UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

“Interacción genotipo por ambiente en el comportamiento post cosecha de papas biofortificadas con Fe y Zn en tres localidades de la región Lima”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Luis Vilcamiza, Jorge Agusto

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2601-2467

ASESOR:

Dra. León Ttacca, Betsabé

ORCID: http://orcid.org/0000-0002-4343-2431

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Producción Agrícola

CAÑETE-PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

“Interacción genotipo por ambiente en el comportamiento post cosecha de papas biofortificadas con Fe y Zn en tres localidades de la región Lima”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Luis Vilcamiza, Jorge Agusto

APROBADO POR:

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: AYBAR PEVE Leandro Joel FAU 20131365994 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22/04/2024 11:01:49-0500

PhD. Valderrama Romero, Antonio Salomón
Presidente

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: VALDERRAMA ROMERO Antonio Salomon FIR 06532908 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 19/04/2024 11:58:16-0500

Dr. Aybar Peve, Leandro
Secretario

PhD. Coaquira Incacari, Roberto
Vocal

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: LEON TTACCA BETSABE FIR 41288646 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/04/2024 09:12:30-0500

Dra. León Ttacca, Betsabé
Asesor

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: COAQUIRA INCACARI Roberto FAU 20491363402 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22/04/2024 11:47:23-0500

CIP INTERNATIONAL POTATO CENTER
Digitally signed by Elisa Salas Murrugarra
DN: cn=Elisa Salas Murrugarra, o=Centro Internacional de la Papa, ou=Ing. MSc. Mejoramiento de Plantas, email=e.salas@cgiar.org, c=PE
Date: 2024.04.18 21:42:26 -05'00'

Ing. M. Sc. Salas Murrugarra, Elisa
Co-Asesor

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

En la ciudad de Cañete, en la sala de sustentaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias, siendo las 11:00 horas, del día 27 de noviembre del 2023, se reunió el Jurado Evaluador y el asesor, designados por Decreto N° 027-2023-UICA/FCA/UNDC.

Presidente:	PhD. Valderrama Romero Antonio Salomón
Secretario :	Mg. Aybar Peve Leandro Joel
Vocal:	PhD. Coaquira Incacari Roberto
Asesora:	Dra. León Ttacca Betsabé

Para el acto de sustentación de la tesis titulada: "Interacción genotipo por ambiente en el comportamiento post cosecha de papas biofortificadas con Fe y Zn en tres localidades de la región Lima"; presentada por el Bachiller Jorge Agusto Luis Vilcamiza para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Después de concluido el acto de sustentación y luego de que el sustentante dio respuesta a las preguntas respectivas, el Jurado Evaluador calificó la sustentación o defensa de la investigación según los siguientes criterios, y promediando las notas del jurado se obtuvo:

Criterio	Desaprobado (menor de 14)	Regular (14 -15)	Bueno (16-17)	Muy bueno (18-19)	Excelente (20)	Puntaje
Claridad de la exposición				18		18
Dominio del tema				18		18
Visión holística del trabajo				18		18
Promedio						18

**** Para el caso de sustentación de dos personas se debe incorporar dos cuadros, uno para cada uno.**

Para obtener la nota final de todo el proceso de investigación, conforme al artículo 100º y 101º del Reglamento General de Investigación de la Universidad Nacional de Cañete aprobado mediante Resolución Nº 180-2023-UNDC/CO, se procedió a calcular la nota final:

Nota del Informe (valor 40%)	Nota de Sustentación (valor 60%)	Nota Final
18	18	18

(*) Cálculo: (Nota Informe * 0.40) + (Nota de Defensa * 0.60) = Nota final
Para el caso de dos sustentantes, se debe incluir una columna adicional a la izquierda y poner los nombres de cada uno de ellos, y calificar en forma individual.

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

Y, establece como calificación FINAL: 18 (Dieciocho.....)

- Aprobado, con nota Regular (...), Bueno (...), Muy Bueno (X), Excelente (...)
- Desaprobado (...)

Por tanto, el graduado se encuentra expedito(s) (X), impedido(s) ( ) para realizar los trámites que corresponden a la obtención del Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

****Si fuera el caso, que de los dos sustentantes uno fuera aprobado y otro desaprobado, se tendrá que diferenciar quien queda expedito y quien impedido de seguir los trámites.**

Siendo las 12.40 Horas se dió por terminado el acto de sustentación.

Mg. Aybar Peve Leandro Joel **Secretario**	PhD. Valderrama Romero Antonio Salomón **Presidente**	PhD. Coaquira Incacari Roberto **Vocal**	Dra. León Ttacca Betsabé **Asesor**

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Código N°003-2024

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE SIMILITUD

Yo, **Luis Armando Álvarez Bernaola**, Director (e) de la Unidad de Investigación del informe titulado: **"Interacción genotipo por ambiente en el comportamiento post cosecha de papas biofortificadas con Fe y Zn en tres localidades de la región Lima"**. Cuyo autor es, Jorge Agusto Luis Vilcamiza, , identificado con DNI N° 76301595, declaró que la evaluación realizada por el programa informático, ha constatado un **porcentaje de similitud del 5%**, verificable en el resumen de reporte automatizado de similitudes que se adjunta.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud no constituye plagio, y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar, además, el recibo digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Cañete, 13 marzo del 2024

Se adjunta:

- Resumen del reporte automatizado de similitudes
- Recibo Digital

VALIDADO POR:

FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por: ALVAREZ BERNAOLA Luis Armando FAU 20491363402 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 13/03/2024 16:37:03-0500

Dr. LUIS ARMANDO ÁLVAREZ BERNAOLA
Director (e) de la Unidad de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias

Toda copia de este documento, sea del entorno virtual o del documento original en físico es considerada "copia no controlada"

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis todos mis familiares en especial para mis padres, quienes en los momentos difíciles me brindaron la motivación necesaria para seguir y concretar todos los retos presentados en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

Un eterno agradecimiento a mi asesora y mentora Dra. Betsabé León Ttacca, por el apoyo constante durante el proyecto de la investigación.

A los miembros del Centro Internacional de la Papa, en especial a la Ing. Elisa Salas Murrugarra.

A las comunicades campesinas de Canin, Apuri y Nunumia, por permitir el uso de los campos agrícolas y almacenes de su localidad.

Al Dr. Jorge Hugo Jhoncon Kooyip, por la motivación constante y el apoyo incondicional brindado antes, durante y después de la investigación.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA ..... **VI**
AGRADECIMIENTOS ..... **VII**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **XI**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XII**
RESUMEN ..... **XIV**
ABSTRACT ..... **XV**
CAPÍTULO I **1**
INTRODUCCIÓN **1**
CAPÍTULO II **2**
MARCO TEÓRICO **2**
2.1. ANTECEDENTES 2
2.1.1. Antecedentes Internacionales *2*
2.1.2. Antecedentes Nacionales *3*
2.2. BASES TEÓRICAS 5
2.2.1. Solanum tuberosum *5*
2.2.2. Papas Biofortificadas *9*
2.2.3. Periodo de dormancia *11*
2.2.4. Brotamiento *12*
2.2.5. Verdeamiento *12*
2.2.6. Interacción Genotipo x Ambiente *13*
2.3. MARCO CONCEPTUAL 13
CAPÍTULO III **15**
MATERIALES Y MÉTODOS **15**
3.1. DEFINICIÓN DE VARIABLES 15
3.1.1. Variable Independiente *15*
3.1.2. Variable Dependiente *15*
3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 16
3.3. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 17
3.3.1. Tipo de investigación *17*
3.3.2. Diseño de investigación *17*

3.4. UBICACIÓN DEL ESTUDIO 21
3.4.1. Viñac *21*
3.4.2. Gorgor *21*
3.4.3. Checras *21*
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA 22
3.5.1. Población de estudio *22*
3.5.2. Muestra *22*
3.6. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN PARA EL RENDIMIENTO 22
3.6.1. Adquisición de semilla *22*
3.6.2. Selección de campo *23*
3.6.3. Preparación de terreno *23*
3.6.4. Surcado del terreno *23*
3.6.5. Abonamiento, siembra y fertilización *23*
3.6.6. Deshierbo *25*
3.6.7. Riegos *25*
3.6.8. Manejo de plagas y enfermedades *26*
3.6.9. Cosecha *26*
3.7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN EN POST COSECHA 28
3.7.1. Selección de los tubérculos para almacenamiento *28*
3.7.2. Almacenamiento *29*
3.8. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN 30
3.8.1. Pérdida de peso (% PP) *30*
3.8.2. Brotamiento (B) *30*
3.8.3. Dormancia (D) *31*
3.8.4. Verdeamiento (V) *31*
3.8. DATOS METEOROLÓGICOS DURANTE LA INVESTIGACIÓN 32
3.8.1. Datos meteorológicos en la etapa de producción *33*
3.8.2. Datos meteorológicos en la etapa de post cosecha *34*
3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 35
CAPÍTULO IV 36

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 36

4.1. EFECTO DE LA INTERACCIÓN GXE EN LA PÉRDIDA DE PESO DE LOS CLONES DE PAPA BIOFORTIFICADAS Y DOS VARIEDADES COMERCIALES EN TRES LOCALIDADES DE LA REGIÓN LIMA. 36

4.1.1. Porcentaje de Pérdida de peso (% PP) *36*

4.2. BROTAMIENTO (BT) DEL TUBÉRCULO EN 12 CLONES BIOFORTIFICADAS Y DOS VARIEDADES COMERCIALES DE PAPA 39

4.2.1. Numero de brotes *39*

4.2.2. Tipo de brotamiento *42*

4.3. DORMANCIA EN 12 CLONES BIOFORTIFICADAS Y DOS VARIEDADES COMERCIALES DE PAPA 44

4.4. VERDEAMIENTO DEL TUBÉRCULO EN 12 CLONES BIOFORTIFICADAS Y DOS VARIEDADES DE PAPA 46

V. CONCLUSIONES 49

VI. RECOMENDACIONES 50

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

ANEXOS 56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: *Operacionalización de variables de la investigación* …….....**16**

Tabla 2: *Codificación de los 12 clones de papas biofortificadas con hierro y zinc y dos variedades comerciales empleadas en la investigación*……..…….…….……..**19**

Tabla 3: *Características del área experimental empleada en la investigación, replicadas en las localidades de Gorgor, Viñac y Checras* ……..…**20**

Tabla 4: *Dosis de fertilización de NPK en la siembra y aporque de los 12 clones de papas biofortificadas en la localidad de Gorgor, Checras y Viñac en la campaña agrícola 2021-2022*……..…..……**24**

Tabla 5: *La escala de periodo de dormancia para diferentes variedades de papas* ……....**31**

Tabla 6: *Escala de verdeamiento de los tubérculos de papa blanca y de color pigmentado*…**32**

Tabla 7: *Datos meteorológicos en las localidades de Viñac, Checras y gorgor durante la campaña agrícola 2021-2022*……..……**33**

Tabla 8: *Datos meteorológicos en el almacenamiento en las localidades de Gorgor, Viñac y Checras - región Lima*……..….**34**

Tabla 9: *Análisis de la varianza para él porcentaje de pérdida de peso de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales*…..……..……..**35**

Tabla 10: *Análisis de la varianza para el brotamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales*……**40**

Tabla 11: *Análisis de varianza para el grado de verdeamiento de los clones de papas biofortificada y variedades comerciales almacenadas en 3 localidades de la región Lima*……**46**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: *Adquisición de semilla de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales, obtenidas de la campaña agrícola 2020-2021 de la estación Santa Ana – Huancayo*……**22**

Figura 2: *Selección y preparación de terreno para la siembra de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la localidad de Viñac*……**24**

Figura 3: A*bonamiento, siembra y fertilización de los 12 clones de papas biofortificadas en las localidades de Viñac, Gorgor y Checras durante la campaña agrícola 2021-2022*……**25**

Figura 4: *Principales plagas y enfermedades de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las zonas de Gorgor, Viñac y Checras en la campaña agrícola 2021-2022*……**27**

Figura 5: *Cosecha de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las localidades de Gorgor, Viñac y Checras, en la campaña agrícola 2021-2022*……**28**

Figura 6: *Acondicionamiento del almacén en la post cosecha de los 12 clones de papa biofortificadas y dos variedades comerciales.*……**29**

Figura 7: *Evaluación de la pérdida de peso de los clones de papa biofortificadas en la región Lima*……**30**

Figura 8: *Escala de evaluación para el tipo de brotamiento de los tubérculos de papa*……**31**

Figura 9: *Escala de grado de verdeamiento, según la pigmentación superficial de los tubérculos* ……**32**

Figura 10: *Porcentaje de pérdida de peso de los 12 clones biofortificadas y dos variedades de papa en la zona de Viñac*……**37**

Figura 11: *Porcentaje de pérdida de peso de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades de papa en la localidad de Gorgor*……**38**

Figura 12: *Porcentaje de pérdida de peso de los clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Checras* ……**38**

Figura 13: *Prueba de medias para él porcentaje de pérdida de peso por zonas y tiempo de almacenamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la región Lima*……**39**

Figura 14: *Número de brotes de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Viñac.*……**41**

Figura 15: *Número de brotes de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Gorgor*……**41**

Figura 16: *Número de brotes de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Checras*……..**42**
Figura 17: *Tipo de brotamiento de los 12 clones de papa biofortificadas y dos variedades comerciales en la de la región Lima*……**43**
Figura 18: *Tipo de brotamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las localidades de estudio de la región Lima*……..**43**
Figura 19: *Pérdida de dormancia de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las zonas de almacenamiento de Viñac, Gorgor y Checras*……..**45**
Figura 20: *Grado de verdeamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en condiciones de almacenamiento de las localidades de Gorgor, Checras y Viñac*……..**47**
Figura 21: *Verdeamiento de los tubérculos en las localidades de Gorgor, Checras y Viñac – Región Lima*……**.47**
Figura 22: *Prueba de medias para el grado de verdeamiento en los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en condiciones de almacenamiento de las zonas de Gorgor, Checras y Viñac* ……***.48***

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la interacción de genotipo por ambiente en el comportamiento post cosecha en papas biofortificadas con Fe y Zn en tres localidades (Checras, Viñac y Gorgor) de la Región Lima. Las semillas de 12 genotipos de papa biofortificadas con hierro (He) y zinc (Zn) (Biot-507.311; Biot-633.294; Biot-637.001; Biot-721.074; Biot-721.245; Biot-721.286; Biot-725.024; Biot-725.047; Biot-725.050; Biot-735.105; Biot-767.014 y Biot-871.043) y dos variedades comerciales (Serranita y Yungay) fueron adquiridas del Centro Internacional de Papa (CIP). Se condujo el experimento bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 14 genotipos x 3 localidades x 3 tiempos de almacenamiento. Las variables evaluadas fueron: pérdida de peso, dormancia, brotamiento y verdeamiento de los tubérculos. La menor pérdida de peso se presentó en el clon Biot-767.014 con 6.8% de pérdida de peso durante los 150 días de almacenamiento en la localidad de Viñac. En la localidad de Checras el clon Biot-507.311 presentó brotamiento de dominancia apical hasta los 150 dda. En la localidad de Gorgor y Checras el periodo de dormancia de los clones fue intermedio debido a que se prolongó hasta los 90 dda. En las tres localidades los clones Biot-725.050 y Biot-735.105, presentaron un ligero verdeamiento hasta los 150 dda. Se concluye que las variables post cosecha están influenciados directamente por el genotipo y ambiente.

Palabras claves: Genotipo, Ambiente, Brotamiento, Almacenamiento, Verdeamiento.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the effect of genotype-by-environment interaction on post-harvest performance of potatoes biofortified with Fe and Zn at three locations (Checras, Viñac and Gorgor) in the Lima Region. Seeds of 12 potato genotypes biofortified with iron (He) and zinc (Zn) (Biot-507.311; Biot-633.294; Biot-637.001; Biot-721.074; Biot-721.245; Biot-721.286; Biot-725. 024; Biot-725.047; Biot-725.050; Biot-735.105; Biot-767.014 and Biot-871.043) and two commercial varieties (Serranita and Yungay) were purchased from the International Potato Center (CIP). The experiment was conducted under a completely randomized block design (DBCA). with a factorial arrangement of 14 genotypes x 3 locations x 3 storage time. The variables evaluated were: weight loss, dormancy, sprouting and tuber greening. The lowest weight loss occurred in clone Biot-767.014 with 6.8% weight loss during the 150 days of storage at the Viñac locality. At Checras, clone Biot-507.311 showed apical dominance sprouting up to 150 days. At Gorgor and Checras the dormancy period of the clones was intermediate because it lasted until 90 dda. In the three locations, the Biot-725.050 and Biot-735.105 clones showed a slight greening up to 150 dda. It is concluded that post-harvest variables are directly influenced by genotype and environment.

Key words: Genotype, Environment, Sprouting, Storage, Greening.

Capítulo **I**

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el tercer producto alimenticio más importante del mundo, el consumo per cápita nacional 90 kg/p/año, con un crecimiento anual de 6.6%. Debido a que es una fuente rica y económica en carbohidratos y energía, la cual ayuda a combatir el hambre y la desnutrición (Centro internacional de la papa, 2019).

El CIP desarrolló la biofortificación de la papa con hierro y zinc para mejorar el contenido nutricional del tubérculo, logrando ser una alternativa muy prometedora para combatir la anemia a nivel mundial (Burgos, 2017). Así mismo, el CIP estudió la interacción del genotipo, en diferentes ambientes de estudio para conocer el comportamiento de los clones de papas biofortificadas en indicadores de rendimientos, adaptabilidad, capacidad culinaria, entre otros (Salas et al., 2021). En tal sentido, la interacción se define como la capacidad de los genotipos de aprovechar ventajosamente el estímulo ambiental, mientras que la estabilidad está referida a la capacidad del genotipo de mostrar un comportamiento altamente previsible de acuerdo con el ambiente (Pour et al., 2022). Es importante conocer esta interacción ya que con ella se evalúa el efecto particular en los diferentes ambientes sobre cada genotipo; es decir, en este caso determina la contribución del efecto de la IGA sobre cada una de las variables de producción de la papa (Gedif y Yigzaw, 2014)

Sin embargo, se desconoce el comportamiento de post cosecha de los nuevos clones de papas biofortificadas. Por ello, la investigación se enfocó en estudiar las caracteristicas más importantes para los productores, comerciantes y centros semilleros de las comunidades del Perú (Burgos, 2017).

Por ello, la presente investigación se realizó con el objetivo general de determinar el efecto de la interacción de genotipo por ambiente en el comportamiento post cosecha de papas biofortificadas con Fe y Zn en tres localidades de la Región Lima, campaña agrícola 2021-2022.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Romo (2013) evaluó el comportamiento agronómico y calidad de siete variedades y clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) donde se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 14 tratamiento y 3 repeticiones. El material biológico fue adquirido del Centro Internacional de Papa (CIP). se trabajó con 7 clones: Clon 97-25-3, Clon 97-25-3 (11), Clon 99-38-12 (21) Clon 3, Clon 4, Clon 5 y Clon 7 y 7 variedades; Variedad Rubí, Diacol Capiro, ICA Única, INIAP Victoria, Superchola 2, Super 36 y CIP Libertad. Entre las variables agronómicas a evaluar fueron: días de verdeamiento y brotamiento del tubérculo. La variedad única y el Clon-3 alcanzaron un verdeamiento prematuro a los 22 días de almacenamiento (dda), mientras que la variedad Capiro logra un verdeamiento tardío a los 58 dda. Por último, la variedad Libertad y el Clon-4 presentaron un brotamiento a los 35 días, mientras que la variedad Capiro mostro brotes a partir de los 68 días, lo que demuestra que el genotipo interviene directamente en el periodo de verdeamiento y brotamiento del tubérculo.

Cedeño (2016) analizó las características agronómicas y agroindustriales de diez genotipos de papa (*Solanum tuberosum* L.), donde se trabajó bajo un diseño (DBCA) con 10 tratamientos y 3 repeticiones. Los genotipos fueron: Clon 12-4-143, Clon 12-4-145, Clon 12-4-175, Clon 12-4-35 Clon 12-4-45, Clon 12-4-72 1,67, Clon 12-6-158, Clon 12-6-29 variedad I– Puca Shungo, variedad I–Yana Shungo. Se evaluó el grado de verdeamiento y periodo de dormancia. Los genotipos 12-4-145, 12-4-35 e INIAP–Puca Shungo presentan mayor grado de verdeamiento, mientras que los genotipos 12-4-45 y 12-4-143 presentan menor grado de verdeamiento hasta los 21 días de almacenamiento. No obstante, la variedad INIAP– Yana Shungo y el genotipo 12-4-175 presentaron un corto brotamiento de apenas a los 17 días de almacenamiento, mientras que el genotipo 12-4-143, su brotamiento se prolongó hasta los 58 días, se concluye que el genotipo influye directamente en el grado de verdeamiento.

Morillo (2018) evaluó el comportamiento post cosecha de tres variedades de papa en dos condiciones diferentes de almacenamiento. Se trabajó con el diseño completamente al azar (DCA) con 18 tratamientos y 3 repeticiones (54 unidades experimentales) con arreglo factorial con tres factores, para el factor A se empleó la variedad (A:1 Rubí, A:2 Victoria y A:3 Fripapa 99), para el factor B se tuvo dos condiciones; para el almacenamiento B1 se brindó un ambiente

controlado con una refrigeración a 7°C, el almacenamiento B2 se desarrolló en un cuarto a temperatura ambiente con 15° a 20° C, en ambos almacenamiento se utilizó gavetas de plástico donde se depositó 10 kg de papa libre de tierra. Para el factor C se brindó tres tiempos de almacenamiento (30, 45 y 60 días). Se evaluó el brotamiento de los tubérculos para cual se realizó el conteo manual cada día, a la misma hora en ambos cuartos de almacenamiento. Los resultados obtenidos hasta los 60 días de almacenamiento en temperatura ambiente, mostraron que las variedades Ruby y Fripapa 99 mostraron 13 % de brotamiento mientras que la variedad Victoria presento 28% de brotamiento. Por tanto, se concluye que el brotamiento de la papa depende de la variedad y el ambiente de conservación.

Ortega (2014) evaluó el comportamiento agronómico de genotipos de papa (*Solanum tuberosum*) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la sierra ecuatoriana. Se trabajó bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con 15 tratamientos y 3 repeticiones por cada localidad. Las variedades de papa fueron (97-25-3, 98-2-6, 98-38-12, 07-46-8, 07-40-1, 07-32-1, 07-32-15, 07-32-14, 07-28-2, 07-24-18, INIAP-Natividad, INIAP-Estela, INIAP-Victoria, INIAP-Fripapa y Superchola). Para la variable brotamiento, se tuvo una muestra de 10 tubérculos de cada genotipo, fueron almacenadas bajo luz difusa a temperatura ambiente. Se evaluó a los 45 y 90 días tomando una muestra de 5 tubérculos en cada evaluación. En la variable verdeamiento de tubérculo, se almaceno bajo luz natural y temperatura ambiente evaluándose cada 10 días durante un mes. En la localidad de Aláquez la variedad INIAP-Fripapa, hasta los 45 días de almacenamiento presentó 2 brotes por tubérculo, mientras que en la localidad de Cutuglahua presentoó 4 brotes por tubérculos. Por ello, el brotamiento y verdeamiento de los tubérculos varía de acuerdo a la localidad de estudio y a las variedades de papa, es decir que existe un efecto de interacción de genotipo por ambiente.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Pantoja (2013) caracterizó morfo-fisiológicamente diez accesiones de papa nativa. Se utilizó un (DBCA) con 10 tratamientos y 3 repeticiones, las variedades de papa (Cuya, Ratona, Borrega, Blanca, Ratona negra, Botella, Gualcalá, Papa oca, Curiquinga, primavera y Mambera), las semillas fueron obtenidas de 8 comunidades de Carchi. Para la variable días de verdeamiento se almacenó en una bodega de luz difusa, en la variable días de brotación se evaluó desde el día de la cosecha hasta que los brotes tengas entre 1.5 a 3 cm. La variedad Gualcalá presentó un verdeamiento a los 23 días de almacenamiento mientras que en las variedades de: Cuya, Borrega y Ratona blanca, el verdeamiento ocurrió a los 12 días. Por

último, la variedad Papa oca presentó un verdeamiento a los 6 días. El brotamiento de la variedad Gualcalá ocurrió a los 23 días, mientras que para las otras variedades fue solo a los 14 días de almacenamiento, concluyendo que el genotipo influye en los días de verdeamiento y brotamiento del tubérculo.

Altamirano (2016) tuvo como objetivo investigar el comportamiento post cosecha de tubérculos de cinco variedades de papa en tres condiciones de almacenamiento. Se utilizó un diseño completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial de 5x3 (variedad; Huayro, Peruanita, Canchan, Serranita y Tumbay X condición de almacenamiento; Oscuridad, Cámara Fría y Luz Difusa). Donde se evaluó la dormancia, el brotamiento, periodo de brotación, índice de brotación, número de brotes, peso fresco de brotes, grado de ramificación de brotes, pérdida de peso por brotación y pérdida de peso total. La dormancia para la variedad Tumbay y Peruanita, Huayro y Canchan fueron muy cortas (antes de 21 dias de almacenamiento), mientras que la variedad Serranita se prolongó hasta los 35 dias de almacenamiento. El brotamiento de la variedad Huayro presentó 3 brotes, Peruanita y Tumbay presentaron 2 brotes, mientras que Serranita y Canchan presentaron 1 brote. El almacenamiento en oscuridad incrementa el número de brotes mientras que en condiciones de cámara fría el número de brotes se reducen en todas las variedades. La variedad Tumbay mostraron un porcentaje de pérdida de peso alrededor de los 47% mientras que las variedades Peruanita, Huayro, Canchan y Serranita presentaron una pérdida del 30%. Concluye que el tipo de almacenamiento influye en la vida útil del tubérculo.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Solanum tuberosum

2.2.1.1. Taxonomía.

Egúsquiza (2000) indica que la caracterización taxonómica de la papa es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridaea

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Subgénero: Potatoe

Sección: Petota

Especie: *Solanum tuberosum* L.,1753

2.2.1.2. Generalidades.

La domesticación de la papa ocurrió hace 10 mil años y se desarrolló en los andes del Perú y Bolivia en alrededores del lago Titicaca, donde se registró mayor adaptación y diversificación de especies silvestres y variedades de papa. la primera especie que se domesticó fue el *Solanum stenotomum* al cruzarse con una especie diploide *Solanum asparsipilum* dió origen a papas tetraploides actuales (*S. andígena* y *S. tuberosum*). posteriormente se realizó mejoras genéticas con (*S. mesgistacrolobun* y *S. acaule*) obteniendo papa poliploides resistentes a heladas (Ochoa, 2011; Estrada, 2000).

2.2.1.3. Importancia de la papa a nivel nacional

La papa (*Solanum tuberosum*) es un cultivo muy valorado en el Perú, más de 700 mil familias dependen de este tubérculo. En el 2022, el rendimiento de la papa tuvo un crecimiento del 13.4%, alcanzando las 542 047 toneladas (Tn) a comparación del 2021 donde se alcanzó las 478 081 Tn. Por otro lado, el cultivo aporta al PBI del sector agrícola con US$ 500 millones. Alrededor del 80% de los productores se ubican en la sierra del país (Muñoz et al., 2018).

En la campaña 2020 - 2021 los principales departamentos que disminuyeron su área de producción fueron; Ica (-36 %), Lima (-30%), Arequipa (-26 %), Huánuco (-13%), La Libertad (-12%) y Cajamarca (-6%), mientras que, en los departamentos de Huancavelica, Junín,

Amazonas y Lambayeque, tuvieron un aumento en sus áreas del 99 %, 20%, 6% y 2% respectivamente (INEI, 2020).

2.2.1.4. Variedades de papa

Chávez (2008) menciona que a nivel mundial se cultivan alrededor de 5000 variedades. En el Perú se cultiva aproximadamente 4000 variedades entre comerciales y papas nativas, que están ubicadas mayormente en las zonas altoandinas del Perú, donde se ubican los bancos de germoplasma naturales.

MINAGRI (2017) argumenta que las variedades más conocidas son: Papa Amarilla, Canchan, Yungay, Única, Huayro y Perricholi.

a) Papa Amarilla: Es una variedad reconocida por tener un alto contenido de carotenoides, potasio, vitamina c y antioxidante. Es procedente de la sierra del país, las principales zonas de producción son Pasco y Andahuaylas.

b) Papa Canchán: La variedad Canchán se adapta desde los 2000 hasta los 3500 msnm. Los tubérculos son redondos de color rojo con pulpa blanca, poseen una calidad de tamaño mediano a grande con una cantidad de 14 a 25 tubérculos/planta, en condiciones óptimas alcanzan de 40 a 50 tn/ha. Se siembra en costa y sierra del país, las principales zonas de producción están en Ayacucho, Huánuco, Huancayo y Tarma.

c) Papa Yungay: Los tubérculos son de color cremoso con pulpa cremosa amarillenta de forma oval, son procedentes de la sierra del Perú, las principales zonas Huamanga, Huánuco y Tarma.

d) **Papa Única:** Poseen tubérculos alargados y oblongos, presentan una piel de color rosado, con pulpa de coloración crema, alcanzan de 40 a 50 toneladas por hectárea. Las zonas con mayor producción de la papa única es Arequipa, Huánuco y Jauja.

e) Papa Huayro: Presentan tubérculos de color rojo, presentan ojos superficiales y son de tamaño grande, la mayor área de siembra se encuentra en la sierra del país, las zonas de mayor producción se encuentra Huánuco y Pasco.

f) Papa Serranita: Es una variedad semi-tardia, su periodo vegetativo oscila de los 120 a 150 días, los tubérculos tienen una forma redonda, de piel morado, pulpa blanco cremoso, poseen una dormancia de 3 a 4 meses y poseen un potencial productivo alto logrando alcanzar las 25 unidades por planta.

2.2.1.5. Zonas productoras

Las zonas productoras a nivel nacional son: Puno, Huánuco, La Libertad Ayacucho, Cusco, Lima e Ica.

a) **Puno:** En Puno destaca la variedad Canchan, Única y Negra Andina. Las zonas productoras se encuentran en la localidad de Azángaro y Carabaya. El pico de producción abarca los meses de mayo a junio. El departamento de Puno es el mayor productor de papa a nivel nacional, presenta un rendimiento promedio de 15, 388 kg/ha, aportando 742 924 Tn/anual, la cual representa el 15.6% de la producción nacional (Alvarado, 2020).
b) **Huánuco:** En el departamento de Huánuco destacan las variedades Canchan, Huayro, Perricholi, Huamantanga, Yungay, Amarilla, Negra Andina y Única. Entre las localidades productoras se encuentra las provincias de Huánuco, Pachitae, Ambo y Huamalíes. La producción de Huánuco es capaz de abastecer al mercado de Lima y la parte selva como la zona de Iquitos, Tingo María y Pucallpa. El pico de producción se alcanza en los meses de marzo a mayo. El rendimiento de papa en Huánuco abarca las 668 370 Tn/anual, la cual representa el 14 % de la producción nacional (MINAGRI, 2017).
c) **La Libertad:** En el departamento de la Libertar producen y comercializan la variedad Canchan, Peruanita, Única, Perricholi, Yungay, Huayro Y Variedad Amarilla. El área promedio de siembra anual es de 24, 626 hectáreas logrando un rendimiento promedio de 20 toneladas/hectárea (Tn/ha) llegando a alcanzar los 496,524 toneladas/anual (Tn/anual), la cual lo convierte como el tercer productor aportando el 9.8% de la producción nacional. (Alvarado, 2020).
d) **Ayacucho:** En Ayacucho las principales variedades sembradas y comercializadas son la variedad Papa Amarilla, Huayro, Yungay, Huamantanga, Peruanita y Canchan. Entre las principales zonas de producción se encuentran; la localidad de cangallo, la Mar y Huamanga, la producción son enviadas a Lima, Ica y a zonas del VRAEM. Así mismo, un alto porcentaje son comercializada en la zona de huamanga (MINAGRI, 2017).
e) **Cusco:** En el departamento del Cusco se comercializa las variedades Amarilla, Canchán, Huayro y Peruanita. Las principales zonas de siembra se encuentran en Urubamba, Anta, Espinar, Quispicanchi y Paucartambo. La producción es destinada a Puno, Madre De Dios y Arequipa. La producción alcanza los 388 467 Tn/anual la cual represente el 8,1 % de la producción nacional (Alvarado, 2020).

2.2.1.6. Requerimientos edafoclimáticos.

a) Suelo: El cultivo de papa requiere suelos sueltos, con textura francos arcillosos y/o limosos, con una profundidad mayor de los 0.50 m, excelente porosidad y una estructura de suelo de tipo granular para facilitar el desarrollo óptimo de las raíces y estolones. El pH adecuado oscila entre los 4.8 a 7 (ligeramente acido – neutro) (Arcos et al., 2020).

Según Cahuana et al. (2020) menciona que para la instalación de campos semilleros de papa, previa a la siembra se debe instalar algún cultivo de leguminosas, deberán ser suelos descansados, con mínima presencia de plagas y enfermedades.

b) Temperatura: La temperatura influye directamente en el brotamiento, pérdida de peso de los tubérculos semillas. Para el brotamiento uniforme, el cultivo de papa requiere entre 15 a 22 °C mientras que para generar una excelente tuberización deberá estas condiciones deberán ser de 14 a 18 °C. Así mismo, la papa al ser una especie termoperiódica requiere variaciones hasta de 10 °C durante las noches. En temperaturas bajas el cultivo presenta problemas de crecimiento, tuberización y alargamiento del periodo vegetativo, en temperaturas altas presentará excelente vigor y escaso desarrollo de los tubérculos (Inostroza et al., 2017).

c) Precipitación Pluvial: Necesita entre los 600 a 800 mm de precipitación distribuidos en su periodo productivo, teniendo mayor demanda hídrica en el brotamiento y desarrollo de planta. Precipitaciones mayores a 800 mm pueden presentar problemas de enfermedades como la rancha (*Phytophthora infestans*) (Altamirano, 2016).

d) Luminosidad: Requiere de 8 a 12 horas luz para generar una excelente tuberización. El fotoperiodo adecuado ayuda a concretar con éxito el proceso de la fotosíntesis donde desencadena en la formación de glucosa, estas son transportadas hacia los tubérculos en formación y/o desarrollo (Cahuana et al., 2020).

e) Humedad relativa HR%: Requiere ente los 80% de humedad relativa para el desarrollo de planta y de 85 a 90% para el almacenamiento (Arcos et al., 2020).

2.2.1.7. Etapas fenológicas.

a) Dormancia o periodo de reposo: Comprende de la cosecha hasta al inicio de brotamiento, los tubérculos permanecen en dormancia 2 a 3 meses dependiendo las condiciones de almacenamiento (Acapa et al., 2012).

b) Brotamiento y emergencia: El brotamiento del tubérculo depende del estado fisiológico de la semilla, la variedad empleada y las condiciones de almacenamiento. Cuando los brotes

alcanzan de 0.5 a 1 centímetros de longitud se realiza la siembra en campo definitivo. Los tubérculos dependiendo las condiciones de temperatura y humedad de suelo emergen a los 10 a 15 días después de siembra (DDS), es cuando brotes rompen las capas superficiales de suelo y están expuestas al ambiente (Román y Hurtado, 2002).

c) **Desarrollo de tallo:** El desarrollo de tallo **c**omprende de los 10 a los 35 DDS, iniciando después de la emergencia hasta después de la tuberización. El desarrollo de tallo involucra la formación de hojas y brotes laterales (Alvarado, 2020).
d) **Tuberización y Floración:** Los estolones inician la acumulación de nutrientes y carbohidratos a partir de los 35 a 45 DDS, logrando la tuberización. Al concretar el desarrollo de tallo, los primeros botones florares inician su desarrollo, de acuerdo a la variedad la floración se presenta a partir de los 45 a 65 DDS (Acapa et al., 2012).
e) **Desarrollo de los tubérculos**: Después de la tuberización y floración los fotosintatos producidos en las hojas son transportados a los órganos de reserva. La traslocación de nutrientes ocurre de manera más acelerada cuando las hojas y tallos inician un amarillamiento mostrando síntomas de senescencia (Sifuentes, 2020).
f) C**osecha:** Al concretar el desarrollo de tubérculo la planta se torna de color amarillento y se encuentra postrada a nivel de la superficie del suelo, con poca y/o nula capacidad fotosintética. De acuerdo a la variedad la cosecha se realiza a partir de los 120 a 150 DDS (Román y Hurtado, 2002).

2.2.2. Papas Biofortificadas

La biofortificación de la papa es una práctica que se brindó gracias al mejoramiento genético con ayuda de plantas convencionales que aportan altas concentraciones de nutrientes como el Hierro, Zinc, carotenoides y/o características de resistencia hacia ataque de plagas y enfermedades. La biofortificación de los alimentos es una solución prometedora al problema de la desnutrición ocasionado por la deficiencia de micronutrientes esenciales. La biofortificación es destinada hacia los alimentos con mayor consumo, en el Perú la papa es la fuente básica de alimento en las familias de las zonas rurales y altoandinas. El consumo promedio de papa en niños y mujeres es de 750 gr/día. La biofortificación de la papa tiene como objetivo disminuir la deficiencia de hierro de los niños y mujeres. El consumo de papas biofortificadas con hierro oscila entre los 0.8 mg por 100 mg de consumo, aportando en un 20% de la demanda diaria en niños y hasta un 50% en madres gestantes (Burgos, 2017;Jongstra et al., 2020).

El centro internacional de la papa inició la biofortificación de la papa en el año 2004, donde se escogieron los genotipos que presentaron mayor contenido de nutrientes, seguidamente se cruzaron con otros genotipos que presentaron las mismas características, generando tubérculos con altos contenidos de hierro y zinc. De esta forma, hacer frente a la anemia que azota a los niños, madres gestantes y personas de la tercera edad (Burgos, 2017).

2.2.3.1. Técnicas de biofortificación de la papa

Las técnicas de la biofortificación se basa en adicionar características deseables al cultivo empleando técnicas convencionales, agronómicas o tecnológicas (Centro Internacional de Papa, 2017).

a) **Técnicas convencionales:** El mejoramiento del cultivar de realiza con el cruzamiento con variedades que presenten características deseables por el mejorador. Generando cultivos con mayor resistencia a plagas y enfermedades, tolerantes a la sequía, altos contenido de hierro y zinc en los órganos consumibles, altos rendimientos, mejoramiento del sabor, entre otros criterios de mejoramiento de acuerdo a la necesidad del mejorador (Gutierrez, 2018).
b) **La biofortificación agronómica:** Esta técnica tiene como base el manejo agronómico. Los cultivos tratados son sometidos a las aplicaciones foliares y a la aplicación de fertilizantes a base de hierro y zinc, con el objetivo de asimilar y almacenar los nutrientes en los órganos comestibles de la planta. Sin embargo, la biofortificación agronómica está limitada por factores como el pH del suelo, tipo de suelo, momento de aplicación, asimilación de nutrientes, entre otros (Centro Internacional de Papa, 2017).
c) **La biofortificación Biotecnológica:** Esta técnica consiste en la modificación genética de los cultivos que carecen de nutrientes de interés con variedades que presenten los nutrientes y/o características deseables, garantizando una variedad mejorada con altos contenidos de nutrientes y resistentes a plagas y enfermedades claves en el cultivo (Gutierrez, 2018).

2.2.3.2. Cultivos biofortificadas

Según Burgos y Salas, (2021) comentaron que la biofortificación se desarrolla en cultivos de importancia alimenticia y económica a nivel mundial. Hasta la actualidad se han reportado la biofortificación con vitaminas y minerales en los cultivos de frijol, maíz, mijo, trigo, mijo, yuca, arroz y camote.

2.2.3. Periodo de dormancia

Según Rodríguez y Moreno (2010) manifestaron que la dormancia es cuando los tubérculos no presentan brotes visibles, la dormancia tiene su inicio en la tuberización y termina en el inicio de brotamiento. La hormona el Ácido Abscísico (ABA) es la encargada de mantener en dormancia a los tubérculos, el ABA tiene inicio en la formación del tubérculo donde los niveles son elevados, después de la cosecha desciende los niveles de ABA apresurando el brotamiento de los tubérculos.

El periodo de dormancia depende de las variedades y de las condiciones ambientales, la madurez fisiológica de los tubérculos, daños mecánicos, entre otros. La pérdida de dormancia prematura disminuye aceptabilidad de los consumidores generando grandes pérdidas económicas para los productores y agroindustrias (Kwambai et al., 2023).

2.3.4.1. Factores asociados en la dormancia

Los factores involucrados en la dormancia del tubérculo son:

a) **Genotipo:** La dormancia varía de acuerdo a la variedad, se pueden presentar en las primeras semanas o puede tardar meses, el periodo vegetativo de los genotipos no están relacionados con la pérdida de dormancia de los tubérculos (Alonso, 2015).
b) **Ambiente en la zona de producción**: Son las condiciones de humedad, temperatura y suelo donde se produce los tubérculos semillas, estos factores se influyen en la calidad post cosecha del tubérculo como el periodo de dormancia (García y Santander, 2011).
c) **Ambiente de almacenamiento:** En ambientes de 3 a 5°C de temperatura, los tubérculos disminuyen la respiración prolongan el brotamiento y la pérdida de peso. En 85 a 90 % de humedad relativa, ayudan a disminuir el ablandamiento y deshidratación de los tubérculos. La luz difusa promueve el verdeamiento y retarda el brotamiento ocasionando brotes vigorosos (Montesdeoca, 2005).
d) **Daños mecánicos:** Los daños mecánicos ocasionados en la cosecha, adelantan el brotamiento, generando deshidratación de los tubérculos (Montesdeoca, 2005).
e) **Madurez fisiológica del tubérculo:** Los tubérculos inmaduros presentan mayor periodo de dormancia a comparación de los tubérculos maduros. Sin embargo, pueden presentar un brotamiento acelerado de acuerdo a las condiciones de almacenamiento (Rodríguez, 2010).
f) **Tamaño de tubérculo:** Los tubérculos pequeños presentan menor pérdida de peso a comparación de los tubérculos grandes. Los tubérculos pequeños presentan mayor periodo de dormancia (Alonso, 2015).

2.2.4. Brotamiento

Crisci (1992) menciona que el brotamiento en el tubérculo inicia después de la pérdida de la dormancia, el Ácido Giberélico (AG3) incrementa su concentración favoreciendo el desarrollo del brote, disminuyendo el contenido de agua en el tubérculo, ocasionando pérdida de peso y calidad. Por otro lado, Velastegui et al., (2018) mencionan que los tubérculos contienen bajas concentraciones de compuestos como los alcaloides y algunos flavonoides que ayudan a inhibir el brotamiento del tubérculo.

2.2.5.1. Brote

El brote es la yema desarrollada, morfológicamente el brote contiene las estructuras de la planta como: hojas, tallo, flores, primordios radiculares, brotes laterales, en algunas variedades presentan estolones, en la emergencia de los brotes se abren las primeras hojas basales, estas son fotosintéticamente activas (Ramos, 2014).

2.2.5.2. Patrones de brotamiento

Los patrones de brotamiento son las siguientes:

a) **Dominancia Apical (DA):** Son los genotipos que presentan un solo brote apical o menos de 2 brotes en promedio por tubérculo, poseen un excelente desarrollo vegetativo con poca población de plantas por hectárea ocasionando bajos rendimientos (Haan et al., (2017).
b) **Dominancia Parcial (DP):** Son los genotipos que presentan menos de 3 brotes por tubérculo. La dominancia parcial presenta un adecuado desarrollo y población de plantas considerable (Alonso, 2015).
c) **Dominancia Múltiple (DM):** Los tubérculos presentan mayores a 3 brotes, los genotipos con dominancia múltiple poseen mayor número de plantas y presentan mejores rendimientos. Sin embargo, presentan baja calidad de las mismas (Alonso, 2015; Haan et al., 2017).

2.2.5. Verdeamiento

Los tubérculos no poseen la capacidad de realizar fotosíntesis debido a que carecen de cloroplastos. Sin embargo, poseen amiloplastos que al estar expuestas a la luz se transforma en cloroplastos. A comparación de las hojas, la clorofila en los tubérculos es más estable, debido al incremente de glicoalcaloides, conocido como solanina. La solanina en los tubérculos no se degrada y es tóxico para el consumo, la ingesta de tubérculos con presencias de solanina ocasiona problemas gastrointestinales (Tanios et al., 2018).

2.2.6.1 Factores de verdeamiento

a) **Manejo del cultivo:** Las siembras que culminen en meses calurosos, presentaran un verdeamiento de tubérculo prematura por el exceso de luminosidad. El verdeamiento también se presenta por fisuras y/o golpes consecuentes de daños mecánicos. Por otro lado, la profundidad de siembra y el buen aporque de las plantas evita el verdeamiento (Montesdeoca et al., 2015)
b) **Factores ambientales en almacenamiento:** El verdeamiento en el post cosecha esta influenciada directamente a la temperatura. En condiciones de refrigeración de 4,4 °C no presentan verdeamiento hasta los 3 meses de almacenamiento mientras que los tubérculos almacenados en temperatura ambiente de 21°C los tubérculos muestran un verdeamiento al mes de almacenamiento (Arcos et al., 2020).
c) **Genotipo:** La susceptibilidad del verdeamiento de los tubérculos esta influenciados por la variedad. Las variedades diploides son más propensas al verdeamiento externo, interno y la profundidad de verdeamiento (Acapa et al., 2012).

2.2.6. Interacción Genotipo x Ambiente

La interacción genotipo x ambiente (IGA) permite conocer las características fenotípicas del cultivo (altura de planta, numero de brotes, grosor de tallo, tipo de floración, rendimiento, entre otros) en diferentes condiciones ambientales. Por otro lado, la IGA contribuye a la selección de nuevas variedades de que presenten un comportamiento agronómico general de las variedades que poseen adaptación especifica. Se interpreta que algunos cambios en el rendimiento y calidad post cosecha en diferentes condiciones ambientales. Los resultados de la IGA es la base para realizar investigación de mejoramiento genético al cultivo que presentan adaptación especifica (Tirado et al., 2018).

2.3. Marco Conceptual

a. **Papa:** Es el nombre común del (*Solanum tuberosum*), es cual es una planta herbácea que pertenece a la familia se las solanáceas, es originaria de los andes del Perú (Otiniano, 2017).
b. **Fenología:** Es la ciencia que analiza y estudia la relación entre las fases del cultivo desde su germinación/ brotamiento hasta la etapa de cosecha (Sifuentes, 2020).

c. **Genotipo:** Son un conjunto de características e información genética que han sido transmitidas por los antecedentes y este mantiene un cambio constante (Tirado et al., 2018).
d. **Ambiente:** Es un conjunto de atributos como la temperatura, humedad, precipitación que influye directamente a un área determinada (Tirado et al., 2018).
e. **Interacción:** Es la relación reciproca de dos mecanismos que intervienen directa y activamente en un determinado hecho o acción (Kwambai et al., 2023).
f. **Verdeamiento:** Es el cambio visible de color de los tubérculos que ocurre gracias a la transformación de los amiloplastos a cloroplastos que son activo fotosintéticamente al tubérculo (Alonso, 2015).
g. **Brotamiento:** Es la acción de brotar, dando origen a una nueva planta de la misma especie, para que el brotamiento ocurra las concentraciones de Ácido Abscísico deben descender y el Ácido Giberélico incrementarse (Huamán, 1992).
h. **Dormancia:** Es una etapa fisiológica en donde el órgano minimiza su metabolismo al mínimo conservando sus características en niveles óptimos (Lines, 2015).
i. **Biofortificación:** Implica la aplicación de Hierro y Zinc con el objetivo de incrementar las concentraciones en los órganos cosechados de tal forma sea un producto altamente nutritivo (Burgos, 2017).
j. **Dormancia:** Es una etapa fisiológica en donde el órgano minimiza su metabolismo al mínimo conservando sus características en niveles óptimos (Alonso, 2015).
k. **Almacenamiento:** Es la acción de almacenar o colocar en buen recaudo el tubérculo brindado condiciones apropiadas donde los órganos permanezcan por mayor tiempo en buen estado (Crisci, 1984).

Capítulo III

Materiales y Métodos

3.1. Definición de Variables

3.1.1. Variable Independiente

a) Ambientes

Se trabajó en tres localidades de la región Lima:

- ✓ Localidad de Viñac
- ✓ Localidad de Gorgor
- ✓ Localidad de Checras

b) Genotipos

Se empleó 12 clones de papas biofortificadas con hierro (He) y zinc (Zn) y 2 variedades comerciales provenientes del CIP (centro internacional de la papa).

3.1.2. Variable Dependiente

Los parámetros de evaluación fueron:

- ✓ Pérdida de peso (% PP),
- ✓ Periodo de dormancia (PD)
- ✓ Brotamiento (B)
- ✓ Verdeamiento (V).

3.2. Operacionalización de las variables

En la tabla 1 se detalla la operacionalización de las variables independiente y dependientes con sus respectivos indicadores e índices.

Tabla 1

Operacionalización de variables de la investigación

VARIABLE	INDICADOR	ÍNDICE
Variable Independiente (X) Interacción Genotipo x Ambiente	X:(A) Localidades	1. Viñac 2. Checras 3. Gorgor
	X:(B) 12 Clones de papas Biofortificadas y dos variedades comerciales	1. Biot-767.014 2. Biot-633.294 3. Biot-721.245 4. Biot-725.047 5. Biot-721.074 6. Biot-725.024 7. Biot-637.001 8. Biot-735.105 9. Biot-721.286 10. Biot-725.050 11. Biot-507.311 12. Biot-871.043 13. Serranita 14. Yungay
Variable Dependiente (Y) Parámetros de post cosecha	a) Pérdida de peso (% PP) b) Dormancia (PD) c) Brotamiento (B) d) Verdeamiento (V)	a) % de pérdida de peso b) Dia de brotamiento c.1) N° de brotes por tubérculo c.2) Tipo de brotamiento d) Grado de verdeamiento

Nota. Elaboración propia (2021).

3.3. Tipo y Diseño de investigación

3.3.1. Tipo de investigación

De acuerdo con Lozada, (2014) el tipo de investigación es aplicada, por lo que se determinó el efecto de la interacción del genotipo en el ambiente sobre las variables dependientes (variables post cosecha en 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales), donde se obtuvo los resultados que aportaran conocimiento hacia los productores y consumidores de papa a nivel global.

De acuerdo a la dimensión temporal se desarrolló un estudio transversal y longitudinal; transversal, debido a que se evaluó la perdida de dormancia y verdeamiento. Longitudinal para las variables de pérdida de peso y brotamiento porque se evaluó en tres momentos diferentes en el almacenamiento de las papas biofortificadas con hierro y zinc en las la zona de Checras, Gorgor y Viñac.

De acuerdo al objetivo, la investigación es de tipo experimental, porque se manipularon las variables independientes genotipo por ambiente para evaluar su efecto en la variable dependiente las cuales fueron el comportamiento postcosecha (Pérdida de peso, verdeamiento, Dormancia y Brotamiento) de los clones de papas biofortificadas con hierro y zinc.

De acuerdo a las variables son de tipo cuantitativo, debido a que en la investigación se evaluó: el porcentaje de pérdida de peso, numero de brotes por tubérculo, día de pérdida de dormancia y grado de verdeamiento de los clones de papas biofortificadas con hierro y zinc en tres localidades de la región Lima.

Según el nivel de investigación es de tipo explicativa. Por lo que se explica el comportamiento de los clones de papas biofortificadas con hierro y zinc en las características post cosecha como el porcentaje de pérdida de peso, número de brotes, perdida de dormancia y verdeamiento en las localidades de almacenamiento las cuales fueron la zona de Checras, Gorgor y Viñac.

3.3.2. Diseño de investigación

Para las variables de post cosecha se condujo bajo un diseño de bloque completo al azar (DBCA) con tres repeticiones con un arreglo factorial de 14A x 3B x 3C para las variables de pérdida de peso y número de brotes y un arreglo factorial de 14A x 3B para la variable pérdida de dormancia y verdeamiento.

a) Factor A: El estudio se desarrolló en localidades de Viñac, Gorgor y Checras.

b) Factor B: Se trabajo con 12 clones biofortificadas; Biot-507.311; Biot-633.294; Biot-637.001; Biot-721.074; Biot-721.245; Biot-721.286; Biot-725.024; Biot-725.047; Biot-725.050; Biot-735.105; Biot-767.014 y Biot-871.043 y dos variedades comerciales (Serranita y Yungay) (Tabla 2).

c) Factor C: Tiempo de almacenamiento; pérdida de peso (30, 90 y 150 dda) y brotamiento (60, 90 y 120 dda).

Modelo aditivo lineal (DBCA) para pérdida de peso y brotamiento fue:

$$\mathbf{Yijk = \mu + \alpha i + \beta j + (\alpha\beta)\, ij + \gamma k\, (j) + \epsilon ijk}$$

Dónde:

- ✓ **Yijk =** Respuesta observada con el tiempo por genotipo, el entorno i y el bloque j anidado en k el entorno j.
- ✓ **μ =** Respuesta media sobre todos los genotipos, ambientes y bloques.
- ✓ **αi =** Efecto para el genotipo i.
- ✓ **βj =** Es el efecto para el medio ambiente j.
- ✓ **(αβ)ij** = Efecto de interacción entre el genotipo i y el medio ambiente j.
- ✓ **Yk(j) =** Efecto del bloque k anidado en el entorno j.
- ✓ **ϵijk =** Término de error.

Modelo aditivo lineal (DBCA) para verdeamiento y perdida de dormancia:

$$\mathbf{Yijk = \mu + \alpha i + \beta j + (\alpha\beta)ij + \epsilon ijk}$$

Dónde:

- ✓ **Yijk** = Respuesta observada con nivel de factor *i* A, nivel de factor *j* B y replicación *k*.
- ✓ **μ** = Respuesta media en todos los niveles del factor A, el factor B y las replicaciones.
- ✓ **αi =** Efecto para el nivel i del factor A.
- ✓ **βj =** Efecto para el nivel j del factor B.

- ✓ **(αβ)ij =** Efecto de interacción entre el nivel del factor i A y el nivel del j factor B.
- ✓ **єijk =** Término de error.

Tabla 2

Codificación de los 12 clones de papas biofortificadas con hierro y zinc y dos variedades comerciales empleadas en la investigación

Tratamientos					
T	**N° de accesión**	**Código de mejorador**	**T**	**N° de accesión**	**Código de mejorador**
1	CIP312767.014	Biot-767.014	**8**	CIP312735.105	Biot-735.105
2	CIP312633.294	Biot-633.294	**9**	CIP312721.286	Biot-721.286
3	CIP312721.245	Biot-721.245	**10**	CIP312725.050	Biot-725.050
4	CIP312725.047	Biot-725.047	**11**	CIP312507.311	Biot-507.311
5	CIP312721.074	Biot-721.074	**12**	CIP312871.043	Biot-871.043
6	CIP312725.024	Biot-725.024	**13**	**CIP391691.96**	**Serranita**
7	CIP312637.001	Biot-637.001	**14**	**CIP720064**	**Yungay**

Nota. En la presente tabla se muestra la codificación de los 12 clones biofortificadas con Hierro y Zinc y dos variedades comerciales (Serranita y Yungay). CIP:(Centro Internacional de la Papa - entidad que desarrollo el genotipo): Biot (Biofortificada). Elaboración propia (2022).

3.3.2.1. Distribución de los tratamientos

a) Área experimental: El área experimental en el campo de producción fue de 1,123.2 m^2 por cada localidad de estudio (Tabla 3).

Tabla 3

Características del área experimental empleada en la investigación, replicadas en las localidades de Gorgor, Viñac y Checras

N° Tratamiento	14	Clones biofortificadas y variedades
Repetición	3	Unidad
N° plantas x repetición	60	Unidad
N° plantas x surco	15	Unidad
N° surcos x parcela	4	Unidad
Distancia entre plantas	0.3	m
Distancia entre surcos	0.9	m
Calle	1	m
Largo neta de parcela	4.2	m
Largo total parcela	5.2	m
Ancho neto de parcela	3.78	m
Ancho total de parcela	4.68	m
Área neta de parcela	15.12	m^2
Área total parcela	18.72	m^2
Área neta total	907.2	m^2
Área total	1123.2	m^2

Nota. En la tabla se muestra la distribución del área experimental en cada localidad de estudio. Elaboración propia (2022).

b) Aleatorización de los tratamientos en campo: La aleatorización al azar de los tratamientos para la instalación en campo de producción siguiendo la estructura del diseño de parcelas divididas (DPD) en las localidades de Viñac, Gorgor y Checras (Anexo 21).

c) Aleatorización de los tratamientos en el almacén: La aleatorización al azar de los tratamientos en el almacenamiento se realizó de acuerdo al diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial en las localidades de Viñac, Gorgor y Checras (Anexo 22).

3.4. Ubicación del estudio

La presente investigación se llevó a cabo en 3 localidades de la Región de Lima.

3.4.1. Viñac

a) Ubicación política de Viñac

Departamento : Lima

Provincia : Yauyos

Distrito : Viñac

Localidad : Grau

b) Ubicación Geográfica de Viñac

Latitud Sur : 12° 53′ 39″ S

Longitud Oeste : 75° 47′ 37″ W

Altitud : 3452 m.s.n.m

3.4.2. Gorgor

a) Ubicación política de Gorgor

Departamento : Lima

Provincia : Cajatambo

Distrito : Gorgor

Localidad : Nunumia

b) Ubicación geográfica de Gorgor

Latitud Sur : 10° 36′ 08″ S

Longitud Oeste : 76° 58′ 10″ W

Altitud :3595 m.s.n.m.

3.4.3. Checras

a) Ubicación política de Checras

Departamento : Lima

Provincia : Huara

Distrito : Checras

Localidad : Canin

b) Ubicación geográfica de Checras

Latitud Sur : 10° 57 ′09″ S

Longitud Oeste : 76° 49′ 15″ W

Altitud : 3660 m.s.n.m.

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población de estudio

Rendimiento y numero de tubérculos total de 7560 plantas compuestas por 12 clones de papa biofortificada con hierro (He) y zinc (Zn**)** y dos variedades comerciales sembradas en un área experimental de 3, 369.60 m^2. En la campaña agrícola (2021-2022) distribuidas en tres localidades de estudio (Viñac, Gorgor y Checras) de la Región de Lima.

3.5.2. Muestra

Se utilizo un muestreo de tipo no probabilístico, donde se evaluó 10 tubérculos por repetición de los 12 clones de papas biofortificadas con hierro (He) y zinc (Zn) y dos variedades comerciales en las tres localidades de estudio.

3.6. Procedimiento de la investigación para el rendimiento

3.6.1. Adquisición de semilla

El tubérculo semilla de los 12 clones de papas biofortificadas con hierro (He) y zinc (Zn) fueron adquiridas del Centro Internacional de la Papa (CIP), provenientes de la campaña agrícola 2020-2021 de la estación Santa Ana – Huancayo (Figura 1).

Figura 1

Adquisición de semilla de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales, obtenidas de la campaña agrícola 2020-2021 de la estación Santa Ana – Huancayo.



Nota. La semilla de papa biofortificada fueron separadas y ordenadas según la localidad de siembra. Elaboración propia (2022).

3.6.2. Selección de campo

Los campos experimentales fueron seleccionados por la Universidad Nacional De Cañete (UNDC), Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (UNJFSC) y Universidad Nacional de Barranca (UNAB) bajo el convenio realizado con el CIP, donde se trabajó en las localidades estratégicas como Viñac (comunidad de Grau), Gorgor (comunidad de Nunumia) y Checras (comunidad de Canin).

3.6.3. Preparación de terreno

La preparación de terreno consistió en la remoción de las capas inferiores suelo brindando una mejor aireación para el desarrollo óptimo de las raíces. En las localidades de Gorgor y Checras los suelos fueron labrados de manera manual con la ayuda de herramientas como lampas, picos y picotas. En la localidad de Viñac se empleó maquinaria pesada, debido a que era la primera vez que se instalaba un cultivo agrícola en el área. La maquinaria pesada niveló y removió masas de suelo para que se pueda instalar los tratamientos.

Al momento de la preparación del terreno se aprovechó para realizar una limpieza general de los rastrojos de cosecha de la campaña anterior.

3.6.4. Surcado del terreno

Con la ayuda de un cordel, una wincha y cal agrícola, se realizó el marcado del área experimental considerando los detalles descritos en la (Figura 2) las mismas que se distribuyeron en surcos de 0.90 m. Los surcos estaban ubicados contra la pendiente. En las localidades de Gorgor y Checras el surcado se realizó al mismo tiempo de la preparación de terreno, mientras que en la localidad de Viñac el surcado se realizó con un arado de tracción animal.

3.6.5. Abonamiento, siembra y fertilización

El abonamiento se realizó antes de la siembra, se utilizó 20 sacos de estiércol de ovino fresco (30 kg por saco) y fueron distribuidas en el área experimental de cada localidad.

Los tubérculos fueron sembrados de forma lineal con un distanciamiento de 0.30 m con la ayuda de una caña recta de 1.5 m, marcada al mismo distanciamiento de siembra.

La fertilización **s**e realizó en dos momentos: La primera al momento de la siembra, fue dirigida en la parte central entre tubérculo y tubérculo. Las fuentes fueron; nitrato de amonio, cloruro de potasio y fosfato diamonico. La segunda fertilización se desarrolló al momento del aporque donde solo se empleó nitrato de amonio (tabla 4). El procedimiento se detalla en la (Figura 3).

Figura 2

Selección y preparación de terreno para la siembra de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la localidad de Viñac



Nota. a) Preparación de terreno empleando maquinaria de la Municipalidad distrital de Viñac para la siembra de papa. b) Marcado del área experimental en la localidad de Viñac en la campaña agrícola 2021-2022. Elaboración propia (2022).

Tabla 4

Dosis de fertilización de NPK en la siembra y aporque de los 12 clones de papas biofortificadas en la localidad de Gorgor, Checras y Viñac en la campaña agrícola 2021-2022

Dosis de fertilización 180-180-160 (NPK)					
Sacos	**Fuente**	**Siembra**	**Aporque**	**Subtotal**	**3 localidad (Kg)**
2	Nitrato de amonio	5.38	24.74	30.12	90.36
3	Fosfato diamonico	35.50	-	35.50	106.50
2	Cloruro de potasio	24.19	-	24.19	72.58
	Mezcla en kg	65.07	24.74		
Siembra	Por parcela	1.08	kg	1084.49	g
	Por golpe	0.02	kg	16.95	g
Aporque	Por parcela	0.41	kg	412.36	g
	Por golpe	0.016	kg	6.44	g

Nota. En la tabla se detalla las fuentes de fertilizantes y las dosificaciones por parcela. Elaboración propia (2022).

Figura 3

Abonamiento, siembra y fertilización de los 12 clones de papas biofortificadas en las localidades de Viñac, Gorgor y Checras durante la campaña agrícola 2021-2022



Nota. En la figura destalla el proceso de las siguientes labores; (a) distribución de semilla para la siembra, (b) abonamiento del cultivo antes de la simbra, (c) aplicación del fertilizante y (d) siembra de papa biofortificada. Elaboración propia (2022).

3.6.6. Deshierbo

Se realizaron tres deshierbos durante el desarrollo del cultivo, para evitar la competencia por luz, agua y nutrientes. El primer deshierbo se realizó de manera oportuna a los 35 días después de la siembra (dds). El segundo deshierbo se le brindo aprovechando el aporque del cultivo, el último deshierbo se desarrolló en la etapa de floración, de esta manera se logró un adecuado control de las malezas.

3.6.7. Riegos

En las zonas de Gorgor y Checras no se brindó ningún riego por lo que el cultivo dependió directamente de las precipitaciones, en caso de la zona de Viñac, se le brindó tres riegos por gravedad, con intervalos de 15 días. Debido a que, no se presentaron precipitaciones y se contaba con temperaturas elevadas.

3.6.8. Manejo de plagas y enfermedades

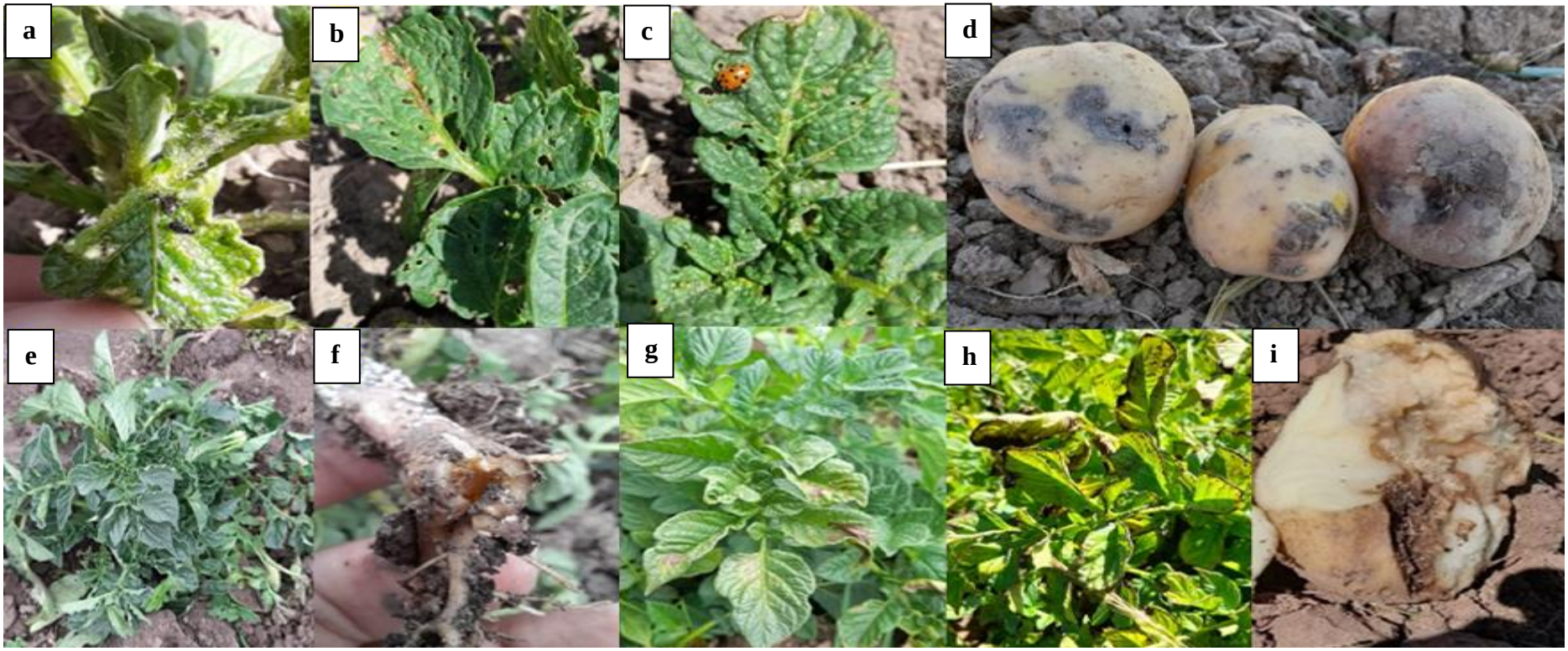
Las plagas principales en las zonas fueron: pulgón (*Aphis sp*), pulga saltarina (*Epitrix sp*), polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*) y gorgojo de los andes (*Premnotrypes spp*). Entre las enfermedades más importantes fueron; Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), Tizón temprano (*Alternaria solani),* pudrición blanda (*Pectobacterium carotovorum*) y Rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*) (Figura 4). Para el control de las plagas y enfermedades se tuvo como base principal el MIPE (manejo integrado de plagas y enfermedades) utilizando como último recurso el control químico, de esta forma, se realizaron evaluaciones de monitoreo cada 15 días con la finalidad de programar un control adecuado, de acuerdo a las poblaciones de plagas y porcentaje de daño de las enfermedades en el área de estudio.

3.6.9. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual a los 150 dds, se contabilizo el número de plantas cosechadas, seguidamente se procedió a la cosecha manual utilizando herramientas como picos, picotas, zapapicos y barretas pequeña (Figura 5). Los tubérculos fueron contabilizados y seleccionados por categoría, estos fueron; tubérculos comerciales, tubérculos no comercial y tubérculos descartes. Los tubérculos fueron pesados con una balanza electrónica digital con capacidad de 200 kg, para determinar el rendimiento por parcela. Por último, fueron transportados a los almacenes de cada localidad de estudio.

Figura 4

Principales plagas y enfermedades de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las zonas de Gorgor, Viñac y Checras en la campaña agrícola 2021-2022



Nota. En la Figura se muestra, a) Pulga saltarina (*Epitrix sp*), b) Polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*), c) Pulgón (*Aphis sp*), d) Gorgojo de los andes (*Premnotrypes sp*), e) síntomas de la Rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*) en área foliar, f) Rizoctoniasis (*Rhizoctonia solani*), g) Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), h) Tizón temprano (*Alternaria solani*) y i) pudrición blanda (*Pectobacterium carotovorum*). Elaboración propia (2022).

Figura 5

Cosecha de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las localidades de Gorgor, Viñac y Checras, en la campaña agrícola 2021-2022



Nota. en la figura se muestra el proceso realizado durante la cosecha de la papa biofortificada en las localidades de estudio. (a) cosecha manual de la papa, (b) selección de los tubérculos, (c) selección de papa en tubérculos y (d) pesado de la producción por parcela. Elaboración propia (2022).

3.7. Procedimiento de la investigación en post cosecha

3.7.1. Selección de los tubérculos para almacenamiento

Se seleccionó diez tubérculos sanos libres de daños de plagas y enfermedades de cada genotipo por cada parcela y repetición en cada localidad de estudio. Los tubérculos seleccionados tuvieron un peso promedio de 65 gramos. Las muestras fueron seleccionados y pesados inmediatamente después de la cosecha, para determinar el peso inicial. Dando inicio al almacenamiento.

3.7.2. Almacenamiento

Los tubérculos para post cosecha fueron almacenados en los mismos almacenes de las comunidades, para ello. Se realizo una limpieza y reparaciones de los techos y ventanas para evitar el ingreso de luz directo. Los almacenes contarón con un aproximado de 15 m^2, en el almacén de Gorgor y Checras los almacenes contaban con techo encofrado, piso de cemento para la localidad de Gorgor y madera para localidad de Checras. En el almacén de Viñac el techo era de calamina cubierto de paja y piso de madera (Figura 6). Los tubérculos fueron rotulados del uno al diez para evaluar a detalle los indicadores de evaluación. Seguidamente se colocaron en platos descartables para evitar el contacto directo con el suelo y generar proliferaciones de plagas y/o enfermedades. Se instalo un hobo que permitió la evaluación de la temperatura y humedad durante el periodo de almacenamiento en de cada localidad.

Figura 6

Acondicionamiento del almacén en la post cosecha de los 12 clones de papa biofortificadas y dos variedades comerciales.



Nota. En la figura se muestra las características del almacén en la zona de Viñac, las muestras están distribuidos y rotulados, mientras que el Hobo registra los datos de temperatura y humedad.

3.8. Parámetros de evaluación

3.8.1. Pérdida de peso (% PP)

Se evaluaron 10 tubérculos por cada clon en cada zona de estudio, donde se registraron los pesos a los 0, 30, 90 y 150 días de almacenamiento (dda). Para determinar el porcentaje de pedida de peso con respecto al peso inicial (día 0). Se utilizó una balanza gramera digital para registrar los pesos en gramos (g) (Figura 7).

Figura 7

Evaluación de la pérdida de peso de los clones de papa biofortificadas en la región Lima



Nota. En la figura se muestra el registro de pesos de los clones de papa biofortificada los pesos fueron registrados por grupos de 10 unidades de papa, este procedente de clones biofortificados y de variedades comerciales.

3.8.2. Brotamiento (B)

Se evaluaron diez tubérculos por cada clon donde se cuantificó los brotes a los 60, 90 y 120 dda. Seguidamente se determinaron los siguientes indicadores: número de brotes por tubérculo (NBT) y el tipo de brotamiento de los clones de acuerdo a la metodología de evaluación de brotamiento realizado Carli et al, (2016) (Figura 8). Se consideró como brotamiento apical a los tubérculos con uno a dos brotes, brotamiento parcial de dos a tres brotes por tubérculos y brotamiento múltiple con tres a más brotes por tubérculo.

Figura 8

Escala de evaluación para el tipo de brotamiento de los tubérculos de papa.



Nota. En la figura se muestra el tipo de brotamiento de los clones de acuerdo a la metodología de evaluación de brotamiento realizado Carli et al, (2016).

3.8.3. Dormancia (D)

Se evaluaron diez tubérculos por cada clon a los 60 y 90 dda. Las evaluaciones se realizaron según la escala de periodo de dormancia para diferentes variedades de papas (Tabla 5) desarrollado por Huamán (2008), donde se contabilizo el número de tubérculos que presentaron brotes mayores a tres milímetros de longitud. Se siguió el mismo procedimiento en las localidades de estudio de Gorgor, Checras y Viñac.

Tabla 5

La escala de periodo de dormancia para diferentes variedades de papas

Grado	Descripción	Periodo de días
0	Ausente	(tubérculos tienen brotes a la cosecha)
1	Muy corto	(brotamiento en > 15 días)
3	Corto	(brotamiento en 15 a 45 días)
5	Intermedio	(brotamiento cerca de los 90 días)
7	Largo	(brotamiento entre los 100 y 120 días)
9	Muy largo	(brotamiento en < 120 días)

Nota. Evaluación de perdida de dormancia según la metodología de Huamán (2008).

3.8.4. Verdeamiento (V)

La evaluación se realizó a los 150 (dda) empleando una escala de verdeamiento de superficie adaptado de la escala de Grunenfelder et al., (2006) (Tabla 6 y Figura 8). Para las cuales se consideraron diez tubérculos por cada clon.

Tabla 6

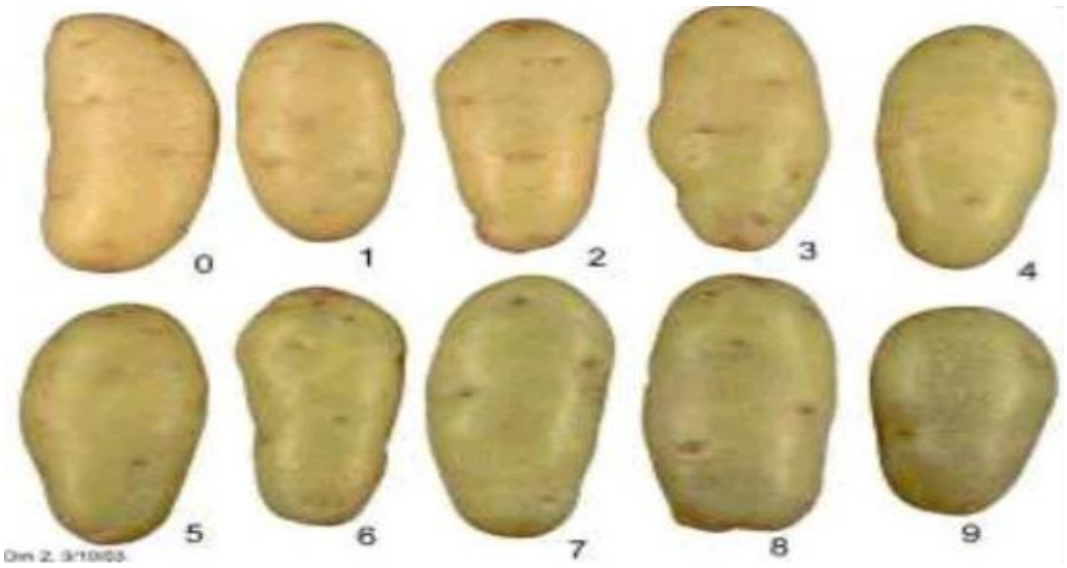
Escala de verdeamiento de los tubérculos de papa blanca y de color pigmentado

Verdeamiento	**Grados de verdeamiento** Grunenfelder	**Color**	**Contenido tota de clorofila ug/cm^2**
0	0	No hay verdeamiento	< 0.5
1	1, 2 y 3	Ligero verdeamiento	≥ 0.5-1.1
2	4, 5 y 6	Verdeamiento intermedio	≥ 1.1-2
3	7, 8 y 9	Verdeamiento total	≥ 2.00

Nota. Escala de verdeamiento adaptado de la escala de Grunenfelder et al., (2006).

Figura 9

Escala de grado de verdeamiento, según la pigmentación superficial de los tubérculos.



Nota. Escala de grado de verdeamiento según Grunenfelder et al., (2006).

3.8. Datos meteorológicos durante la investigación

Para la evaluación de los datos meteorológicas, se instaló en los campos experimentales y en el almacén unos hobos empleados por el CIP las cuales registraron datos de temperatura del ambiente (T /Cº) y humedad relativa (HR %) y precipitación pluvial (mm) (Tabla 7 y 8). El hobo registro los datos cada 15 minutos, obteniendo 4 datos por hora y 96 datos durante el día y la noche, con un total de 2,880 datos durante el tiempo de producción y almacenamiento.

3.8.1. Datos meteorológicos en la etapa de producción

En la tabla 7 se detalla que en la zona de Viñac presentó una temperatura (T) promedio (Prom.) de 13 °C y humedad relativa (HR) Prom. de 78 %. En la zona de Checras presento una T Prom. de 12.5 °C y HR Prom. de 79 %. Por último, en la zona de Gorgor se presentó una T Prom. de 7.3 °C y HR Prom. de 83 %. En la zona de Gorgor se presentaron problemas de heladas, debido a que registraron temperaturas mínimas de 0.58 °C.

Tabla 7

Datos meteorológicos en las localidades de Viñac, Checras y gorgor durante la campaña agrícola 2021-2022

Condiciones meteorológicas en la etapa de producción								
Zona	**Variable**	**Noviem.**	**Diciem.**	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**
Viñac	**T Max (°C)**	16.94	18.18	17.70	16.39	17.25	18.32	16.89
	T Min (°C)	10.30	8.72	8.42	7.59	7.52	8.07	8.84
	T Prom.	**12.99**	**13.26**	**12.62**	**12.22**	**11.82**	**13.14**	**13.17**
	HR Prom (%)	**79.51**	**78.42**	**78.58**	**79.31**	**79.52**	**78.30**	**78.28**
	pp (mm)	**5.50**	**22.80**	**63.77**	**79.77**	**89.30**	**8.40**	**0.20**
Checras	**T Max (°C)**	19.22	18.68	18.32	15.32	17.27	16.62	17.90
	T Min (°C)	3.99	3.09	3.43	3.85	3.14	3.27	3.49
	T Prom.	**8.72**	**9.43**	**9.60**	**9.93**	**10.63**	**10.87**	**10.70**
	HR Prom (%)	**78.05**	**76.84**	**81.10**	**80.97**	**80.06**	**78.93**	**80.10**
	pp (mm)	**97,93**	**12.34**	**151.41**	**153.26**	**134.31**	**74.02**	**30.13**
Gorgor	**T Max (°C)**	14.03	15.96	15.27	13.59	13.69	15.51	14.46
	T Min (°C)	2.07	0.58	1.32	0.83	0.77	1.21	1.21
	T Prom.	**6.90**	**7.63**	**6.99**	**7.15**	**7.27**	**7.65**	**7.92**
	HR Prom (%)	**84.87**	**81.47**	**88.72**	**87.28**	**86.14**	**81.45**	**75.99**
	pp (mm)	**11.30**	**14.10**	**15.70**	**18.90**	**18.40**	**8.60**	**3.20**

Nota. T Max (°C) = Temperatura Máxima, T Min (°C) = Temperatura Mínima, T Prom. = Temperatura Promedio, HR Prom (%) = Humedad Relativa Promedio, pp (mm) = Precipitación Pluvial, Noviem. = noviembre, Diciem = Diciembre. Elaboración propia (2022).

3.8.2. Datos meteorológicos en la etapa de post cosecha

En la tabla 8 se detalla en la zona de Viñac se presentó una T Prom. de 12.37 °C y HR de 37.22 %, Checras presento una T Prom. de 12.58 °C y HR 42.40 %, mientras que Gorgor la temperara fue de 9.45 °C y HR 54.25 %.

Tabla 8

Datos meteorológicos en el almacenamiento en las localidades de Gorgor, Viñac y Checras - región Lima.

Condiciones meteorológicas en la etapa de post cosecha							
Zona	**Variable**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Setiembre**	**Octubre**	**Noviem.**
VIÑAC	**T Max (°C)**	22.32	20.79	21.25	20.37	22.01	19.79
	T Min (°C)	6.83	6.54	7.07	7.27	7.67	6.64
	T Prom.	**12.77**	**11.69**	**12.15**	**12.55**	**12.57**	**12.50**
	HR Max (%)	62.32	73.83	45.90	49.65	61.17	55.66
	HR Min (%)	31.26	15.89	11.53	12.40	10.18	21.87
	HR Prom (%)	**42.43**	**41.07**	**31.56**	**32.90**	**37.10**	**38.25**
CHECRAS	**T Max (°C)**	19.50	16.13	16.53	18.69	16.70	17.28
	T Min (°C)	8.27	8.72	9.11	9.39	9.11	9.95
	T Prom.	**9.17**	**12.50**	**12.95**	**13.27**	**13.73**	**13.84**
	HR Max (%)	56.11	51.79	64.87	56.56	49.44	48.29
	HR Min (%)	19.32	21.67	16.52	17.11	14.71	17.56
	HR Prom (%)	**56.87**	**38.79**	**40.81**	**42.65**	**36.59**	**38.74**
GORGOR	**T Max (°C)**	10.49	10.30	10.64	11.15	10.83	10.69
	T Min (°C)	7.70	7.52	7.70	7.75	8.30	8.62
	T Prom.	**9.35**	**8.99**	**9.46**	**9.50**	**9.65**	**9.73**
	HR Max (%)	69.82	59.83	58.18	65.22	58.21	61.20
	HR Min (%)	51.46	38.54	39.94	35.98	46.18	52.39
	HR Prom (%)	**61.11**	**51.90**	**50.24**	**51.29**	**54.44**	**56.51**

Nota. T Max (°C) = Temperatura Máxima, T Min (°C) = Temperatura Mínima, T Prom. = Temperatura Promedio, HR Max (%) = Humedad Relativa máxima, HR Min (%) = Humedad Relativa mínima, HR Prom (%) = Humedad Relativa Promedio. Elaboración propia (2022).

3.9. Análisis estadístico

Para la variable verdeamiento y pérdida de dormancia se empleó un DBCA con un arreglo factorial de A (catorce genotipos) x B (tres localidades), para las variables de pérdida de peso y número de brotes se condujo bajo un DBCA en un arreglo factorial de A (catorce genotipos) x B (tres localidades) x C (tiempo de almacenamiento). El procesamiento estadístico se realizó con el software Estadístico R. Antes de ello, se realizó un análisis de normalidad y homogeneidad de datos. Las variables de post cosecha (pérdida de peso, brotamiento, verdeamiento y perdida de dormancia) no cumplieron con los supuestos de normalidad. Por ello, se utilizó un análisis de varianza no paramétrica de Kruskal-wallis. Seguidamente los datos fueron sometidos al análisis de varianza (Anva), para determinar la significancia se trabajó con un nivel con P valor de 0.05%, para la cual se aplicó la prueba de Tukey y Fisher LSD, para determinar las diferencias de medias entre los clones en las localidades de estudio.

Capítulo IV

Resultados y Discusión

4.1. Efecto de la interacción GxE en la pérdida de peso de los clones de papa biofortificadas y dos variedades comerciales en tres localidades de la Región Lima.

4.1.1. Porcentaje de Pérdida de peso (% PP)

Según el análisis de la varianza para él porcentaje de pérdida de peso en 12 clones y dos variedades de papa para los efectos del genotipo, zona de cultivo y su interacción. Se detectaron diferencias altamente significativas en el porcentaje de pérdida de peso para los efectos de los genotipos en los días de almacenamiento. En la (Tabla 9) indica que él porcentaje de pérdida de peso de los clones en las localidades de almacenamiento presentan diferencias significativas, es decir, los clones presentan un porcentaje de pérdida de peso diferente en las 3 localidades de almacenamiento.

Tabla 9

Análisis de la varianza para él porcentaje de pérdida de peso de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en tres localidades de la region Lima durante la campaña agricola 2021-2022

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P	
Localidad	2	469.3	234.65	33.7859	1.03E-13	***
Clon	13	1244.2	95.7	13.7799	< 2.2e-16	***
Dda	2	6272.7	3136.37	451.5891	< 2.2e-16	***
Repetición	2	53.1	26.57	3.8259	0.02309	*
Localidad: Clon	26	470.8	18.11	2.6074	7.01E-05	***
Localidad: Dda	4	444.1	111.04	15.9873	1.14E-11	***
Clon: Dda	26	642.9	24.73	3.5603	8.91E-08	***
Localidad: Clon: Dda	52	185.2	3.56	0.5127	0.99762	
Residuo	250	1736.3	6.95			
Signif.	**“***” 0.001**		**“**”0.01**	**“*” 0.05**	**“.” 0.1**	

El coeficiente de variación para este experimento es 32.22%.

Nota. Se detectaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0{,}000$) en el % de pérdida de peso para los efectos de los genotipos y las localidades.

Los almacenes se encontraron en luz difusa bajo una temperatura (T C°) y humedad relativa HR (%) natural, en la zona de Viñac en promedio tuvo una T 12.37 °C y 37.22 HR %, Checras su temperatura oscilo T 12.58 °C y 42.40 HR% mientras que Gorgor la temperara fue de T 9.45 °C y 54.25 HR%. Bajo estas condiciones se observó un incremento significativo en

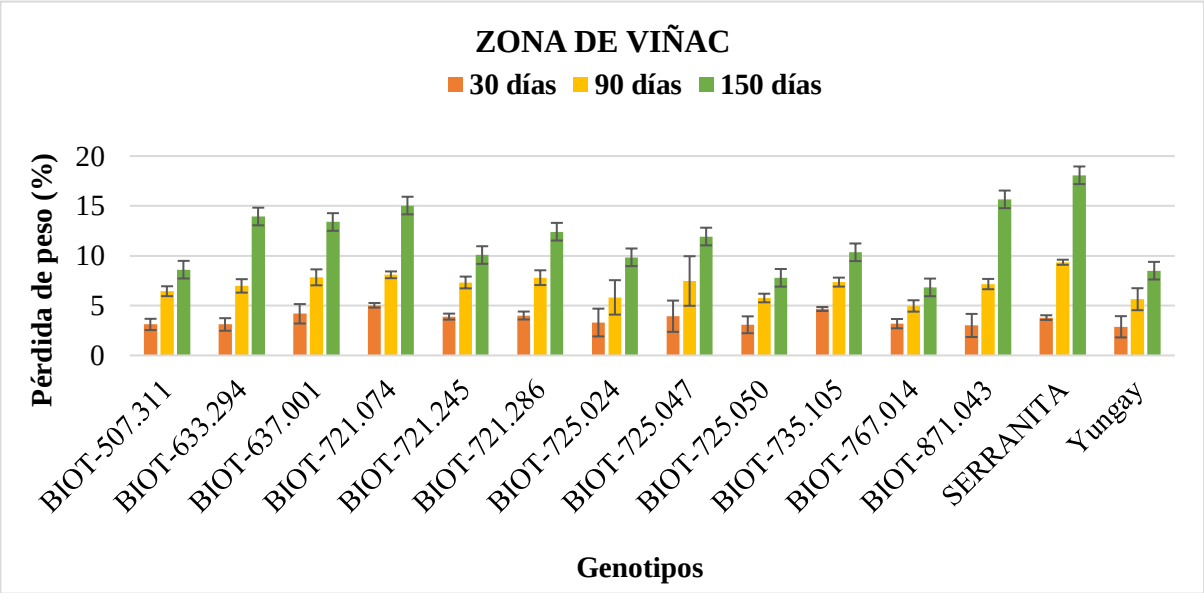
el % pérdida de peso a medida que transcurrió el tiempo; este incremento fue notoriamente mayor en muchos genotipos en el lapso de 90 -150 días, comparativamente con el lapso 30-90 días en las tres localidades estudiadas (figura 10,11 y 12).

Los clones que presentaron menor porcentaje de pérdida de peso hasta los 150 dda fueron: en la zona de Viñac el Biot-507.311, Biot-725.050 y Biot-767.014 perdieron en el 8.6%, 7.8% y 6.8% respectivamente. Mientras que en la zona de Gorgor los clones Biot-767.014, Biot-507.311 y Biot-725.050 perdieron el 8.7%, 8.4% y 8.4% respectivamente. Por último, en la zona de Checras los clones Biot-721.245, Biot-767.014 y Biot-725.050 perdieron solo el 11.0%, 8.9% y 7.8% respectivamente. De igual forma, Nyankanga et al, (2018) observaron que al almacenar la papa dentro de empaques, se produjo una reducción significativa en la pérdida de peso y favoreció la conservación de la calidad de los tubérculos.

En la zona de Checras los clones presentaron mayor porcentaje de pérdida de peso, seguido de la zona de Gorgor y por último la zona de Viñac. El mayor incremento en el porcentaje de pérdida de peso ocurrió a los 90 dda debido a que los clones iniciaron el desarrollo de los brotes, acelerando la respiración y la pérdida de contenido de agua en el tubérculo (Rodríguez y Moreno, 2010). Los productores y consumidores requieren genotipo que tengan el menor porcentaje de pérdida de peso durante su almacenamiento debido a que estos pueden influir en la proliferación de enfermedades y baja rentabilidad.

Figura 10

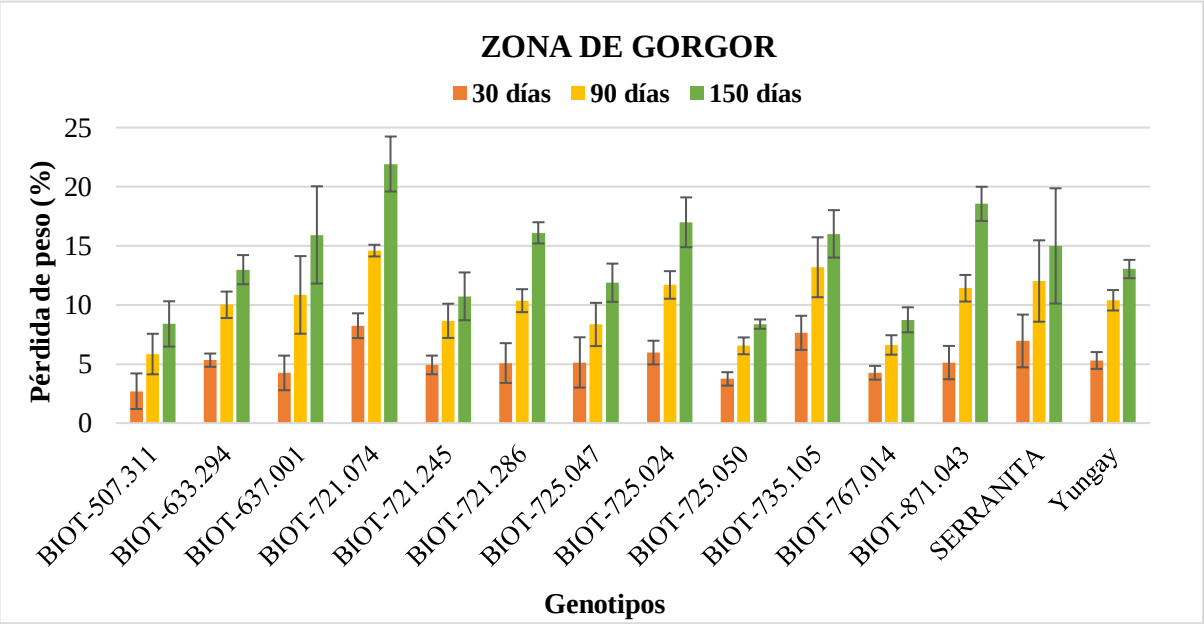
Porcentaje de pérdida de peso de los 12 clones biofortificadas y dos variedades de papa en la zona de Viñac de la region Lima durante la campaña agricola 2021-2022



Nota. Porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento en la zona de Viñac. Barras con diferente literal estadístico indican diferencias significativas – Tukey ($p \leq 0.05$).

Figura 11

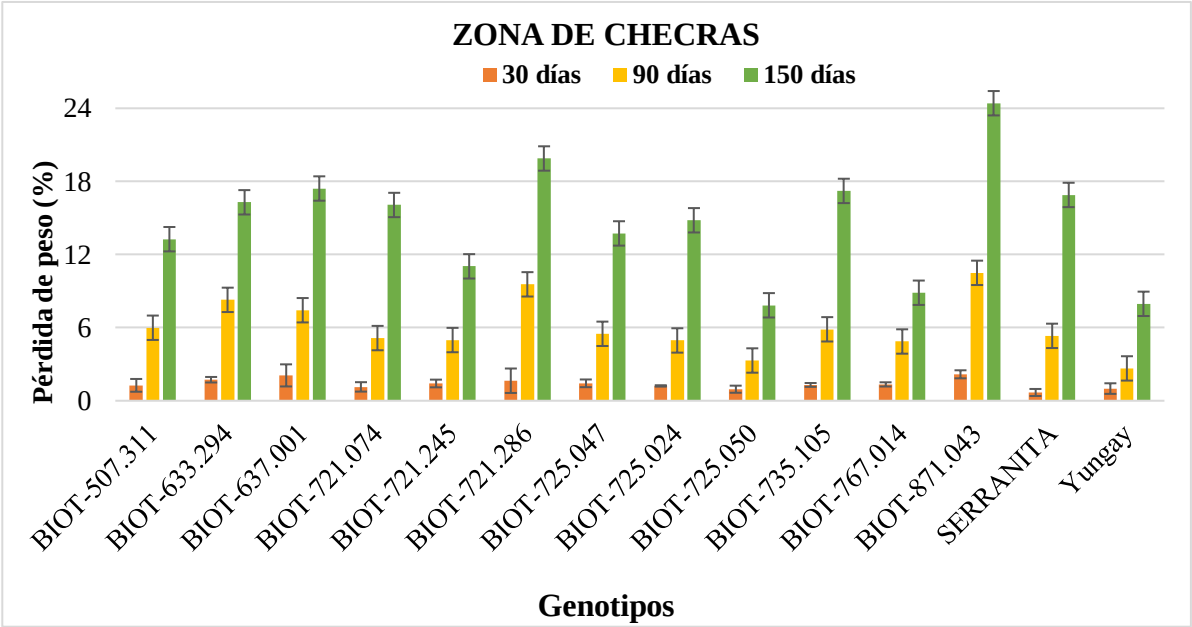
Porcentaje de pérdida de peso de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades de papa en la localidad de Gorgor de la region Lima durante la campaña agricola 2021-2022



Nota. Porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento en la zona Gorgor. Barras con diferente literal estadístico indican diferencias significativas – Tukey ($p \leq 0.05$).

Figura 12

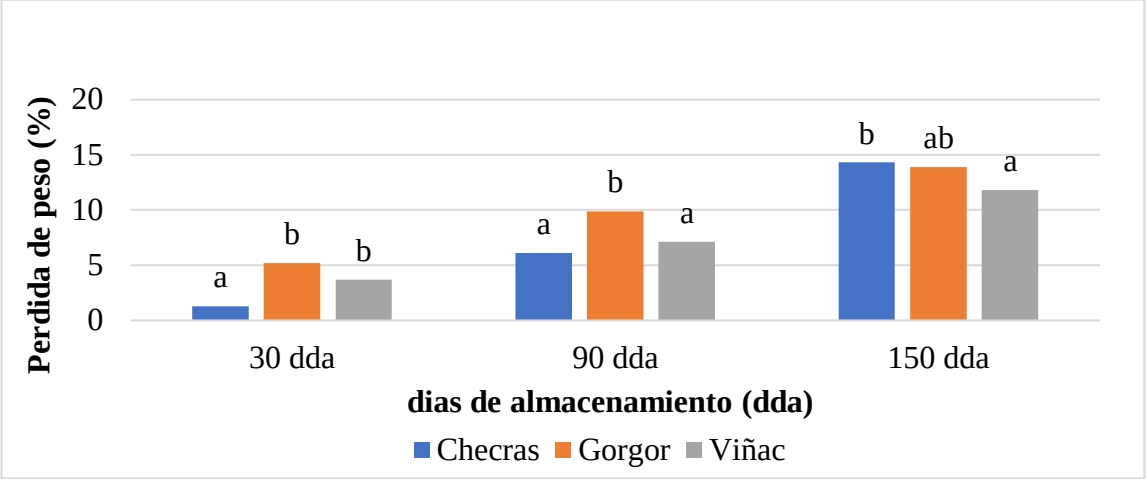
Porcentaje de pérdida de peso de los clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Checras de la region Lima durante la campaña agricola 2021-2022



Nota. Porcentaje de pérdida de peso durante el almacenamiento en la zona de Checras. Barras con diferente literal estadístico indican diferencias significativas – Tukey ($p \leq 0.05$).

Figura 13

Prueba de medias para él porcentaje de pérdida de peso por zonas y tiempo de almacenamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la región Lima durante la campaña agrícola 2021-2022



Nota. En la figura muestra que hubo diferencias significativas en él porcentaje de pérdida de peso entre las localidades de almacenamiento de Gorgor, Checras y Viñac.

4.2. Brotamiento (BT) del tubérculo en 12 clones biofortificadas y dos variedades comerciales de papa

4.2.1. Numero de brotes

El análisis de la varianza para el brotamiento de los 12 clones y dos variedades de papa para los efectos del genotipo, zona de cultivo y su interacción. Se detectaron diferencias altamente significativas en el brotamiento de los clones para los efectos de los genotipos en los días de almacenamiento. En la Tabla 10 indica que el brotamiento de los clones en las localidades de almacenamiento presentan diferencias significativas. Es decir, los clones presentan un brotamiento diferente en las tres localidades de almacenamiento.

En la localidad de Viñac el clon; Biot-721.245 y la variedad Yungay presentaron un brotamiento a los 90 dda. mientras que los clones Biot-725.050 y BIOT-767.014. presentaron brotes a los 70 dda. Por último, los clones Biot-633.294, Biot-507.311, Biot-637.001, Biot-721.074, Biot-721.286, Biot-725.024, Biot-725.047, Biot-735.105, Biot-767.014 y Biot-871.043 y la variedad Serranita mostraron brotes a los 60 días (figura 14).

En la localidad de Gorgor los clones Biot-507.311, Biot-721.074, Biot-721.245, Biot-725.024, Biot-725.047, Biot-725.050, Biot-735.105, Biot-767.014 y variedades serranita y

Yungay presentaron su brotamiento a los 90 dda mientras que los clones Biot-871.043, Biot-637.001, Biot-633.294, Biot-721.286 mostraron su brotamiento a los 60 dda (figura 15).

En la localidad de Checras los clones Biot-507.311, Biot-725.024, Biot-725.047, Biot-725.050, Y Biot-767.014, presentaron el brotamiento a los 90 dda, siendo clones biofortificadas tardías, así mismo hasta los 150 dda presentaron entre 1 a 3 brotes (dominancia apical y parcial). Mientras que los clones Biot-633.294; Biot-637.001, Biot-721.074, Biot-721.245, Biot-721.286, Biot-735.105, Biot-871.043 y variedades Yungay y serranita, su brotamiento ocurrió a los 60 dda. Mostrando mayor número de brotes por tubérculos (dominancia parcial y múltiple) (figura 16). Como se mencionó anteriormente, el almacenamiento de la papa, confinada dentro de recipientes, favoreció la conservación de su humedad, pero ocasionó un incremento significativo de la tasa de brotamiento en los tubérculos (Nyankanga et al., 2018).

Tabla 10

Análisis de la varianza para el brotamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales

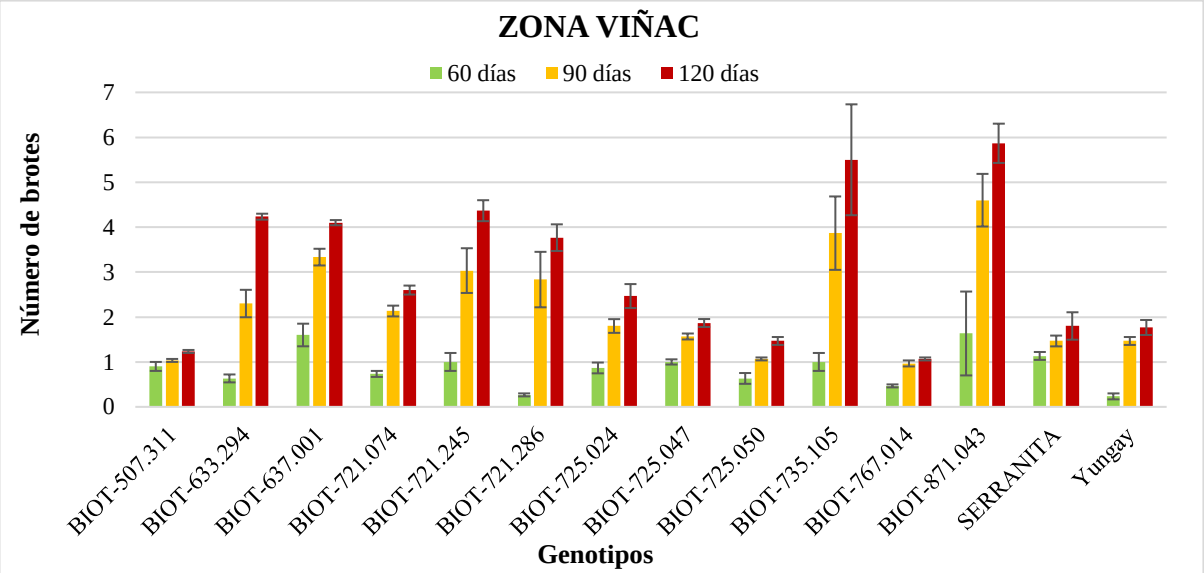
Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P	
Localidad	2	33.48	16.738	97.0122	< 2.2e-16	***
Clon	13	432.34	33.257	192.7564	< 2.2e-16	***
Dda	3	533.57	177.856	1030.8372	< 2.2e-16	***
Repetición	2	0.17	0.083	0.4826	0.6175768	
Localidad: Clon	26	43.52	1.674	9.702	< 2.2e-16	***
Localidad: Dda	6	4.03	0.672	3.8924	0.0009003	***
Clon: Dda	39	122.72	3.147	18.2372	< 2.2e-16	***
Localidad: Clon: Dda	78	17.26	0.221	1.2823	0.0709933	.
Residuo	334	57.63	0.173			
Signif.	**“***” 0.001**		**“**”0.01**	**“*” 0.05**	**“.” 0.1**	

El coeficiente de variación para este experimento es 20.32%.

Nota. Se detectaron diferencias altamente significativas en el brotamiento para los efectos de los genotipos y las localidades

Figura 14

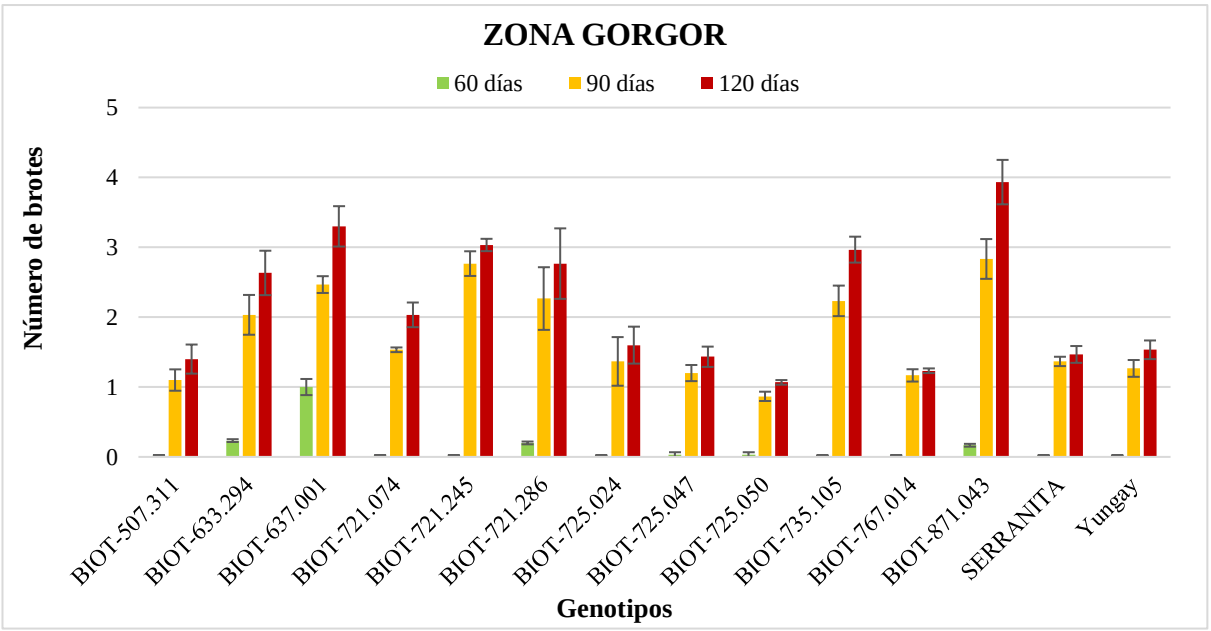
Número de brotes de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Viñac



Nota. Brotamiento del tubérculo en 12 clones biofortificadas y dos variedades de papa almacenadas en condiciones de la zona de Viñac en la Región Lima.

Figura 15

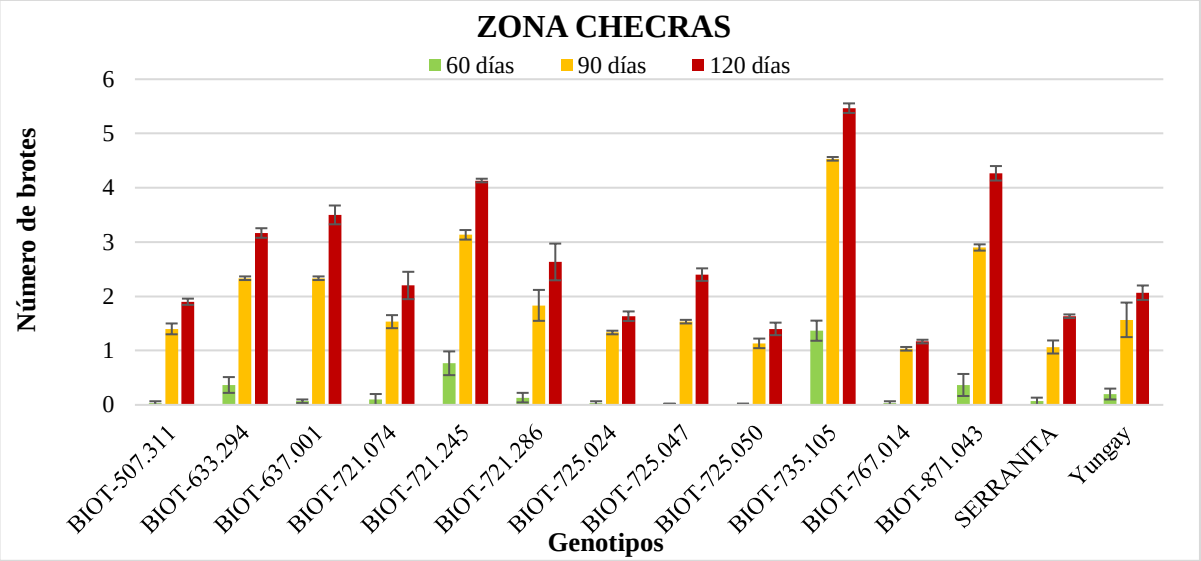
Número de brotes de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Gorgor



Nota. Brotamiento del tubérculo en 12 clones biofortificadas y dos variedades de papa almacenadas en condiciones de la zona de Gorgor en la Región Lima.

Figura 16

Número de brotes de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en la zona de Checras



Nota. Brotamiento del tubérculo en 12 clones biofortificadas y dos variedades de papa almacenadas en condiciones de la zona de Checras en la Región Lima.

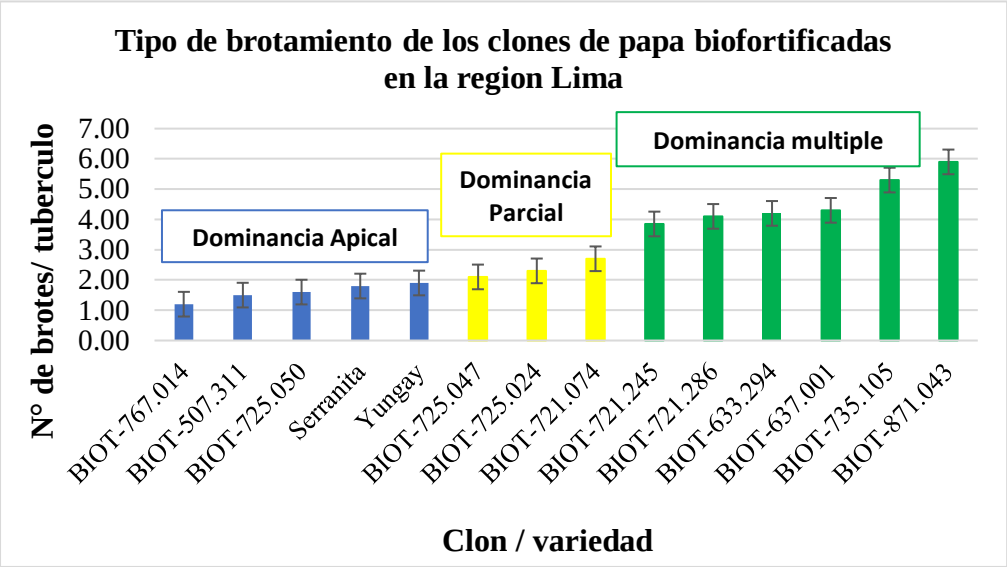
4.2.2. Tipo de brotamiento

El tipo de brotamiento de los clones biofortificadas se determinó a los 150 dda donde se evaluó el tipo de brotamiento de los clones que presentaron dominancia apical (DA), dominancia parcial (DP) y dominancia múltiple (DM), los resultados de la evaluación nos indica que el tipo de brotamiento esta influenciada por el genotipo de los clones.

El tipo de brotamiento determina la vigorosidad de los brotes e influye directamente en la pérdida de peso de los tubérculos en el almacenamiento, de esta forma, los agricultores optan por clones y variedades que presenten un brotamiento de DA (1 a 2 brotes por tubérculo) asegura que las brotes sean más robustos. el brotamiento de DP (2 a 3 brotes) son pocos deseables por que provoca sobrepoblación y existe competencias por nutrientes. Por último, el brotamiento de DM (3 a más brotes) perjudica en la pérdida de peso de los tubérculos en el almacenamiento, debido a que son pocos deseables debido a que presentan muchos brotes y en campo definitivo puede ocasionar sobrepoblación.

Figura 17

Tipo de brotamiento de los 12 clones de papa biofortificadas y dos variedades comerciales en la de la región Lima.

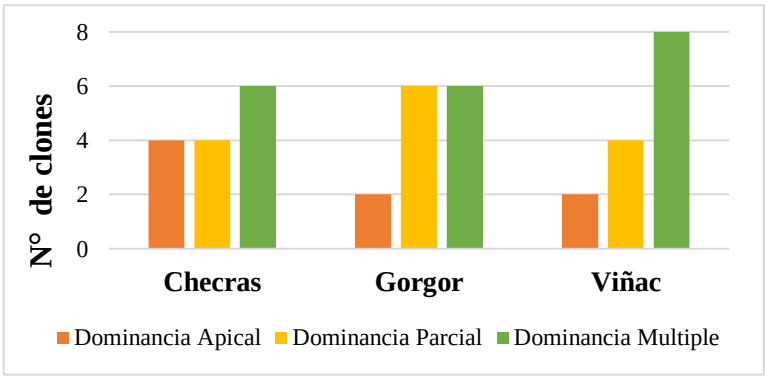


Nota. En la figura se muestra el tipo de brotamiento de los clones de papa biofortificadas y dos variedades comerciales a los 150 dda en las tres localidades de estudio.

El tipo de brotamiento en las localidades de Viñac, Gorgor y Checras, nos indican que los genotipos Biot-767.014, Biot-507.311, Biot-725.050 y la variedad Serranita y Yungay, presentaron un tipo de brotamiento de dominancia apical, mientras que los clones Biot-725.047, Biot-725.024 y Biot-721.074, mostraron un brotamiento de dominancia parcial. Por último, los clones Biot-721.286, Biot-633.294, Biot-637.001, Biot-721.245, Biot-735.105 y Biot-871.043, mostraron una dominancia múltiple (figura 17 y 18).

Figura 18

Tipo de brotamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las localidades de estudio de la región Lima



Nota. En la figura se muestra el tipo de brotamiento por cada localidad de estudio.

4.3. Dormancia en 12 clones biofortificadas y dos variedades comerciales de papa

La evaluación de pérdida de dormancia se desarrolló a los 60 dda, donde se contabilizo los brotes mayores de 3 mm de longitud, el comportamiento de los clones en cada localidad fue diferente por las condiciones únicas de cada zona.

En la localidad de Viñac el clon; Biot-721.245 y la variedad Yungay presentaron una dormancia hasta los 90 dda mientras que los clones Biot-725.050 y BIOT-767.014. perdieron su dormancia a los 70 dda. Por último, los clones Biot-633.294, Biot-507.311, Biot-637.001, Biot-721.074, Biot-721.286, Biot-725.024, Biot-725.047, Biot-735.105, Biot-767.014 y Biot-871.043 y la variedad Serranita perdieron su dormancia a los 60 días.

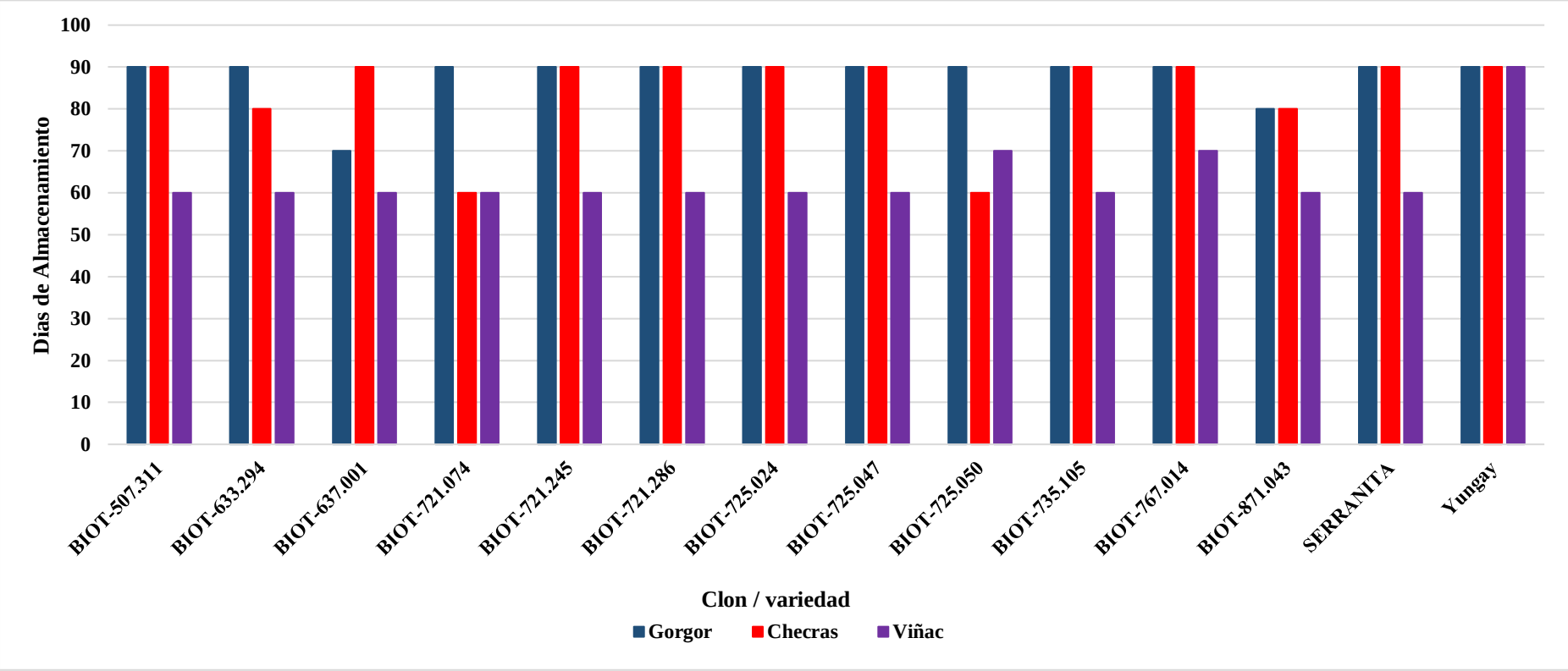
En la zona de Gorgor los clones Biot-721.245, Biot-725.050, BIOT-767.014, Biot-633.294, Biot-507.311, Biot-721.074, Biot-721.286, Biot-725.024, Biot-725.047, Biot-735.105, Biot-767.014, la variedad Yungay y serranita, perdieron su dormancia a los 90 dda. Los clones Biot-637.001 y Biot-871.043 presentaron su pérdida de dormancia a los 70 y 80 dda respectivamente.

En la zona de Checras, los clones Biot-721.245, Biot-725.050, BIOT-767.014, Biot-507.311, Biot-721.286, Biot-725.024, Biot-725.047, Biot-767.014, la variedad Yungay y serranita, perdieron su dormancia a los 90 dda, los clones Biot-633.294 y Biot-871.043 presentaron su pérdida de dormancia a los 80 dda. mientras que los clones Biot-721.074 y Biot-735.105 perdieron su dormancia a los 70 dda (figura 19).

Por otro lado, Rodríguez y Moreno (2010) señalaron que un factor importante que contribuye a la pérdida de la dormancia es el flujo que controla la asignación de azúcares, el cual se inicia con un meristemo apical dormante aislado simplásticamente. En el caso actual, el tiempo de dormancia estuvo muy asociado al ambiente donde se cultivó los clones biofortificadas y se almaceno los tubérculos.

Figura 19

Pérdida de dormancia de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en las zonas de almacenamiento de Viñac, Gorgor y Checras



Nota. En la figura se muestra que la mayor pérdida de dormancia ocurre en la zona de Viñac ocurre a los 60 dda mientras que en la zona de Checras y Gorgor que ocurre a los 90 dda. De acuerdo a la escala de pérdida de dormancia descrita por Huamán (2008), todos los clones biofortidados y variedades comerciales presentaron una pérdida de dormancia intermedio.

4.4. Verdeamiento del tubérculo en 12 clones biofortificadas y dos variedades de papa

El verdeamiento del tubérculo se evaluó a los 150 dda, donde se detectaron diferencias altamente significativas en las localidades de almacenamiento. La misma que indica que los clones presentan un grado de verdeamiento diferente cada zona de estudio (Tabla 11).

Tabla 11

Análisis de varianza para el grado de verdeamiento de los clones de papas biofortificada y variedades comerciales almacenadas en 3 localidades de la región Lima

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P	
Clon	13	275.71	21.209	30.823	< 2.2e-16	***
Localidad	2	356.26	178.129	258.872	< 2.2e-16	***
Clon: localidad	26	218.54	8.405	12.216	< 2.2e-16	***
Residuo	168	115.6	0.688			
Signif.	*****' 0.001**	****' 0.01**	***' 0.05**	**.' 0.1**		
El coeficiente de variación para este experimento es 23.99%						

Nota. En la tabla se muestra que existen diferencias altamente significativas para el grado de verdeamiento en las localidades de estudio.

El verdeamiento de los clones de papa biofortificadas están sujetas a las condiciones climáticas donde estas se encuentren sometidas, en la localidad de Gorgor los clones Biot-725.050, Biot-735.105, presentaron un ligero verdeamiento, manteniendo su calidad fenotípica. Por otro lado, los clones Biot-721.286, Biot-721.245, Biot-725.024, Biot-637.001, Biot-725.047 y Biot-721.074 poseen un verdeamiento intermedio. Por último, los clones Biot-871.043, Biot-767.014 y Biot-507.311 y variedad Yungay, poseen un verdeamiento completo.

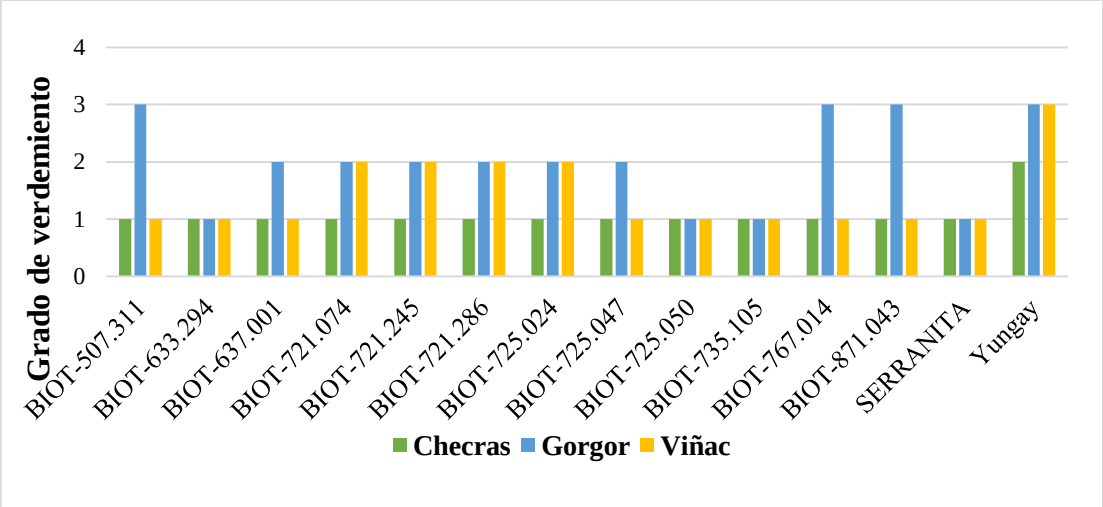
En la localidad de Viñac los clones Biot-725.050, Biot-735.105, variedad Serranita, Biot-633.294, Biot-871.043, Biot-725.024, Biot-637.001, Biot-725.047, Biot-721.074, y Biot-767.014, presentaron un ligero verdeamiento. Mientras que los clones Biot-721.286, Biot-721.245 y Biot-507.311 presentaron un verdeamiento intermedio.

En la localidad de Checras los clones Biot-725.050, Biot-871.043, Biot-725.024, Biot-637.001, Biot-721.074, Biot-767.014, Biot-721.245, Biot-507.311, Biot-735.105, Biot-633.294, Biot-725.047, variedad Serranita y Biot-721.286 presentaron un ligero verdeamiento en comparación a la variedad testigo Yungay que tuvo un verdeamiento intermedio (figura 20, 21 y 22).

Los resultados señalan que el verdeamiento de los tubérculos varían de acuerdo a la localidad de almacenamiento. El verdeamiento se produce por acumulación de cloroplastos en las capas de células periféricas del tubérculo, lo cual es afectado principalmente por la luminosidad, pero también por otros factores como la edad fisiológica del tubérculo y el tiempo de almacenamiento (Grunenfelder et al., 2006; Tanios et al., 2018; Velásquez et al., 2013).

Figura 20

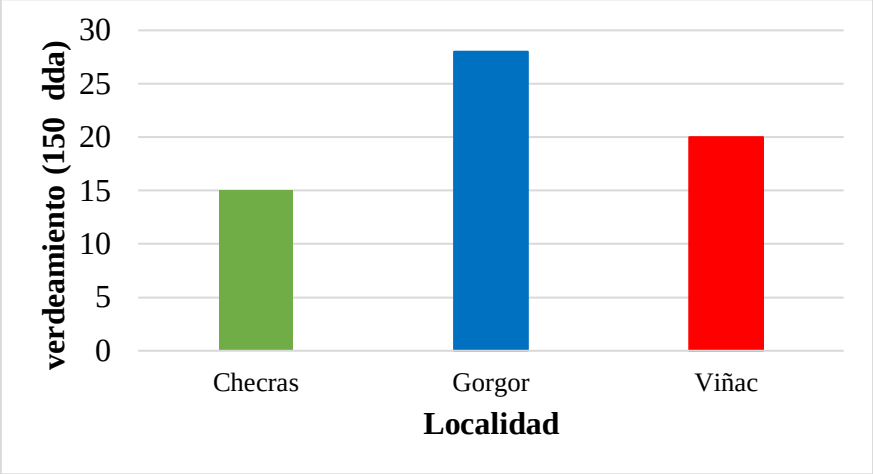
Grado de verdeamiento de los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en condiciones de almacenamiento de las localidades de Gorgor, Checras y Viñac



Nota. En la figura se visualiza que en el grado de verdeamiento a los 150 días de almacenamiento, en la zona de Viñac, Gorgor y Checras.

Figura 21

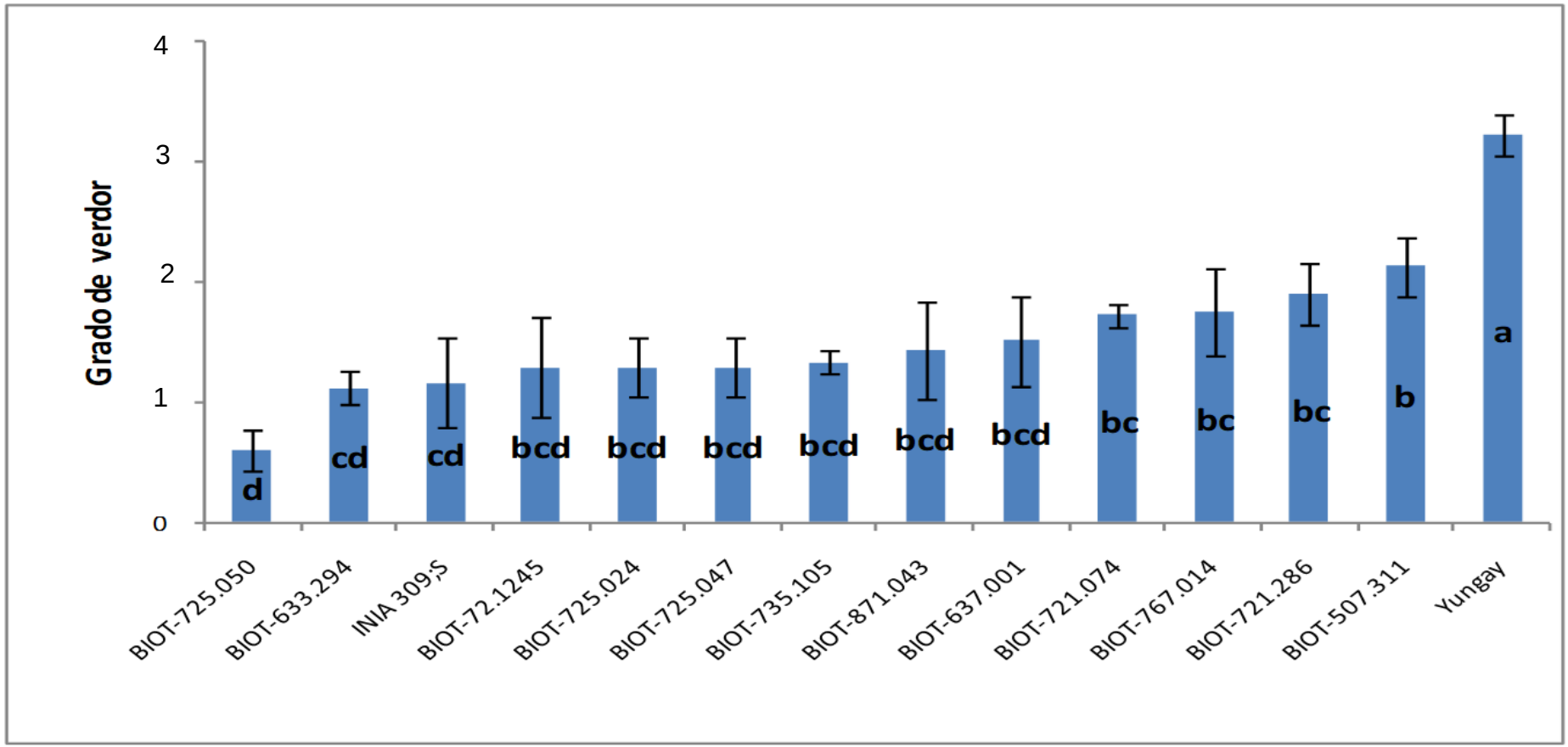
Verdeamiento de los tubérculos en las localidades de Gorgor, Checras y Viñac – Región Lima



Nota. En la figura de muestra que la zona de Gorgor presento mayor grado verdeamiento de los tubérculos, seguido de la zona de Viñac y la zona de Checras.

Figura 22

Prueba de medias para el grado de verdeamiento en los 12 clones de papas biofortificadas y dos variedades comerciales en condiciones de almacenamiento de las zonas de Gorgor, Checras y Viñac



Nota. Verdeamiento del tubérculo en 12 clones biofortificadas y dos variedades de papa cultivadas y almacenadas en las localidades de Checras, Gorgor y Viñac de la Región Lima. Barras con diferente literal estadístico indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0{,}05$).

V. Conclusiones

De acuerdo a la investigación realizada en la tesis donde se estudió la interacción de los genotipos de papa biofortificadas en las localidades de Viñac, Gorgor y Checras en ámbitos post cosecha se concluye lo siguiente:

- ✓ La menor pérdida de peso se registró en la localidad de Viñac con el clon Biot-767.014 con 6.8% de pérdida de peso durante los 150 días de almacenamiento, la cual indica una excelente característica post cosecha.
- ✓ Las mejores características de brotamiento se obtuvo en la localidad de Checras con el clon Biot-507.311, la cual presento un tipo de brotamiento de dominancia apical, hasta los 150 días de almacenamiento.
- ✓ El periodo de dormancia de los clones fue intermedio debido a que se prolongó hasta los 90 dda en las tres localidades de estudio.
- ✓ El verdeamiento de los clones Biot-725.050 y Biot-735.105, hasta los 150 dda. manifestaron un ligero verdeamiento, siendo favorable por las condiciones y tiempo de almacenamiento.

VI. Recomendaciones

De acuerdo a la presente investigación realizada se brinda las siguientes recomendaciones:

- ✓ Se debe realizar otros estudios de comportamientos agronómicos de los clones Biot-767.014, Biot-721.074 y Biot-725.050, en otras localidades incluyendo la zona costa con la finalidad de evaluar su variabilidad en cualidades post cosecha.
- ✓ Al realizar la selección de terreno de futuros ensayos, se debe considerar que sean terrenos agrícolas, donde ya hayan instalado otros cultivos.
- ✓ Se debe realizar los estudios más profundos de verdeamiento, de manera que se puedan evaluar en periodos más cortos el cambio en las concentraciones de solanina en los tubérculos.

VII. Referencias Bibliográficas

Acapa Huallata, A., Alvarado Cruz, E., y Andrade Cáceres, R. (2012). Compendio Agropecuario: Observatorio Agroambiental y Productivo. *Ministerio de desarrollo rural y tierras.* https://www.bivica.org/file/view/id/557 https://www.bivica.org/file/view/id/557

Alonso G. Jorge Luis. (01 de Junio de 2015). Fisiología y manejo de tubérculos semilla de papa. https://redepapa.medium.com/fisiologia-y-manejo-de-tuberculos-semilla-de-papa-b84693603380

Altamirano Gutierrez, S. (2016) Comportamiento Poscosecha de tuberculos de cinco variedades de papa (Solanum tubersum L.) en tres condiciones de almacenamiento [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2691

Ministerio de Agricultura y Riego (2020). Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de papa. Dirección General de Políticas Agrarias, Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria, Ihttp://hdl.handle.net/20.500.12324/14498

Arcos Pineda, J. H., Mamani Huayta, H., Barreda Quispe, W. L., y Holguin Chuquimamani, V. (2020). Manual técnico "Manejo integrado del cultivo de papa". Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Burgos, G. (2017). Papas biofortificadas con hierro y zinc. [Archivo PDF]. http://cipotato.org/wp-content/uploads/2017/09/PAPAS-BIOFORTIFICADAS-CON-HIERRO-Y-ZINC.pdf

Burgos, G., y Salas, E. (2021). "Avances en biofortificación de papa en Perú". [Archivo PDF]. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/115005/02.pdf?sequence=1

Cahuana Quispe, R., Barreda Quispe, W., Roldán Chávez, A., y Holguín Ch, V. (2020). Manual de producción de tubérculos semilla de buena calidad de papa. Instituto nacional de investigación Agraria.

Cedeño Ledesma, J.,S., (2016). Evaluación del comportamiento agronomico y calidad agroindustrial de diez genotipos de papa (Solanum tuberosum L.) con pulpa de colores, Cayambre Pichincha [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf

Centro Internacional de la Papa, [CIP], (2019). Programa de Sistemas Agroalimentarios de Papa. [Archivo PDF]. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/100669/BROCHURE Potato agri-food

systems program ST.pdf?sequence=19&isAllowed=y

Centro Internacional de Papa, [CIP], (2017). Bnfb - facts on biofortification. [Archivo PDF]. https://cipotato.org/bnfb/facts/

Crisci, Carlos. (1992). Almacenamiento de papas. [Archivo PDF]. http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos compartidos/111219220807120127.pdf

Egúsquiza Bayona, R. (2000). La papa: producción, transformación y comercialización. Centro Internacional de la Papa. https://books.google.com.pe/books/about/La_papa.html?hl=es&id=6ciGbBX0uFwC&redir_esc=y

Estrada Ramos, N. (2000). La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. Centro Internacional de la Papa. https://books.google.com.pe/books/about/La_biodiversidad_en_el_mejoramiento_gen.html?id=AcB7_VJolocC&redir_esc=y

Garcia Blanco R., y Santander Pacorina, O. (2011). Tecnicas de almacenamiento y concervación de papas nativas. [Archivo PDF]. http://www.agropuno.gob.pe/files/documentos/biblioteca/2.1.8.pdf

Gedif, M., y Yigzaw, D. (2014). Genotype × environment interaction analysis for tuber yield of potato using a GGE biplot method in Amhara region, Ethiopia. Agricultural Sciences, 2014 (5), 239-249. http://dx.doi.org/10.4236/as.2014.54027

Grunenfelder, L., Hiller, L., y Knowles, N. (2006). Color indices for the assessment of chlorophyll development and greening of fresh market potatoes. Postharvest Biology and Technology, 40(1), 73–81. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.12.018

Gutierrez Vilchez, P. P. (2018). Biofortificación agronómica del cultivo de papa mediante aplicación foliar y edáfica de Zinc y su interacción en Cadmio. [Tesis de Maestria, Universidad Nacional Agraria La Molina.] http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3769/gutierrez-vilchez-pedro-pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3769

Haan, S., Salas, E., Fonseca, C., Gastelo, M., Amaya, N., Bastos, C., Hualla, V., y Bonierbale, M. (2017). Selección Participativa de Variedades de Papa (SPV) usando el Diseño Mama y Bebe: una guía para capacitadores con perspectiva de género. Centro Internacional de la Papa. https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81221/CIP-Seleccion-Participativa-de-Variedades-de-Papa.pdf?sequence=2

Huamán, Z. (1992). Botanica Sistematica y Morfologia de la Planta de Batata o Camote. [Archivo PDF]. https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/botanica_camote.pdf

Instituto Nacional de Estadistica e Informatica [INEI], (2020). Producción de papa 2020. https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-papa-crecio-122-en-abril-del-2020-12263/

Inostroza, J., Mendez, P., Espinoza, N., Acuña, I., Navarro, P., Cisternas, E., y Larraín, P. (2017). Manual del cultivo de la Papa en Chile. Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA]. https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/26949

Jongstra, R., Mwangi, M. N., Burgos, G., Zeder, C., Low, J. W., Mzembe, G., Liria, R., Penny, M., Andrade, M. I., Fairweather-Tait, S., Zum Felde, T., Campos, H., Phiri, K. S., Zimmermann, M. B., y Wegmüller, R. (2020). Iron Absorption from Iron-Biofortified Sweetpotato Is Higher Than Regular Sweetpotato in Malawian Women while Iron Absorption from Regular and Iron-Biofortified Potatoes Is High in Peruvian Women. Journal of Nutrition, 150(12), 3094–3102. https://doi.org/10.1093/jn/nxaa267

Kwambai, T. K., Griffin, D., Nyongesa, M., Byrne, S., Gorman, M., y Struik, P. C. (2023). Dormancy and Physiological Age of Seed Tubers from a Diverse Set of Potato Cultivars Grown at Different Altitudes and in Different Seasons in Kenya. Potato Research. https://doi.org/10.1007/s11540-023-09617-9

Lines Gutiérrez, K. (2015). Almacenamiento de semilla de papa. [Archivo PDF]. http://www.platicar.go.cr/images/buscador/fichas-tecnicas/PAPA/01_ALMACENAMIENTO_DE_SEMILLA_DE_PAPA.pdf

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada : Definición, Propiedad Intelectual e Industrial. CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica 1(3), 34–39. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749

Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], (2017). Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana. Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI]. https://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/369/1/boletin-prod-nacional-papa.pdf

Montesdeoca, F., (2005). Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. Centro Internacional de la Papa [CIP] http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/c4c26bafc3999f7e9f12764

ef8a26edf.pdf%0Awww.pnrtpapa.org.ec

Montesdeoca, F., Panchi, N., Navarrete, I., Pallo, E., Yumisaca, F., Taipe, A., Espinoza, S., y Andrade, J. (2015). Guia fotografica de las principales plagas del cultivo de papa en Ecuador. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Centro Internacional de la Papa [CIP], Consorcio de Productores de Papa [CONPAPA], McKnight Foundation. (Vol. 2, Issue 2). https://doi.org/10.4160/978-92-9060-423-5

Morillo Criollo, F. E., (2018). Comportamiento post cosecha de tres variedades de papa (Solanum tuberosum L.) En dos condiciones de almacenamiento. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8062

Muñoz Jáuregui, A. M., Valdizán Ayala, J., Blanco de Alvarado-Ortiz, T., Gómez Mendoza, J., Alberto Chávez, L., Zavaleta Melgar, J., Zubiate Zamudio, S., Cueva, P., y De la Fuente de Diez Canseco, L. (2018). La papa Orgullo del Perú Universidad San Ignacio de Loyola. http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/8835

Nyankanga, R. O., Murigi, W. W., y Shibairo, S. I. (2018). Effect of Packaging Material on Shelf Life and Quality of Ware Potato Tubers Stored at Ambient Tropical Temperatures. Potato Research, 61(3), 283–296. https://doi.org/10.1007/s11540-018-9377-0

Ochoa, C. (2011). Las papas de Sudamérica: Perú,Parte 1. Centro Internacional de la papa. https://books.google.com.pe/books/about/Las_papas_de_Sudam%C3%A9rica.html?id=5bT-wR-zwo0C&redir_esc=y

Ortega Ruiz, D. E. (2014). Evaluación del comportamiento agronomico de genotipos de papa (Solanum tuberosum L.) con altos contenidos de hierro y zinc en dos localidades de la Ecuatoriana. [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2862/1/T-UCE-0004-95.pdf

Otiniano Villanueva, R. (2017). Manual del cultivo de papa para pequeños productores en la sierra norte del Perú. Centro Internacional de la Papa [CIP], Instituto Nacional de Innovacion Agraria [INIA]. https://www.poderosa.com.pe/Content/descargas/libros/manual-del-cultivo-de-papa.pdf

Pantoja Andrade, M. (2013). Caracterización y reinserción de diez accesiones de papa nativa (Solanum tuberosum) colectadas en Tulcán, Montufar y Huaca de la Provincia de Carchi. [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnica del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2642

Pour, A., Khalili, M., Poczai, P., y Olivoto, T. (2022). Stability Indices to Deciphering the Genotype-by-Environment Interaction (GEI) Effect: An Applicable Review for Use in Plant Breeding Programs. Plants, 11(3). https://doi.org/10.3390/plants11030414

Ramos Santiago, Z. (2014). Almacenamiento y multiplicación de papa - semilla utilizando brotes de calidad. Ministerio De Agricultura y Riego [MINAGRI], Instituto Nacional De Innovación Agraria [INIA] Estaciónestación Experimental Agraria Santa Ana - Huancayo Manual. http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/728

Rodríguez, A. (2010). Almacenamiento de semilla de papa. [Archivo PDF]. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/23283/22389_3124.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, L. E., y Moreno, P. (2010). Factores y mecanismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa. Una revisión. Agronomía Colombiana, 38(2), 189–197. http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n2/v28n2a08.pdf

Román Cortez, M., y Hurtado, G. (2002). Guía Técnica "Cultivo de papa". Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA]. [Archivo PDF]. http://istphuancane.pe.tripod.com/docs/agrop/papa.pdf

Romo Casanova, J. L., (2013). Evaluación agronómica y calidad de siete variedades y clones promisorios de papa (Solanum tuberosum L.) en la granja la Pradera, Chaltura, Antonio Ante, Imbabura. [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Del Norte]. http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6885

Sifuentes Ibarra, E. (2020). Manejo del cultivo de papa utilizando grados días : bases y aplicaciones prácticas para fenología , riego , fertilización , plagas y enfermedades. [Archivo PDF]. https://www.riego.mx/files/webinars/webinar09.pdf

Tanios, S., Eyles, A., Tegg, R., & Wilson, C. (2018). Potato Tuber Greening: a Review of Predisposing Factors, Management and Future Challenges. American Journal of Potato Research, 95(3), 248–257. https://doi.org/10.1007/S12230-018-9648-Y

Tirado M., R., Tirado L., R., & Mendoza C., J. (2018). Interaccion Genotipo x Ambiente en rendimiento de papa (Solanum tuberosum L.) con pulpa pigmentada en Cutervo, Peru. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences. https://doi.org/10.4067/s0719-38902018005000502

Vásquez Arce, V. (2021). Genotype-environment interaction in potato genotype yield. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas, 12(2), 175–182. https://doi.org/https://doi.org/10.29312/remexca.v12i2.2538

Velásquez, F., Mendoza, R., y Aliaga, I. (2013). Inhibición del brotamiento de tubérculos de papas nativas *(Solanum sp)* durante el almacenamiento postcosecha. Agroindustrial Science, 3(1), 53 - 58. https://doi.org/10.17268/agroind.science.2013.01.07

ANEXOS

Anexo 1

Ambientes de almacenamiento en las evaluaciones post cosecha de los clones biofortificadas.



Nota. En la figura se muestra las condiciones de almacenamiento en la zona de Viñac (a) Gorgor (b) y Checras (c).

Anexo 2

Clones biofortificadas y variedades de papa a los 150 dda



Variedad Serranita



Variedad Yungay



Clon - Biot-507.311



Clon - Biot-721.245



Clon - Biot-725.024



Clon - Biot-633.294



Clon - Biot-721.286



Clon - Biot-721.074



Clon - Biot-637.001



Clon - Biot-767.014



Clon - Biot-871.043



Clon - Biot-725.047



Clon - Biot-725.050 **Clon - Biot-735.105**

Anexo 3

Evaluaciones realizadas durando el desarrollo de la planta



Anexo 4

Almacenamiento de los clones de papa biofortificada en la zona de Gorgor



Nota. (a) almacenamiento a los 0 dda, (b) almacenamiento a los 150 dda, en la zona de Gorgor.

Anexo 5

Evaluaciones antes, durante y después de la cosecha



Nota. (a) Instalación de la miniestación meteorológica en el campo de producción, (b) selección y pesado de la muestra para la post cosecha, (c) evaluaciones post cosecha.

Anexo 7

Evaluación de rendimiento con el equipo de investigación de la Universidad Nacional de Cañete



Nota. Asesora Dra. Betsabé León Ttacca y jurado evaluador PhD. Roberto Coaquira Incacari

Anexo 6

Equipo de investigación – miembros del CIP y comunidad campesina de Viñac



Anexo 8

Análisis de suelo del campo experimental de la zona de Checras.

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola
50 AÑOS 1965 - 2015

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

ANÁLISIS N° : 1152-09S -2021
LUGAR : HUAHUARA
FECHA DE RECEP. : 20/11/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : PVS_Checras_Rep 2_PS - 18-11-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	51.91	%		
Limo	33.69	%		
Arcilla	14.40	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	52.71	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.02	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 23.1 °C	5.37		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	29.40	ppm	MES - 006	Bray I
Materia Orgánica	5.03	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.29	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	959.00	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				**Extractante:Ac. Amonio**
Calcio	7.65	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.39	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.22	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	2.28	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	0.22	mEq / 100 g	MES - 014	KCl / Volumétrico
P.A.I	1.89	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	11.76	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	1.89	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	4.80	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	1.91	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	0.63	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	3.77	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	1.84	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	0.64	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	3.30	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	0.40	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 Efectivo.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppm(*) : mg / L.

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

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

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA - Cañete - Valle Grande

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 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 9

Análisis de suelo del campo experimental de la zona de Viñac

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola
50 AÑOS 1965 - 2015

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

ANÁLISIS N° : 1152-05S -2021
LUGAR : VIÑAC
FECHA DE RECEP. : 20/11/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : PVS_Viñac_Rep 1_PS - 18-11-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	44.88	%		
Limo	22.75	%		
Arcilla	32.37	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Porcentaje de Saturación de Agua	43.16	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	0.46	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 23.1 °C	6.49		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	3.20	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.93	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.11	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	98.40	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				**Extractante:Ac. Amonio**
Calcio	15.11	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	11.59	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.33	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.25	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	< 0.01	mEq / 100 g	MES - 014	KCl / Volumétrico
P.A.I	< 0.04	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	27.27	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	0.93	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	2.29	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	1.01	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	0.84	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	2.06	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	1.62	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	1.07	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	0.11	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	0.56	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 Efectivo.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppm(*) : mg / L.

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

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

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA - Cañete - Valle Grande

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 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 10

Análisis de suelo del campo experimental de la zona de Gorgor

VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola
50 AÑOS 1965 - 2015

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

ANÁLISIS N° : 1152-01S -2021
LUGAR : CAJATAMBO
FECHA DE RECEP. : 20/11/2021

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : PVS_Gorgor_Rep 1_PS - 18-11-21

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	40.90	%		
Limo	38.73	%		
Arcilla	20.37	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	74.97	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	< 0.01	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	1.09	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 23.1 °C	5.31		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	72.00	ppm	MES - 006	Bray I
Materia Orgánica	8.45	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.49	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	368.60	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				**Extractante:Ac. Amonio**
Calcio	22.23	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	4.75	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.39	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.91	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
Aluminio + Hidrógeno	0.19	mEq / 100 g	MES - 014	KCl / Volumétrico
P.A.I	0.65	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	28.46	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	1.46	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	2.98	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	4.14	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	1.89	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	6.13	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	2.44	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	1.56	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	0.40	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	0.12	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 Efectivo.
% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
ppm(*) : mg / L.

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

NOTA:
1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
2: Se prohibe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Quimica Agricola.

MSc. Quim. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO

LABORATORIO DE QUIMICA AGRICOLA - Cañete - Valle Grande -

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 I Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe I Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 11

Rendimiento de los clones biofortificadas en las zonas de estudio

DATOS DE RENDIMIENTO DE LA PAPA BIOFORTIFICADA CON HIERRO Y ZINC														
Localidad	**Clones / Variedad**	**N° de tuberculos sembrados**	**N° de plantas cosechadas**	**N° de tuberculos comerciales**	**N° de tuberculos no comerciales**	**N° de tuberculos descartes**	**Peso de tuberculos comerciales (kg)**	**peso de tuberculos no comerciales (kg)**	**peso de tuberculos descartes (kg)**	**N° de tuberculos global**	**peso global de tuberculos (kg)**	**N° de tuberculos / planta**	**Peso global de tuberculos/planta (kg)**	**Tn / ha**
VIÑAC	**BIOT-507.311**	60	52	207	473	7	24.43	16.98	0.74	688	42.15	**13**	**0.81**	**29.83**
	BIOT-633.294	60	56	274	214	14	32.39	7.51	1.26	501	41.15	**9**	**0.73**	**27.06**
	BIOT-637.001	60	53	302	359	15	40.43	12.67	0.99	675	54.09	**13**	**1.02**	**37.80**
	BIOT-721.074	60	54	302	455	20	33.84	17.69	1.92	778	53.44	**14**	**0.98**	**36.43**
	BIOT-721.245	60	57	207	748	51	21.74	27.88	3.08	1007	52.70	**18**	**0.92**	**34.04**
	BIOT-721.286	60	56	136	190	4	15.68	10.23	0.56	329	26.47	**6**	**0.47**	**17.51**
	BIOT-725.024	60	54	186	307	15	17.89	21.01	0.51	508	39.41	**9**	**0.73**	**26.86**
	BIOT-725.047	60	55	208	921	5	12.71	24.90	0.18	1134	37.79	**21**	**0.69**	**25.45**
	BIOT-725.050	60	55	319	636	19	30.00	17.23	1.11	973	48.34	**18**	**0.88**	**32.75**
	BIOT-735.105	60	51	103	318	11	10.79	11.72	0.92	432	23.44	**9**	**0.46**	**16.91**
	BIOT-767.014	60	53	268	433	16	34.92	17.11	1.22	717	53.26	**13**	**1.00**	**36.99**
	BIOT-871.043	60	54	201	265	16	20.85	11.70	1.25	482	33.80	**9**	**0.63**	**23.32**
	SERRANITA	60	52	219	318	15	36.32	13.91	1.16	552	51.39	**11**	**0.99**	**36.84**
	Yungay	60	56	450	477	10	62.96	17.29	0.85	937	81.11	**17**	**1.45**	**53.64**
CHECRAS	**BIOT-507.311**	60	58	397	293	74	39.68	9.95	0.48	764	50.12	**13**	**0.86**	**32.00**
	BIOT-633.294	60	59	515	231	8	50.87	5.33	0.62	753	56.82	**13**	**0.96**	**35.67**
	BIOT-637.001	60	58	693	313	15	70.97	6.47	1.77	1021	79.20	**18**	**1.36**	**50.29**
	BIOT-721.074	60	55	684	335	11	77.05	8.55	1.30	1029	86.90	**19**	**1.59**	**58.88**
	BIOT-721.245	60	56	472	484	6	54.85	16.30	0.88	962	72.03	**17**	**1.28**	**47.36**
	BIOT-721.286	60	53	375	220	11	45.73	5.90	1.20	606	52.83	**11**	**1.00**	**36.92**
	BIOT-725.024	60	58	683	359	11	64.72	5.52	0.68	1053	70.92	**18**	**1.22**	**45.03**
	BIOT-725.047	60	54	734	527	8	66.92	10.60	0.30	1268	77.82	**23**	**1.44**	**53.37**
	BIOT-725.050	60	59	776	373	14	72.82	8.58	1.23	1163	82.63	**20**	**1.40**	**51.87**
	BIOT-735.105	60	45	445	516	17	49.32	8.58	1.12	978	59.02	**21**	**1.30**	**48.22**
	BIOT-767.014	60	50	496	399	31	59.98	14.98	2.90	925	77.87	**18**	**1.56**	**57.68**
	BIOT-871.043	60	49	443	271	14	60.63	11.30	2.37	729	74.30	**15**	**1.51**	**55.78**
	SERRANITA	60	58	597	338	1	97.37	8.35	0.42	936	106.14	**16**	**1.83**	**67.78**
	Yungay	60	58	691	327	10	125.78	6.63	1.35	1028	133.76	**18**	**2.29**	**84.93**
GORGOR	**BIOT-507.311**	60	55	253	834	18	23.06	24.97	0.91	1105	48.95	**20**	**0.90**	**33.16**
	BIOT-633.294	60	57	287	374	13	35.02	13.79	0.83	674	49.64	**12**	**0.87**	**32.25**
	BIOT-637.001	60	55	303	544	26	36.76	21.22	2.30	873	60.27	**16**	**1.09**	**40.34**
	BIOT-721.074	60	56	487	695	17	49.34	27.62	1.26	1199	78.23	**21**	**1.39**	**51.43**
	BIOT-721.245	60	58	273	1267	22	29.39	35.13	1.48	1561	66.00	**27**	**1.14**	**42.15**
	BIOT-721.286	60	55	164	327	8	27.69	12.84	0.63	500	41.16	**9**	**0.75**	**27.71**
	BIOT-725.024	60	55	329	1173	21	22.67	30.17	0.67	1523	53.51	**28**	**0.97**	**35.82**
	BIOT-725.047	60	57	213	1590	16	15.24	35.87	0.56	1818	51.67	**32**	**0.91**	**33.57**
	BIOT-725.050	60	56	327	1220	4	35.82	38.58	0.17	1551	74.57	**28**	**1.32**	**49.03**
	BIOT-735.105	60	42	115	594	9	13.93	14.57	0.68	718	29.18	**20**	**0.70**	**25.93**
	BIOT-767.014	60	57	386	1474	52	37.75	42.56	3.44	1912	83.75	**34**	**1.48**	**54.74**
	BIOT-871.043	60	53	209	443	13	32.94	21.57	0.95	665	55.46	**13**	**1.05**	**38.76**
	SERRANITA	60	56	537	350	13	87.98	13.69	0.65	900	102.32	**16**	**1.83**	**67.67**
	Yungay	60	57	587	821	17	86.17	27.79	1.18	1258	115.14	**25**	**2.03**	**75.26**

Anexo 12

Evaluación de brotamiento de los clones de papa bioforticada en las zonas de estudio.

BROTAMIENTO DE LOS CLONES BIOFORTIFICADAS						
LOCALIDAD	**CLON / VARIEDAD**	**60 DDA**	**90 DDA**	**120 DDA**	**150 DDA**	**TIPO DE BROTAMIENTO**
Viñac	**BIOT-507.311**	0.9	1.0	1.2	1.3	**DA**
	BIOT-633.294	0.6	2.3	4.2	4.9	**DM**
	BIOT-637.001	1.6	3.3	4.1	4.4	**DM**
	BIOT-721.074	0.7	2.1	2.6	3.0	**DM**
	BIOT-721.245	1.0	3.0	4.4	5.2	**DM**
	BIOT-721.286	0.3	2.8	3.8	4.4	**DM**
	BIOT-725.024	0.9	1.8	2.5	3.0	**DM**
	BIOT-725.047	1.0	1.6	1.9	1.9	**DA**
	BIOT-725.050	0.6	1.1	1.5	1.9	**DA**
	BIOT-735.105	1.0	3.9	5.5	6.2	**DM**
	BIOT-767.014	0.5	1.0	1.1	1.1	**DA**
	BIOT-871.043	1.6	4.6	5.9	6.6	**DM**
	Serranita	1.1	1.5	1.8	1.8	**DA**
	Yungay	0.2	1.5	1.8	1.9	**DA**
Gorgor	**BIOT-507.311**	0.0	1.1	1.4	1.5	**DA**
	BIOT-633.294	0.2	2.0	2.6	4.0	**DM**
	BIOT-637.001	1.0	2.5	3.3	4.6	**DM**
	BIOT-721.074	0.0	1.5	2.0	2.7	**DP**
	BIOT-721.245	0.0	2.8	3.0	4.7	**DM**
	BIOT-721.286	0.2	2.3	2.8	4.0	**DM**
	BIOT-725.024	0.0	1.4	1.6	2.6	**DP**
	BIOT-725.047	0.0	1.2	1.4	1.9	**DA**
	BIOT-725.050	0.0	0.9	1.1	1.4	**DA**
	BIOT-735.105	0.0	2.2	3.0	4.3	**DM**
	BIOT-767.014	0.0	1.2	1.2	1.3	**DA**
	BIOT-871.043	0.2	2.8	3.9	5.5	**DM**
	Serranita	0.0	1.4	1.5	1.6	**DA**
	Yungay	0.0	1.3	1.5	1.6	**DA**
Checras	**BIOT-507.311**	0.0	1.4	1.9	2.4	**DP**
	BIOT-633.294	0.4	2.3	3.2	3.5	**DM**
	BIOT-637.001	0.1	2.3	3.5	4.0	**DM**
	BIOT-721.074	0.1	1.5	2.2	2.7	**DP**
	BIOT-721.245	0.8	3.1	4.1	4.8	**DM**
	BIOT-721.286	0.1	1.8	2.6	3.4	**DM**
	BIOT-725.024	0.0	1.3	1.6	2.0	**DP**
	BIOT-725.047	0.0	1.5	2.4	2.6	**DP**
	BIOT-725.050	0.0	1.1	1.4	1.8	**DA**
	BIOT-735.105	1.4	4.5	5.5	5.9	**DM**
	BIOT-767.014	0.0	1.0	1.2	1.2	**DA**
	BIOT-871.043	0.4	2.9	4.3	5.1	**DM**
	Serranita	0.1	1.1	1.6	1.9	**DA**
	Yungay	0.2	1.6	2.1	2.0	**DP**

Anexo 13

Análisis de anova en el % pérdida de peso de los clones a los 30 dda

"pw_spt_30" (% de pérdida de peso 30 dda)					
Fuente de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P**
Clon	13	50.4	3.877	1.4568	0.153354
Localidad	2	329.76	164.878	49.2781	0.000189 ***
Repetición	6	20.08	3.346	1.2573	0.286903
Localidad: Clon	26	60.2	2.315	0.87	0.645685
Residuo	78	207.57	2.661		
Signif.	**"***" 0.001**	**"**"0.01**	**"*" 0.05**	**"." 0.1**	
El coeficiente de variación para este experimento es 47.2%.					

Anexo 14

Análisis de anova en el % pérdida de peso de los clones a los 90 dda

"pw_spt_90" (% de pérdida de peso 90 dda)					
Fuente de variación	**Gl**	**SC**	**CM**	**F**	**P**
Clon	13	277.54	21.349	3.5261	0.000243 ***
Localidad	2	367.77	183.884	14.2041	0.0053024 **
Repetición	6	77.67	12.946	2.1381	0.0581779 .
Localidad: Clon	26	225.37	8.668	1.4316	0.11517
Residuo	78	472.27	6.055		
Signif.	**"***" 0.001**	**"**"0.01**	**"*" 0.05**	**"." 0.1**	
El coeficiente de variación para este experimento es 32.01%.					

Anexo 15

Análisis de anova en el % pérdida de peso de los clones a los 150 dda

"pw_spt_150" (% de pérdida de peso 150 dda)					
Fuente de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P**
Clon	13	1559.11	119.931	10.4508	2.235e-12 ***
Localidad	2	215.92	107.958	5.5488	0.04322 *
Repetición	6	116.74	19.456	1.6954	0.13323
Localidad: Clon	26	370.43	14.247	1.2415	0.23053
Residuo	78	895.12	11.476		
Signif.	**"***" 0.001**	**"**"0.01**	**"*" 0.05**	**"." 0.1**	
El coeficiente de variación para este experimento es 25.29%.					
no existe interacción durante los meses de almacenamientos					

Anexo 16

Tes de LSD para él % de pérdida de peso a los 30, 90 y 150 dda

Tes de LSD (% de perdida de peso) a los 30 dda								
Zona de Viñac			Zona de Checras			Zona de Gorgor		
Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos	Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos	Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos
SERRANITA	3.79	a	BIOT-871.043	2.17	a	BIOT-721.074	8.24	a
BIOT-735.105	4.66	a	BIOT-637.001	2.08	a	BIOT-735.105	7.64	ab
BIOT-637.001	4.18	a	BIOT-633.294	1.73	a	SERRANITA	6.95	bc
BIOT-721.286	4.01	a	BIOT-721.286	1.64	a	BIOT-725.047	5.97	bc
BIOT-725.047	3.93	a	BIOT-725.024	1.43	a	BIOT-633.294	5.33	bcd
BIOT-721.245	3.90	a	BIOT-721.245	1.42	a	Yungay	5.30	bcd
BIOT-721.074	5.03	a	BIOT-767.014	1.34	a	BIOT-725.024	5.13	cd
BIOT-725.024	3.30	a	BIOT-735.105	1.30	a	BIOT-871.043	5.12	cd
BIOT-767.014	3.19	a	BIOT-507.311	1.26	a	BIOT-721.286	5.08	cd
BIOT-507.311	3.11	a	BIOT-725.047	1.22	a	BIOT-721.245	4.92	cd
BIOT-633.294	3.11	a	BIOT-721.074	1.14	a	BIOT-767.014	4.26	cd
BIOT-725.050	3.08	a	Yungay	1.00	a	BIOT-637.001	4.25	cd
BIOT-871.043	3.01	a	BIOT-725.050	0.95	a	BIOT-725.050	3.74	d
Yungay	2.87	a	SERRANITA	0.68	a	BIOT-507.311	2.70	d
Tes de LSD (% de perdida de peso) a los 90 dda								
Zona de Viñac			Zona de Checras			Zona de Gorgor		
Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos	Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos	Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos
SERRANITA	9.35	a	BIOT-871.043	10.50	a	BIOT-633.294	14.59	a
BIOT-721.074	8.09	ab	BIOT-721.286	9.55	a	BIOT-721.074	13.18	ab
BIOT-637.001	7.84	ab	BIOT-633.294	8.28	ab	BIOT-767.014	12.02	abc
BIOT-721.286	7.80	ab	BIOT-637.001	7.43	abc	BIOT-735.105	11.69	bc
BIOT-725.047	7.47	abc	BIOT-507.311	5.99	bcd	BIOT-725.050	11.41	bc
BIOT-735.105	7.36	abc	BIOT-735.105	5.86	bcd	BIOT-507.311	10.85	bcd
BIOT-721.245	7.32	abc	BIOT-725.024	5.49	bcde	Yungay	10.39	bcd
BIOT-871.043	7.16	abc	SERRANITA	5.33	bcde	BIOT-725.024	10.36	bcd
BIOT-633.294	6.98	abc	BIOT-721.074	5.14	cde	BIOT-721.286	10.01	bcde
BIOT-507.311	6.45	bc	BIOT-721.245	4.98	cde	BIOT-637.001	8.65	cde
BIOT-725.024	5.82	bc	BIOT-725.047	4.95	cde	BIOT-725.047	8.35	cde
BIOT-725.050	5.76	bc	BIOT-767.014	4.86	cde	BIOT-721.245	6.61	de
Yungay	5.64	bc	BIOT-725.050	3.30	de	SERRANITA	6.54	de
BIOT-767.014	4.96	c	Yungay	2.65	e	BIOT-871.043	5.84	e
Tes de LSD (% de perdida de peso) a los 150 dda								
Zona de Viñac			Zona de Checras			Zona de Gorgor		
Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos	Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos	Clones / variedad	Promedio de % de pp	grupos
SERRANITA	18.08	a	BIOT-871.043	24.41	a	BIOT-735.105	21.92	a
BIOT-871.043	15.66	ab	BIOT-721.286	19.88	b	BIOT-767.014	18.55	b
BIOT-721.074	15.04	bc	BIOT-637.001	17.42	bc	BIOT-725.047	16.99	bc
BIOT-633.294	13.94	bcd	BIOT-735.105	17.22	bc	BIOT-633.294	16.10	bc
BIOT-637.001	13.39	bcd	SERRANITA	16.89	bc	BIOT-507.311	16.01	bcd
BIOT-721.286	12.42	cde	BIOT-633.294	16.28	cd	BIOT-637.001	15.92	bcd
BIOT-725.047	11.93	de	BIOT-721.074	16.07	cd	Yungay	14.99	bcd
BIOT-735.105	10.35	ef	BIOT-725.047	14.81	cd	BIOT-725.050	13.04	cde
BIOT-721.245	10.07	ef	BIOT-725.024	13.73	de	BIOT-721.286	12.98	cde
BIOT-725.024	9.85	ef	BIOT-507.311	13.26	de	BIOT-721.074	11.88	def
BIOT-507.311	8.61	fg	BIOT-721.245	11.03	ef	SERRANITA	10.73	ef
Yungay	8.50	fg	BIOT-767.014	8.86	fg	BIOT-721.245	8.74	ef
BIOT-725.050	7.79	fg	Yungay	7.95	fg	BIOT-871.043	8.39	ef
BIOT-767.014	6.83	g	BIOT-725.050	7.83	g	BIOT-725.024	8.37	f

Anexo 17

Análisis de varianza en el número de brotes de los clones a los 60 dda

Numero de brotes (60 dda)					
Fuente de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P**
Clon	13	6.7966	0.5228	5.6496	3.806e-07 ***
Localidad	2	13.2662	6.6331	33.2976	0.0005646 ***
Repetición(localidad)	6	1.1952	0.1992	2.1527	0.0565843 .
Clon: localidad	26	8.616	0.3314	3.581	6.992e-06 ***
Residuo	78	7.2181	0.0925		
Signif.	**"***" 0.001**	**"**"0.01**	**"*" 0.05**	**"." 0.1**	

Anexo 18

Análisis de varianza en el número de brotes de los clones a los 90 dda

Numero de brotes (90 dda)					
Fuente de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P**
Clon	13	90.502	6.9617	34.6456	< 2.2e-16 ***
Localidad	2	5.263	2.6314	21.9286	0.0017429 **
Repetición(localidad)	6	0.72	0.12	0.5972	0.7316874
Clon: localidad	26	14.99	0.5766	2.8693	0.0001816 ***
Residuo	78	15.673	0.2009		
Signif.	**"***" 0.001**	**"**"0.01**	**"*" 0.05**	**"." 0.1**	

Anexo 19

Análisis de varianza en el número de brotes de los clones a los 120 dda

Numero de brotes (120 dda)					
Fuente de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**F**	**P**
Clon	13	175.724	13.5172	59.13	< 2.2e-16 ***
Localidad	2	14.914	7.4572	38.2733	0.000384 ***
Repetición(localidad)	6	1.169	0.1948	0.8523	0.533783
Clon: localidad	26	19.528	0.7511	3.2855	2.664e-05 ***
Residuo	78	17.831	0.2286		
Signif.	**"***" 0.001**	**"**"0.01**	**"*" 0.05**	**"." 0.1**	

Anexo 20

Tes de LSD en el número de brotes en los clones biofortificadas a los 60, 90 y 120 dda

LSD para numero de brotes a los (60 dda)								
Clones / variedad	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**	**Clones / variedad**	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**	**Clones / variedad**	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**
BIOT-871.043	1.6	a	BIOT-871.043	4.6	a	BIOT-871.043	5.9	a
BIOT-637.001	1.6	a	BIOT-735.105	3.9	b	BIOT-735.105	5.5	a
SERRANITA	1.1	ab	BIOT-637.001	3.3	bc	BIOT-721.245	4.4	b
BIOT-721.245	1.0	ab	BIOT-721.245	3.0	c	BIOT-633.294	4.2	b
BIOT-725.047	1.0	ab	BIOT-721.286	2.8	cd	BIOT-637.001	4.1	b
BIOT-735.105	1.0	ab	BIOT-633.294	2.3	de	BIOT-721.286	3.8	b
BIOT-507.311	0.9	bc	BIOT-721.074	2.1	def	BIOT-721.074	2.6	c
BIOT-725.024	0.9	bc	BIOT-725.024	1.8	ef	BIOT-725.024	2.5	cd
BIOT-721.074	0.7	bc	BIOT-725.047	1.6	fg	BIOT-725.047	1.9	cde
BIOT-633.294	0.6	bc	Yungay	1.5	fg	SERRANITA	1.8	def
BIOT-725.050	0.6	bc	SERRANITA	1.5	fg	Yungay	1.8	def
BIOT-767.014	0.5	bc	BIOT-725.050	1.1	g	BIOT-725.050	1.5	ef
BIOT-721.286	0.3	c	BIOT-507.311	1.0	g	BIOT-507.311	1.2	ef
Yungay	0.2	c	BIOT-767.014	1.0	g	BIOT-767.014	1.1	f
LSD para numero de brotes a los (90 dda)								
Clones / variedad	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**	**Clones / variedad**	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**	**Clones / variedad**	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**
BIOT-871.043	4.6	a	BIOT-871.043	2.8	a	BIOT-871.043	3.9	a
BIOT-735.105	3.9	b	BIOT-721.245	2.8	a	BIOT-637.001	3.3	ab
BIOT-637.001	3.3	bc	BIOT-637.001	2.5	ab	BIOT-721.245	3.0	b
BIOT-721.245	3.0	c	BIOT-721.286	2.3	ab	BIOT-735.105	3.0	b
BIOT-721.286	2.8	cd	BIOT-735.105	2.2	abc	BIOT-721.286	2.8	bc
BIOT-633.294	2.3	de	BIOT-633.294	2.0	bcd	BIOT-633.294	2.6	bc
BIOT-721.074	2.1	ef	BIOT-721.074	1.5	cde	BIOT-721.074	2.0	cd
BIOT-725.024	1.8	ef	BIOT-725.024	1.4	de	BIOT-725.024	1.6	de
BIOT-725.047	1.6	fg	SERRANITA	1.4	de	Yungay	1.5	de
Yungay	1.5	fg	Yungay	1.3	e	SERRANITA	1.5	de
SERRANITA	1.5	fg	BIOT-725.047	1.2	e	BIOT-725.047	1.4	de
BIOT-725.050	1.1	g	BIOT-767.014	1.2	e	BIOT-507.311	1.4	de
BIOT-507.311	1.0	g	BIOT-507.311	1.1	e	BIOT-767.014	1.2	e
BIOT-767.014	1.0	g	BIOT-725.050	0.9	e	BIOT-725.050	1.1	e
LSD para numero de brotes a los (120 dda)								
Clones / variedad	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**	**Clones / variedad**	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**	**Clones / variedad**	**Promedio de N° de brotes**	**grupos**
BIOT-871.043	5.9	a	BIOT-735.105	4.5	a	BIOT-735.105	5.5	a
BIOT-735.105	5.5	a	BIOT-721.245	3.1	b	BIOT-871.043	4.3	b
BIOT-721.245	4.4	b	BIOT-871.043	2.9	bc	BIOT-721.245	4.1	b
BIOT-633.294	4.2	b	BIOT-633.294	2.3	cd	BIOT-637.001	3.5	bc
BIOT-637.001	4.1	b	BIOT-637.001	2.3	cd	BIOT-633.294	3.2	cd
BIOT-721.286	3.8	b	BIOT-721.286	1.8	de	BIOT-721.286	2.6	de
BIOT-721.074	2.6	c	Yungay	1.6	ef	BIOT-725.047	2.4	def
BIOT-725.024	2.5	cd	BIOT-721.074	1.5	ef	BIOT-721.074	2.2	ef
BIOT-725.047	1.9	de	BIOT-725.047	1.5	ef	Yungay	2.1	efg
SERRANITA	1.8	de	BIOT-507.311	1.4	ef	BIOT-507.311	1.9	efgh
Yungay	1.8	e	BIOT-725.024	1.3	ef	BIOT-725.024	1.6	fgh
BIOT-725.050	1.5	ef	BIOT-725.050	1.1	ef	SERRANITA	1.6	fgh
BIOT-507.311	1.2	ef	SERRANITA	1.1	f	BIOT-725.050	1.4	gh
BIOT-767.014	1.1	f	BIOT-767.014	1.0	f	BIOT-767.014	1.2	hJ

Anexo 21

Aleatorización de los tratamientos en campo de producción de los 12 clones de papa biofortificadas y dos variedades comerciales en la región Lima

Bloque	A 1		A 2		A 3	
Bloque 1	B3	B6	B4	B13	B3	B4
	B9	B5	B8	B5	B2	B12
	B11	B8	B14	B10	B7	B5
	B14	B4	B6	B12	B11	B14
	B8	B2	B9	B7	B10	B4
	B1	B12	B3	B2	B1	B6
	B7	B10	B11	B1	B9	B8
Bloque 2	B8	B5	B2	B4	B9	B10
	B6	B4	B7	B3	B6	B4
	B1	B14	B14	B12	B13	B5
	B13	B12	B6	B13	B11	B3
	B9	B10	B9	B8	B1	B8
	B11	B7	B11	B5	B7	B2
	B2	B3	B1	B10	B12	B14
Bloque 3	B1	B9	B11	B5	B4	B8
	B3	B2	B9	B13	B1	B12
	B12	B7	B1	B6	B6	B3
	B6	B11	B8	B2	B14	B7
	B10	B14	B3	B1	B13	B10
	B8	B5	B10	B7	B5	B9
	B4	B13	B14	B4	B2	B11

Nota. La aleatorización de los tratamientos fue independiente para cada localidad de estudio. A = localidad de estudio y B tratamientos. Elaboración propia (2022).

Anexo 22

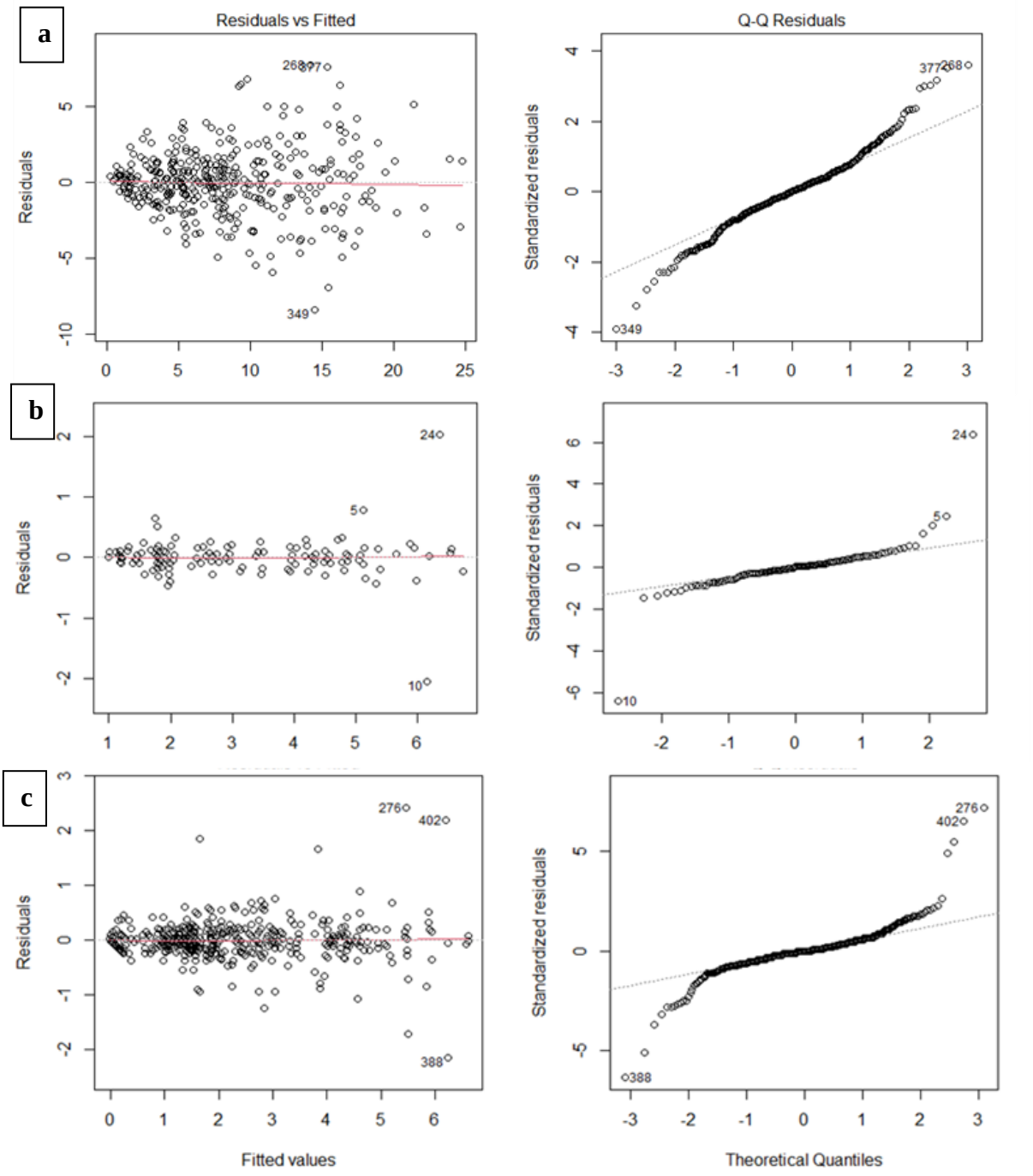
Aleatorización de los tratamientos para el almacenamiento de los 12 clones de papas bioforticadas y dos variedades comerciales en la región Lima

Factor A	**(Factor B)**		**Interacción Factor A X Factor B**					
Loc.	**Trat.**	**Clones**						
A1: Checras	T1: B1	Biot-767.014	A1: Checras	T1: B1	A2: Gorgor	T1: B1	A3: Viñac	T1: B1
	T2: B2	Biot-633.294	A1: Checras	T2: B2	A2: Gorgor	T2: B2	A3: Viñac	T2: B2
	T3: B3	Biot-721.245	A1: Checras	T3: B3	A2: Gorgor	T3: B3	A3: Viñac	T3: B3
	T4: B4	Biot-725.047	A1: Checras	T4: B4	A2: Gorgor	T4: B4	A3: Viñac	T4: B4
A2: Gorgor	T5: B5	Biot-721.074	A1: Checras	T5: B5	A2: Gorgor	T5: B5	A3: Viñac	T5: B5
	T6: B6	Biot-725.024	A1: Checras	T6: B6	A2: Gorgor	T6: B6	A3: Viñac	T6: B6
	T7: B7	Biot-637.001	A1: Checras	T7: B7	A2: Gorgor	T7: B7	A3: Viñac	T7: B7
	T8: B8	Biot-735.105	A1: Checras	T8: B8	A2: Gorgor	T8: B8	A3: Viñac	T8: B8
	T9: B9	Biot-721.286	A1: Checras	T9: B9	A2: Gorgor	T9: B9	A3: Viñac	T9: B9
A3: Viñac	T10: B10	Biot-725.050	A1: Checras	T10: B10	A2: Gorgor	T10: B10	A3: Viñac	T10: B10
	T11: B11	Biot-507.311	A1: Checras	T11: B11	A2: Gorgor	T11: B11	A3: Viñac	T11: B11
	T12: B12	Biot-871.043	A1: Checras	T12: B12	A2: Gorgor	T12: B12	A3: Viñac	T12: B12
	T13: B13	Serranita	A1: Checras	T13: B13	A2: Gorgor	T13: B13	A3: Viñac	T13: B13
	T14: B14	Yungay	A1: Checras	T14: B14	A2: Gorgor	T14: B14	A3: Viñac	T14: B14

Nota. La aleatorización de los tratamientos fue independiente para cada localidad de estudio. Loc. = Localidad, Trat. = Tratamiento. Elaboración propia (2022).

Anexo 23

Análisis de la normalidad y homogeneidad de varianza para las variables



Nota. Las formas del embudo para la primera gráfica pueden sugerir heterogeneidad de varianzas, mientras que las desviaciones de la línea normal teórica son síntomas de falta de normalidad para las variables, a) número de brotes, b) pérdida de peso y c) dormancia.

“Interacción genotipo por ambiente en el comportamiento post cosecha de papas biofortificadas con Fe y Zn en tres localidades de la región Lima”

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%	5%	0%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.undc.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Activo		