

# Influencia de enmiendas calcáreas sobre el rendimiento y calidad para fritura de la papa variedad Bicentenaria

## Influence of limestone amendments on yield and frying quality of potatoes cv. Bicentenaria

Diana Sifuentes Zorrilla<sup>1</sup>, Edison Palomares Anselmo<sup>2</sup>, Jorge Jhoncon Kooyip<sup>3</sup>, Luis Vargas-Luna<sup>4</sup>, Edwin Macavilca Ticlayauri<sup>5</sup>, Sergio Contreras-Liza<sup>6,\*</sup>

### Resumen

La calidad de la papa para procesamiento depende de factores varietales, ambientales y de manejo del cultivo y el consumo de sus productos derivados, se ha incrementado. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de enmiendas calcáreas sobre la producción y calidad para fritura de la papa cv. Bicentenaria bajo condiciones altoandinas. La investigación se realizó en la comunidad campesina de Canin, distrito de Checras, Huaura (Lima), a una altitud de 3880 m. snm. El clima de la localidad es húmedo y frío, con una precipitación anual de 800 mm y suelos ácidos, de textura franco-arcillosa. Se aplicaron cinco tratamientos de encalado al suelo (cal agrícola 500 kg ha<sup>-1</sup> y carbonatita 500, 1000, 1500 y 2000 kg ha<sup>-1</sup>) y un control. Se evaluaron características agronómicas y bioquímicas del tubérculo y se realizó análisis sensorial para frituras de papa. Los datos se analizaron estadísticamente y se usó la prueba de Scott-Knott para comparar las medias de tratamiento. El encalado con carbonatita 1500 kg ha<sup>-1</sup> superó estadísticamente en peso de tubérculos al resto de tratamientos y fue similar al control; el tratamiento con carbonatita 1000 kg ha<sup>-1</sup> tuvo mayor efecto sobre el peso medio del tubérculo. Los tratamientos con cal agrícola o carbonatita, redujeron significativamente ( $p < 0,05$ ) el contenido de glucosa en el tubérculo respecto al control. Las pruebas sensoriales fueron significativas para los tratamientos de encalado para color de las hojuelas. El encalado del suelo influyó en algunas características agronómicas y parámetros bioquímicos del tubérculo, así como en la evaluación sensorial de las hojuelas de papa.

**Palabras clave:** Papa para fritura, azúcar en el tubérculo, evaluación sensorial, encalado del suelo, carbonatita.

### Abstract

The quality of potatoes for processing depends on varietal, environmental and crop management factors, and the consumption of potato products has increased. The objective of the research was to determine the effect of calcareous amendments on the production and frying quality of potatoes potato cv. Bicentenaria under high Andean conditions. The research was carried out in the rural community of Canin at Checras district (Lima) altitude of 3880 masl. The climate of the locality is humid and cold, with an annual rainfall of 800 mm and acid soils (pH 5.0) of sandy-clay texture. Five liming treatments and a control without liming were applied to the soil (agricultural lime 500 kg ha<sup>-1</sup> and carbonatite 500, 1000, 1500 and 2000 kg ha<sup>-1</sup>). Agronomic and biochemical characteristics of the tuber were evaluated and sensory analysis was performed for potato frying. Data were analyzed statistically and the Scott-Knott test was used to compare treatment means. Liming with carbonatite 1500 kg ha<sup>-1</sup> statistically outperformed the other treatments in tuber weight and was similar to the control; treatment with carbonatite 1000 kg ha<sup>-1</sup> had a greater effect on mean tuber weight. The treatments with agricultural lime or carbonatite significantly reduced ( $p < 0.05$ ) the glucose content in the tuber with respect to the control. Sensory tests were significant for liming treatments for chip color. Soil liming influenced some agronomic characteristics and biochemical parameters of the tuber, as well as the sensory evaluation of potato chips.

**Keywords:** Frying potato, tuber sugar, sensory evaluation, soil liming, carbonatite.

**Recibido:** 27/09/2023

**Aceptado:** 26/08/2024

**Publicado:** 29/08/2024

**Sección:** Artículo Original

\*Autor correspondiente: [scontreras@unjfsc.edu.pe](mailto:scontreras@unjfsc.edu.pe)

### Introducción

El cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) se ha extendido desde los Andes en América del Sur, su lugar de origen, a más de 160 países de todo el mundo y el consumo de papa fresca ha disminuido, mientras que los productos procesados han aumentado en popularidad (FAO, 2008). Debido a que la papa se ha convertido en un alimento básico en la dieta de un número cada vez mayor de personas, las diferencias en la composición nutricional de la papa adquieren un gran impacto en la salud de la población. Es un alimento rico en hidratos de carbono, energético y con poca grasa; contiene algunas

<sup>1</sup> Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Lima. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2542-2508>

<sup>2</sup> Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Lima. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6883-1332>

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Enrique Guzmán y Valle 951, Lurigancho-Chosica 15472, Lima. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0119-6223>

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Barranca, Jr. Toribio de Luzuriaga 376, Barranca-15169, Lima. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1121-0874>

<sup>5</sup> Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Lima. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8404-776X>

<sup>6</sup> Universidad Nacional Jose Faustino Sánchez Carrión, Av. Mercedes Indacochea 609, Huacho, Lima. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6895-4332>

**Como citar:** Sifuentes Zorrilla, D., Palomares Anselmo, E., Vargas Luna, L. P., Contreras-Liza, S., Macavilca Ticlayauri, E., & Jhoncon Kooyip, J. (2024). Influencia de enmiendas calcáreas sobre el rendimiento y calidad para fritura de la papa variedad Bicentenaria. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 26(3), 147-153. <https://doi.org/10.18271/ria.2024.583>



vitaminas (C y B), además de potasio (Camire et al. 2009). La concentración y la estabilidad de estos constituyentes se ven afectados por factores como el genotipo, técnicas agrícolas, almacenamiento y pos-cosecha, tipo de cocción y procesamiento (Ezekiel et al. 2013). Asimismo, es necesario considerar que el sector agroindustrial ha establecido normas estrictas para mantener la calidad del producto cosechado, por lo que se requieren evaluaciones de la calidad de la papa para el proceso industrial como peso específico, contenido de almidón y azúcares reductores, materia seca del tubérculo y el color de las papas, características importantes a tener en cuenta para el procesamiento (Islam et al., 2022). El contenido de azúcar en los tubérculos de papa está determinado por la variedad de papa y varios factores antes y después de la cosecha; antes de la cosecha afectan el contenido de azúcar, la madurez del cultivo, la temperatura durante el crecimiento, la nutrición mineral y el riego, mientras que los factores importantes posteriores a la cosecha son el estrés mecánico y las condiciones de almacenamiento (Kumar y Kumar, 2004).

Las carbonatitas son minerales carbonatados que pueden contener nutrientes como calcio, magnesio, fósforo entre otros componentes que cambian positivamente la geoquímica del suelo (Jones et al. 2020). La nutrición de la papa con calcio (Ca) en particular, es importante para aumentar la concentración su concentración en el tubérculo y mejorar el rendimiento y calidad; un alto contenido de calcio entre otros beneficios, reduce la incidencia del corazón vacío a través del mantenimiento de la membrana celular y la regulación de reacciones bioquímicas que conducen a la decoloración del tubérculo de papa (Gondwe et al. 2019). Se ha establecido que el calcio puede ser absorbido por las raíces y el tubérculo de papa y que el aumento de la concentración de calcio está relacionado con el aumento de la capacidad de absorción del tubérculo y con la calidad del mismo (Flis, 2019). Se ha demostrado asimismo que la aplicación de fertilizantes calcáreos durante la temporada de cultivo de papa no solo aumenta su contenido en el tubérculo, sino que también mejora la calidad del tubérculo, con una incidencia reducida de pardeamiento (Karlsson et al. 2006). Aliaga et al. (2016) hallaron influencia del pH del suelo sobre el contenido de azúcares reductores, sólidos totales y calidad de fritura de la papa cv. Capiro bajo condiciones de la Sierra Central del Perú. Uno de los problemas que se observa en este cultivo en el Perú es que las diversas variedades cultivadas no presentan características adecuadas para atender la demanda creciente de papa para procesamiento, razón por lo cual las empresas involucradas en ese rubro tienen que importar productos procesados de la papa (Amaya, 2020). Por ejemplo, en el año 2020 se importaron casi

20 mil toneladas de papas procesadas por un valor de 17 millones de dólares, siendo Países Bajos el principal proveedor con 74,4 % (Superintendencia Nacional de Administración Tributaria [SUNAT], 2021). Es necesario por lo tanto, incrementar la oferta y calidad de los productos de papa para procesamiento en el Perú. En ese sentido con esta investigación, se evalúa la aplicación de enmiendas calcáreas en suelos de la región Altoandina, para mejorar la calidad de la papa que se destina para el procesamiento como fritura.

## Metodología

### Localización

La presente investigación se realizó en su fase de campo en la Comunidad Campesina de Canín, distrito de Checras, provincia de Huaura, región Lima. Se encuentra ubicada a una altitud de 3 880 m. snm. Ubicación geográfica :150804, Latitud Sur: 10° 57' 25.7" S (-10.95713172000), Longitud Oeste: 76° 48' 55.8" W (-76.81551186000). La fase de análisis de Laboratorio se desarrolló en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión y en el Centro Internacional de la Papa (Lima) (Ver Figura 1 en archivo anexo)

### Características del lugar experimental

Climatología: Según los registros existentes, la localidad posee un clima polar (Clasificación climática de Köppen: ET), de tipo húmedo y frígido con precipitaciones promedio anual estimadas de 800 mm. La temperatura media anual máxima es de 10,9 C y la media anual mínima de 6,5 C, llegando en las noches a temperaturas de congelación. El promedio máximo de precipitación total por año es de 1 722 mm y el promedio mínimo de 838,4 mm. El relieve topográfico es por lo general accidentado con laderas fuertes. El escenario edáfico presenta generalmente suelos un tanto ácidos relativamente profundos, de textura media y pesada.

Características del suelo: Los suelos de Checras son propios de páramos y tundras andinas, originados a partir de materiales residuales de naturaleza volcánica; son generalmente suelos superficiales, limitados por abundante gravosidad en horizontes inferiores, sin desarrollo genético (INGEMMET, 2018). Se realizó un análisis de caracterización del suelo para determinar sus características físicas y químicas (Tabla 1). El análisis de caracterización del suelo de la localidad experimental mostró una reacción ácida (pH 5,05), ausencia de carbonatos de calcio (CaCO<sub>3</sub> 0,0 %), contenido intermedio de materia orgánica (MO 2,33%), sin sales (C.E. 0,05 dS/M) y textura franco arcilloso (Fr.A).

**Tabla 1.** Análisis de caracterización del suelo (Canín, Checras)

Muestra	C.E.		Análisis Mecánico							CIC	Cationes Cambiables					Sum de cationes	Sum de bases	% Sat. de Bases	
	pH	(1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	MO %	P ppm	K %	Arena %	Limo %	Arcilla %		Textura	Ca <sup>+2</sup> meq/100g	Mg <sup>+2</sup> meq/100g	K <sup>+</sup> meq/100g	Na <sup>+</sup> meq/100g				Al <sup>+3+H</sup> meq/100g
	1	4,96	0,08	0,00	1,94	5,2	868	55	27		18	Fr.A	9,60	3,24	0,87				1,61
2	5,20	0,06	0,00	3,11	5,2	856	55	27	18	Fr.A	11,8	3,92	0,73	1,94	0,10	0,25	6,95	6,70	57
3	4,52	0,03	0,00	1,49	5,7	113	49	31	20	Fr.	9,92	3,36	0,57	0,35	0,16	1,60	6,03	4,43	45
4	5,53	0,04	0,00	2,78	5,2	650	51	29	20	Fr.	9,60	3,88	1,03	2,11	0,16	0,20	7,38	7,18	75
Prom.	5,05	0,05	0,00	2,33	5,33	622	52,5	28,5	19,0		10,2	3,60	0,80	1,50	0,13	0,60	6,64	6,04	59,20

## Diseño experimental

Ensayo agronómico: El ensayo se realizó bajo el diseño experimental de bloques completos al azar y se utilizaron 6 tratamientos y 4 repeticiones por cada tratamiento; los tratamientos de encalado se pueden observar en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Tratamientos de encalado utilizados en el experimento

Tratamiento	Nivel	Fuente	kg/parcela
T1	Control	Ninguna	0,00
T2	500 kg/ha	Cal agrícola	1,44
T3	500 kg/ha	Carbonatita	1,44
T4	1000 kg/ha	Carbonatita	2,88
T5	1500 kg/ha	Carbonatita	4,32
T6	2000 kg/ha	Carbonatita	5,76

## VARIABLES EVALUADAS

**Peso y número de tubérculos:** esta evaluación se realizó al final del período vegetativo del cultivo. Se tomaron los datos de número y pesos frescos de los tubérculos, por cada tratamiento y repetición.

**Diámetro del tubérculo:** Se tomó el diámetro polar y ecuatorial de una muestra de 10 tubérculos de cada tratamiento cosechado en el campo.

**Parámetros bioquímicos:** Se midió el contenido de glucosa (mg/100 gr muestra) y de materia seca (%) de una muestra de 10 tubérculos de cada tratamiento. Estas

evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos del Centro Internacional de la Papa (Lima).

**Evaluación sensorial de frituras de papa:** se tomó una muestra de 10 tubérculos de cada tratamiento para realizar una prueba de papas fritas en bastones ("French fries") y hojuelas (chips) mediante la técnica de panel sensorial. La calificación fue realizada por escalas de color, aspecto visual, textura y sabor; se realizó en la Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental. En este estudio participaron seis jurados no calificados para realizar las pruebas en el panel sensorial.

## Técnicas para el procesamiento de la información

Se realizaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilks para las variables respecto a las suposiciones para aplicar el modelo matemático. Se utilizaron pruebas de Scott-Knott al nivel de significación del 5% para comparar los promedios de los tratamientos en las variables evaluadas, excepto para algunas en las que se realizaron Pruebas de Contrastes Ortogonales para comprobar la significación estadística al nivel 5%.

Se realizaron Pruebas de Contrastes Ortogonales para los caracteres de peso medio del tubérculo, contenido de glucosa en el tubérculo, así como para el color de hojuelas (panel sensorial). Los coeficientes para las comparaciones ortogonales utilizados para estas pruebas se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Coeficientes y contrastes ortogonales para las comparaciones entre tratamientos (5 grados de Libertad)

Tratamiento	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Comparación
Contraste 1	5	-1	-1	-1	-1	-1	Control vs. T2, T3, T4, T5, T6
Contraste 2	0	-1	-1	-1	-1	4	T2, T3, T4, T5 vs. T6
Contraste 3	0	-1	-1	-1	3	0	T2, T3, T4 vs. T5
Contraste 4	0	2	-1	-1	0	0	T2 vs. T3, T4
Contraste 5	0	0	1	-1	0	0	T3 vs. T4

Se desarrollaron pruebas sensoriales respecto a la calidad de los tubérculos para cada uno de los tratamientos. Las variables evaluadas fueron el color, sabor, textura y aspecto en una escala hedónica del 1 (muy buena) al 4 (deficiente), realizándose por separado

para hojuelas y bastones de papa. Las pruebas fueron repetidas 4 veces por cada tratamiento. Se utilizó la escala de grado (1 a 2, bueno y aceptable; 4 a 5 no aceptable o muy mala) para frituras de papa considerada por De Haan et al. (2014).

## Resultados

### Caracteres agronómicos de la papa variedad Bicentenaria

Los resultados del efecto de los tratamientos de encalado sobre los caracteres agronómicos resultaron significativos para el peso de tubérculos por planta y el peso medio del tubérculo. En la Tabla 4 se muestra que se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos para peso total de tubérculos

por planta y peso promedio del tubérculo, que son componentes del rendimiento de papa. Los tratamientos con 1500 kg de carbonatita (T5) y el control, superaron estadísticamente en peso de tubérculos por planta al resto de tratamientos. En la prueba de comparación de medias, los tratamientos con carbonatita 1000 kg (T4) y el control, resultaron superiores estadísticamente para peso promedio del tubérculo. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas para el diámetro polar (D.Polar) y ecuatorial (D.Ecuatorial) del tubérculo.

**Tabla 4.** Efecto del encalado del suelo sobre características agronómicas de la papa variedad Bicentenaria

Tratamiento	Peso total g/plant	D.Polar cm	D.Ecuatorial cm	Peso promedio g/ tubérculo
T1 control	1,63 a	9,47 a	7,60 a	0,27 a
T2	1,17 b	9,11 a	7,39 a	0,24 b
T3	0,93 b	8,74 a	7,25 a	0,23 b
T4	1,20 b	9,64 a	7,98 a	0,30 a
T5	1,50 a	8,82 a	7,25 a	0,21 b
T6	1,20 b	9,12 a	7,38 a	0,24 b
Error estándar	0,12	0,26	0,27	0,02

### Parámetros bioquímicos del tubérculo de papa variedad Bicentenaria

Los resultados del efecto de los tratamientos de encalado sobre los parámetros bioquímicos del tubérculo de papa en la variedad Bicentenaria, fueron significativos para el contenido de glucosa en el tubérculo, pero no para materia seca.

En cuanto a los parámetros bioquímicos del tubérculo, se observa en la Tablas 5, que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para el contenido de materia seca del tubérculo (%). En cuanto al contenido de glucosa en el tubérculo, se muestran diferencias estadísticas entre el control (sin encalado) y el resto de tratamientos de encalado con cal agrícola (T2) o carbonatita (T3, T4, T5, T6).

**Tabla 5.** Efecto del encalado del suelo sobre parámetros de calidad en la papa variedad Bicentenaria

Tratamiento	Materia Seca %	Glucosa mg/100 g.
T1 control	22,88 a	254,68 b
T2	21,92 a	149,68 a
T3	21,69 a	185,82 a
T4	22,52 a	173,93 a
T5	23,28 a	139,57 a
T6	23,28 a	194,07 a
Error estándar	0,95	24,33

### Evaluación sensorial del tubérculo

Las pruebas de panel (análisis sensorial) arrojaron resultados significativos para los tratamientos de

encalado en algunos parámetros de calidad del tubérculo, principalmente en el color y sabor de las hojuelas (chips).

En la Tabla 6 se muestra que el efecto del tratamiento de encalado con 500 kg de carbonatita (T3) y el tratamiento control (T1), fueron superiores ( $p < 0,05$ ) en cuanto al color de las hojuelas respecto al resto de tratamientos. Asimismo se puede advertir que en lo que respecta al sabor de las hojuelas, los tratamientos T1, T2, T4 y T6 superaron estadísticamente a los tratamientos T3 y T5, aunque el efecto no fue consistente con los niveles de encalado al suelo aplicados. No se presentaron diferencias estadísticas para la textura y aspecto externo de las hojuelas por efecto de los tratamientos.

**Tabla 6.** Efecto de los tratamientos de encalado sobre la calidad de hojuelas, panel sensorial

Tratamiento	Color	Sabor	Textura	Aspecto
T1 control	1,00 a	1,17 a	1,67 a	1,17 a
T2	1,50 b	1,00 a	1,58 a	1,50 a
T3	1,00 a	1,58 b	1,50 a	1,08 a
T4	1,75 b	1,25 a	1,83 a	1,33 a
T5	1,75 b	1,50 b	1,42 a	1,50 a
T6	1,50 b	1,08 a	1,25 a	1,25 a
Error Estándar	0,14	0,14	0,21	0,16

<sup>1</sup>El grado del producto en los parámetros sensoriales corresponde a bueno en la escala 1-2, de acuerdo a Bonierbale et al. (2010) Promedios de tratamiento con la misma letra no difieren estadísticamente ( $p > 0,05$ )

En la Tabla 7, se puede advertir que no se presentaron diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos de encalado para el grado de color, sabor, textura o aspecto de los bastones de papa (French fries), siendo que en estos parámetros de calidad para los bastones de papa var. Bicentenaria, los valores hallados fueron similares y dentro del rango de aceptabilidad

para este tipo de productos (grados 1 y 2); en cuanto al color de los bastones, los tratamientos control y T5 tuvieron una valoración ligeramente menor en cuanto al grado de oscurecimiento del producto en fritura (2,50 y 2,75 respectivamente).

**Tabla 7.** Efecto de grado<sup>1</sup> de los tratamientos sobre la calidad de Bastones, panel sensorial

Tratamiento	Color	Sabor	Textura	Aspecto
T1 control	2,50	1,25	1,08	2,00
T2	2,00	1,50	1,08	1,58
T3	2,00	1,83	1,00	1,58
T4	1,75	1,42	1,17	1,58
T5	2,75	1,42	1,00	1,92
T6	2,00	1,33	1,00	1,50
Error Estándar	0,41	0,18	0,08	0,24

<sup>1</sup>El grado del producto en los parámetros sensoriales corresponde a bueno en la escala 1-2, de acuerdo a De Haan et al. (2014).

## Discusión

Los resultados del efecto de los tratamientos de encalado sobre los caracteres agronómicos resultaron significativos para el peso de tubérculos por planta y el peso medio del tubérculo de la papa var. Bicentenario. El tratamiento con 1500 kg/ha de carbonatita (T5) superó estadísticamente en peso de tubérculos por planta al resto de tratamientos y fue similar al control (T1). Por su parte, el tratamiento con carbonatita 1000 kg/ha (T4) tuvo mayor efecto sobre el peso medio del tubérculo. Los resultados mencionados son concordantes en parte con lo hallado por Ozgen y Palta (2005), quienes afirman que la aplicación de calcio al suelo puede disminuir el número de tubérculos (mejorando por lo tanto su calibre o peso) sugiriendo que el Ca en el suelo puede influir en la tuberización de la papa. Similares efectos fueron encontrados también por Longwe et al. (2023) quienes sostienen que el encalado aumenta el rendimiento de la papa en forma sostenible.

En cuanto al calibre del tubérculo (diámetro polar y ecuatorial del tubérculo) por efecto de la aplicación de encalantes al suelo, los resultados no fueron consistentes y tuvieron un valor no significativo ( $p > 0,05$ ). La correlación entre el tamaño promedio del tubérculo y el índice glicémico (IG) ha sido observada por Soh y Brand-Miller (1999), aunque no está confirmada esta correlación (Monro & Mishra, 2009). Los resultados de la investigación también difieren de los hallados por Ozgen y Palta (2005), quienes afirman que la aplicación de calcio al suelo puede disminuir el número de tubérculos y con ello, incrementar su tamaño. De acuerdo a estos autores, el corazón vacío en la variedad de papa 'Russet Burbank' disminuyó a medida que se aumentó la tasa de Ca en el suelo. Dado el papel del calcio en la mejora de la estructura de las membranas y de las paredes

celulares y como modulador de respuestas fisiológicas (Karlsson et al. 2006), es probable que la mancha marrón interna o corazón vacío se pueda reducir en el tubérculo por efecto del encalado. De acuerdo al análisis del suelo en la comunidad campesina de Canín (Tabla 1), la reacción química fue ácida (pH 5,0) y con ausencia de carbonatos de calcio, y por esta razón las enmiendas calcáreas pudieron tener respuesta en la tuberización lo que coincide con el trabajo de Aliaga et al. (2016), quienes afirman que bajo condiciones altoandinas, el pH del suelo afecta el contenido de azúcares en el tubérculo y otros parámetros de calidad para fritura. Asimismo, el clima frío y seco en la localidad, con temperaturas promedio en cuatro meses de 10°C (INGEMMET, 2018), afectó probablemente la tuberización debido al estrés por frío intenso, lo cual pudo ser mitigado por el efecto del encalado.

Los resultados de la presente investigación también muestran que los tratamientos de encalado influyen en los parámetros bioquímicos de la papa var. Bicentenario, particularmente en el contenido de glucosa del tubérculo. Los tratamientos de encalado (ya sea con cal agrícola o carbonatita) tuvieron impacto en la reducción de glucosa en el tubérculo de papa. Este aspecto es muy importante ya que los azúcares reductores como la glucosa, tienen un rol decisivo en el proceso de pardeamiento enzimático de los productos derivados de la papa (Clough, 1994). Asimismo, Dilas (2022) sostiene que la formación de acrilamida (subproducto del procesamiento de la papa) se incrementa con el contenido de azúcar del tubérculo; por esta razón son importantes los hallazgos de la investigación respecto al efecto del encalado sobre el contenido de azúcares en el tubérculo. Karlsson et al. (2006) han demostrado que las aplicaciones de calcio durante la campaña de siembra de papa pueden aumentar el nivel de calcio de los tubérculos y mejorar su calidad, reduciendo los defectos internos como el corazón vacío; estos autores consideran que la enmienda del suelo mediante encalado es un enfoque eficaz y sostenible para controlar las enfermedades del suelo y aumentar el rendimiento de la papa. Sin embargo, los resultados de Palacios et al. (2008) difieren de lo hallado en la investigación, ya que estos autores mencionan que en el caso de la variedad Diacol Capiro no se halló respuesta en el contenido de glucosa de los tubérculos por efecto de la aplicación de 1000 a 1500 kg ha<sup>-1</sup> de enmienda cálcica al suelo. Información reciente sobre el valor nutricional de la papa y el potencial de sus compuestos derivados para modular el estrés oxidativo e inflamatorio, así como el potencial para alterar la respuesta glucémica, han dado lugar al desarrollo de estrategias para mejorar y aprovechar la calidad nutricional de la papa procesada (Furrer et al., 2018). Es de esperar que los rendimientos de algunos cultivos mejoren sustancialmente con la incorporación

de carbonatita al suelo, tal como lo proponen Jones et al. (2021) quienes sostienen que en el caso del trigo tratado con carbonatita se produjo un 40% más de biomasa de brotes y un 50% más de biomasa de raíces, resultados que coinciden parcialmente con los obtenidos en la presente investigación. De acuerdo a los hallazgos de la investigación, la práctica del encalado en general, influyó algunos parámetros de la calidad del tubérculo en la evaluación sensorial realizada, principalmente respecto al color y sabor de las hojuelas. Es necesario considerar asimismo que los métodos de fritura y cocción producen demasiada variación en la respuesta y no se recomiendan para la diferenciación entre las muestras de papa durante la evaluación (Ciccone et al. 2020) lo que explica en parte los valores relativamente altos para los coeficientes de variabilidad obtenidos en la investigación en las pruebas sensoriales desarrolladas en panel, sobretodo en cuanto al color y aspecto de las muestras de papa.

### Conclusiones

Los tratamientos de encalado influyeron en algunos caracteres agronómicos como el peso de tubérculos por planta y el peso medio del tubérculo de papa variedad Bicentenario en la localidad altoandina de Canín (Huaura) a 3 800 m. snm. Los tratamientos con 1 500 kg/ha de carbonatita, superaron estadísticamente en peso de tubérculos por planta al resto de tratamientos de encalado. El tratamiento con carbonatita 1 000 kg/ha tuvo mayor efecto sobre el peso medio del tubérculo respecto a los demás tratamientos. No se hallaron efectos significativos de los tratamientos sobre el diámetro del tubérculo. Los tratamientos de encalado al suelo (ya sea con cal agrícola o carbonatita) tuvieron impacto en la reducción de glucosa en el tubérculo de papa e influenciaron algunos parámetros sensoriales del tubérculo, principalmente el color y sabor de las hojuelas de papa, aunque el efecto no fue consistente.

### Agradecimientos

La presente investigación fue financiada mediante el proyecto: “Divulgación científica de la papa variedad Bicentenario como innovación tecnológica en la región Lima” aprobado por Resolución Vicerrectoral 048-2023-VRI-UNJFSC de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión (Huacho). Se agradece asimismo al Centro Internacional de la Papa (Lima) por las facilidades prestadas para el análisis de calidad del tubérculo.

### Referencias

- Aliaga, I., Velásquez, F., Amaya J. E. & Siche, R.. (2016). El pH de los suelos de la Sierra Central del Perú en la calidad industrial de hojuelas de *Solanum tuberosum* L. var. Capiro. *Agroindustrial Science*, 6(1), 53-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583409>
- Amaya, J. (2020). *Papa procesada importada*. <https://gestion.pe/economia/minagri-el-10-de-la-papa-procesada-que-se-consume-en-el-pais-es-importada-noticia/?ref=gesr>
- Bonierbale, M. W., Haan, S. D., Forbes, A., & Bastos, C. (2010). *Procedimientos para pruebas de evaluación estándar de clones avanzados de papa: Guía para cooperadores internacionales*. Centro Internacional de la papa. Lima.
- Camire, M. E., Kubow, S., & Donnelly, D. J. (2009). Potatoes and human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 49(10), 823-840.
- Ciccone, M., Chambers, D., Chambers IV, E., & Talavera, M. (2020). Determining which cooking method provides the best sensory differentiation of potatoes. *Foods*, 9(4), 451. <https://doi.org/10.3390/foods9040451>
- Clough, G. H. (1994). Potato Tuber Yield, Mineral Concentration, and Quality after Calcium Fertilization. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(2), 175-179. <https://doi.org/10.21273/JASHS.119.2.175>
- Coelho, A. R. F., Lidon, F. C., Pessoa, C. C., Marques, A. C., Luís, I. C., ... & Reboredo, F. H. (2021). Can foliar pulverization with CaCl<sub>2</sub> and Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> trigger Ca enrichment in *Solanum tuberosum* L. tubers? *Plants*, 10(2), 245 <https://doi.org/10.3390/plants10020245>
- De Haan, S., Forbes, A., Amoros, W., Gastelo, M., Salas, E., Hualla, V., ... & Bonierbale, M. (2014). *Procedures for Standard Evaluation and Data Management of Advanced Potato Clones*. Module 2: Healthy Tuber Yield Trials: International Cooperators Guide. International Potato Center.
- Dilas Inga, N. E. (2022). *Formación de acrilamida durante la fritura de papa (Solanum tuberosum) y cuatro raíces amiláceas sometidas a escaldado y acidificación*. [Tesis pregrado. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2909>
- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., & Kaur, A. (2013). Beneficial phytochemicals in potato—a review.

- Food Research International*, 50(2), 487-496. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.025>
- Flis, S. (2019). Calcium: Improved plant health and nutrition through 4R management. *Crops & Soils*, 52(4), 28-30. <https://doi.org/10.2134/cs2019.52.0401>
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2008). *Las papas, la nutrición y la alimentación*. <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/hojas.html#:~:text=La%20papa%20contiene%20una%20cantidad,folato%2C%20%C3%A1cido%20pantot%C3%A9nico%20y%20riboflavina>.
- Furrer, A. N., Chegeni, M., & Ferruzzi, M. G. (2018). Impact of potato processing on nutrients, phytochemicals, and human health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(1), 146-168. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1139542>
- Gondwe, R. L., Kinoshita, R., Suminoe, T., Aiuchi, D., Palta, J., & Tani, M. (2019). Soil and tuber calcium affecting tuber quality of processing potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown in Hokkaido, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 65(2), 159-165. <https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1579044>
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico [INGEMMET]. (2018). *Informe de prospección geológica minera del ANAP Zona 2 Bloque I (Lima)*. [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3370/1/Informe\\_prospeccion\\_geologica\\_minera\\_ANAP\\_Zona2.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/3370/1/Informe_prospeccion_geologica_minera_ANAP_Zona2.pdf)
- Islam, M. M., Naznin, S., Naznin, A., Uddin, M. N., Amin, M. N., ... & Ahmed, S. (2022). Dry matter, starch content, reducing sugar, color and crispiness are key parameters of potatoes required for chip processing. *Horticulturae*, 8(5), 362. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050362>
- Jones, J. M., Guinel, F. C., & Antunes, P. M. (2020). Carbonatites as rock fertilizers: A review. *Rhizosphere*, 13, 100188. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100188>
- Jones, J.M., Guinel, F.C. & Antunes, P.M. (2021). Carbonatite rock can enhance plant growth and nutrition depending on crop traits. *Plant Soil* 465, 335–347 <https://doi.org/10.1007/s11104-021-05001-z>
- Karlsson, B. H., Palta, J. P., & Crump, P. M. (2006). Enhancing tuber calcium concentration may reduce incidence of blackspot bruise injury in potatoes. *HortScience*, 41(5), 1213-1221 <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.5.1213>
- Kumar, D., Singh, B. P., & Kumar, P. (2004). An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Annals of Applied Biology*, 145(3), 247-256. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2004.tb00380.x>
- Longwe, K., Akiniwale, G., Mwenye, O. J., van Vugt, D., Chiipanthenga, M., & Phiri, A. T. (2023). Effects of soil amendments on bacterial wilt incidences and potato tuber yield across different environments in Malawi. *Resources, Environment and Sustainability*, 13, 100116. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100116>
- Monro, J., & Mishra, S. (2009). *Nutritional value of potatoes: digestibility, glycemic index, and glycemic impact*. J. Singh and L. Kaur Eds. In *Advances in potato chemistry and technology*, Elsevier, India. p. 371-394. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374349-7.00013-1>
- Ozgen, S., & Palta, J. P. (2005). Supplemental Calcium Application Influences Potato Tuber Number and Size. *HortScience* 40(1), 102-105. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.1.102>
- Palacios B., Carlos A., Jaramillo V., Sonia, González S., Luis H., & Cotes T., José M.. (2008). Efecto de la fertilización sobre la calidad de la papa para procesamiento en dos suelos antioqueños con propiedades ándicas. *Agronomía Colombiana*, 26(3), 487-496. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652008000300014&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652008000300014&lng=en&tlng=es)
- Superintendencia Nacional de Administración Tributaria [SUNAT]. (2021). *Papa procesada: Partida arancelaria 2004100000*. <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itestadispartida/resumenPPaisS01Alias>