUGAR : LA LIBERTAD
 MATRIZ : SUELO AGRÍCOLA FECHA DE RECEP. : 18/03/2019

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : STC - Chugay - r1 (PS)

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	42.35	%		
Limo	46.02	%		
Arcilla	11.63	%	MES-001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	68.55	%	MES-002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES-003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	0.99	dS / m	MES-004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 25.6 °C	3.99		MES-005	Electrométrico
Fósforo Disponible	1035.84	ppm	MES-006	Bray I
Materia Orgánica	11.86	%	MES-007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.69	%	MES-008	Kjeldahl
Potasio Disponible	119.40	ppm	MES-009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
Calcio	2.41	mEq / 100 g	MES-010	FAAS
Magnesio	0.46	mEq / 100 g	MES-011	FAAS
Sodio	0.03	mEq / 100 g	MES-012	FAAS
Potasio	0.29	mEq / 100 g	MES-013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	3.46	mEq / 100 g	MES-014	KCl / Volumétrico
P.A.I	51.98	%	MES-015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	6.65	mEq / 100 g	MES-017	Cálculo Matemático
Salas Disueltas				
Cloruro	3.46	mEq / L	SM-4600 CL - B	Argentométrico
Sulfato	0.87	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	3.97	mEq / L	MEA-001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM-2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	0.91	mEq / L	SM-2320 B	Volumétrico
Calcio	3.95	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	1.25	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	3.84	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	0.23	mEq / L	EPA 268.1	FAAS
Boro	0.44	ppm (*)	ISO 9390 1990	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
 (1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua
 P.A.I : Porcentaje de Acidez Intercambiable.
 C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Catiónico Eléctrico.
 % : 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:

- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 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



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

50 AÑOS
1965 - 2015

SOLICITANTE : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

ANÁLISIS N° : 337-04S -2019

PREDIO : CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

LUGAR : LA LIBERTAD

MATRIZ : SUELO AGRÍCOLA

FECHA DE RECEP. : 18/03/2019

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - MICRONUTRIENTES DISPONIBLES

MUESTRA : STC - Chugay - r1 (PS)

PARÁMETRO	RESULTADOS	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
				Extractante: DTPA
Cobre Disponible (Cu)	0.35	ppm	MES - 018	FAAS
Zinc Disponible (Zn)	0.63	ppm	MES - 019	FAAS
Manganeso Disponible (Mn)	4.47	ppm	MES - 020	FAAS
Hierro Disponible (Fe)	204.00	ppm	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro Disponible (B)	0.64	ppm	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:

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

NOTA:

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


MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO




MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

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

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

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

Anexo B. Otras evaluaciones realizadas.

1. Selección participativa de variedades de papa (SPV).

La evaluación de SPV de papa se llevó a cabo en tres etapas significativas, con la participación de agricultores, tanto hombres como mujeres, de la Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Jerusalén. Estas etapas clave incluyeron la evaluación durante el período de floración, la evaluación durante la cosecha y finalmente, la evaluación en el período posterior a la cosecha.

1.1. Materiales para selección participativa varietal (SPV)

- Tarjetas o carteles de 20 x 30 cm montados en estacas de 1 a 1,5 metros de altura para que se identifique los clones.
- Papelógrafos que contengan detalles básicos y un listado de resultados.
- Granos de 2 cultivos diferentes, como el frijol (poroto) y maíz, que se utilizarán para la emisión de los votos.
- Cajitas de cartón o plástico o bolsas de papel para servir como contenedores para que se deposite los granos que se utilizan en la clasificación.
- Cinta adhesiva, plumones y un altavoz, especialmente útil para grandes grupos.

1.2. Recopilación y priorización de los criterios de selección

Se convocó a agricultores y otros interesados para explicar los objetivos de la evaluación de variedades de papa. La reunión se realizó cerca del campo, formando un círculo o una "U". Los participantes se dividieron en dos grupos, hombres y mujeres, y se les preguntó qué características buscan en una nueva variedad de papa. Se alentó a proporcionar la mayor cantidad de respuestas posible, generando una lista exhaustiva de criterios, los cuales se registraron en papel o tarjetas.

1.2.1. Priorización de criterios de selección

Para identificar los criterios más relevantes para los agricultores, se llevó a cabo un proceso de votación. Cada criterio detallado durante la reunión se escribió en un papelógrafo y se prepararon envases individuales, uno por cada criterio identificado. Si se identificaron 10 criterios, se prepararon diez envases.

A los agricultores se les pidió que seleccionaran los tres criterios más importantes, emitiendo tres votos cada uno. Se les entregaron seis granos de maíz para los hombres y seis de frijol para las mujeres, para diferenciar los votos. Los agricultores votaron depositando granos en envases siguiendo este sistema:

- ✓ 3 granos para el criterio más importante.
- ✓ 2 granos para el criterio de importancia media.
- ✓ 1 grano para el criterio menos relevante.

Antes de iniciar, se realizó una demostración sobre cómo emitir los votos y se explicó la importancia de observar todos los criterios antes de votar. Los resultados de la votación se registraron en un papelógrafo, y al finalizar, se contaron los granos para clasificar las preferencias según la cantidad de votos recibidos. La característica con más votos fue clasificada como número 1, y la con menos votos, en la última posición. Los hallazgos se compartieron con el grupo para su discusión y comprensión de las preferencias.

1.2.2. Selección de los clones preferidos por parcela.

Los clones y variedades de control en el ensayo Mamá se identificaron mediante un sistema de numeración y colores específicos para cada repetición (por ejemplo, Repetición 1 = Celeste, Repetición 2 = Anaranjado, Repetición 3 = Fucsia). Antes de la llegada de los participantes, se colocó un recipiente de plástico y una cartulina frente a cada parcela, identificando los diferentes clones, variedades y repeticiones.

Una vez reunidos los agricultores, se les dio una breve explicación sobre el propósito de la evaluación. Luego, ingresaron al campo para observar el desempeño de los materiales en cada repetición, teniendo en cuenta las características y rasgos priorizados en la fase anterior de selección de criterios.

A cada agricultor se le entregaron 6 granos de diferentes cultivos (maíz y frejol) para diferenciar los votos de hombres y mujeres. Se les explicó que podían emitir sus votos colocando los granos en los recipientes correspondientes, siguiendo este sistema:

- ✓ 3 granos para el clon que consideraban el mejor.
- ✓ 2 granos para el segundo clon.
- ✓ 1 grano para el tercer clon seleccionado.

Este proceso se repitió en cada repetición del ensayo, es decir en tres ocasiones. Se invitó a los participantes a elegir los tres materiales (clones o variedades de control) que consideraban los mejores en cada repetición, enfatizando que los votos eran individuales y cualquier debate debía posponerse hasta la reunión grupal posterior a la votación.

Una vez que todos los agricultores completaron sus votaciones en cada repetición, el equipo facilitador recopiló los envases y contó los granos otorgados a cada clon o variedad, distinguiendo entre votos de hombres y mujeres. Se elaboró una síntesis de los hallazgos para proporcionar retroalimentación al grupo y abrir un debate sobre las razones por las cuales ciertos clones o variedades fueron preferidos.

El análisis estadístico de los datos cuantitativos de la selección participativa de variedades de papa en las etapas de floración, cosecha y postcosecha se realizó utilizando la prueba de Friedman.

2. Características evaluadas en almacén

2.1. Cantidad de brotes promedio por tubérculo

Se numeraron los tubérculos del 1 al 10 con un marcador indeleble para que en las evaluaciones se realizara el conteo de brotes en el mismo orden. Se contabilizó la cantidad de brotes en cada tubérculo y se calculó la media de brotes por tubérculo dividiendo el número total de brotes entre el número de tubérculos evaluados. Además, se calificó la cantidad de tubérculos afectados por daños generados por plagas y enfermedades.

Las evaluaciones se realizaron a los 75, 90 y 120 días después del almacenamiento, evaluando la presencia y características de los brotes para determinar la longitud del período de dormancia de cada clon o variedad.

El análisis estadístico de los datos cualitativos, como la cantidad de brotes y tipo de dormancia, se llevó a cabo mediante análisis factorial.

2.2. Porcentaje de pérdida de peso de tubérculos en almacén y determinación del patrón de brotamiento.

Para determinar el porcentaje de pérdida de peso de los tubérculos semilla almacenados, se controló el peso de los 10 tubérculos de cada genotipo y repetición al momento de la cosecha y a los 120 días de almacenamiento. La diferencia entre el peso inicial (PI) y el peso final (PF) se calculó usando la fórmula: $PI - PF = PPP$, donde PPP representa la pérdida de peso porcentual.

Según Carli et al. (2016) para establecer el patrón predominante de brotación, propone los siguientes criterios:

Dominancia apical (DA): Si se observa un solo brote apical o un promedio de menos de 2 brotes por tubérculo al final de la prueba, incluso si el brote adicional muestra un ritmo de crecimiento casi equivalente al brote apical.

Dominancia parcial (DP): Si se encuentra un promedio de menos de 3 brotes desarrollados, con uno de ellos siendo el brote apical.

Dominancia múltiple (DM): Si hay un promedio de 3 o más brotes por tubérculo, indicando la ausencia de un patrón de dominancia apical y la presencia de múltiples brotes.

El análisis estadístico del porcentaje de pérdida de peso de tubérculos en almacén se realizó utilizando la prueba de Waller Duncan.

3. Evaluaciones de procesamiento en laboratorio

3.1. Determinación de materia seca

La determinación de la materia seca se realizó en el laboratorio de procesamiento del CIP por profesionales especialistas y el tesista. Según Salas et al. (2020), este procedimiento requiere un horno y una balanza precisa a 0.1 g. Se cortaron cinco tubérculos (aproximadamente 500 gramos) en pequeños cubos de 1 a 2 cm. Luego, se tomaron al azar 2 submuestras de 200 g de diferentes secciones del tubérculo hasta alcanzar el peso requerido, registrando este como peso fresco.

Las muestras se colocaron en un contenedor abierto y se secaron en el horno a 80°C durante 72 horas o hasta alcanzar un peso seco constante. Posteriormente, se pesaron inmediatamente cada submuestra y se registraron como "peso seco".

El cálculo del porcentaje de contenido de materia seca se realizó utilizando la fórmula correspondiente. Los resultados superiores al 20% se consideraron aceptables.

3.2. Determinación de azúcares reductores

El análisis de azúcares reductores se realizó en el laboratorio de procesamiento del CIP por profesionales especializados y el tesista. Según Salas et al. (2020), un color oscuro en las papas fritas suele estar relacionado con una alta concentración de glucosa.

Se seleccionaron 2 tubérculos representativos de la población (2 tubérculos por parcela), preferentemente medianos, y se realizaron dos mediciones por tubérculo. Para la primera medición, se cortó el primer tubérculo por la mitad sobre una tabla de picar, haciendo ligeros cortes en la pulpa de la mitad apical y dejando reposar la muestra por 10-15 segundos.

Utilizando el equipo Accu-Chek Active, se introdujo una banda reactiva y se esperó a que el equipo la registrara, mostrando una gota parpadeante en la pantalla. Esto indica que se debe verter el jugo del tubérculo sobre la parte naranja de la banda reactiva. Se retiró la banda del equipo y se exprimió la mitad del tubérculo, vertiendo el líquido en la parte naranja de la banda reactiva. Luego, con cuidado de no derramar la muestra, se reintrodujo la banda en el equipo, que mostró el valor de glucosa en 3-5 segundos. Este fue el primer dato registrado.

Para la segunda medición, se dividió la mitad basal del mismo tubérculo en dos, y se realizó el mismo procedimiento en ambas partes (basal y media). Este proceso se repitió con el segundo tubérculo en evaluación.

La transformación de los datos se realizó utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Accu-Chek} = 0.000705 (\text{Glucosa_Ev1}) + 0.00453$$

$$\text{One Touch} = 0.000741 (\text{Glucosa_Ev1}) - 0.00713$$

$$\text{Accu-Chek} = 0.000705 (\text{Glucosa_Ev2}) + 0.00453$$

$$\text{One Touch} = 0.000741 (\text{Glucosa_Ev2}) - 0.00713$$

Los valores finales se calcularon como el promedio de las dos evaluaciones:

$$(\text{Glucosa_Ev1} + \text{Glucosa_Ev2}) / 2$$

$$(\text{Porcentaje de Glucosa_Ev1} + \text{Porcentaje de Glucosa_Ev2}) / 2$$

3.3. Calidad de fritura

No se requiere pelar los tubérculos, pero es importante que estén lavados, libres de enfermedades y no presenten daños (Salas et al., 2020).

Se tomaron seis tubérculos que estaban libres de daños o enfermedades y no fue necesario pelarlos. Luego, se cortó cada tubérculo de forma perpendicular al eje más largo y se obtuvieron las rebanadas de 0.5 mm en la parte central de cada mitad. Estas rebanadas se enjuagaron con agua, se sacudió el exceso de agua y se logró secar. Después, se procedió a freír las rebanadas en aceite a una temperatura de 176-180°C hasta que dejaron de

burbujear, lo cual tomó cerca de 3 minutos. Finalmente, se llegó a examinar el color de las hojuelas resultantes utilizando una cartilla estándar de colores para papa, en una valoración que iba del 1 (muy claro) al 5 (muy oscuro).

El análisis estadístico del porcentaje de porcentaje de materia seca y los azúcares reductores se realizó utilizando la prueba de Waller Duncan.

4. Resultados de evaluaciones adicionales

4.1. Selección participativa de variedades de papa

4.1.1. Criterios de selección a la fase de floración

En la evaluación realizada durante la floración participaron 22 agricultores, de los cuales 13 eran varones (59.09%) y 9 eran mujeres (40.91%), permitiendo distinguir los criterios de selección por género.

Los resultados generales de las votaciones para los criterios de selección durante la etapa de floración mostraron que los agricultores listaron un total de 7 criterios de selección, que se agruparon posteriormente en 5 categorías relacionadas con esta etapa. En primer lugar, destacó el criterio de "Vigor de planta" con 75 votos. En segundo lugar, se ubicó el criterio de "Resistencia a enfermedades" con 31 votos. En tercer lugar, se consideró el criterio de "Arquitectura de planta" con 12 votos. Luego, se tomó en consideración el criterio de "Altura de planta" con 9 votos, y, en quinto lugar, se evaluó el criterio de "Floración y fructificación" con 5 votos (ver Tabla 1).

Tabla 1

Resultados globales de las votaciones por los criterios de selección en la etapa de floración en la localidad de Chugay - La Libertad

Ord	Variables	Criterios	Valor Hombres (N° granos Maíz)	Valor Mujeres (N° granos Habas)	A1	A2	A3
1	Vigor de Planta	Tallos gruesos	23	17	40	I	75
		Abundante follaje	27	8	35	II	
2	Resistencia enfermedades ^a	Resistente a Rancho	8	5	13	IV	31
		Resistente a cualquier enfermedad	11	7	18	III	
3	Arquitectura de planta	Hojas anchas	4	8	12	V	12
4	Altura de Planta	Plantas pequeñas	3	6	9	VI	9
5	Floración y fructificación	Escasa floración	2	3	5	VII	5

Coefficiente de correlación	0.66
------------------------------------	-------------

Los parámetros de mayor relevancia para los varones fueron, en primer lugar, el abundante follaje, ya que favorece un mejor traslocado de frutos; en segundo lugar, los tallos gruesos, debido a su mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades; y en tercer lugar, la resistencia a otras enfermedades, considerando la multiplicidad de enfermedades que atacan al cultivo de papa en la sierra de La Libertad, entre las que destacan Rancho y Chupadera.

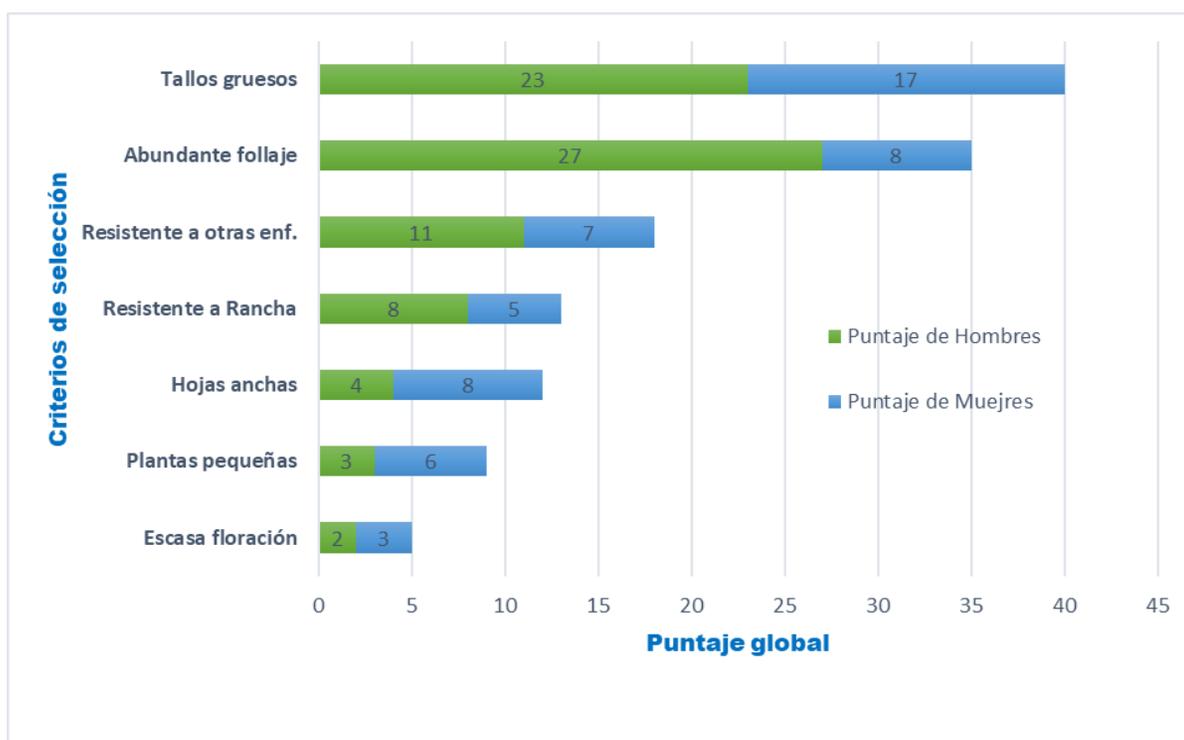
Para las mujeres, los parámetros más importantes fueron los tallos gruesos, debido a su mejor resistencia al ataque de plagas y enfermedades; en segundo lugar, un empate entre abundante follaje y hojas anchas, ya que ambos factores favorecen un mejor traslocado de frutos; y en tercer lugar, la resistencia a otras enfermedades, coincidiendo con los varones en la importancia de esta característica, dada la variedad de enfermedades que afectan el cultivo de papa en la región, destacando también Rancho y Chupadera.

Los criterios de mayor relevancia para los agricultores, tanto mujeres como hombres, fueron: tallos gruesos con 40 votos, abundante follaje con 35 votos y resistencia a otras enfermedades con 18 votos (ver Tabla 1 y Figura 1). Las votaciones de mujeres y hombres mostraron un valor correlacional de 0.66, lo que indica un alto grado de acuerdo entre ambos

grupos en cuanto a los parámetros de selección durante la floración. Es importante y necesario asegurar una cantidad equitativa de participantes en estas evaluaciones, con una representación del 50% de hombres y 50% de mujeres (ver Figura 1).

Figura 1

Votaciones por cada criterio de selección en la etapa de floración en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.2. Selección de clones preferidos en la etapa de floración

Los criterios más importantes para los agricultores, identificados en la fase de priorización, sirvieron como referencia tanto para los hombres como para las mujeres. Estos criterios fueron utilizados al ingresar al campo para seleccionar los tres mejores clones, por los cuales emitieron sus votos (ver Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 2

Selección de clones de papa biofortificada preferidos en la etapa de floración en la localidad de Chugay - La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	Suma de rangos	Grupo estadístico
CIP312721.074	BIOT-721.074	102	A
CIP312507.312	BIOT-507.312	94	AB
CIP720064	Yungay	92	ABC
CIP312721.286	BIOT-721.286	88	ABCD
CIP 312725.050	BIOT-725.050	69	ABCDE
CIP 312721.038	BIOT-721.038	67.5	ABCDEF
CIP312871.043	BIOT-871.043	66	ABCDEF
CIP312721.036	BIOT-721.036	65	ABCDEF
CIP312751.025	BIOT-751.025	60	BCDEF
CIP312725.024	BIOT-725.024	63	BCDEF
CIP391691.96	Serranita	57	BCDEF
Ccompis	Ccompis	55.5	CDEF
CIP312725.067	BIOT-725.067	51.5	DEF
CIP312633.294	BIOT-633.294	54	DEF
CIP312787.011	BIOT-787.011	51.5	DEF
CIP 312637.001	BIOT-637.001	51.5	DEF
CIP 312686.019	BIOT-686.019	48	EF
CIP312763.051	BIOT-763.051	48	EF
CIP312721.245	BIOT-721.245	43	EF
CIP312725.047	BIOT-725.047	45	EF
CIP312507.311	BIOT-507.311	43	EF
CIP312609.247	BIOT-609.247	48.5	EF
CIP 312621.097	BIOT-621.097	43	EF
CIP312682.042	BIOT-682.042	43.5	EF
CIP312721.163	BIOT-721.163	50	EF
CIP312747.056	BIOT-747.056	41.5	EF
CIP312767.014	BIOT-767.014	30.5	F
CIP312764.006	BIOT-764.006	30.5	F
CIP312751.021	BIOT-751.021	30.5	F
CIP312621.069	BIOT-621.069	30.5	F
CIP380389.1	Canchan-INIA	30.5	F
CIP312735.105	BIOT-735.105	30.5	F
CIP312637.089	BIOT-637.089	30.5	F
CIP312763.441	BIOT-763.441	30.5	F

Figura 2

Selección de clones de papa biofortificada preferidos en la etapa de la floración de acuerdo con los criterios de los agricultores en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.3. Criterios de selección a la fase de cosecha

En la evaluación al momento de la cosecha participaron 63 agricultores, 38 varones (60.32%) y 25 mujeres (39.68%), lo que permitió establecer una distinción de los criterios de selección por género. En cuanto a los resultados generales de las votaciones sobre los criterios de selección en la etapa de cosecha en el caserío La Soledad - Chugay, los agricultores detallaron un total de 11 criterios, que se agruparon en 7 categorías: características después de la cosecha, con 204 votos; rendimiento, con 53 votos; resistencia a enfermedades, con 49 votos; color de pulpa del tubérculo, con 28 votos; tamaño del tubérculo, con 17 votos; color de piel del tubérculo, con 15 votos; y cantidad de ojos, con 4 votos (ver Tabla 3).

Tabla 3

Resultados globales de las votaciones por los criterios de selección en la etapa de cosecha en la localidad de Chugay - La Libertad

Ord	Grupo de Variables	Criterios	Puntaje Hombres (N° granos Maíz)	Puntaje Mujeres (N° granos Habas)	A1	A2	A3
1	Características después de la cosecha	Papas nutritivas	94	60	154	I	204
		Buen sabor	6	5	11	VIII	
		Cocción rápida	3	18	21	V	
		Fácil de pelar	4	5	9	IX	
		Textura harinosa	2	7	9	X	
2	Rendimiento	Alto rendimiento	42	11	53	II	53
3	Resistencia a enfermedades	Resistente a otras enfermedades	40	9	49	III	49
4	Color de pulpa de tubérculo	Pulpa amarilla	22	6	28	IV	28
5	Tamaño del tubérculo	Tamaño grande	6	11	17	VI	17
6	Color de piel del tubérculo	Piel roja	4	11	15	VII	15
7	Cantidad de ojos	Menor número de ojos	2	2	4	XI	4

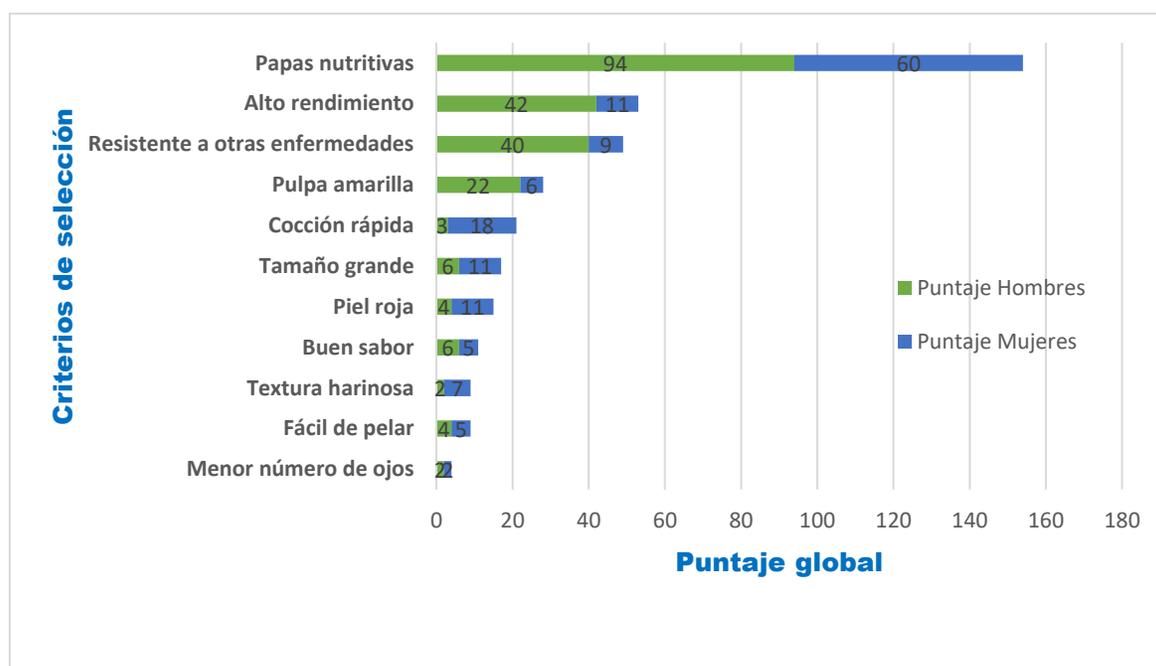
Coef. de correlación	0.84
-----------------------------	-------------

Los criterios de mayor preponderancia para los varones fueron: en primer lugar, papas nutritivas, ya que la papa es la principal fuente de alimentación para las familias de las zonas altoandinas de la sierra de La Libertad; en segundo lugar, alto rendimiento, debido a que la agricultura, especialmente la producción de papa, es una fuente crucial de ingresos para muchas familias; y en tercer lugar, resistencia a enfermedades, destacándose *Phytophthora*, *Rhizoctoniasis* y la verruga como las principales enfermedades que afectan este cultivo en la región. Para las mujeres, los criterios más importantes fueron: en primer lugar, coincidiendo con los varones, papas nutritivas, especialmente debido a su importancia en la alimentación de las familias y los niños; en segundo lugar, cocción rápida, para que se cocinen más rápido que otras variedades de la zona; en tercer lugar, hubo un empate entre alto rendimiento, tamaño grande y piel roja.

En general, los criterios más importantes para los agricultores fueron: papas nutritivas con 154 votos, alto rendimiento con 53 votos y resistencia a enfermedades con 49 votos. Las votaciones realizadas por mujeres y hombres muestran un coeficiente de correlación de 0.84, lo que indica un alto grado de concordancia en las opiniones de ambos grupos en el caserío La Soledad respecto a los criterios de selección en la fase de cosecha. Además, es fundamental asegurar una participación equitativa en estas evaluaciones, con una representación del 50% para cada grupo (ver Figura 3).

Figura 3

Votaciones por cada criterio de selección en la etapa de cosecha en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.4. Selección de clones preferidos en la etapa de cosecha

Durante la fase de priorización de selección, los criterios de mayor importancia sirvieron como referencia tanto para los agricultores hombres como para las mujeres al momento de ingresar al campo y seleccionar los tres mejores clones para emitir su voto (ver Tabla 4 y Figura 4).

Tabla 4

Selección de clones de papa biofortificada preferidos en la etapa de cosecha en la localidad de Chugay - La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	Suma de rangos	Grupos estadísticos
CIP312725.050	BIOT-725.050	101.5	A
CIP312871.043	BIOT-871.043	92.5	AB
CIP380389.1	Canchan-INIA	84	ABC
CIP312609.247	BIOT-609.247	84.5	ABC
CIP391691.96	Serranita	81	ABCD
CIP312787.011	BIOT-787.011	81	ABCD
CIP312751.025	BIOT-751.025	78	ABCDE
Ccompis	Ccompis	74.5	ABCDEF
CIP312725.067	BIOT-725.067	73	ABCDEFGF
CIP312747.056	BIOT-747.056	71.5	ABCDEFGFH
CIP312767.014	BIOT-767.014	69.5	BCDEFGH
CIP312763.441	BIOT-763.441	70.5	BCDEFGH
CIP312721.036	BIOT-721.036	66.5	BCDEFGHI
CIP312751.021	BIOT-751.021	55	CDEFGHIJ
CIP312725.024	BIOT-725.024	55.5	CDEFGHIJ
CIP312721.074	BIOT-721.074	50.5	DEFGHIJK
CIP312721.038	BIOT-721.038	51	DEFGHIJK
CIP720064	Yungay	49.5	EFGHIJK
CIP312721.286	BIOT-721.286	49.5	EFGHIJK
CIP312637.089	BIOT-637.089	45.5	FGHIJK
CIP312721.163	BIOT-721.163	43	GHIJK
CIP312507.312	BIOT-507.312	43	GHIJK
CIP312637.001	BIOT-637.001	42	HIJK
CIP312686.019	BIOT-686.019	38.5	IJK
CIP312725.047	BIOT-725.047	34	JK
CIP312621.097	BIOT-621.097	28	JK
CIP312621.069	BIOT-621.069	21.5	K
CIP312633.294	BIOT-633.294	21.5	K
CIP312721.245	BIOT-721.245	21.5	K
CIP312682.042	BIOT-682.042	21.5	K
CIP312764.006	BIOT-764.006	21.5	K
CIP312507.311	BIOT-507.311	21.5	K
CIP312735.105	BIOT-735.105	21.5	K
CIP312763.051	BIOT-763.051	21.5	K

Figura 4

Selección de clones de papa biofortificada preferidos en la etapa de cosecha de acuerdo con los criterios de los agricultores en el distrito de Chugay – región La Libertad.



CIP312725.050



CIP312871.043



CIP312787.011

4.1.5. Criterios de selección a la fase de post cosecha

En la evaluación realizada después de la cosecha, participaron 14 agricultores, con igual representación entre mujeres y hombres, lo que permitió distinguir claramente los criterios de selección por género. En los resultados generales de estas votaciones en el caserío La Soledad - Chugay, los agricultores identificaron un total de 8 criterios de selección, agrupados en 6 categorías relacionadas con la etapa de cosecha: en primer lugar, poca pérdida de peso con un total de 26 votos; en segundo lugar, brotación múltiple con 25 votos; en tercer lugar, menos propenso a la pudrición en el almacén con 23 votos; en cuarto lugar, control de polilla en el almacén con 8 votos; en quinto lugar, color de piel estable con 0 votos; y en sexto lugar, dormancia larga con 0 votos (ver Tabla 5).

Tabla 5

Resultados de las votaciones por los criterios de selección en la etapa de post cosecha en la localidad de Chugay - La Libertad

Grupo de Variables	Criterios	Valor H. (N° granos Maíz)	Valor M. (N° granos Habas)	A1	A2	A3
Poca pérdida de peso	No pierda peso	16	10	26	I	26
	No se deshidrate	0	0	0	VII	
Brotación múltiple	Brotos múltiples y vigorosos	9	16	25	II	25
Menos propenso a la pudrición en almacén	Resistente a pudrición	11	12	23	III	23
Control de polilla en almacén	Resistente a polilla	4	4	8	IV	8
Color de piel estable	No cambie el color de piel	0	0	0	VI	0
	No cambie el sabor	0	0	0	VIII	0
Dormancia larga	Brotamiento tardío	0	0	0	V	0

Valor correlacional	0.83
----------------------------	-------------

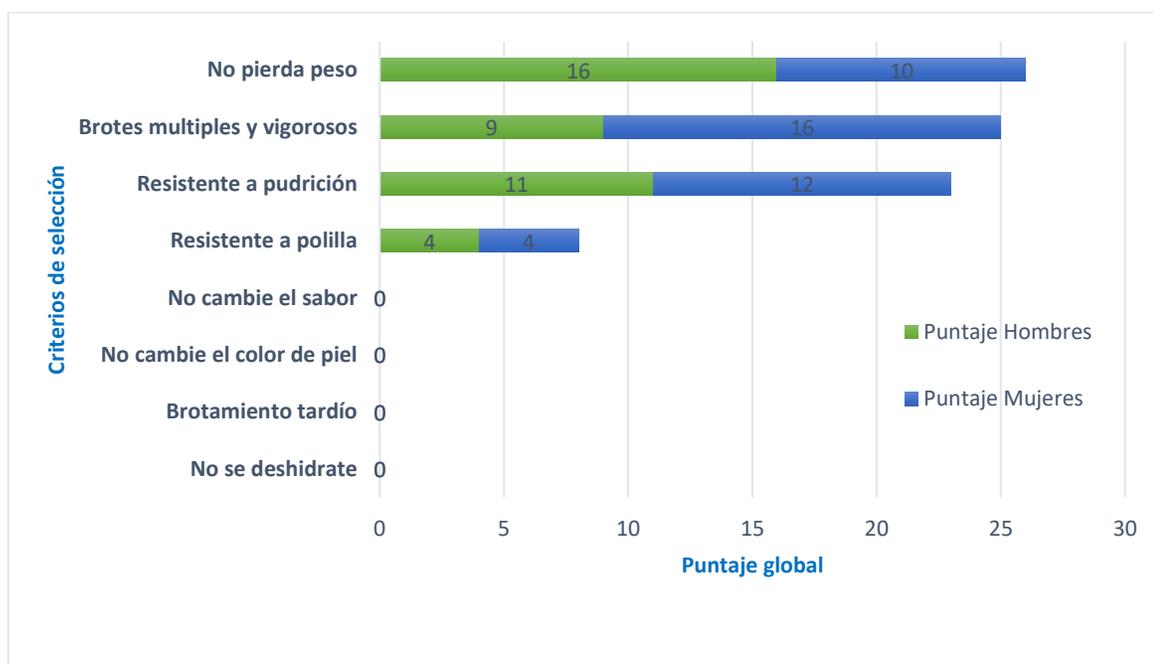
Los criterios de mayor importancia para los varones fueron los siguientes: en primer lugar, que no pierda peso, ya que los agricultores prefieren variedades que conserven mejor el agua al ser almacenadas; en segundo lugar, resistencia a pudriciones, debido a que esta enfermedad es la más común en los almacenes; y en tercer lugar, brotes múltiples y vigorosos para lograr plantas más robustas y saludables. Para las mujeres, los criterios más relevantes fueron: en primer lugar, brotes múltiples y vigorosos para fortalecer las plantas; en segundo lugar, resistencia a pudriciones, dado que esta enfermedad es prevalente en los almacenes; y en tercer lugar, que no pierda peso, buscando variedades que conserven mejor el agua al ser almacenadas.

Globalmente, los criterios más importantes para todos los agricultores fueron: que no pierda peso con 26 votos, brotes múltiples y vigorosos con 25 votos, y resistencia a pudriciones con 23 votos. La comparación de votos entre mujeres y hombres revela un coeficiente de correlación de 0.83, indicando un alto nivel de acuerdo en las opiniones de

ambos grupos respecto a los criterios de selección para la evaluación postcosecha en el caserío La Soledad. Es esencial destacar que estas evaluaciones garantizan una participación equitativa, con un 50% de participación masculina y un 50% femenina (ver Tabla 5 y Figura 5).

Figura 5

Votaciones por cada criterio de selección en la etapa de post cosecha en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.1.6. Selección de clones preferidos en la etapa de cosecha

Durante la fase de priorización de criterios de selección, los criterios más importantes sirvieron como guía tanto para los agricultores hombres como para las mujeres al momento de ingresar al campo y seleccionar los tres mejores clones para emitir su voto (ver Tabla 6 y Figura 6).

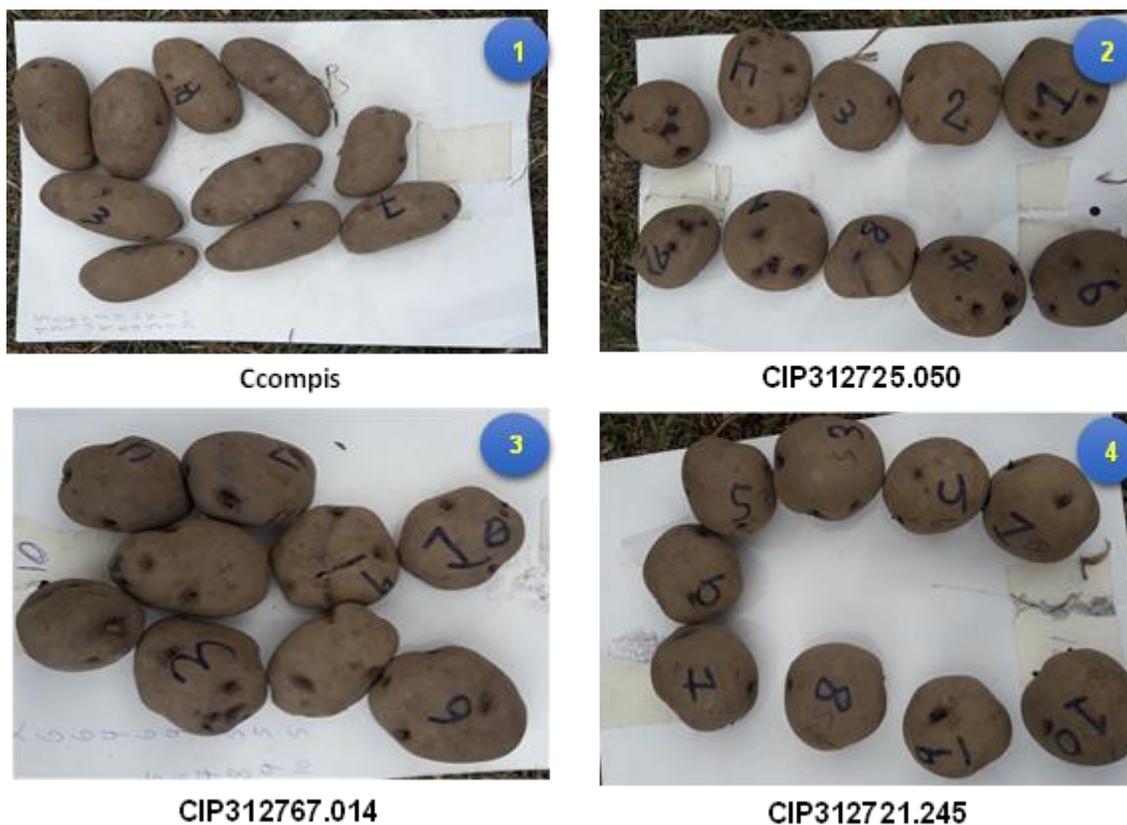
Tabla 6

Selección de clones de papa biofortificada preferidos en la etapa de post cosecha en el distrito de Chugay – región La Libertad

Número CIP	Código del mejorador	Suma de rangos	Grupo estadístico
Ccompis	Ccompis	102.0	A
CIP.312725.050	BIOT-725.050	96.0	A
CIP.312767.014	BIOT-767.014	76.0	AB
CIP.312721.286	BIOT-721.286	71.0	ABC
CIP.312633.294	BIOT-633.294	60.0	BC
CIP312787.011	BIOT-787.011	59.0	BC
CIP312721.245	BIOT-721.245	58.5	BC
CIP312725.024	BIOT-725.024	57.5	BC
CIP312682.042	BIOT-682.042	56.5	BC
CIP312621.097	BIOT-621.097	56.0	BC
CIP.312747.056	BIOT-747.056	55.5	BC
CIP.312609.247	BIOT-609.247	55.0	BC
CIP312751.021	BIOT-751.021	55.0	BC
CIP380389.1	CIP380389.1	55.0	BC
CIP312721.038	BIOT-721.038	54.0	BC
CIP391691.96	CIP391691.96	54.0	BC
CIP312721.163	BIOT-721.163	53.0	BC
CIP312763.051	BIOT-763.051	53.0	BC
CIP312637.089	BIOT-637.089	52.5	BC
CIP312735.105	BIOT-735.105	52.5	BC
CIP312507.311	BIOT-507.311	39.5	C
CIP312507.312	BIOT-507.312	39.5	C
CIP.312621.069	BIOT-621.069	39.5	C
CIP.312637.001	BIOT-637.001	39.5	C
CIP312686.019	BIOT-686.019	39.5	C
CIP.312721.036	BIOT-721.036	39.5	C
CIP.312721.074	BIOT-721.074	39.5	C
CIP.312725.047	BIOT-725.047	39.5	C
CIP.312725.067	BIOT-725.067	39.5	C
CIP.312751.025	BIOT-751.025	39.5	C
CIP312763.441	BIOT-763.441	39.5	C
CIP312764.006	BIOT-764.006	39.5	C
CIP312871.043	BIOT-871.043	39.5	C
CIP720064	CIP720064	39.5	C

Figura 6

Selección de clones de papa biofortificada preferidos en la etapa de post cosecha de acuerdo con los criterios de los agricultores en el distrito de Chugay – región La Libertad.



4.2. Características evaluadas en almacén

4.2.1. *Análisis factorial para número de brotes promedio/tubérculo a los 75, 90 y 120 días después del almacenamiento (dda) en el distrito de Chugay – región La Libertad*

La dormancia varía según la variedad de papa. Las subespecies *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* y *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* muestran un período de inactividad antes de brotar, mientras que las papas criollas o chauchas de la subespecie *phureja* no tienen este período y brotan rápidamente (Alonso G, 2015).

Los resultados sobre genotipos en función de los días de almacenamiento muestran diferencias significativas entre ellos (G) ($P>0.001$), así como para los días de almacenamiento (DA) ($P>0.001$). Se observa una interacción significativa ($p>0.04$) entre genotipos y días de almacenamiento (GxDA). El coeficiente de variación (CV) para esta variable a los 75, 90 y 120 días después de la cosecha fue del 31.66%, indicando una buena precisión en la recopilación de datos en el experimento. Además, un coeficiente R^2 de 0.77 sugiere un buen ajuste de los datos al modelo aditivo lineal utilizado en el análisis (ver Anexo D).

4.2.2. Análisis de efectos simples para cantidad de brotes por tubérculo a los 90 y 120 ddc., para porcentaje pérdida de peso de tubérculos almacenados y determinación del patrón de brotamiento

La interacción revela un efecto significativo entre los factores Genotipo (G) y días de almacenamiento (DA), indicando que las diferencias entre los genotipos no son consistentes a lo largo de los diferentes períodos de almacenamiento. En otras palabras, las disparidades entre genotipos varían según el tiempo de almacenamiento de los tubérculos, una relación que es estadísticamente significativa. Para analizar esto, se realizaron pruebas de efectos simples para identificar combinaciones de tratamientos significativas.

A los 75 días después de la cosecha (ddc), la cantidad promedio de brotes por tubérculo fue de 1.25 ± 0.52 . Se observó que la variedad comercial Canchán y 14 clones biofortificados superaron este promedio. El clon biofortificado BIOT-637.001 mostró el máximo promedio observado de 3.30 ± 0.20 brotes por tubérculo, mientras que la variedad Serranita registró el mínimo promedio de 0.00 ± 0.00 brotes por tubérculo.

A los 90 ddc, la cantidad promedio de brotes por tubérculo fue de 4.10 ± 0.72 . Nuevamente, la variedad Canchán y 18 clones biofortificados superaron el promedio general. La variedad Canchán alcanzó el máximo promedio de 6.73 ± 0.55 brotes por

tubérculo, mientras que el clon BIO.T-767.014 registró el mínimo promedio de 1.33 ± 0.67 brotes por tubérculo.

A los 120 ddc, el número promedio de brotes por tubérculo fue de 6.01 ± 1.05 . Las variedades Ccompis y Canchán, junto con 12 clones biofortificados, mostraron valores superiores al promedio general. La variedad Ccompis alcanzó el máximo promedio de 8.90 ± 1.11 brotes por tubérculo, mientras que el clon BIO.T-751.025 mostró el mínimo promedio de 3.20 ± 0.75 brotes por tubérculo.

Para evaluar la dormancia de los tubérculos, se realizaron mediciones a los 75, 90 y 120 ddc. Los resultados indicaron que cinco clones biofortificados (BIO.T-721.036, BIO.T-721.074, BIO.T-787.011, BIO.T-637.089 y BIO.T-637.001) comenzaron a brotar antes de los 75 ddc, indicando una dormancia corta. Dieciséis clones y las variedades Canchán y Yungay comenzaron a brotar entre los 75 y 90 ddc, mostrando una dormancia intermedia. Ocho clones y las variedades Ccompis y Serranita iniciaron la brotación entre los 90 y 120 ddc, indicando una dormancia tardía.

En términos de pérdida de peso, el promedio general fue del $22.83\% \pm 6.35$. El clon BIO.T-751.021 presentó la menor pérdida de peso con un $5.32\% \pm 4.77$, mientras que el clon BIOT-686.019 mostró la máxima pérdida con un $51.54\% \pm 4.26$.

Los clones que presentaron pérdidas de peso por debajo del promedio ($22.83\% \pm 6.35$) fueron las variedades comerciales (Serranita, Ccompis, Canchán y Yungay), junto con 15 clones biofortificados que mostraron pérdidas que oscilaron entre el 5.32% y el 21.21% .

Por otro lado, dieciséis clones biofortificados mostraron pérdidas de peso por encima del promedio, entre el 22.84% y el 51.54% , indicando una mayor deshidratación.

En cuanto al patrón de brotación, todas las muestras de tubérculos semilla, tanto los clones biofortificados como las variedades comerciales, presentaron brotación múltiple (ver Tabla 7).

Tabla 7

Prueba de significación del número de brotes por tubérculo y porcentaje de pérdida de peso de tubérculos en almacén

Código del mejorador	N	Número de brotes por tubérculo								Porcentaje de pérdida de peso				Patrón de brotamiento
		75 DDC		90 DDC		120 DDC		Efectos simples Pr>F	Tipo de dormancia	N	Prom.	DS	Grupo estadístico Waller Duncan	
		Prom.	DS	Prom.	DS	Prom.	DS							
CIP312751.025	3	0.87	0.72	2.93	0.55	3.20	0.75	0.0037	I	2	51.32	8.49	A	M
CIP312747.056	3	1.46	0.56	4.37	0.81	6.57	2.15	<.0001	I	3	36.32	4.99	B	M
CIP312682.042	3	2.60	0.10	4.20	0.30	4.77	0.80	0.0126	I	2	32.33	9.28	BC	M
CIP312764.006	3	1.26	0.51	3.50	0.61	5.50	1.51	<.0001	I	3	32.41	17.4 1	BC	M
CIP312725.024	3	0.07	0.06	3.30	1.08	8.37	0.49	<.0001	T	3	31.70	7.45	BCD	M
CIP312725.047	3	0.83	0.38	3.67	0.97	5.83	1.12	<.0001	I	2	28.97	9.54	BCDE	M
CIP312721.036	3	1.23	0.55	3.57	0.85	4.47	0.12	<.0001	P	3	28.29	14.6 6	BCDEF	M
CIP312621.069	3	0.17	0.15	3.90	1.13	5.67	1.07	<.0001	T	2	25.93	0.00	BCDEFG	M
CIP312721.245	3	0.07	0.12	5.93	0.45	7.13	0.92	<.0001	T	3	26.52	11.6 3	BCDEFG	M
CIP312871.043	3	2.30	1.18	4.33	0.47	5.93	1.20	<.0001	I	3	25.16	7.19	BCDEFGH	M
CIP312721.038	3	2.77	0.91	5.60	0.70	6.07	0.46	<.0001	I	3	24.77	6.70	BCDEFGHI	M
CIP312721.074	3	1.03	0.92	5.30	0.56	5.50	1.57	<.0001	P	3	25.12	4.46	BCDEFGHI	M
CIP312763.051	3	2.83	1.18	4.63	0.29	5.27	1.01	0.0041	I	2	24.22	1.10	BCDEFGHI	M
CIP312787.011	3	2.13	0.98	4.27	0.90	5.97	2.51	<.0001	P	2	24.74	8.23	BCDEFGHI	M
CIP312507.312	3	1.77	1.01	5.23	0.61	5.57	0.23	<.0001	I	2	22.84	7.21	CDEFGHIJ	M
Ccompis	3	0.00	0.00	2.43	0.35	8.90	1.11	<.0001	T	3	20.46	1.82	CDEFGHIJ K	M
CIP312609.247	3	2.80	0.36	4.97	0.91	6.17	1.17	<.0001	I	3	19.75	5.16	CDEFGHIJ K	M
CIP312725.067	3	0.10	0.17	1.33	0.65	4.47	0.86	<.0001	T	2	21.21	1.70	CDEFGHIJ K	M
CIP391691.96	3	0.00	0.00	3.60	0.40	5.27	1.01	<.0001	T	2	21.00	3.98	CDEFGHIJ K	M

CIP312735.105	3	0.00	0.00	4.00	1.11	6.67	0.64	<.0001	T	3	19.02	7.10	DEFGHIJK	M
CIP380389.1	3	2.37	0.78	6.73	0.55	8.00	0.46	<.0001	I	3	19.58	8.07	DEFGHIJK	M
CIP312621.097	3	0.83	1.12	4.43	1.48	5.80	1.21	<.0001	I	2	18.97	9.75	EFGHIJK	M
CIP312637.089	3	2.50	0.46	4.43	0.15	6.20	0.44	<.0001	P	3	18.45	4.22	EFGHIJK	M
CIP312763.441	3	1.03	0.74	4.53	2.43	8.13	0.74	<.0001	I	2	15.76	3.43	FGHIJKL	M
CIP312767.014	3	0.23	0.32	1.33	0.67	5.93	1.95	<.0001	T	3	16.27	8.94	FGHIJKL	M
CIP312637.001	3	3.30	0.20	5.00	0.60	4.97	0.91	0.0373	P	2	14.59	2.95	GHIJKL	M
CIP312721.286	3	1.60	1.31	6.17	1.01	6.33	1.86	<.0001	I	3	15.46	5.22	GHIJKL	M
CIP312721.163	3	0.90	0.17	5.13	0.81	5.70	0.80	<.0001	I	3	13.19	7.25	HIJKL	M
CIP720064	3	0.67	0.57	3.53	0.21	4.07	1.10	<.0001	I	3	12.45	5.78	IJKL	M
CIP312507.311	3	0.40	0.20	4.20	0.53	7.40	1.08	<.0001	T	3	11.17	5.49	JKL	M
CIP312633.294	3	1.67	0.38	4.20	0.53	5.17	0.61	<.0001	I	2	11.51	3.17	JKL	M
CIP312725.050	3	0.17	0.15	1.87	0.23	6.30	2.34	<.0001	T	3	9.98	4.52	KL	M
CIP312751.021	3	1.30	1.00	2.80	0.62	5.90	0.46	<.0001	I	3	5.32	4.77	L	M

P:
Precoz

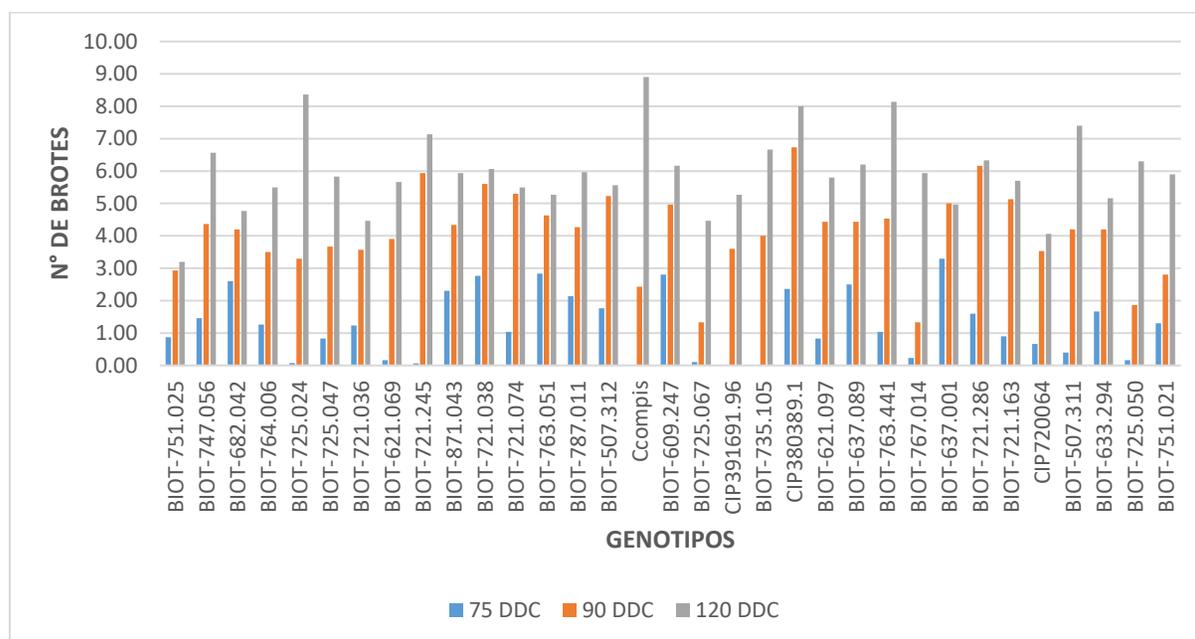
I: Intermedio

T:
Tardío

La Figura 7 muestra en el eje vertical la cantidad promedio de brotes por tubérculo y en el eje horizontal los diversos genotipos. En esta representación gráfica, se observa que tanto los clones biofortificados como las variedades comerciales de referencia (Canchán, Serranita, Yungay y Ccompis) exhiben un patrón de brotación múltiple.

Figura 7

Cantidad de brotes por tubérculo en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay - región La Libertad.



4.3. Características evaluadas en procesamiento

4.3.1. Parámetros de calidad de la papa: porcentaje de materia seca (dm), contenido de azúcares y color de hojuela

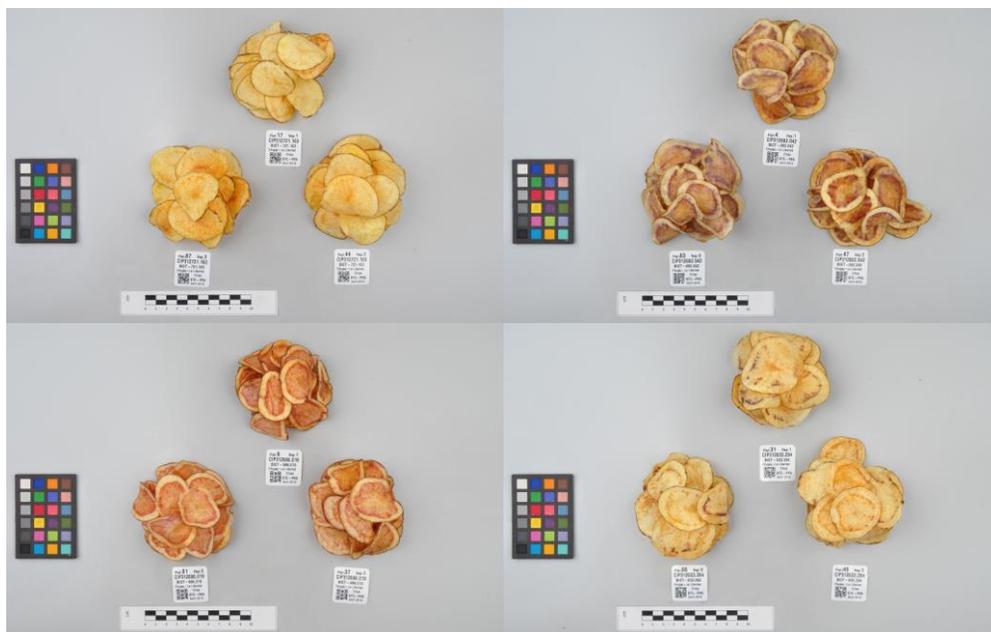
En el análisis se destacó que los genotipos difieren estadísticamente entre sí, lo cual confirma que esta variable varía según las características genéticas de las variedades y clones. El coeficiente de variación para este parámetro fue del 5.41%, indicando una alta precisión en la recopilación de datos.

Por otro lado, el contenido de azúcar también mostró diferencias significativas entre los tubérculos, demostrando que el porcentaje de azúcar varía según las características genéticas de las variedades y clones. Sin embargo, el coeficiente de variación para esta variable fue del 50.13%, sugiriendo una menor precisión en la toma de datos debido a la limitación de tomar muestras únicamente de la zona basal del tubérculo, mientras que la metodología sugiere abarcar las tres partes del tubérculo: basal, central y apical.

Además, se observó una diferencia significativa en el color de las hojuelas de chips entre los genotipos evaluados. Algunas variedades y clones biofortificados mostraron un mayor contenido de materia seca y azúcar en los tubérculos, lo cual podría ser relevante en términos de calidad y preferencia del consumidor. También se evaluó el grado de fritura de los chips, observándose variaciones entre algunos clones biofortificados y variedades comerciales, lo que podría influir en su uso para la producción de chips de papa (ver Figuras 8, 9, 10, 11 y Tabla 8).

Figura 8

Color de fritura de las hojuelas de clones de papa biofortificada en grado 2.

**Figura 9**

Color de fritura de las hojuelas de clones de papa biofortificada en grado 3.

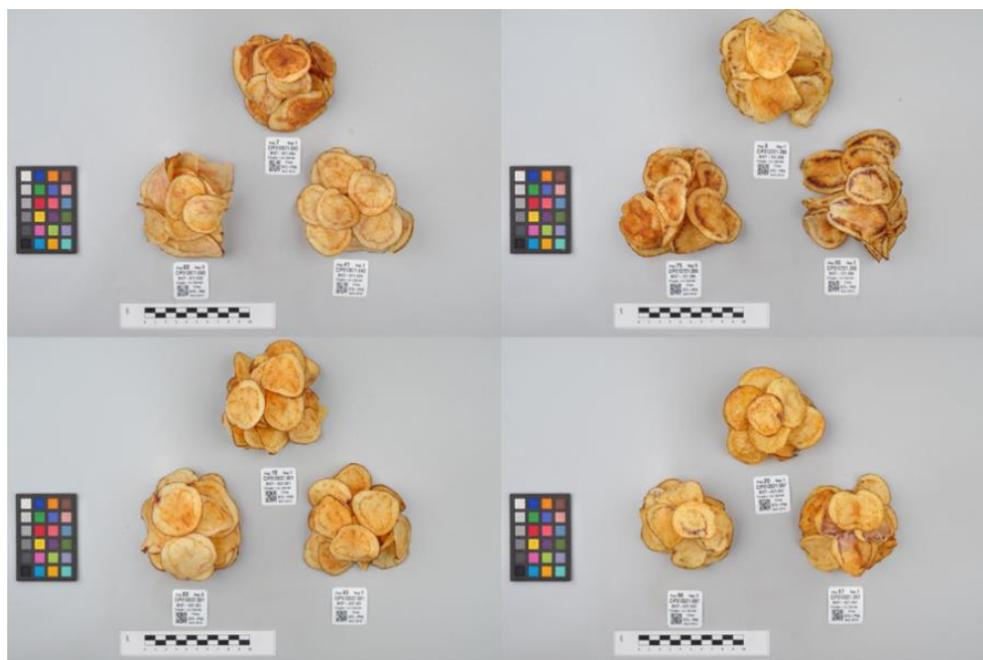


Figura 10

Color de fritura de las hojuelas de clones de papa biofortificada en grado 4.

**Figura 11**

Color de fritura de las hojuelas de clones de papa biofortificada en grado 4.



Tabla 8

Comparación del porcentaje de materia seca, contenido de azúcar y color de hojuela en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad

Código del mejorador	N	Materia seca (%)			Contenido de azúcar (%)			Color de hojuelas (Chips)	
		Promedio	DS	Grupo estadístico Duncan	Promedio	DS	Grupo estadístico Waller Duncan	Promedio	Grupo estadístico Duncan
BIOT-637.089	3	29.77	1.37	A	0.16	0.08	FGHIJ	3.00	CDE
BIOT-721.163	3	29.59	1.34	AB	0.08	0.05	HIJK	2.00	F
BIOT-621.097	3	28.44	0.39	ABC	0.03	0.02	K	2.67	DEF
Ccompis	3	28.42	0.56	ABC	0.24	0.19	CDEFG	3.00	CDE
BIOT-721.286	3	28.22	0.70	ABCD	0.09	0.02	HIJK	2.67	DEF
BIOT-633.294	3	28.10	0.18	ABCD	0.07	0.04	HIJK	2.33	EF
BIOT-735.105	3	28.09	0.66	ABCD	0.16	0.12	EFGHIJ	3.00	CDE
BIOT-721.245	3	28.09	0.29	ABCD	0.10	0.04	HIJK	2.33	EF
BIOT-721.074	3	28.07	0.51	ABCD	0.06	0.03	IJK	3.00	CDE
BIOT-725.047	3	27.92	0.31	ABCDE	0.28	0.08	BCDE	3.33	BCD
BIOT-621.069	3	27.84	2.00	ABCDE	0.06	0.06	JK	3.00	CDE
BIOT-637.001	3	27.32	0.85	ABCDEF	0.08	0.04	HIJK	2.67	DEF
BIOT-747.056	3	27.02	1.11	BCDEF	0.13	0.02	GHIJK	3.00	CDE
Serranita	3	26.85	1.98	CDEFG	0.20	0.11	DEFGH	2.33	EF
BIOT-787.011	3	26.83	1.36	CDEFG	0.30	0.09	BCD	3.00	CDE
BIOT-725.024	3	26.81	1.36	CDEFG	0.26	0.11	CDEF	3.00	CDE
BIOT-871.043	3	26.31	1.25	CDEFGH	0.04	0.02	JK	2.67	DEF
BIOT-751.025	3	25.95	0.87	CDEFGHI	0.04	0.02	JK	2.33	EF
BIOT-507.312	3	25.82	0.89	CDEFGHIJ	0.13	0.10	GHIJK	3.33	BCD
BIOT-763.051	3	25.63	1.39	DEFGHIJ	0.18	0.18	DEFGHI	3.00	CDE
BIOT-686.019	3	25.24	1.26	EFGHIJ	0.07	0.03	HIJK	2.00	F
BIOT-767.014	3	24.82	0.96	FGHIJ	0.16	0.05	EFGHIJ	3.00	CDE
BIOT-609.247	3	24.26	0.34	GHIJ	0.11	0.05	HIJK	3.00	CDE
BIOT-507.311	3	24.11	0.48	HIJK	0.09	0.06	HIJK	3.00	CDE
BIOT-721.036	3	23.74	1.88	HIJK	0.19	0.09	DEFGH	3.67	BC
BIOT-721.038	3	23.73	5.07	HIJK	0.13	0.12	GHIJK	3.33	BCD
BIOT-725.050	3	23.55	1.03	IJK	0.20	0.05	DEFGH	3.33	BCD
Canchán	3	23.47	0.52	IJK	0.39	0.07	AB	4.00	B
BIOT-763.441	3	23.41	1.47	IJK	0.11	0.06	GHIJK	3.00	CDE
BIOT-751.021	3	23.12	0.67	JK	0.08	0.08	HIJK	3.00	CDE
BIOT-764.006	3	23.12	1.49	JK	0.12	0.04	GHIJK	3.00	CDE
BIOT-725.067	3	21.52	1.26	KL	0.33	0.03	ABC	3.00	CDE
Yungay	3	19.37	0.65	LM	0.45	0.02	A	5.00	A
BIOT-682.042	3	18.54	0.61	M	0.10	0.05	HIJK	2.00	F

El Análisis de Componentes Principales (ACP) fue utilizado para explorar las relaciones entre las variables de calidad de la papa: Porcentaje de materia seca (DM), color de las hojuelas y contenido de azúcares. Este método busca explicar gran parte de la variabilidad total en los datos originales mediante la selección de un número reducido de componentes principales.

En la Figura 12, se observa que el primer componente principal (CP1) explica el 65.80% de la variabilidad total en los datos, mientras que el segundo componente principal (CP2) explica el 24.20%. Juntos, estos dos componentes principales explican el 90.00% de la variabilidad total observada en los datos.

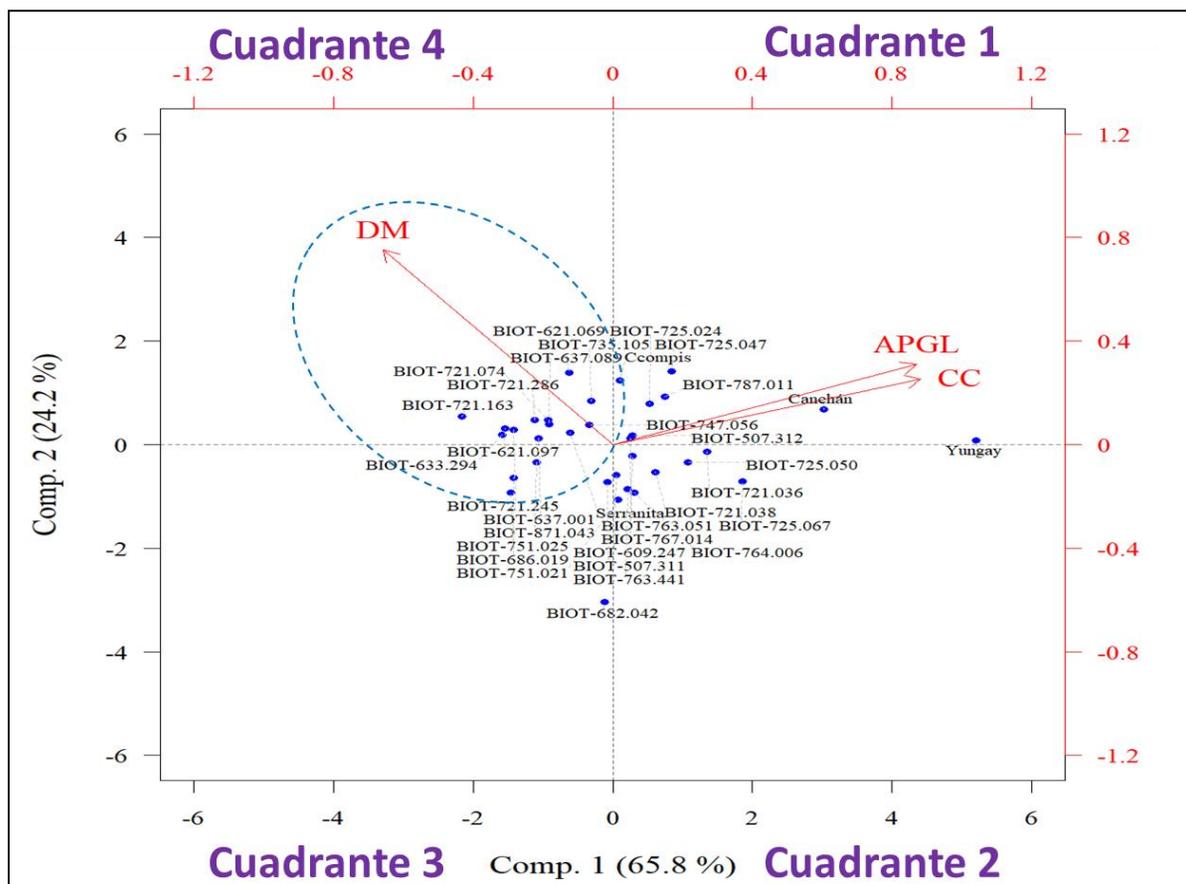
En los cuadrantes III y IV del biplot se detallan los clones biofortificados que presentaron un alto porcentaje de materia seca, un bajo porcentaje de azúcar y un menor grado de color en las hojuelas. Estos clones son: BIO.T-621.069, BIO.T-735.105, BIO.T-637.089, BIO.T-721.074, BIO.T-721.286, BIO.T-721163, BIO.T-621.097, BIO.T-633.294, BIO.T-721.245, BIO.T-637.001, BIO.T-871.043, BIO.T-751.025, BIO.T-686.019, BIO.T-751.021 y BIO.T-682.042.

En los cuadrantes I y II del biplot se detallan los clones biofortificados que presentaron un menor porcentaje de materia seca, un alto porcentaje de azúcar y un alto grado de color en las hojuelas. Estos clones son: BIO.T-725.024, BIO.T-725.047, BIO.T-787.011, BIO.T-747.056, BIO.T-507.312, BIO.T-725.050, BIO.T-721.036, BIO.T-721.038, BIO.T-725.067, BIO.T-764.006, BIO.T-763.051, BIO.T-767.014, BIO.T-609.247, BIO.T-507.311 y BIO.T-763.441, junto con las variedades comerciales Canchán, Ccompis, Serranita y Yungay.

Este análisis visualiza las relaciones entre las variables y los genotipos, proporcionando información útil para la selección de variedades y clones de papa con características específicas de calidad (ver Figura 12).

Figura 12

Análisis de componentes principales para porcentaje de azúcares, color de chip y materia seca en clones de papa biofortificada en el distrito de Chugay – región La Libertad.



Anexo C. Prueba de comparación no paramétrica de Friedman al $\alpha < 0.05$.

Estadísticos	Uniformidad de planta	Vigor de la planta	Longitud de estolones	Apariencia del tubérculo	Uniformidad del tubérculo	Tamaño de tubérculo
Chisq	94.85	97.26	68.61	64.71	40.21	75.36
Df	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00
p. chisq	0.00 **	0.00 **	0.00 **	0.00 **	0.18 ns	0.00 **
F	45.73	111.67	4.52	3.77	1.37	6.38
DFerror	66.00	66.00	66.00	66.00	66.00	66.00
p. F	0.00 **	0.00 **	0.00 **	0.00 **	0.14 ns	0.00 **
t.value	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
LSD	8.23	6.76	29.17	29.15	28.99	24.11

Anexo D. Número de brotes promedio por tubérculo a los 75.90.120 d.d.c.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor P	Sig.
Modelo	35	8690.12336	248.28924	4.97	<.0001	**
REP	2	495.282779	247.641389	4.96	0.0107	*
Genotipo (G)	33	8350.181528	253.035804	5.07	<.0001	**
Días de almacenamiento (DA)	2				<.0001	
G*DA	33	339.941833	169.970916	3.4	0.0408	*
Error	52	2596.84307	49.93929			
CV (%)	31.66407					
Promedio	22.31795					
r ²	0.769926					

Anexo E. Pruebas organolépticas considerando textura, sabor y sabores extraños y oscurecimiento.

Código del mejorador	N	Textura		N	Sabor		N	Sabores Extraños		N	Oscurecimiento	
		Media	DS		Media	DS		Media	DS		Media	DS
BIOT-507.311	5	25.00	7.71	5	34.50	7.16	5	20.00	0.00	5	8.00	2.09
BIOT-507.312	5	29.50	4.47	5	32.00	2.74	5	18.00	2.74	5	6.50	1.37
BIOT-609.247	5	27.50	8.66	5	30.50	5.12	5	16.00	4.18	5	7.00	2.09
BIOT-621.069	5	26.50	5.76	4	32.50	2.89	5	19.00	2.24	5	5.50	2.09
BIOT-621.097	5	35.00	3.54	5	28.50	9.29	5	18.00	4.47	5	7.00	2.74
BIOT-633.294	5	30.50	5.12	5	32.00	9.75	5	17.00	6.71	5	6.50	2.24
BIOT-637.001	5	29.00	8.22	5	30.00	8.66	5	18.00	4.47	5	8.50	1.37
BIOT-637.089	5	37.00	2.74	5	37.00	4.47	5	20.00	0.00	5	8.50	1.37
BIOT-682.042	5	24.50	8.73	5	27.50	7.71	5	17.00	6.71	5	5.00	3.95
BIOT-686.019	5	33.00	2.74	5	35.00	5.00	4	20.00	0.00	5	5.50	1.12
BIOT-721.036	5	34.00	4.18	5	35.50	7.58	5	20.00	0.00	5	10.00	0.00
BIOT-721.038	5	30.50	5.12	5	30.00	0.00	5	18.00	4.47	5	9.00	1.37
BIOT-721.074	5	34.00	4.18	4	37.50	5.00	5	20.00	0.00	5	9.50	1.12
BIOT-721.163	5	34.00	2.24	5	33.50	6.52	5	17.00	4.47	5	10.00	0.00
BIOT-721.245	5	32.50	6.61	5	36.00	4.18	5	20.00	0.00	5	9.50	1.12
BIOT-721.286	5	30.00	8.66	5	26.50	7.83	5	17.00	6.71	5	8.50	1.37
BIOT-725.024	5	34.00	5.48	5	36.00	2.24	5	19.00	2.24	5	8.50	1.37
BIOT-725.047	5	31.00	2.24	5	33.00	2.74	5	20.00	0.00	5	6.00	1.37
BIOT-725.050	5	25.50	4.11	5	32.50	6.61	5	20.00	0.00	5	8.00	2.09
BIOT-725.067	4	25.63	8.75	5	26.50	5.76	5	15.00	5.00	5	5.50	2.74
BIOT-735.105	5	33.50	7.42	5	37.00	4.47	4	20.00	0.00	5	9.00	1.37
BIOT-747.056	5	34.00	2.24	5	30.50	5.12	5	19.00	2.24	5	1.00	1.37
BIOT-751.021	5	27.00	4.11	5	28.00	7.58	4	20.00	0.00	5	4.00	1.37
BIOT-751.025	5	26.50	5.76	5	25.50	6.71	5	10.00	3.54	5	6.00	1.37
BIOT-763.051	5	24.50	8.73	5	35.00	3.54	5	20.00	0.00	5	8.50	1.37
BIOT-763.441	5	22.50	5.30	5	27.00	4.11	5	16.00	2.24	5	5.50	2.09
BIOT-764.006	5	27.00	4.11	5	30.50	5.12	5	18.00	2.74	5	7.00	1.12
BIOT-767.014	5	23.50	7.20	5	29.50	4.47	4	18.75	2.50	5	4.50	1.12
BIOT-787.011	5	31.00	2.24	5	33.00	2.74	5	18.00	4.47	5	8.00	2.09
BIOT-871.043	5	21.00	3.35	5	29.00	7.20	4	16.25	2.50	5	5.50	2.09
Canchan	40	28.75	7.23	40	31.81	7.51	39	18.33	3.11	37	9.19	1.19
Ccompis	5	31.00	8.77	4	37.50	2.89	5	17.00	6.71	5	9.00	1.37
Serranita	5	27.00	4.11	5	29.00	6.27	5	18.00	4.47	5	8.00	1.12
Yungay	40	16.81	6.53	40	30.38	7.35	39	17.95	3.39	40	8.25	1.98

Anexo F. Fotografías del manejo del campo experimental.



Foto 01: Siembra de parcela experimental.



Foto 02: Evaluación de plagas y enfermedades en parcela experimental.



Foto 03: Deshierbo y aporque de parcela experimental.



Foto 04: Priorización de criterios en la Selección Participativa de Variedades de Papa a la floración.



Foto 05: Selección de clones en la Selección Participativa de Variedades de Papa a la floración.



Foto 06: Evaluaciones realizadas a la floración.



Foto 07: Evaluaciones y cosecha de parcela experimental.



Foto 08: Categorización y pesado de tubérculos de parcela experimental.



Foto 09: Selección Participativa de Variedades de Papa a la cosecha.



Foto 10: Evaluación organoléptica con agricultores.



Foto 11: Selección Participativa de Variedades de Papa en post cosecha.



Foto 12: Evaluación organoléptica con panel entrenado en laboratorio.



Foto 13: Determinación de azúcares reductores en laboratorio.



Foto 14: Determinación de azúcares reductores en laboratorio.



Foto 15: Determinación de materia seca.



Foto 16: Determinación de color de hojuelas en fritura.

