

COMPORTAMIENTO POSTCOSECHA DE PAPAS BIOFORTIFICADAS CON HIERRO Y CINCO EN TRES LOCALIDADES DE LA REGIÓN LIMA-PERÚ

Jorge A. Luis Vilcamiza¹ y Betsabe Leon Ttacca¹

RESUMEN

Los nuevos clones de papa biofortificados con hierro y cinc representan una alternativa muy valiosa para ayudar a combatir la anemia en la población. Sin embargo, requieren mayor evaluación en su comportamiento postcosecha. Se evaluó el comportamiento postcosecha en 12 de los nuevos clones, además de dos variedades comerciales. Se cultivaron estos materiales en los distritos Viñac, Gorgor y Checras de la Región Lima-Perú, y luego de la cosecha de los tubérculos, se instalaron experimentos independientes en cada localidad, para evaluar los 14 genotipos, con tres repeticiones. Se determinaron las variables pérdida de peso, brotamiento, dormancia y verdeamiento de los tubérculos, periódicamente entre 30 y 150 días. Sólo dos de los 12 clones probados mostraron un período de dormancia ligeramente superior a 60 días en la zona Viñac. En general, los clones BIOT-767.014 y BIOT-725.050 tuvieron una baja pérdida de peso y un brotamiento de dominancia apical favorable durante el período total de almacenamiento, por lo que ambos fueron considerados entre los mejores del grupo. Adicionalmente, el clon BIOT-725.050 destacó por tener el menor grado de verdeamiento. Se concluye que los clones BIOT-767.014 y BIOT-725.050 son materiales promisorios por presentar una baja pérdida de peso postcosecha, así como un mínimo brotamiento en todas las localidades.

Palabras clave adicionales: Brotación, clones, dormancia, tubérculo, verdeamiento

ABSTRACT

Post-harvest behavior of potatoes biofortified with iron and zinc in three locations of the Lima region-Peru

The new potato clones, biofortified with iron and zinc, represent a very valuable alternative to help combat anemia in the population. However, they require further evaluation in their postharvest behavior. The objective of this research was to evaluate the postharvest behavior in 12 of these new clones, along with two commercial varieties. After cultivation of the crop in the Viñac, Gorgor and Checras districts of the Lima region - Perú, tubers were harvested, and an independent experiment was conducted in each location evaluating 14 genotypes, with three repetitions. Weight loss, sprouting, dormancy and greening of the tubers were evaluated periodically between 30 and 150 days of storing. Only two of the 12 clones showed a dormancy period slightly longer than 60 days in the Viñac location. In general, clones BIOT-767.014 and BIOT-725.050 showed low weight loss and a convenient low sprouting with apical dominance for the total storage period, so both were considered among the best in the groups. Additionally, BIOT-725.050 stood out because it had the lowest greening. It is concluded that clones BIOT-767.014 and BIOT-725.050 are promising materials because they present low postharvest weight loss, as well as low sprouting and low degree of greening.

Additional Keywords: Clones, dormancy, greening, sprouting, tuber

Editor Asociado: Dra. Marie Tamara González

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el tercer producto para consumo humano más importante del mundo, después del arroz y del trigo. Perú es el primer productor de papa de la región y, en abril de 2024, la producción registró 1 millón 449 mil 642 toneladas, destacando las zonas de Puno, Ayacucho, La Libertad y Cusco, las cuales concentraron el 71,3 % del total nacional (INEI, 2024).

Desde el año 2004 se han desarrollado investigaciones por parte de instituciones de países como Perú, Bolivia y Filipinas (Haas *et al.*, 2005; Gabriel *et al.*, 2014; Burgos, 2017) para lograr la biofortificación de la papa. Esto, con el objeto de que los tubérculos cuenten con alto contenido de Fe y Zn como una alternativa posible para combatir la anemia en la población a nivel mundial (Salas *et al.*, 2021).

En el mundo muchas personas padecen

Recibido: Mayo 27, 2025

Aceptado: Noviembre 18, 2025

¹Universidad Nacional de Cañete, Facultad de Ciencia Agraria, Escuela profesional de Agronomía. Perú.
e-mail: jorgelv1717@gmail.com; bleon@undc.edu.pe (autor de correspondencia).

desnutrición, con las tasas más altas en los países en desarrollo, donde el hierro y el cinc representan las insuficiencias críticas de micronutrientes (Burgos, 2017). En niños la deficiencia de hierro afecta el crecimiento físico, el desarrollo cognitivo y la inmunidad; mientras que, en adultos causa fatiga y reduce la capacidad de trabajo (Ruel y Levin, 2000). Por su parte, la deficiencia de cinc puede repercutir en el crecimiento y el desarrollo infantil, debilitar la función inmunitaria y generar posibles problemas de fertilidad en la adultez (Gibson, 2012).

Aumentar la concentración de hierro y cinc en cultivos básicos se ha logrado mediante mejoramiento genético; así como se ha enriquecido el contenido de micronutrientes del arroz y frijoles a través de mejoramiento convencional (Welch y Graham, 2004).

Los nuevos clones de papas biofortificadas cuentan con poca información con respecto a indicadores postcosecha en diferentes localidades, por lo que es importante estudiar su comportamiento luego de almacenados, porque puede afectar directamente la calidad del producto. La pérdida de calidad de los tubérculos durante el almacenamiento se debe principalmente a la pérdida de peso, excesivo brotamiento y verdeamiento, los cuales entre otros, está en función del genotipo de la papa (Jaiswal *et al.*, 2023; Gikundi *et al.*, 2023).

La pérdida de peso ocurre principalmente por el proceso de transpiración en los tubérculos después de la cosecha, modulado por las condiciones del almacenamiento. También es fundamental la presencia de la peridermis, que limita la evaporación del agua del tubérculo, y es crucial para su conservación y calidad comercial (Moreira *et al.*, 1994).

Un excesivo brotamiento tiende a arrugar el tubérculo y le confiere un sabor poco agradable; es un signo de envejecimiento o de condiciones inapropiadas en el almacén. De acuerdo con su magnitud, la brotación puede ser de dominancia apical, parcial o múltiple. Por su parte, el verdeamiento de la papa ocurre por la síntesis de clorofila bajo el estímulo de luz, natural o artificial posterior a la cosecha, a consecuencia de la transformación de los amiloplastos en cloroplastos. Los efectos de la intensidad y la duración de la luz pueden ser acumulativos, de manera que varias exposiciones a la luz en

periodos cortos y de poca intensidad, pueden al final dar lugar a tubérculos sensibles a un verdeo intenso (Geldres y Skrabonia, 2014).

Vijay *et al.* (2016) señalaron que, en general, al almacenar los tubérculos a baja temperatura (8-12 °C) y alta humedad relativa (85-90 %), se puede lograr una vida útil de hasta 6-9 meses, tiempo durante el cual la acumulación de azúcar es mínima. Sin embargo, una vez que termina el período natural de dormancia (6-8 semanas, dependiendo de la variedad y las condiciones del almacenamiento) comienza el brotamiento, una característica que afecta la calidad de consumo del tubérculo. En las zonas montañosas de los trópicos, la papa se puede almacenar sin necesidad de refrigeración, y puede durar por ejemplo hasta 4 meses en Etiopía, a temperatura de 7,8 °C y humedad relativa (HR) de 87,1 % (Degebasa, 2020).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento postcosecha de clones de papa biofortificados con hierro y cinc, luego del almacenamiento por diferentes períodos de tiempo, a fin de facilitar la selección de los más aptos para los diferentes ambientes de los distritos Viñac, Gorgor y Checras de la Región Lima-Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó desde el mes de abril hasta agosto de 2022, simultáneamente en tres zonas geográficas, empleando 12 clones de papa biofortificada con hierro y cinc, y dos variedades comerciales para consumo, siendo las dos más utilizadas en estas zonas de producción (Cuadro 1).

Las zonas geográficas para realizar el estudio fueron determinadas estratégicamente por el Centro Internacional de la Papa– CIP (Salas *et al.*, 2021) y correspondieron a tres provincias de la Región Lima, de manera que se instalaron tres ensayos independientes en los distritos Viñac, Gorgor y Checras, donde las plantas recibieron similar manejo hortícola. Las condiciones de temperatura del aire registradas por la estación meteorológica aledaña al área experimental de cada zona, destacan que el promedio fue mayor en Viñac (14,1 °C), seguido por Checras (13,2 °C) y Gorgor (10,2 °C) (Cuadro 2).

Inicialmente, se cultivaron los materiales antes mencionados en cada distrito, y luego de la

cosecha de los tubérculos se diseñó un ensayo en parcelas divididas con tres repeticiones donde la

parcela principal fue el distrito (con tres niveles) y las subparcelas los genotipos (con 14 niveles).

Cuadro 1. Clones (12) y variedades (2) de papa objeto del estudio.

Clones						Variedades
BIOT-507.311	BIOT-637.001	BIOT-721.245	BIOT-725.024	BIOT-725.050	BIOT-767.014	Serranita (INIA-309)
BIOT-633.294	BIOT-721.074	BIOT-721.286	BIOT-725.047	BIOT-735.105	BIOT-871.043	Yungay

Cuadro 2. Ubicación geográfica de las zonas cultivadas con papa y condiciones climáticas durante etapa de almacenamiento (promedio diario durante 6 meses).

Prov.	Distrito	Comunidad	Latitud (S)	Longitud (W)	Altitud (msnm)	T max (°C)	T min (°C)	T prom (°C)	HR max (%)	HR min (%)	HR prom (%)
Y	Viñac	Grau	12°55'	75°46'	3452	21,1	7,0	14,1	80,2	76,6	78,4
H	Checras	Canin	10°55'	76°49'	3660	17,4	9,0	13,2	81,8	76,5	79,2
C	Gorgor	Nunumia	10°37'	77°02'	3595	10,7	9,7	10,2	95,2	76,0	85,6

Prov.: Provincias; Y: Yauyos; C: Cajatambo; H: Huaura

La cosecha se realizó manualmente a los 150 días después de la siembra (dds), e inmediatamente, los tubérculos, sin recibir tratamientos de curado, fueron almacenados en platos plásticos de 25 cm de diámetro sobre mesones de madera. Éstos estaban dentro de una instalación cerrada, no refrigerada, en la misma finca, con muy poca luz difusa. Se utilizaron 14 platos con 10 tubérculos (peso promedio, 80 g) de cada genotipo en cada distrito y repetición, y periódicamente se determinaron las siguientes variables:

1) Porcentaje de pérdida de peso (a los 30, 90 y 150 dds), para lo cual se utilizó una balanza (Yang mod. Cook Book con 0,1 g de precisión); se

tomaron los pesos en dos mediciones sucesivas y la diferencia se expresó como porcentaje con relación al peso inicial.

2) Brotamiento (número de brotes por tubérculo) a los 30, 90 y 120 dds, el cual se clasificó como de dominancia apical (menos de 2 brotes), parcial (2-3 brotes) y múltiple (más de 3 brotes).

3) Dormancia, representada por el tiempo transcurrido para el inicio de la aparición de brotes (al menos un brote mayor a 3 mm, según el Centro Internacional de la Papa- CIP).

4) Verdeamiento (150 dds), representado por el grado de verdor de la superficie del tubérculo según una escala cualitativa del 0 al 9 (Figura 1).

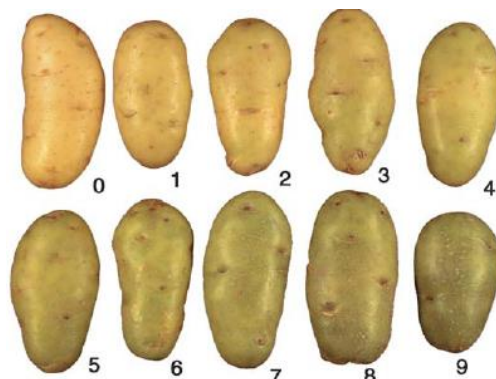


Figura 1. Escala de verdeamiento del tubérculo de papa empleada en este estudio (tomado de Grunenfelder *et al.*, 2006).

El procesamiento estadístico de los resultados se realizó mediante análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey ($p \leq 0,05$), excepto para la variable verdeamiento en la cual se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y comparación de medianas por la prueba de Dunn ($p \leq 0,05$). En todos los análisis se emplearon los programas R-Studio e infoStat/Lv 2020. Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación lineal (Pearson) entre la temperatura promedio de los distritos y la pérdida de peso del tubérculo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida del peso fresco. El almacenamiento de los tubérculos presentó un incremento significativo en el porcentaje de pérdida de peso a medida en que transcurrió el tiempo; este aumento fue muy notorio y consistente en todos los genotipos al avanzar desde los 30 y 90 hasta los 150 días en las tres zonas estudiadas (Cuadro 3). Así mismo, hubo diferencias marcadas entre los genotipos. Sin embargo, no se detectó interacción importante entre el distrito y los genotipos para la pérdida de peso (Cuadro 4).

Al considerar la pérdida total de peso (150 días), la menor pérdida total de peso, con valores inferiores al 9 %, la presentaron los clones BIOT-767.014 y BIOT-725.050 en los tres distritos, con diferencias estadísticas ($p \leq 0,05$) con relación al clon BIOT-871-043 en Viñac, el clon BIOT-721-074 en Checras y la variedad Serranita en Gorgor. Los clones BIOT-767.014 y BIOT-725.050 mostraron poca pérdida de turgencia, lo cual favorecería su durabilidad para la comercialización y consumo.

Por el contrario, la variedad Serranita mostró una alta pérdida de peso (entre 17,42 y 18,0 %) en las tres localidades bajo estudio, y el clon BIOT-721.074 presentó la mayor pérdida de peso ($p \leq 0,05$) en Checras y ocupó el segundo lugar en los promedios de Viñac y Gorgor. Se destaca que ambos genotipos tuvieron un comportamiento semejante en los tres distritos. Al comparar las variedades bajo estudio, en general, Yungay destacó por presentar las menores pérdidas de peso, y Serranita por las mayores en la generalidad de los casos (Cuadro 3).

La pérdida total de peso durante el almacenamiento mostró cierta asociación con la temperatura y HR diaria promedio registrada en los diferentes distritos (Cuadro 2). Por ejemplo, en el distrito Gorgor, con la menor temperatura

promedio (10,2 °C) y la mayor HR (85,6 %), se produjo la menor pérdida de peso (11,56 %); mientras que en Viñac, con la mayor temperatura (14,1 °C) y menor HR (78,4 %) se obtuvo la mayor pérdida. La misma tendencia, con valores intermedios, se observa en el distrito de Checras. El análisis de correlación lineal (Pearson) reveló una asociación significativa entre la temperatura y la pérdida de peso del tubérculo ($r=0,340$; $p\text{-valor}=0,028$).

Es de hacer notar que, según Woodwell *et al.* (2009), la temperatura y HR más apropiada para el almacenamiento de la papa es de 5,5 a 10 °C y de 90 a 95 % HR, lo que ubicaría a la localidad de Gorgor como la más apta para conservar la papa de forma natural, sin refrigeración.

En otras investigaciones realizadas en el cultivo de papa, Materano *et al.* (2011) y Khanal y Bhattacharai (2020) indicaron que las pérdidas durante el almacenamiento fueron mínimas a bajas temperaturas por 7 u 8 semanas; mientras que Magdalena y Dariusz (2018) encontraron pérdidas de peso de 10,8 % en almacenamiento a 8 °C. Por su parte, 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. Los cambios en la calidad de la papa se derivan de la pérdida de humedad, así como, por la respiración y modificaciones en los azúcares durante el almacenamiento (Kuyu *et al.*, 2019); la baja temperatura ralentiza la actividad metabólica de los tubérculos de papa retardando de esta forma la pérdida peso. El grosor de la peridermis es otra característica importante que previene la pérdida de masa fresca; sin embargo, en este estudio no se realizó curado a los tubérculos, una práctica que tiende a favorecer la consolidación de esta cubierta protectora por lo que no se descarta que este hecho pudiera haber permitido una mayor pérdida de agua.

Por su parte, al considerar los efectos del genotipo, Upadhyaya *et al.* (2021) indicaron que, luego de 80 días de almacenamiento a 18,2 °C y 96 % HR, hubo diferencias en la pérdida de peso al comparar diferentes genotipos de papa. En general, la pérdida del peso fresco de la papa se incrementó con el tiempo y con la mayor temperatura de almacenamiento, a la vez que dependió del genotipo del tubérculo. Similares resultados fueron hallados por Raghuvanshi *et al.* (2018) y Emragi *et al.* (2022).

Cuadro 3. Pérdida de peso (%) en doce clones biofortificados y dos variedades de papa durante tres tiempos de almacenamiento en tres distritos de la Región Lima.

Distrito	Genotipo	Días de almacenamiento		
		30	90	150
Viñac	BIOT-507.311	1,25 a	6,00 ab	13,52 ab
	BIOT-633.294	1,52 a	7,52 ab	15,36 ab
	BIOT-637.001	1,92 a	7,27 ab	17,10 ab
	BIOT-721.074	1,06 a	5,15 ab	17,42 ab
	BIOT-721.245	1,34 a	5,06 ab	12,85 ab
	BIOT-721.286	1,54 a	9,36 ab	17,06 ab
	BIOT-725.024	1,15 a	5,42 ab	13,63 ab
	BIOT-725.047	1,09 a	4,94 ab	14,72 ab
	BIOT-725.050	0,82 a	3,25 b	8,18 b
	BIOT-735.105	1,54 a	6,10 ab	17,24 ab
	BIOT-767.014	1,17 a	4,98 ab	8,82 b
	BIOT-871.043	2,07 a	10,54 a	22,45 a
	Serranita	1,25 a	5,27 ab	17,42 ab
	Yungay	0,93 a	2,44 b	8,21 b
Checras	BIOT-507.311	2,85 b	6,95 b	8,20 b
	BIOT-633.294	5,21 ab	10,10 ab	13,15 ab
	BIOT-637.001	4,78 ab	10,92 ab	16,21 ab
	BIOT-721.074	8,05 a	14,65 a	22,27 a
	BIOT-721.245	4,95 ab	8,61 b	10,82 b
	BIOT-721.286	5,05 ab	10,28 ab	16,18 ab
	BIOT-725.024	5,05 ab	8,27 b	13,95 ab
	BIOT-725.047	6,03 ab	11,71 ab	17,04 ab
	BIOT-725.050	3,81 b	6,60 b	8,30 b
	BIOT-735.105	7,70 a	12,16 ab	16,15 ab
	BIOT-767.014	5,24 ab	6,82 b	8,75 b
	BIOT-871.043	5,11 ab	11,23 ab	17,43 ab
	Serranita	7,31 a	12,22 ab	17,43 ab
	Yungay	5,15 ab	10,25 ab	13,00 ab
Gorgor	BIOT-507.311	3,02 a	6,45 b	8,71 b
	BIOT-633.294	3,02 a	7,05 b	13,93 ab
	BIOT-637.001	4,05 a	7,15 b	13,15 ab
	BIOT-721.074	4,91 a	7,05 b	14,95 ab
	BIOT-721.245	3,95 a	7,20 b	10,05 b
	BIOT-721.286	4,05 a	6,92 b	12,35 ab
	BIOT-725.024	3,20 a	6,04 b	9,90 b
	BIOT-725.047	4,05 a	7,10 b	12,06 ab
	BIOT-725.050	3,52 a	4,92 b	7,90 b
	BIOT-735.105	4,12 a	6,42 b	10,25 b
	BIOT-767.014	3,10 a	5,02 b	6,92 b
	BIOT-871.043	3,12 a	7,15 b	15,05 ab
	Serranita	3,75 a	9,90 a	18,00 a
	Yungay	2,95 a	5,75 b	8,65 b

Medias con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). $n = 3$

Brotamiento. En cuanto a la emisión total de brotes en los tubérculos (120 días), la interacción entre los factores distrito y genotipo alcanzó un p -valor de 0,085, aunque no significativo (Cuadro 4). El menor número de brotes correspondió principalmente a los clones BIOT-507.311, BIOT-725.050 y BIOT-767.014, así como a las variedades Yungay y

Serranita, los que presentaron en ese tiempo un solo brote, en promedio, en los tres distritos. Según Carli *et al.* (2016), este tipo de brotamiento se produce por dominancia apical. A los 30 días, sólo se manifestaron unos pocos brotes, fundamentalmente en la zona Viñac (Cuadro 5).

Cuadro 4. Análisis de varianza (ANOVA) de las variables pérdida de peso y brotamiento durante 150-120 días de almacenamiento de doce clones biofortificados y dos variedades de papa en tres distritos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Pérdida de peso		Brotamiento	
		F	p-valor	F	p-valor
Sub-parcela (SP)	125	-	-	-	-
Parcela principal (PP)	8	-	-	-	-
- Distrito (D)	2	8,24	0,038*	7,19	0,047*
- Rep (R)	2	-	-	-	-
- Error PP (D x R)	4	-	-	-	-
Genotipo (G)	13	2,72	0,003**	1,98	0,034*
D x G	26	1,33	0,112 ns	1,51	0,085 ns
Error SP	78				

ns: No significativo

Asimismo, se observó que los clones BIOT-725.047, BIOT-725.024, BIOT-721.074 y BIOT-721.286 presentaron entre dos y tres brotes por tubérculo, en promedio, y mostraron un brotamiento de dominancia parcial; mientras que los clones BIOT-633.294, BIOT-637.001, BIOT-721.245, BIOT-735.105 y BIOT-871.043, con valores superiores a tres brotes, mostraron una dominancia múltiple (Figura 2). La dominancia múltiple representa un alto número de brotes en el tubérculo lo que ocasiona una elevada pérdida de peso en relativamente poco tiempo, generando papas con poca firmeza y bajo valor de consumo.

En general, las variedades presentaron promedios de brotamientos menores que la mayoría de los clones. De igual manera, el almacenamiento de la papa en un ambiente cerrado habría favorecido la conservación de la hidratación y un incremento significativo de la tasa de brotamiento en los tubérculos (Nyankanga *et al.*, 2018; Visse *et al.*, 2021).

Dormancia. Las evaluaciones realizadas para detectar el inicio de la formación de brotes mayores a 3 mm, mostraron que, con la excepción de los clones BIOT-767.014 y BIOT-725.050, los tubérculos de los clones de papa biofortificada provenientes de Viñac (distrito con la mayor temperatura), ya habían perdido la dormancia a los 60 días de almacenamiento. Es de destacar que estos clones fueron los mismos que mostraron la menor pérdida de peso en dicho distrito, lo que pudiera sugerir que una mayor hidratación del tubérculo permitiría extender su período de dormancia. Por su parte, en Gorgor, caracterizada por una menor temperatura, la mayoría de los clones mantuvieron la dormancia a los 80-90 días, con excepción del clon BIOT-637.001 que perdió la

dormancia a los 70 días de almacenamiento. Igualmente, en Checras, los clones BIOT-663.294, BIOT-871.043, BIOT-721.074 y BIOT-725.050 perdieron la dormancia entre los 60 y 80 días, mientras que el resto aún resistía a los 90 días de almacenamiento (Figura 3). De igual forma, la variedad Yungay mantuvo la dormancia a los 90 días de almacenaje en cualquiera de los distritos, una característica que se considera importante para la vida útil de la papa. Al respecto, Villacrés *et al.* (2020) encontraron que el periodo de dormancia de la papa variedad Chola, superó los 40 días de monitoreo sin demostración visible del crecimiento de brotes, lo cual permitió reducir las pérdidas postcosecha del producto, , mientras que Paredez y Velásquez observaron que, en tubérculos de oca (*Oxalis tuberosa*) en almacenamiento, el período de dormancia sólo se extendió hasta 30 días. Haider *et al.* (2019) señalaron que un manejo basado en el empleo de reguladores de crecimiento o aplicaciones de descargas eléctricas en papa lograron disminuir el brotamiento y el tiempo de dormancia del tubérculo. Así mismo, Rodríguez y Moreno (2010) y Velástegui *et al.* (2018) señalaron que un factor importante que contribuye a la pérdida de la dormancia es el mecanismo que controla la asignación de azúcares, el cual se inicia con un meristemo apical dormante aislado simplásticamente. Mientras que, Viola *et al.* (2007) indicaron que este aislamiento retarda la conversión de los carbohidratos almacenados, en azúcares disponibles para el inicio de la brotación. Los cambios fisiológicos en la papa al inicio del brotamiento generan un incremento de los azúcares reductores, lo cual se debe a la conversión enzimática del almidón y la sacarosa, y la disminución de la tasa

de respiración (Amjad *et al.*, 2020). Magdalena y Dariusz (2018) encontraron que el inicio del brotamiento dependió de la variedad, y que el almacenamiento a 5 °C retrasó el brotamiento hasta en 50 días con respecto al almacenaje a 8 °C. En el

caso bajo estudio, el tiempo de dormancia probablemente estuvo asociado al ambiente en el que se almacenó el tubérculo, particularmente en las zonas de Viñac y Checras, donde las temperaturas medias excedieron los 8 °C (Cuadro 2).

Cuadro 5. Número de brotes por tubérculo en doce clones biofortificados y dos variedades de papa durante tres tiempos de almacenamiento en tres distritos de la Región Lima.

Distritos	Genotipo	Días de almacenamiento		
		30	90	120
Viñac	BIOT-507.311	0,90 a	1,0 e	1,20 e
	BIOT-633.294	0,61 a	2,28 cd	4,22 bc
	BIOT-637.001	1,61 a	3,32 bc	4,16 bc
	BIOT-721.074	0,79 a	2,40 cd	1,65 de
	BIOT-721.245	1,0 a	3,0 bc	4,40 bc
	BIOT-721.286	0,20 a	2,80 bc	3,80 c
	BIOT-725.024	0,94 a	1,81 de	2,42 d
	BIOT-725.047	1,0 a	1,55 de	1,88 de
	BIOT-725.050	0,61 a	1,10 e	1,60 de
	BIOT-735.105	1,0 a	3,84 ab	5,10 ab
	BIOT-767.014	0,45 a	0,95 e	1,15 e
	BIOT-871.043	1,61 a	4,60 a	5,87 a
	Serranita	1,12 a	1,50 de	1,81 de
	Yungay	0,20 a	1,50 de	1,79 de
Checras	BIOT-507.311	0 a	1,20 d	1,90 de
	BIOT-633.294	0,38 a	2,30 bc	3,20 c
	BIOT-637.001	0,10 a	2,30 bc	3,45 c
	BIOT-721.074	0,10 a	1,45 cd	2,20 d
	BIOT-721.245	0,80 a	3,15 b	4,20 b
	BIOT-721.286	0,10 a	1,84 cd	2,60 d
	BIOT-725.024	0 a	1,38 cd	1,65 de
	BIOT-725.047	0 a	1,56 cd	2,40 d
	BIOT-725.050	0 a	1,05 d	1,45 de
	BIOT-735.105	1,22 a	4,20 a	5,45 a
	BIOT-767.014	0 a	1,0 d	1,10 e
	BIOT-871.043	0,40 a	2,90 b	4,30 b
	Serranita	0,04 a	0,95 d	1,50 de
	Yungay	0,14 a	1,60 cd	2,10 de
Gorgor	BIOT-507.311	0 a	1,10 c	1,40 cd
	BIOT-633.294	0,20 a	2,04 b	2,64 bc
	BIOT-637.001	1,0 a	2,46 ab	3,28 b
	BIOT-721.074	0 a	1,54 c	2,05 c
	BIOT-721.245	0 a	2,80 a	3,05 b
	BIOT-721.286	0,21 a	2,27 ab	2,80 bc
	BIOT-725.024	0 a	1,37 c	1,60 cd
	BIOT-725.047	0,04 a	1,20 c	1,44 cd
	BIOT-725.050	0,04 a	0,84d	1,05 d
	BIOT-735.105	0 a	2,24 ab	2,95 b
	BIOT-767.014	0 a	1,18 c	1,25 cd
	BIOT-871.043	0,12 a	2,84 a	3,95 a
	Serranita	0 a	1,38 c	1,48 cd
	Yungay	0 a	1,25 c	1,55 cd

Medias con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). n = 3

Verdeamiento. En cuanto al verdeamiento de los tubérculos luego de 150 días de estar almacenados, el clon que mostró el comportamiento más favorable (menor verdeamiento) fue el BIOT-725.050 en contraposición al BIOT-507.311 el cual presentó el valor más desfavorable entre todos los clones, con diferencias muy marcadas entre sí ($p \leq 0,05$). El resto de los clones tuvo valores intermedios. Luego del clon BIOT-725.050, el BIOT-633.294 presentó un verdeamiento de grado 2 (Figura 1), el cual también se considera adecuado para el almacenamiento a largo plazo. Es notorio que la

variedad Yungay fue el material con el mayor verdeamiento, superando significativamente a los doce clones estudiados (Figura 4). El verdeamiento se produce por la 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 (Velásquez *et al.*, 2013; Tanios *et al.*, 2018). En este caso se descartaría el efecto de la luminosidad porque los tubérculos se mantuvieron en una instalación cerrada con muy poca luz difusa.

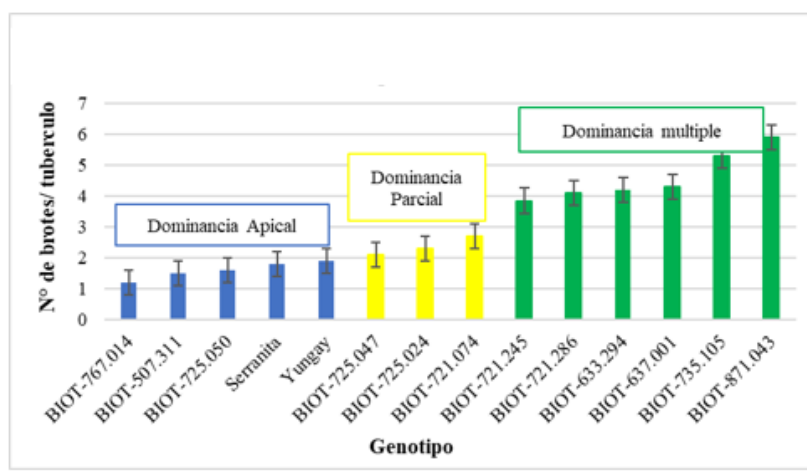


Figura 2. Tipo de brotamiento de los clones de papa biofortificada en promedio de los tres distritos en estudio. Las barras indican el error estándar de las comparaciones entre los clones y variedades en estudio. $n = 9$

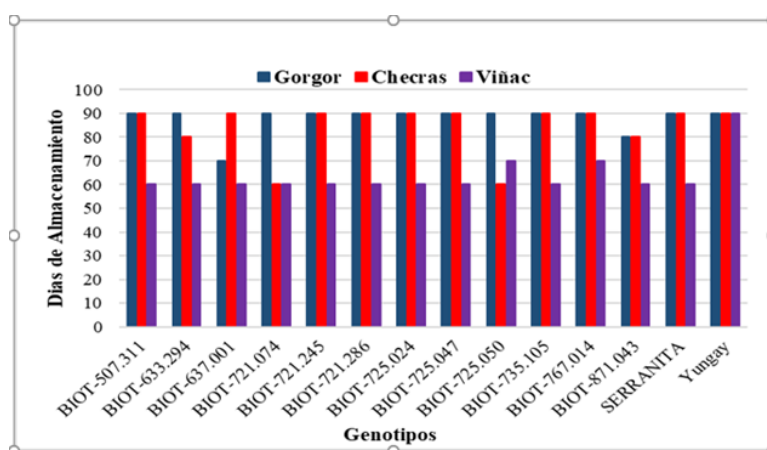


Figura 3. Pérdida promedio de dormancia (días de almacenamiento) en doce clones y dos variedades de papa cultivadas en Gorgor, Checras y Viñac de la Región Lima. $n = 3$

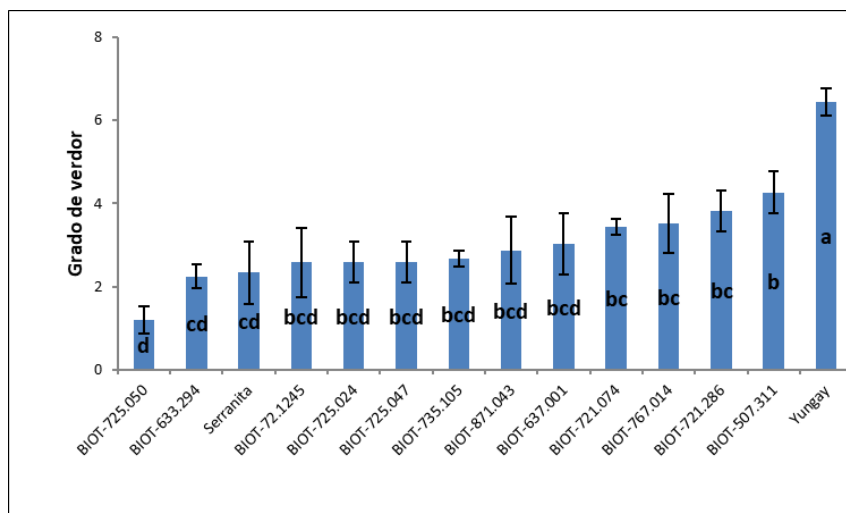


Figura 4. Verdeamiento del tubérculo en doce clones biofortificados y dos variedades de papa, en promedio, de los tres distritos en estudio. El grado de verdor se indica según la escala de Grunenfelder *et al.* (2006). Las barras indican el error estándar, y prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y Dunn ($p \leq 0,05$). $n = 9$

CONCLUSIONES

El comportamiento postcosecha de los clones de papa biofortificada con hierro y cinc señaló que estos materiales pueden ser considerados para su almacenamiento en las localidades de Viñac, Gorgor y Checras, de la Región Lima -Perú.

Los clones BIOT-767.014 y BIOT-725.050 destacaron entre los mejores del grupo, por lo que se les considera como materiales promisorios por presentar una baja pérdida de peso postcosecha (inferior al 9 %) y un mínimo brotamiento en los tres distritos. En general, los clones presentaron mayor brotación que las variedades.

La mayor pérdida de peso y de dormancia del tubérculo se relacionaron directamente con la mayor temperatura del distrito (Viñac), y lo contrario ocurrió en aquel con menor temperatura (Gorgor).

LITERATURA CITADA

1. Amjad, A., M.S. Javed, A. Hameed, M. Hussain y A. Ismail. 2020. Changes in sugar contents and invertase activity during low temperature storage of various chipping potato cultivars. *Food Sci. Technol.* 40(2): 340-345.
2. Burgos, G. 2017. Papas biofortificadas con hierro y zinc. *Revista Agro Noticias* 439: 26-28.
3. Carli, C., E. Mihovilovich y M. Bonierbale. 2016. Procedures for standard evaluation and data management of advanced potato clones. Module 4: Assessment of dormancy and sprouting behavior of elite and advanced clones. *International Cooperators' Guide*. Lima. International Potato Center. pp. 3-19.
4. Degebasa, A.C. 2020. Prospects and challenges of postharvest losses of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Ethiopia. *Global Journal of Nutrition & Food Science* 2(5): 1-10.
5. Emragi, E., D. Kalita y S. Jayanty. 2022. Effect of edible coating on physical and chemical properties of potato tubers under different storage conditions. *LWT-Food Science and Technology* 153: 112580.
6. Gabriel, J., R. Botello, A. Angulo, J. Velasco y F. Rodríguez. 2014. Contenido de hierro y zinc en variedades y clones mejorados de papas (*Solanum tuberosum* L.) de Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa* 18(1): 141-155.
7. Geldres, A.V. y C.M. Skrabonja. 2014. Almacenamiento de la semilla de papa bajo

- condiciones de luz difusa. Pueblo Cont. 25(2): 93-101.
8. Gibson, R.S. 2012. Zinc deficiency and human health: etiology, health consequences, and future solutions. *Plant and Soil* 361(1): 291-299.
 9. Gikundi, E.N., A.K. Buzera, I.N. Orina y D.N. Sila. 2023. Storability of Irish potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties grown in Kenya, under different storage conditions. *Potato Research* 66(1): 137-158.
 10. Grunenfelder, L., L.K. Hiller y N.R. Knowles. 2006. Color indices for the assessment of chlorophyll development and greening of fresh market potatoes. *Postharvest Biology and Technology* 40: 73-81.
 11. Haider, M.W., C.M. Ayyub, A.U. Malik y R. Ahmad. 2019. Plant growth regulators and electric current break tuber dormancy by modulating antioxidant activities of potato. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 56(4): 867-877.
 12. Haas, J.D., J.L. Beard, L.E. Murray-Kolb, A.M. del Mundo, A. Felix y G.B. Gregorio. 2005. Iron-biofortified rice improves the iron stores of nonanemic Filipino women. *J. Nutr.* 135: 2823-2830.
 13. INEI (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática). 2024. Panorama Económico Departamental. Lima. <https://n9.cl/6l8y8>
 14. Jaiswal, A.K., B. Singh, A. Mehta y M. Lal. 2023. Post-harvest losses in potatoes from farm to fork. *Potato Research* 66(1): 51-66.
 15. Khanal, S. y K. Bhattarai. 2020. Study on postharvest losses in potato in different storage conditions. *Journal of Food Science and Technology Nepal* 12(12): 14-19.
 16. Kuyu, C.G., Y.B. Tola y G.G. Abdi. 2019. Study on post-harvest quantitative and qualitative losses of potato tubers from two different road access districts of Jimma zone, South West Ethiopia. *Heliyon* 5(8): e02272.
 17. Magdalena, G. y M. Dariusz. 2018. Losses during storage of potato varieties in relation to weather conditions during the vegetation period and temperatures during long-term storage. *American Journal of Potato Research* 95: 130-138.
 18. Materano, W., J. Zambrano, M. Maffei, A. Valera, I. Quintero y C. Torres. 2011. Influencia de la temperatura de almacenamiento sobre la pérdida de peso y el porcentaje de brotación en papa. *Rev. Fac. Agron. Luz* 28: 161-172.
 19. Moreira, M.A., W. González y J.J. Cortés. 1994. Análisis del crecimiento de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona norte de Cartago, Costa Rica. *Bol. Téc. Est. Exp. F. Baudrit* 27(1): 1-12.
 20. Nyankanga, R.O., W.W. Murigi y S.I. Shibairo. 2018. Effect of packaging material on shelf life and quality of ware potato tubers stored at ambient tropical temperatures. *Potato Research* 61: 283-296.
 21. Paredez, A. y F.F. Velásquez-Barreto. 2025. Sprouting and bioactive compounds of three oca (*Oxalis tuberosa*) varieties during postharvest storage. *Bioagro* 37(2): 233-244.
 22. Raghuvarshi, A., A.K. Gauraha y M.R. Chandrakar. 2018. Postharvest losses in potato and factors affecting postharvest losses at farm level in Chhattisgarh. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(3): 3122-3124.
 23. Rodríguez, L.E. y L.P. Moreno. 2010. Factores y mecanismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 28(2): 189-197.
 24. Ruel, M. y C. Levin. 2000. Assessing the potential for food-based strategies to reduce vitamin A and iron deficiencies: a review of recent evidence. FCND Discussion Paper No. 92.
 25. Salas, E., C. Bastos, C. Maccera, D. Cevallos, B. De Boeck, G. Burgos y H. Campos. 2021. Potenciales nuevas variedades de papa biofortificada con altos contenidos de hierro y cinc, para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional en agricultura familiar alto andina. Reporte Final STC. Lima (Perú). Centro Internacional de la Papa. 42 p. <https://n9.cl/dcpqj>
 26. Tanios, S., A. Eyles, R. Tegg y C. Wilson. 2018. Potato tuber greening: a review of predisposing factors, management and future

- challenges. American Journal of Potato Research 95: 248-257.
27. Upadhyaya, K.P., N. Paudela, S. Aryal, R. Simkhadab, B. Bhusal, B. Thapa *et al.* 2021. Post-harvest losses of potato genotypes at farmers' storage conditions. Sustainability in Food and Agriculture (SFNA) 2(1): 51-56.
 28. Velásquez, F., R. Mendoza e I. Aliaga. 2013. Inhibición del brotamiento de tubérculos de papas nativas (*Solanum* sp.) durante el almacenamiento postcosecha. Agroindustrial Science 3: 53-58.
 29. Velástegui-Espín, G., J. Artieda-Rojas, R. Mera-Andrade, I. López-Villacís, N. Pazmiño-Miranda y J. Espinoza-Vaca. 2018. Inhibición de la brotación del tubérculo de papa: una revisión de los métodos empleados. Journal of the Selva Andina Biosphere 6(2): 55-64.
 30. Vijay-Paul, V., R. Ezekiel y R. Pandey. 2016. Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives. Journal of Food Science and Technology 53: 1-18.
 31. Villacrés, E., M. Yáñez, M.B. Quela y T. Yáñez. 2020. Efecto de la irradiación gamma sobre las características de calidad y la durabilidad de la papa (*Solanum tuberosum*) almacenada. Avances en Ciencias e Ingenierías 12(3): 112-127.
 32. Viola, R., J. Pelloux, A. van der Ploeg, T. Gillespie, N. Marquis, A.G. Roberts y R.D. Hancock. 2007. Symplastic connection is required for bud outgrowth following dormancy in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. Plant Cell Environ. 30: 973-983.
 33. Visse-Mansiaux, M., M. Tallant, Y. Brostaux, P. Delaplace, H. Vanderschuren y B. Dupuis. 2021. Assessment of pre-and post-harvest anti-sprouting treatments to replace CIPC for potato storage. Postharvest Biology and Technology 178: 111540.
 34. Welch, R. y R. Graham. 2004. Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. J. Exp. Bot. 55: 353-356.
 35. Woodwell, L., N. Olsen y J. Wilson. 2009. Options for storing potatoes at home. University of Idaho. <https://n9.cl/7e26q> (consulta de octubre 9, 2025).

