



*La investigación, su esencia y arte.*

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**TESIS**

**COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTES DE LOS  
RESIDUOS DE LAS PAPAS NATIVAS FRESCAS Y LIOFILIZADAS**

**Tesis para optar Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**LI7: CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS, PRODUCTOS Y SEGURIDAD  
ALIMENTARIA**

**OBJETIVO DE DESARROLLO SOSTENIBLE:**

**3. SALUD Y BIENESTAR**

**CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:**

**2.00.00 – Ingeniería, Tecnología**

**PRESENTADO POR:**

**Canchari Suarez, Mari Luz**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9590-4402>**

**ASESOR:**

**Mg. Villanueva López, Eudes**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9737-5156>**

**CO-ASESOR:**

**Dr. Bejarano Lujan, Dagnith Liz**

**ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4354-8933>**

**Pampas - Perú**

**2024**



"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

## FACULTAD DE INGENIERÍA

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Expediente N° 10-2024-UNAT/FI-EPIIA

Página 1 de 1

En esta acta, se hace constar que en el auditorium de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo", ubicado en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, departamento Huancavelica, el día **22 de noviembre del 2024**, a las **11:00** horas, se reunieron los miembros del Jurado Calificador designados con Resolución de Comisión Organizadora N° 284-2024-CO-UNAT, de fecha 19 de julio del 2024, con el propósito de llevar a cabo el **Acto de Sustentación** de la tesis de Titulación Profesional:

#### "COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTES DE LOS RESIDUOS DE LAS PAPAS NATIVAS FRESCAS Y LIOFILIZADAS"

Dicha tesis ha sido presentada por la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **CANCHARI SUAREZ MARI LUZ** y asesorada por el docente Mg. VILLANUEVA LOPEZ EUDES adscrito al Departamento Académico de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

Después de haber calificado el informe final de tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara<sup>1</sup>: APROBADO, para optar el **Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, con la calificación de 17, que corresponde a la condición<sup>2</sup>: MUY BUENO.

En consecuencia, la sustentante:



Queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.



NO queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.

Siendo las 12:44 horas del mismo día, mes y año, se da por concluido el Acto de Sustentación, firmando a continuación los intervinientes, en señal de conformidad de lo acontecido y consignado.

Dr. DÍAZ GAMBOA OSCAR WILFREDO Presidente	Mg. HURTADO SORIA BEETHSSY ZZUSS Miembro
Mg. VILLANUEVA LOPEZ EUDES Asesor	

1. Indicar: Aprobado y/o Desaprobado.
2. Indicar: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y/o Desaprobado.



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 041-2024

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA, DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

### HACE CONSTAR:

Que la tesis titulada " **COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTES DE LOS RESIDUOS DE LAS PAPAS NATIVAS FRESCAS Y LIOFILIZADAS**", desarrollada por el estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, CANCHARI SUAREZ MARI LUZ, asesorado por el Mg. Villanueva López, Eudes, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (software Anti plagio Turnitin), evidenciándose el informe de originalidad un porcentaje de similitud de catorce (14%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 13 de noviembre de 2024



Dr. Gino Paul Prieto-Rosales Director  
de la Unidad de Investigación de la  
Facultad de Ingeniería

## **Agradecimiento**

Quiero exponer mi sincera gratitud a todas las personas que colaboraron al desarrollo de esta investigación. Primeramente, quiero agradecer a nuestro divino señor por darme la oportunidad de continuar consiguiendo mis metas. A mi mamita Rosa Alicia Suarez por su afecto y confiar siempre en mí persona, a mi papá Benigno Canchari, por apoyarme. Como no agradecer a mi hermana Yaneth Canchari por animarme y darme motivación todos los días para terminar esta tesis. Agradecer también a mis hermanos Rosa, Wilver, Liz, Mayli, Alex y Arleth, por su amor y apoyo incondicional. Asimismo, expresar mi reconocimiento a mis asesores Eudes Villanueva y Dagnith Bejarano que brindaron valiosas opiniones y sugerencias que enriquecieron la investigación. Agradecer a mi alma mater la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morrillo”, a la Facultad de Ingeniería y la carrera de Ingeniería Industrias Alimentarias, a los ingenieros, que durante mi carrera me instruyeron y me apoyaron en mi educación profesional.

## **Dedicatoria**

La actual tesis es consagrada a Dios por encaminarme y bendecirme, ya que me brindó vigor en los tiempos más dificultosos y poder finalizar lo que empecé, a mis padres Benigno Canchari y Rosa Suarez, por sus apoyo incondicional y consejo para ser una mejor persona. A mis hermanos por sus compañía y palabras.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Resumen.....	ix
Abstrac.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. Antecedentes .....	3
2.2. Bases teóricas.....	5
2.2.1. Papa Solanum tuberosum.....	5
2.2.1.1. Clasificación. taxonómica de. la papa.....	5
2.2.1.2. Características botánicas de la papa .....	6
2.2.1.2.1. Brote.....	6
2.2.1.2.2. Tallo. ....	6
2.2.1.2.3. Raíz. ....	6
2.2.1.2.4. Hoja.....	6
2.2.1.2.5. Flores.....	6
2.2.1.2.6. Frutas y semillas.....	7
2.2.1.2.7. Estalones.....	7
2.2.1.2.8. Tubérculos.....	7
2.2.2. Papa nativa.....	7
2.2.2.1. Origen e historia .....	8
2.2.2.2. Variedades.....	8
2.2.2.3. Característica nutricional de la papa nativa.....	9
2.2.2.4. Uso de las papas nativas.....	10
2.2.2.5. Residuos orgánicos.....	10
2.2.2.6. Residuos de las papas autóctonas.....	10
2.2.3. Compuestos bioactivos .....	10
2.2.3.1. Compuestos fenólicos. ....	11
2.2.3.1.1. Clasificación de los compuestos fenólicos (CF). ....	11
2.2.4. Capacidad antioxidante .....	13
2.2.5. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las papas nativas.....	13
2.2.6. Liofilización .....	14
2.2.6.1. Proceso de liofilización. ....	14
2.2.6.2. Ventajas de la liofilización.....	15
2.3. Bases conceptuales.....	16

2.3.1.	Papa convencional.....	16
2.3.2.	Papas nativas.....	16
2.3.3.	Compuestos fenólicos .....	16
2.3.4.	Capacidad antioxidante .....	16
2.3.5.	Liofilización .....	17
2.3.6.	Papas nativas frescas.....	17
2.3.7.	Residuos de papas nativas.....	17
<b>III.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>18</b>
3.1.	Diseño metodológico .....	18
3.2.	Tipo de la investigación .....	18
3.3.	Lugar de ejecución.....	18
3.4.	Materiales, equipos y reactivos.....	18
3.4.1.	Materia prima.....	18
3.4.2.	Materiales.....	19
3.4.3.	Reactivos.....	20
3.4.4.	Equipos .....	20
3.5.	Población.....	21
3.6.	Muestra .....	21
3.7.	Diseño experimental .....	21
3.8.	Acondicionamiento de muestras .....	23
3.9.	Técnica para determinar el análisis proximal, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante .....	23
3.9.1.	Análisis proximal .....	24
3.9.1.1.	Determinación de humedad.....	24
3.9.1.2.	Determinación de ceniza .....	24
3.9.1.3.	Determinación de grasa .....	25
3.9.1.4.	Determinación de proteína .....	25
3.9.1.5.	Determinación de carbohidrato .....	25
3.9.2.	Análisis de compuestos de los residuos de las papas nativas .....	25
3.9.2.1.	Determinación de compuestos fenólicos totales (CFT) .....	25
3.9.2.2.	Determinación de la capacidad antioxidante.....	27
3.10.	Análisis estadístico.....	29
3.10.1.	Hipótesis estadísticas.....	30
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
4.1.	Análisis proximal de los residuos de las papas nativas .....	31

4.2.	Compuestos fenólicos totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) de los residuos de las papas nativas .....	32
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
5.1.	Análisis proximal .....	33
5.2.	Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante .....	37
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>40</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>VIII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>42</b>

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Categorización taxonómica del <i>Solanum tuberosum</i> .....	5
Tabla 2: Variedades de papas nativas .....	9
Tabla 3: Residuos de papas nativas provenientes del distrito de Pazos, Tayacaja, Huancavelica.....	18
Tabla 4: Residuos de las papas nativas estudiadas .....	19
Tabla 5: Concentración de curva de calibrado.....	28
Tabla 6: Matriz de diseño experimental DBCA .....	30
Tabla 7: Análisis proximal en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas (base seca) provenientes del Distrito Pazos Huancavelica .....	31
Tabla 8: CFT y CA de los residuos de las papas nativas fresco y liofilizado .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Clasificación de los CF .....	12
Figura 2: Diseño experimental del análisis proximal, CFT y CA en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas .....	22

## Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los residuos de papas nativas de cuatro variedades cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco en su estado fresco y liofilizado (LIO) del distrito de Pazos-Tayacaja-Huancavelica. Los compuestos fenólicos totales (CFT) y la capacidad antioxidante (CA) se determinaron mediante la técnica de Folin-Ciocalteu y 2,2-difenil-1-trinitrofenilhidrazina (DPPH), respectivamente. Los estudios se ejecutaron por medio de un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un nivel de confianza del 95% ( $p < 0,05$ ) y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey. Los resultados mostraron que las variedades cacho de toro y huayro macho tuvieron mayores valores de CFT (109,12 y 129,59, en estado fresco y 108,76 y 128,90, en estado liofilizado) miligramos equivalentes de ácido gálico (mg EAG) / 100 g base seca (bs), respectivamente y DPPH (694,73 y 770,20 en fresco; 694,36 y 769,21 en liofilizado) micro mol de trolox ( $\mu\text{M T}$ ) / 100 g base seca (bs), respectivamente, en comparación con cceccorani y sumac soncco. Además, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los estados fresco y liofilizado de la misma variedad. Esta investigación posibilita información valiosa sobre los compuestos bioactivos en residuos de las papas nativas, por ende, esto puede conducir a la creación de nuevos productos con propiedades antioxidante y compuestos fenólicos. Por lo tanto, los resultados representan una contribución significativa hacia la ampliación de conocimiento científica sobre los valores nutricionales y funcionales de los residuos de las papas nativas.

Palabras clave: Residuos de papas nativas, frescas, liofilizadas, compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante, Folin-Ciocalteu y DPPH.

## Abstract

The objective of the research was to determine the phenolic compounds and antioxidant capacity of native potato residues of four varieties (cacho de toro, huayro macho, cceccorani and sumac soncco) in their fresh and freeze-dried state (LIO) from the district of Pazos-Tayacaja. -Huancavelica. Total, phenolic compounds (TFC) and antioxidant capacity (CA) were determined using the Folin-Ciocalteu technique and 2,2-diphenyl-1-trinitrophenylhydrazine (DPPH), respectively. The studies were executed through a completely randomized block design (DBCA) with a level of. 95% confidence ( $p < 0.05$ ) and the means were compared using the Tukey test. The results showed that the cacho de toro and huayro macho varieties had higher CFT values (109.12 and 129.59, in the fresh state and 108.76 and 128.90, in the freeze-dried state) milligram equivalents of gallic acid (mg GEA) / 100 g dry base (bs), respectively and DPPH (694.73 and 770.20 in fresh; 694.36 and 769.21 in lyophilized) micro mole of trolox ( $\mu\text{M T}$ ) / 100 g dry base (bs) , respectively, compared to cceccorani and sumac soncco. Furthermore, no significant differences ( $p < 0.05$ ) were found between the fresh and freeze-dried states of the same variety. This research provides valuable information about the bioactive compounds in native potato residues, therefore, this can lead to the creation of new products with antioxidant properties and phenolic compounds. Therefore, the results represent a significant contribution towards expanding scientific knowledge on the nutritional and functional values of native potato residues.

Keywords: Residues of native potatoes, fresh, freeze-dried, total phenolic compounds, antioxidant capacity, Folin-Ciocalteu and DPPH.

## I. INTRODUCCIÓN

En Perú la papa nativa es cultivada por los campesinos altoandinos del país y existen alrededor de 3000 variedades, las cuales tienen diferentes características organolépticas (Asociación Pataz et al., 2023). Este tubérculo representa el 18,4% del total de cultivos de la región (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2022). Que se desarrollan en un rango de altitud de 3000 a 4000 m.s.n.m. (Quispe, 2018). Cabe señalar que en el departamento Huancavelica existe una gran diversidad de esta especie, aproximadamente 600 variedades, y una producción anual que excede las 60000 toneladas (Alvarado y Peña, 2020). En la provincia Tayacaja los distritos que representan mayor rendimiento de papa nativa son: Pazos, Colcabamba, Pampas, entre otros (Martínez -Alca, 2021).

Este tubérculo es utilizado por los pobladores de Tayacaja como fuente de alimentación e ingreso económico. Dicho tubérculo aporta alto valor nutritivo al ser consumido. En este sentido las papas nativas tienen alto contenido nutricional, incluyendo vitaminas y minerales como calcio, magnesio, ácido fólico, potasio, zinc, fósforo y hierro. Además, ofrecen compuestos, como los fenoles y actividad antioxidante; resaltando como un alimento completo (Natividad et al., 2022).

Actualmente, los residuos de papas nativas ofrecen diversas oportunidades de aprovechamiento más allá de sus usos tradicionales, como la producción de bebidas fermentadas, chips de papas o como semillas agrícolas, estos residuos tienen potencial para convertirse en recursos valiosos en la industria (Cerna et al., 2019). Además, se pueden utilizar para producir biocombustibles, fertilizantes orgánicos o como alimento para animales, ayudando a fabricar el desperdicio de alimentos. La valorización de los residuos de las papas no solo contribuye a mitigar el impacto medioambiental asociado con su eliminación, sino que también abre nuevas oportunidades económicas (Pinto y Sifuentes, 2020).

En el distrito de Pazos, Tayacaja existe una producción anual de 6000 toneladas de unas 500 variedades de papas nativas (Quiroz, 2018). De las cuales se obtienen residuos después de la cosecha. Por cada hectárea de sembrío del tubérculo, se obtiene una producción de 50 0 60 sacos, es decir 5000 a 6000 kilos, seguidamente se hace una clasificación según al tamaño, variedad, magulladuras, etc., quedando un residuo de 6 a 10%, producto que probablemente contiene una gran proporción de CF y CA (Sampaio et al., 2020). No obstante, hasta la fecha, los residuos de papas nativas del distrito de Pazos, Tayacaja no han recibido un tratamiento

tecnológico apropiado para aprovechar su potencial bioactivo. Asimismo, los pobladores de Pazos, desconocen la composición de las papas nativas de la zona, desaprovechando este potencial.

La liofilización, también conocida como deshidratación por congelación, es una técnica empleada para preservar productos al eliminar su contenido de agua, manteniendo intactas sus características nutricionales y sensoriales (Chuquilín et al., 2020). En el campo de la investigación, la liofilización se transforma en un instrumento crucial para la conservación de estos compuestos bioactivos, este también asegura la conservación del color oriundo de los tubérculos, y previene el color oscuro característico de otros métodos de deshidratación lo que resulta esencial para la investigación y desarrollo de nuevos productos alimentarios innovadores (Nowak y Jakubczyk, 2020).

En este contexto, surge la pregunta ¿Cuál será el contenido de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los residuos de las papas nativas frescas y liofilizadas?

El objetivo principal es determinar compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de residuos de papas nativas frescas y liofilizadas. Con tal efecto, se formulan los siguientes objetivos específicos: (1) Determinar el análisis proximal en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas provenientes del distrito Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica. (2) Determinar compuestos fenólicos en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas provenientes del distrito Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica. (3) Determinar capacidad antioxidante en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas provenientes del distrito Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica.

Por ende, los residuos de papas nativas cumplen una función fundamental en esta investigación puesto que se determinó los CF y CA en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas. Esta investigación brinda información de la composición proximal como la grasa, humedad, ceniza, proteína, carbohidrato, además los compuestos bioactivos y potencial antioxidante para su potencial aprovechamiento. Adicionalmente, todas estas características mencionadas pueden generar el empleo como componente en la elaboración de nuevos productos. La investigación también será útil para trabajos futuros, tales como producción de envases biodegradables con propiedades bioactivas (León et al., 2022).

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

Zarins (2018) comparó el contenido de CFT y actividad antioxidante en papas frescas y liofilizadas, para ello se analizó once cultivares de papa cuya pulpa fue de color blanco, amarillo y morado oriundos de la ciudad de Jelgavas en Letonia. La metodología para determinar el contenido de compuestos fenólicos totales se llevó a cabo mediante la prueba Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante utilizaron DPPH y ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico). Para ello seleccionaron 10 kg de papa, seguidamente las papas cortadas en cubos de (1 x 1 cm) fueron colocadas al congelador a una temperatura de -18°C y las muestras ya congeladas se trasladaron a un liofilizador a una temperatura de -83 °C, a una presión de vacío de 1,0 mbar, esta técnica se realizó durante un tiempo de 34 horas, para su análisis final. Los CFT, DPPH y ABTS se determinaron espectrofotométricamente a 756nm, 517nm y 734nm, respectivamente. Posteriormente, se obtuvo que los CFT de la papa fresca de color morado analizadas oscilaron entre 82 – 282 (mg EAG/ 100 bs), mientras que la actividad oxidante de la papa de la pulpa morada y roja por DPPH osciló entre 4,6 y 12,2 (Mm TE/100G bs) y por ABTS la actividad depuradora osciló entre 3 y 47 (Mm TE/100G bs). La liofilización influyó en todos los parámetros probados, pero de manera significativa ( $p < 0,05$ ) sobre los CFT y para ciertos cultivares se observó una reducción de más del 30%. Este estudio aporta fundamentos científicos que respaldan y estimulan la fabricación industrial de las papas, también se resalta el alto contenido de compuestos CF y CA lo que lo convierte en un alimento saludable y funcional y estas son beneficios para la salud, reduciendo las enfermedades.

Mogrovejo y Isique (2021), investigaron el valor del contenido de compuestos bioactivos de cuarenta clones de papas nativas (PN). La metodología para establecer la cantidad de antocianinas y los CFT de productos liofilizados y no liofilizados fueron pH diferencial y Folin-Ciocalteu respectivamente. Para determinar los compuestos se seleccionaron los 40 clones de papas, de cada clon de papa utilizó 2 unidades de papa, estas fueron cortadas en láminas para liofilizarlo, colocándose a una temperatura -16°C por 48 horas. La concentración de antocianinas de las muestras no mostró diversificaciones en el contenido de antocianinas liofilizadas y sin liofilizar, mientras que, en el contenido de los CFT de las papas nativas determinado espectrofotométricamente a 765 nm, estos oscilaron entre 1,52 a 15,32 mg AGE/100g, para muestras sin liofilizar y de 3,39 a 18,78 mg AGE/100g, para muestras

liofilizadas. En conclusión, esta investigación aporta a la literatura científica y recomienda realizar diferentes técnicas para la determinación de los compuestos bioactivos.

Yabar-Villanueva et al. (2023), determinó si la temperatura durante la liofilización afecta los CFT, antocianinas, carotenoides y CA del chuño la tunta de las variedades yana siri y yuraq siri. Se determinaron utilizando los métodos de Folin-Ciocalteu, pH diferencial, disolventes no polares de acetona y etanol y DPPH, respectivamente. Este estudio se realizó por medio de DBCA, con tres ensayos: producción de tunta con y sin ácido ascórbico y producción de chuño a diferentes temperaturas de congelación (-10°C, -20°C, -30°C). Los resultados mostraron que el contenido de CFT en las dos muestras fue de  $162,8 \pm 0,6$  mg de ácido gálico y  $230,6 \pm 5,24$  mg de ácido gálico por 100 g de peso seco respectivamente. La cantidad de antocianinas por 100 gramos fue de  $3,4 \pm 0,6$  mg y  $0,74 \pm 0,15$  mg de antocianina-3-glucósido, y la CA fueron  $411,54 \pm 1,03$  y  $454,51 \pm 1,52$   $\mu\text{mol}$  Trolox por gramo de peso seco. Entre los carotenoides, el  $\beta$ -caroteno contenía  $3,38 \pm 0,59$  mg y  $0,74 \pm 0,147$  mg por 100 g de peso seco. Las situaciones favorables para la sustracción de estos compuestos en chuño y tunta, de las dos variedades se lograron a temperaturas bajo cero de -30 °C. El chuño se seca a 40 °C durante 48 horas y la tunta se seca a 35 °C durante 72 horas. Por tanto, la temperatura parece ser un factor importante para salvaguardar los compuestos bioactivos como los CFT y CA, por esa razón se sugiere continuar con la investigación de las condiciones técnicas para enriquecer la calidad de los productos.

Ticsihua (2023), determinó la CA, polifenoles totales y las antocianinas de las tres variedades de PN estos en papa cruda y procesadas en chuño, de variedades, puka dusion, ajo suytu y yana tarmeña. Se determinaron utilizando las técnicas de DPPH, Folin-Ciocalteu y diferencia de pH, respectivamente. Los resultados mostraron que el cultivar puka dusion tuvo alta CA y valores de compuestos bioactivos. La CA de puka dusion fue de ( $132,32 \pm 9,86$  en fresco, y en chuño  $83,06 \pm 7,27$ )  $\mu\text{mol}$  TE /100 g. En cuanto a la concentración total de polifenoles, el tubérculo puka dusion contenía ( $185,33 \pm 12,05$  en el estado fresco, mientras que en el Chuño contenía  $113,72 \pm 8,96$ ) mg de ácido gálico por 100 g. Con relación al contenido total de antocianinas, la puka dusion fresca contiene ( $322,78 \pm 12,14$ , mientras que chuño contiene  $231,74 \pm 5,11$ ) mg de antocianina-3- por 100 g. Es importante destacar que las tres variedades de patatas autóctonas de variedad puka dusion, ajo suytu y yana tarmeña en su estado natural tienen mayores contenidos de CA, polifenoles totales y las antocianinas que las variedades procesadas en chuño.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. *Papa Solanum tuberosum*

El tubérculo, también conocida como patatas, son tubérculos comestibles que corresponde a la especie *Solanum tuberosum*. Este es venerado por su versatilidad culinaria y su capacidad para prosperar en una amplia gama de condiciones climáticas, no solo desempeña un papel esencial en la alimentación mundial, sino que además realiza una influencia significativa en la agricultura, en métodos agrarias, la papa apoya a la seguridad alimentaria al acomodarse a distintos tipos de climas y suelos (Pinto y Sifuentes, 2020).

La papa ocupa el cuarto lugar entre los cultivos alimentarios más significativos del mundo, siguiendo al arroz, el maíz y el trigo, además de ser un alimento fundamental, realiza un papel determinante en la lucha frente al hambre y la promoción de la seguridad alimentaria en diversas comunidades. Su amplia producción y consumo sostienen a un sin número de personas en todo el mundo, también son esenciales para la cadena alimentaria y la economía agrícola en muchos países (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

#### 2.2.1.1. Clasificación taxonómica de la papa.

En la tabla 1 se muestra la categorización detallada del *Solanum tuberosum*, donde proporciona una visión estructurada y precisa de la posición de la papa en el sistema de la clasificación. Esta categorización taxonómica abarca distintos niveles de clasificación biológica y ofrece una comprensión detallada de la ubicación del tubérculo.

**Tabla 1**

*Categorización taxonómica del Salanum tuberosum*

<b>Reino</b>	<b>Plantae</b>
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Familia</b>	Solanaceae
<b>Subfamilia</b>	Solanoideae
<b>Género</b>	Solanum
<b>Subgénero</b>	Potatoe
<b>Especie</b>	Solanum tuberosum L.

Fuente: Márquez-Vasallo et al. (2020).

### **2.2.1.2. Características botánicas de la papa.**

#### **2.2.1.2.1. Brote.**

Es una de las propiedades destacables de la planta, dado que tiene la capacidad de producir yemas en los ojos de los tubérculos, que son establecimientos subterráneos de nutrientes. Estas yemas, también distinguidas como brotes, son pequeñas protuberancias en la superficie del tubérculo. Cada uno de estos brotes tienen el potencial de desarrollarse en un nuevo tallo, para ello se debe proporcionar las condiciones adecuadas para su crecimiento (Misarayme, 2018).

#### **2.2.1.2.2. Tallo.**

El tallo del tubérculo es otro rasgo distintivo, los tallos suelen ser erectos y pueden variar en altura según la variedad y las condiciones ambientales. Son apicales, lo que quiere decir que su crecimiento se produce principalmente en los extremos de los tallos. Los tallos de las plantas de patata son herbáceos, es decir, no leñosos, lo que les permite flexibilidad y un rápido crecimiento durante la temporada de crecimiento (Peña, 2023).

#### **2.2.1.2.3. Raíz.**

La raíz de la patata tiene propiedades vegetales únicos, debido a que tienen raíces fibrosas y ramificadas de la papa. Este no solo le permite explorar grandes áreas de la superficie del suelo en busca de recursos vitales, sino que también sus raíces desempeñan un papel fundamental en la absorción de los nutrientes y agua del suelo, contribuyendo así al vigor y crecimiento de las papas (Peña, 2023).

#### **2.2.1.2.4. Hoja.**

La hoja del tubérculo es un elemento botánico único, se recogen y disponen alternativamente a lo largo del tallo. Cada hoja está compuesta por varios folíolos, que son fragmentos de hojas individuales. Los folíolos varían en forma, pero suelen ser elípticos o ligeramente lobulados. Las hojas desempeñan un papel significativo en la fotosíntesis, mediante el cual las plantas transforman la luz solar en energía aprovechable (Gnanasekaran y Basalingappa, 2018).

#### **2.2.1.2.5. Flores.**

Las flores de las papas poseen cinco pétalos y una amplia gama de colores que varían según la variedad, como blanco, morado o rosa, dependiendo de la especie, estos son polinizadas principalmente por las abejas, mismos que realizan la crucial tarea de

transferir el polen de los estambres a los pistilos para lograr la fertilización, asegurando así la reproducción de la planta (Gnanasekaran y Basalingappa, 2018).

#### **2.2.1.2.6. Frutas y semillas.**

Las frutas son tóxicas para los humanos debido a los alcaloides tóxicos que contienen, por lo tanto, no se utilizan como alimento. El fruto de la papa es más bien una estructura protectora para la semilla en desarrollo. Se encuentran en frutos donde son relativamente pequeños y abundantes en comparación con las semillas. Cada semilla está comprendida en una cápsula y puede contener múltiples embriones. Sin embargo, las semillas de papa no se combinan para la propagación ya que es más común y más eficiente propagar plantas a partir de tubérculos (Quintana, 2018).

#### **2.2.1.2.7. Estolones.**

Los estolones, tienen un papel transcendental en la reproducción vegetativa y la formación de tubérculos. Los estolones son tallos subterráneos delgados que crecen horizontalmente a partir de la planta madre. Estos estolones, además de explorar el suelo en busca de recursos, pueden formar nudos a lo largo de su longitud y pueden desarrollarse yemas en cada nudo, dando lugar eventualmente a nuevos tallos y plantas (Misarayme, 2018).

#### **2.2.1.2.8. Tubérculos.**

Sin embargo, la característica más distintiva de las papas son los tubérculos. Estos son depósitos de nutrientes subterráneos que crecen a lo largo de las estribaciones. Los tubérculos se forman a partir de yemas o brotes que se hinchan debido a los nutrientes almacenados, principalmente almidón. Las papas pueden variar en su forma y tamaño de acuerdo a la variedad de la patata, son los principales componentes que se cosechan y se consumen, representando la fuente principal de alimento derivado de esta planta tan versátil (Peña, 2023).

### **2.2.2. Papa nativa**

Las papas nativas se refieren a variedades de papas oriundas o autóctonas de *Solanum tuberosum* que se cultivan y conservan en sus lugares de origen desde hace varias generaciones. Estas variedades se adaptan naturalmente a las condiciones ecológicas y climáticas específicas de su entorno local. Exhiben una sorprendente diversidad de colores, desde el morado intenso hasta el amarillo brillante, pasando por el rojo, el azul y el blanco. Cada variedad posee características distintivas en términos de sabor y textura, que suelen ser

más complejas y terrosas que las variedades comerciales. Esta combinación de adaptabilidad, diversidad y singularidad en el sabor las hace valiosas. Las papas nativas son cultivadas tradicionalmente por comunidades indígenas y agricultores locales, y su diversidad genética es primordial para la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria en las distintas regiones (Rosero et al., 2020).

#### **2.2.2.1. Origen e historia.**

Las papas nativas tienen profundas raíces en la región andina de América del Sur, su cultura se remonta a miles de años y formó la base de la civilización nativa de la región mucho antes de la llegada de los europeos. Según estudios arqueológicos, la papa fue domesticada en Bolivia y Perú alrededor de lago Titicaca, entre 7,000 y 10,000 años. Los antiguos pobladores de estas regiones comenzaron a cultivar y mejorar variedades de papas silvestres por sus cualidades como el tamaño y el sabor. Esta papa cultivada por primera vez se convirtió en un alimento básico y en la dieta de muchas culturas precolombinas, como los incas (Asociación Pataz et al., 2023). La seguridad alimentaria en las zonas andinas depende en gran medida de la papa, y la gente y sus conocimientos ancestrales aún conservan una amplia variedad de papas nativas. Estas regiones han rescatado un papel importante en la protección de la diversidad de la papa y han asumido esta responsabilidad desde la época de los Incas e incluso antes, haciendo una contribución significativa a la conservación de estas diversas variedades (García, 2021). El interés por la conservación y restauración de la papa nativa creció en los últimos tiempos, conociendo su rica historia y su potencial para la protección alimentaria y la adaptación a climas diferentes, muchas comunidades, organizaciones y científicos locales están trabajando juntos para preservar estas variedades (Panta et al., 2022).

#### **2.2.2.2. Variedades.**

En Perú se cultivan unas tres mil variedades autóctonas diferentes de patatas en condiciones naturales a una altitud de unos 3000 m.s.n.m. (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2020). Sorprendentemente, estas prosperan sin el uso de fertilizantes, este factor hace que muchas de estas variedades sean exclusivas de nuestro país y difíciles de cultivar en otras partes del mundo debido a características climáticas y geográficas. La producción total de papa en el Perú cubre alrededor de 275 hectáreas de tierra cultivable y las zonas con mayor superficie de cultivo son: Huancavelica, Puno, Junín, entre otras regiones (Mogrovejo y Isique, 2021). En la tabla 2 se muestra las variedades de papas autóctonas.

**Tabla 2***Variedades de papas nativas*

Variedad	Especie	Color	
		Piel	Pulpa
<b>Huayro</b>	<i>Solanum Chaucha</i>	Púrpura	Amarillo
<b>Peruanita</b>	<i>Solanum Goniocalyx</i>	Púrpura	Amarillo
<b>Amarilla</b>	<i>Solanum Goniocalyx</i>	Púrpura	Amarillo
<b>Chaulina</b>	<i>Solanum</i>	Naranja	Amarillo claro
<b>Huamantanga</b>	<i>Solanum Andígena</i>	Azulada	Blanca
<b>Camotillo</b>	<i>Solanum Goniocalyx</i>	Anaranjada intensa	Amarillo
<b>Piña negra</b>	<i>Solanum tuberosum subesp. Andígena</i>	Negrusco	Amarillo pálido
<b>Chaulina</b>	<i>Solanum goniocalyx</i>	Rosado anaranjado	Amarillo intenso
<b>Duraznilla</b>	<i>Solanum tuberosum ssp indígena</i>	Rojo Morado	Amarillo
<b>Puma maqui</b>	<i>Solanum tuberosum ssp indígena</i>	Negrusco	Blanco

Fuente: Marmolejo y Ruiz (2018).

**2.2.2.3. Característica nutricional de la papa nativa.**

La estructura nutricional de la papa nativa cambia conforme a las condiciones de siembra, asimismo a las variedades del tubérculo en cuanto a la forma, sabor, color, entre otros. Los nutrientes importantes que se encuentran en las papas nativas son: minerales como magnesio, zinc, calcio, potasio, hierro y fósforo, además se encuentran los carbohidratos, fibra, proteínas, vitamina A, Vitamina B y la vitamina C, compuestos bioactivos como los compuestos fenólicos, antocianinas, taninos, entre otros (Balladares y Ramos, 2018). Estos tubérculos tienen incluso azúcares reductores y azúcares totales entre el 1 a 4 % y 16 a 23 %, respectivamente. Además, los tubérculos andinos tienen proteínas entre 7 a 13 %, materia seca 20 a 30 %, cenizas 1 a 3, % almidón 14 a 25 % y un contenido de humedad de 70 a 80%. Las propiedades dependen de las variedades, el cultivo, condiciones del suelo, tiempo de cosecha entre otros (Serrano y Castro, 2020).

#### **2.2.2.4. Uso de las papas nativas.**

Las papas nativas por su exquisitez y alto valor nutricional pueden ser consumidos como papas sancochadas, en la mayoría de casos las papas nativas son consumidas de manera fresca, pero los usos industriales son variados y son transformados como hojuelas, chip, snack, enlatados entre otros (Peřsa y Miedzianka, 2021). También se pueden obtener alcohol, almidón y celulosa. A nivel de investigación, se aprovechan los aislados proteicos las papas nativas para formulación de galleta reducida en gluten también representa un valioso complemento para la alimentación del ganado (Waglay y Karboune, 2020; Kärenlampi y Blanco, 2009).

#### **2.2.2.5. Residuos orgánicos.**

Estos residuos son aquellos materiales que pueden descomponerse de manera natural, donde, es un parte significativo de los desechos formados en hogares, empresas y comunidades. Los residuos de alimentos, como las cáscaras, las semillas y los restos de pulpa, contienen una gran cantidad de compuestos que pueden ser concienzudos en diferentes aplicaciones, esto genera que las grandes industrias se enfrenten a un gran problema a la hora de eliminar inmensas cantidades de residuos como hojas, cáscaras, semillas, demás (Salazar-Bermeo et al., 2023).

#### **2.2.2.6. Residuos de las papas autóctonas**

Debido a la consumación de la riqueza natural y a la consiguiente incidencia medioambiental, los residuos domésticos de patatas se han convertido en un problema. Los subproductos como pulpa, piel y otros materiales que se desechan durante el consumo y producción de variedades de papa nacionales contribuyen significativamente al desperdicio de recursos naturales y a la contaminación ambiental. Además, desperdiciar estos subproductos significa la pérdida de recursos valiosos. Por ello, es importante implementar estrategias de gestión de residuos más seguras como el compostaje. Así se podrá trabajar para construir un modelo más sostenible para la producción y el consumo de la papa (San Juan, 2021). Principio del formulario

### **2.2.3. *Compuestos bioactivos***

Los compuestos son considerados metabolitos secundarios, que se localiza naturalmente en los alimentos y plantas, pero no están directamente relacionado con su desarrollo o crecimiento. Sin embargo, rescatan un papel decisivo en la interacción entre los organismos y su entorno. Por ejemplo, estos metabolitos tienen defensa contra

herbívoros, la atracción de polinizadores, la regulación del crecimiento y la resistencia a patógenos (Díaz-Montes et al., 2023). Son fundamentales tanto en la medicina y en la industria alimentaria, puesto que contribuyen a precaver diversas enfermedades. Además, tienen propiedades antiinflamatorias, antioxidante, antimicrobianas y demás. Su estudio y comprensión son esenciales para explotar todo su potencial en aplicaciones que van desde la mejora de la calidad de los alimentos hasta el desarrollo de nuevos medicamentos (Juárez, 2021). La pulpa de las papas nativas, pueden tener colores rojos, azul, blanco, etc. El color amarillo en las papas nativas presenta concentraciones de carotenoides, de igual modo en el color rojo, azul y púrpura muestran antocianinas. Estas dos son antioxidantes que tienen un rol importante en la prevención de enfermedades estas vinculadas con el envejecimiento, al incorporar una variedad de colores de papas nativas en la dieta son benéficos para la salud (Collanqui, 2019; Ercoli, et al., 2021).

#### **2.2.3.1. Compuestos fenólicos.**

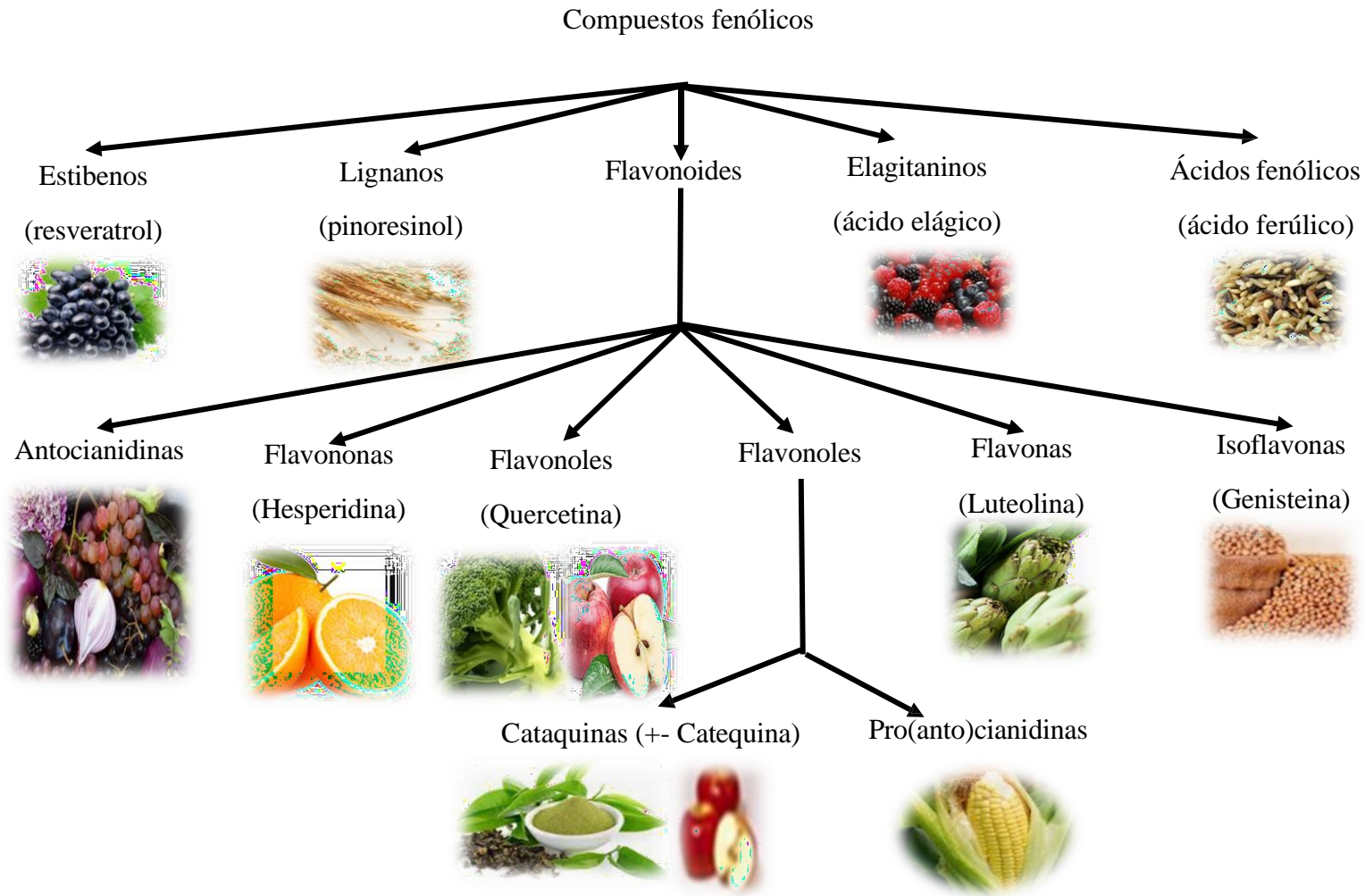
Estos son un grupo de compuestos químicos que tienen una estructura química normal que repercute un grupo funcional fenol. Químicamente, un fenol es una molécula que reside en un anillo de benceno (un anillo de seis átomos de carbono) al cual se ha unido un grupo hidroxilo (-OH). Estos compuestos son distinguidos por sus propiedades antioxidante, lo cual significa que pueden contribuir a defender a las células del perjuicio provocado por los radicales libres en el cuerpo. Igualmente, este tiene propiedades antinutrientes como: inhiben las enzimas digestivas, precipitan proteínas, se encargan de dar un sabor amargo o astringente, entre otros (Gaur y Gänzle, 2023). Los compuestos fenólicos se hallan en una amplia variedad de alimentos, como granos, semillas, verduras, frutas y ciertas bebidas, como el vino tinto y el té (Palos-Hernández et al., 2022). Se ha demostrado que los compuestos fenólicos tienen varios beneficios para la salud de los seres. Asimismo tienen propiedades antioxidante, se ha encontrado que tienen propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas, oxidación inhibidora de LDL (lipoproteína de baja densidad) y cardiovasculares. También pueden ayudar a mejorar la salud del cerebro, reducir el aumento de varios tipos de cáncer y tener efectos protectores contra enfermedades crónicas como enfermedades del corazón y la diabetes (De Sena et al., 2023).

##### **2.2.3.1.1. Clasificación de los compuestos fenólicos (CF).**

Estos son un conjunto de compuestos que se hallan en plantas y otros organismos y pueden clasificarse como se detallan en la figura 1.

**Figura 1**

*Clasificación de los CF*



Fuente: Michel (2018)

#### **2.2.4. Capacidad antioxidante.**

La CA se relaciona a la capacidad de un compuesto o alimento para controlar los radicales libres y proteger las células del daño oxidativo, que pueden ocasionar enfermedades como afecciones cardiacas, Alzheimer, cáncer, y demás. Los antioxidantes pueden conceder electrones o hidrógeno a los radicales libres, estabilizándolos e impidiendo que produzcan perjuicio a las células y tejidos del organismo. Una alta capacidad antioxidante se ha coligado con beneficios para la salud, como la disminución del riesgo de enfermedades crónicas, el envejecimiento saludable y la protección contra el estrés oxidativo. Algunos ejemplos de alimentos con alta capacidad antioxidante son las frutas como la manzana, arándano, moras, naranja, piña y demás, mientras que en las verduras se encuentran en las zanahorias coloridas, beterraga, col, ajo, tomate y otros, asimismo en frutos secos, las semillas, los granos enteros y en las papas nativas. Por ello es primordial conocer a los antioxidantes como sustancias que previenen, retrasan o eliminan el daño oxidativo (Jiménez-Morales et al., 2022).

#### **2.2.5. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en las papas nativas**

Las papas nativas son variedades de papas sembradas de forma tradicional y que se han almacenado a lo largo del tiempo. Estas suelen tener una considerable acumulación de compuestos fenólicos en semejanza con las papas blancas comerciales. Los compuestos fenólicos, como los ácidos fenólicos, polifenoles y las antocianinas, son conocidos por sus propiedades antioxidantes y pueden ayudar a combatir el estrés oxidativo en el cuerpo. Además, las papas nativas también contienen otros antioxidantes como betacaroteno y la vitamina C. Consumir papas nativas puede ser una forma interesante de aumentar la ingesta de antioxidantes en la dieta y aprovechar sus beneficios para la salud (García-Torres et al., 2022).

Las papas nativas son una categoría amplia que incluye muchas variedades diferentes, cada una con sus propias características y contenido de antioxidantes. Algunas variedades de papa nativas son conocidas por su valiosa capacidad de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante, entre ellas la papa morada, la papa amarilla, la papa huayro y otras. Estas suelen tener colores intensos y vibrantes que indican la existencia de antocianinas, que son poderosos antioxidantes. Sin embargo, cabe señalar que el nivel exacto de antioxidantes puede variar según el cultivo, el suelo y otros factores ambientales (Gallo, 2022).

### **2.2.6. Liofilización**

La liofilización es una técnica de deshidratación altamente especializado que excluye el agua de los alimentos mediante sublimación, en otras palabras, significa que el agua se transforma inmediatamente de estado sólido a gas sin traspasar por el estado líquido. Este método se realiza al vacío, lo que reduce la presión atmosférica y permite que el agua se evapore a temperaturas más bajas que otros métodos de secado. Esto permite que los alimentos liofilizados conserven su forma, textura, sabor y contenido nutricional mejor que otros métodos de deshidratación, lo que los hace ideales para aplicaciones científicas, farmacéuticas y alimentarias (Santos et al., 2018).

Este proceso es empleado considerablemente en la industria alimentaria para prolongar el ciclo de vida de los productos en los estantes. El método permite conservar el volumen y la forma de diversos alimentos, como vegetales, productos lácteos y frutas, al tiempo que retiene sus características nutricionales, biológicas y organolépticas. Esto incluye mantener los compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, antocianinas, betacaroteno, licopeno, tanino, carotenoides, y demás.), también conserva el color, sabor, apariencia y otros atributos sensoriales (Muñoz-López et al., 2018).

#### **2.2.6.1. Proceso de liofilización.**

En el proceso de liofilización de los alimentos se identifican 3 etapas.

- **Congelación:** Durante esta etapa se utilizan técnicas de congelación rápida para impedir la producción de cristales de hielos grandes. Esto se logra mediante el uso de temperaturas por debajo de  $-40^{\circ}\text{C}$  y una velocidad de enfriamiento controlada. La congelación rápida ayuda a preservar la estructura y las propiedades, puesto que los cristales de hielo pequeños se forman rápidamente, lo que minimiza el daño celular y evita la formación de vacíos en el producto final. Además, la congelación rápida también contribuye a una mayor eficiencia en el proceso de sublimación posterior (Fuentes et al., 2018).
- **Secado primario:** Durante el secado primario, se aplica vacío a baja temperatura, regularmente de  $-50^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$  al producto, lo que provoca que el agua congelada pasa del estado sólido a gaseoso sin franquear por el estado líquido. Este proceso se comprende como sublimación. La sublimación permite conservar la estructura y las propiedades del producto, ya que evita la formación de hielo y minimiza la pérdida de nutrientes y características sensoriales. El secado primario puede

llevar varias horas o incluso días, dependiendo del tamaño y la composición del producto. Una vez completado el secado primario, el producto pasa al secado secundario para eliminar cualquier rastro de humedad residual (Fuentes et al., 2018).

- Secado secundario: Durante esta etapa se eliminan cualquier humedad residual del producto. Se realiza aplicando temperaturas ligeramente más altas que la segunda etapa, por lo regular entre 20°C y 30°C, mientras se mantiene un vacío moderado. El objetivo es eliminar cualquier rastro de humedad para garantizar la estabilidad a largo plazo del producto liofilizado (Fuentes et al., 2018).

#### **2.2.6.2. Ventajas de la liofilización.**

Las principales ventajas de este procedimiento se refieren a la calidad, el nutricional y la seguridad del producto en comparación con otros métodos de hidratación. Estos beneficios se pueden resumir de la siguiente manera (Fuentes et al., 2018).

- Mantiene propiedades sensoriales como sabor, color, aroma y consistencia.
- Preserva las propiedades nutricionales de los alimentos como minerales y vitaminas.
- Mantiene los compuestos bioactivos como compuestos fenólicos, antocianinas, taninos, entre otros.
- No se requieren conservantes químicos.
- Previene la deformación de los alimentos y mantiene su forma original y su hermosa apariencia.
- Restaura el crecimiento microbiano.
- Reduce el peso y el volumen, haciendo que los alimentos liofilizados sean más ligeros y fáciles de transportar.
- Ampliar la vida útil de los productos.
- Disminución de la velocidad de procesos de degradación como el deterioro de las proteínas y el pardeamiento no enzimático.
- Compra pigmentos orgánicos de fuentes naturales.
- Carencia de altas temperaturas.
- Rehidratación.
- Alta seguridad alimentaria

## **2.3. Bases conceptuales**

### **2.3.1. *Papa convencional***

La papa *Solanum tuberosum* es un tipo de tubérculo comestible que se extirpa del vegetal herbácea, esta corresponde a la familia solanáceas del género *Solanum* de origen andino. Esta fue domesticada en el altiplano, y su cultivo y el consumo aumento por todo el país. El tubérculo es considerado el tercer producto más consumido después del trigo, arroz y maíz, pues aporta importantes nutrientes para el organismo; también destaca su aporte energético con un inferior contenido en grasas y es exquisito en hidratos de carbono (Reategui et al., 2019).

### **2.3.2. *Papas nativas***

Los tubérculos andinos son el efecto de un proceso milenario de domesticación, recopilación y preservación. Se distinguen por su amplia variedad de formas, colores tanto en la pulpa y la piel, sabores y otras cualidades agrícolas, las papas solo pueden mantenerse en el duro clima andino, que se identifica por sequías y heladas, fundamentalmente en las zonas agroecológicas más elevadas, situadas entre los 3.000 y 4.200 m.s.n.m. (Serrano y Castro, 2020).

### **2.3.3. *Compuestos fenólicos***

Los CF, también llamados fenoles, son una clase de compuestos que tienen una estructura química común y contienen grupos funcionales fenólicos. En química, el fenol es una molécula que consta de un anillo de benceno (un anillo de seis átomos de carbono) unido a un grupo hidroxilo (-OH). Estos también son considerados metabolitos secundarios o alimentos funcionales, tienen la función de reducir algunas enfermedades cardiovasculares, cáncer, crónicas no transmisibles entre otros (Haijing et al., 2023).

### **2.3.4. *Capacidad antioxidante***

La capacidad antioxidante es un componente que inhibe la oxidación del sustrato como las proteínas, carbohidratos, ADN y los lípidos, preservando así al organismo de los perjuicios que pueden provocar los radicales libres. Los antioxidantes derivados de los alimentos de origen vegetal contienen antioxidantes como los carotenoides, fitato, vitamina C y E, ácidos fenólicos y fitoestrógenos, y estos han sido reconocidos como poseedores de un significativo potencial para minimizar el riesgo de enfermedades (Pohanka, 2023)

### **2.3.5. Liofilización**

La LIO es un tratamiento que se utiliza en la deshidratación de los alimentos. En la industria alimentaria el proceso de LIO se lleva a cabo a bajas temperaturas, de esta manera se conserva el sabor, color y apariencia del producto disminuyendo el daño térmico a los nutrientes que son sensibles al calor, preservando así, su alto valor nutritivo de los alimentos, asimismo este proceso facilita el fácil transporte y almacenamiento del producto. Este garantiza productos de buena calidad, al aplicar este método de conservación al producto las reacciones de deterioro se paralizan, de esta manera se minimiza la pérdida de sabor y aroma, asimismo se maximiza la retención de nutrientes (Salazar y Zúñiga, 2019).

### **2.3.6. Papas nativas frescas**

Los tubérculos frescos de la zona son papas en su estado nativo que no han sido secadas ni congeladas. Estos se acopian directamente del suelo y no sufren ninguna modificación, además de tener un mayor contenido de humedad, las papas frescas poseen una estructura más crujiente y un aroma más rico, destacando su naturalidad y frescura. Esta condición fresca ayuda a resaltar las características únicas de cada variedad de papa, cada una con su propio sabor y textura, igualmente pueden contener concentraciones más altas de nutrientes como vitaminas, minerales y compuestos bioactivos porque no han sufrido los procesos de deterioro y pérdida de nutrientes que normalmente ocurren durante el almacenamiento a largo del tiempo (Natividad et al., 2022).

### **2.3.7. Residuos de papas nativas**

Los residuos de las papas nativas son los subproductos que incluyen semillas, cáscaras, tallos y partes no comestibles, particularmente los residuos de las semillas, como tubérculos, magullados, deformes, arrogados, entre otros, en lugar de ser desechados, este se transformaría en recursos importantes en un sistema sostenible. Al ser una fuente rica en compuestos bioactivos, las cáscaras de papas nativas pueden ser utilizadas en la producción de materiales sostenibles, como bioplásticos o empaques biodegradables (Rosero et al., 2020).

Además, mediante técnicas de bioconversión, estos residuos pueden ser transformados en biocombustibles, contribuyendo así a la generación de energía renovable y reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles (Rosero et al., 2020).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Diseño metodológico

#### 3.2. Tipo de la investigación

La investigación es de tipo experiencial, se enfocó en el análisis proximal, abordando componentes como proteína, carbohidrato, ceniza, grasa, humedad y CFT, además se estableció la CA en cuatro variedades de residuos de papa. nativa fresca y liofilizada provenientes del distrito de Pazos, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica.

#### 3.3. Lugar de ejecución

La investigación se ejecutó en las sucesivas instalaciones: Para el condicionamiento de muestras frescas y liofilizadas se desarrollaron en el laboratorio de bioquímica de la escuela profesional de Enfermería, Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT), ubicado en el distrito de Ahuaycha, Tayacaja, Huancavelica. Mientras que el análisis proximal, CFT y CA se ejecutaron en el laboratorio del Instituto de Investigación, de la escuela profesional de ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Santa (UNS), ubicado en Nuevo Chimbote, departamento Ancash.

#### 3.4. Materiales, equipos y reactivos

##### 3.4.1. *Materia prima*

En Pazos, la producción de papas nativas es alta, para el estudio se realizó en tres campos de cultivo y por una hectárea cada uno, estas pasaron por una clasificación según la NTP 011.119:2016 Papa y sus derivados como la variedad, magulladura, deformes, etc., mientras que para el tamaño se siguió la metodología por Cahuana y Gonzales (2011), donde consideraron que los residuos son menores a 30 gr, como se muestra en la tabla 3.



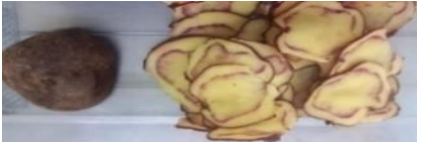
**Tabla 3**

*Residuos de papas nativas provenientes del distrito de Pazos, Tayacaja, Huancavelica*

Variedad	1 hectárea por cada campo de cultivo (kg)			Total, de residuos de papas nativas
	Producción total			
	7000	9000	8000	
		Residuos		
Huayro macho	400	600	200	1200
Cacho de toro	300	500	200	1000
Cceccorani	200	100	400	700
Sumac soncco	100	200	200	500

Nota: Los residuos de las papas nativas provenientes del distrito de Pazos de distintas variedades se detallan en la tabla 4.

**Tabla 4***Residuos de las papas nativas estudiadas*

<b>Variedad</b>	<b>Foto</b>	<b>Origen</b>
Cacho de toro		Distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica
Cacho de toro		
Cceccorani		
Sumac Soncco		

Nota: Residuos de las papas nativas de variedades sumac soncco, huayro macho, cacho de toro y cceccorani, provenientes del distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica.

### **3.4.2. Materiales**

- Bolsas herméticas
- Embudo
- Fiolas 10 y 50 mL
- Frascos ámbar con tapa rosca
- Gradilla
- Matraces aforados de 10 y 50 mL
- Micropipetas 10 uL, 100 uL, 1000 uL y 5ml
- Microplacas con 96 pocillos
- Papel de aluminio
- Papel filtro
- Placa Petri
- Rallador
- Rotulador
- Tubos de ensayo
- Tubos Falcon 2 mL, 15 mL y 50 mL

- Varilla de vidrio
- Crisol de porcelana
- Vasos precipitados de 50 mL y 100 mL
- Pinzas
- Puntas de pipetas 10 uL, 100 uL, 5mL
- Campana desecadora

### 3.4.3. *Reactivos*

- Acetona 70%
- Ácido Clorhídrico 2N
- Ácido Gálico 98%
- Agua destilada
- Alcohol Etílico 96%
- Carbonato de sodio 20%
- DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo)
- Etanol 95%
- Metanol 50%
- Reactivo Folin-Ciocalteu
- Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-ácido carboxílico)
- Éter de petróleo 98%

### 3.4.4. *Equipos*

- Agita tubos (Vórtex) (IKA®), 0003319000 Modelo MS 3, Alemania)
- Balanza Analítica, PRECISA®, Modelo IX 220<sup>a</sup>
- Baño ultrasónico (BRANSON ULTRAONICS ®, Modelo CPXH 1800H CPX952118R, USA)
- Centrífuga refrigerada (EPPENDORF®, Modelo 5415R, Alemania)
- Congelador (BIOBASE ®, Modelo BDF-40V328)
- Equipo Dumas (LECCO®, CHNS628 Modelo 622-000-300, USA)
- Estufa de secado (BIOBASE®, Modelo BOV-V225F, China)
- Lector de microplaca multidetectores (BIOTEK®, Modelo Synergy H1 Hybrid, USA)

- Licuadora (THOMAS SCIENTIFIC®), Modelo 3390D43)
- Liofilizador (CHRIST®), Modelo Alpha 1-2 LDplus, Alemania)
- Molino mortero (FRITSCH®), Modelo Pulverisette, Alemania)
- Mufla (THERMO SCIENTIFIC®), Modelo FB1414M, USA)
- Sistema extracción de grasa Soxhlet (FOSS®Modelo ST 243 Soxtec™, Europa)

### **3.5. Población**

El tamaño total de la población fue 3400 kg de residuos de papas nativas de las variedades cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco, provenientes del distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica. Que se encuentran a una altitud de 3801 m.s.n.m., latitud de 12° 19' 45'' Sur y una longitud de 75° 4' 12'' Oeste.

### **3.6. Muestra**

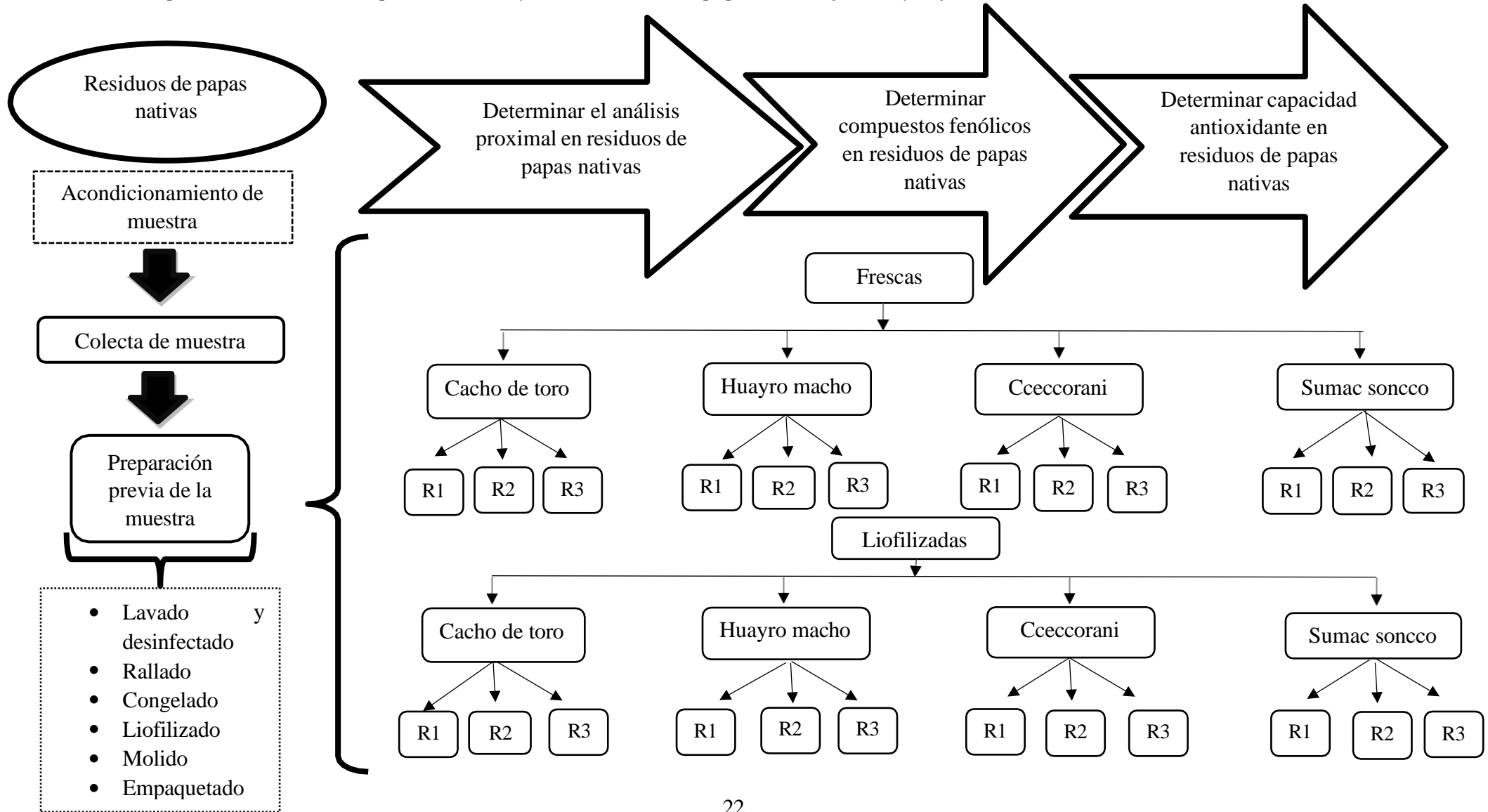
Por cada variedad se recogió por conveniencia cinco kg de residuos de papas nativas provenientes del distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica. Estas muestras se colectaron en bolsas herméticas de polietileno de alta densidad, luego fueron almacenadas en refrigeración ( $5,00 \pm 0,05$  °C) de las instalaciones del laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja “Daniel Hernández Morillo”. Posteriormente, se analizaron la cantidad de humedad, ceniza, grasa, proteína y carbohidrato, además estudiaron los compuestos bioactivos (CFT y CA) de las muestras de papas nativas (aproximadamente 100 por cada muestra) en fresco y bajo el efecto del proceso de liofilización. 3400kg

### **3.7. Diseño experimental**

La determinación del análisis proximal, CFT y CA de los residuos de las papas nativas provenientes del distrito de Pazos, provincia Tayacaja, región Huancavelica. Se realizaron muchos pasos importantes para afirmar la precisión y confiabilidad de los resultados y se detalla en la figura 2.

**Figura 2**

*Diseño experimental del análisis proximal, CFT y CA en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas.*



### **3.8. Acondicionamiento de muestras**

- **Colecta de muestra:** El proceso de colecta de muestra empezó con la identificación del área geográfica de interés en el distrito de Pazos, ubicada en la provincia de Tayacaja, en la región de Huancavelica. Seguidamente se recolectaron las muestras de residuos de papas nativas de las variedades, cacho de toro, huayro macho, ccecorani y sumac soncco. Los residuos de las papas nativas se seleccionaron al azar y se conservaron en bolsas de polietileno selladas.

Las muestras fueron transportadas al laboratorio de la UNAT para su posterior análisis. Al llegar al laboratorio, los residuos de papas nativas, se colocaron en bolsas de papel, asegurándose de que estuvieran totalmente libres de humedad, estas fueron almacenadas en refrigeración hasta realizar los tratamientos respectivos.

- **Preparación previa de las muestras:** Las muestras fueron sometidas a un lavado y desinfectado para excluir algún tipo de partículas ajenas como restos de tierra. Posteriormente, se rallaron hasta obtener un espesor de aproximadamente 3 mm y se congelaron a  $-30^{\circ}\text{C}$  durante 2 horas para preservar su integridad. Luego, se sometieron a un proceso de liofilización a una temperatura de  $-60^{\circ}\text{C}$ , presión de vacío a 0.012 mbar por un tiempo de cinco horas, esto separó el agua hasta alcanzar una humedad del 6 al 7%. Después de la liofilización, se molieron a 300 rpm durante un tiempo de cinco minutos, para ello, se utilizó un molino para obtener un componente en polvo, el cual se empaquetó cuidadosamente en bolsas de polietileno de alta densidad para protegerlo de los factores ambientales (Anexo A).
- **Evaluación:** Después se realizó el análisis de los CFT y CA de los residuos de las papas nativas en las cuatro variedades, estos se analizaron en el laboratorio del Instituto de investigación de la UNS, según procedimiento de Benavides-Guerrero (2020).

### **3.9. Técnica para determinar el análisis proximal, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante**

El análisis proximal, CFT y CA se ejecutaron en las instalaciones de la UNS, para ello se usaron las técnicas, que se describen más adelante.

### **3.9.1. Análisis proximal**

#### **3.9.1.1. Determinación de humedad.**

El valor de la humedad en residuos de papas nativas frescas como liofilizadas, se ejecutó según el método AOAC (2016) 925.10. Para ello, se tomó una muestra de tres gramos y se ubicó en placas de Petri. Estas se trasladaron a una estufa a  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  por cuatro horas. A continuación, las muestras se enfriaron en una campana desecadora durante un tiempo de 30 minutos para evitar la impregnación de humedad del ambiente, posteriormente, se pesaron en una balanza analítica. Seguidamente las mismas muestras fueron colocadas a la estufa a una temperatura de  $105^\circ\text{C}$  por una hora, pasado el tiempo este fue colocado en un desecador por 30 minutos, este proceso se hizo tres veces hasta obtener pesos constantes. La cantidad de humedad se calculó por diferencia de pesos usando la siguiente fórmula (Anexo B):

$$\text{Humedad \%} = \left( \frac{P_i - P_f}{P_i} \right) * 100$$

Donde:

Pi: Peso inicial de la muestra tanto fresca como liofilizada

Pf: Peso final de la muestra seca tanto fresca como liofilizada

#### **3.9.1.2. Determinación de ceniza.**

El contenido de ceniza en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas se determinó por el método AOAC (2016) 923.03, de acuerdo con esto, se pesó tres gramos de muestra en crisoles y estas fueron colocadas en una mufla a una a  $500^\circ\text{C}$  por dos horas, y se dejó enfriar en un desecador por un tiempo de 30 minutos, para enfriar la muestra, posteriormente este fue pesado. Luego la muestra fue colocada nuevamente a la mufla por una hora a  $500^\circ\text{C}$ , este proceso se realizó tres veces hasta obtener un peso constante (Anexo C).

$$\text{Ceniza \%} = \left( \frac{P_f}{P_i} \right) * 100$$

Donde:

Pf: Peso final de ceniza

Pi: Peso inicial de la muestra

### **3.9.1.3. Determinación de grasa.**

Para establecer la cantidad de grasa en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas de cuatro variedades, se manejó el método AOAC (2016) 920,39. Para ello se pesó tres gramos de muestra frescas como liofilizados y estas fueron colocadas en los cartuchos del extractor Soxhlet. Después se agregó al sistema el solvente éter de petróleo, donde se ajustó la temperatura de ebullición a 95°C. La extracción se ejecutó en fases: ebullición por una hora, enjuague por una hora y media y recuperación por 15 minutos. Al culminar, el solvente se evaporó, desistiendo solo las grasas en el matraz de recolección. Últimamente, se pesó la grasa extraída y se determinó el porcentaje de grasa empleando la siguiente fórmula (Anexo D).

$$Grasa \% = \left( \frac{\text{Peso de la grasa extraída}}{\text{Peso de la muestra inicial}} \right) * 100$$

### **3.9.1.4. Determinación de proteína.**

La proteína se analizó en muestras frescas y liofilizadas utilizando la metodología AOAC (2016) 954,01, por el método Dumas, en un capacho se situó 0,1 gramo de muestras frescas como liofilizado esto fue colocado en un tubo de incinerador y se quemó a alta temperatura de 1000°C en presencia de oxígeno. Este proceso convirtió el nitrógeno de la muestra en gases simples, estos gases se detectaron por medio de un detector de gases, además midió la cantidad de nitrógeno en las muestras frescas y liofilizadas, este proceso duró cinco minutos. Seguidamente, la cantidad de proteína se calculó multiplicando el nitrógeno detectado por un factor de conversión, comúnmente 6,25 que refleja el porcentaje de nitrógeno en las proteínas (Anexo E).

### **3.9.1.5. Determinación de carbohidrato**

El porcentaje de carbohidratos se estableció por diferencia, comenzando con un valor total de 100% y restando la proteína, grasa, ceniza y humedad. El procedimiento para determinar los carbohidratos es la siguiente (Aguilar, 2022).

$$Carbohidrato\% = 100 - (\%P + \%G + \%C + \%H)$$

## **3.9.2. Análisis de compuestos de los residuos de las papas nativas**

### **3.9.2.1. Determinación de compuestos fenólicos totales (CFT).**

Se determinó los CFT de los residuos de las papas nativas frescas y liofilizadas, para ello se manejó el método de Folin-Ciocalteu (Anexo F) (Zarins et al., 2018).

### **Preparación de reactivos**

- **Ácido Gálico 450 ug/mL:** En un matraz de 50 mL se acondicionó 0,0225 g de Ácido Gálico y se llevó a 50 mL con agua destilada, este fue tapado con un papel aluminio.
- **Carbonato de sodio al 20%:** En un matraz de 10 mL se preparó 2g de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y se transportó a 10mL con agua destilada y se agitó por un tiempo de 5 min y se cubrió con papel de aluminio.
- **Folin-Ciocalteu 2N:** En un matraz de 10 mL se preparó 5 mL de F-C y se aforó con agua destilada, el vial se envolvió con papel de aluminio.

### **Preparación de curva de calibrado**

Se ejecutó una recta de calibrado, para ello se preparó seis soluciones con concentraciones conocidas de ácido gálico (7,2 ug/mL, 14,4 ug/mL, 21,6 ug/mL, 28,8 ug/mL, 36 ug/mL y el blanco). Después, se tomó volúmenes determinados de cada uno de los estándares (20 µL, 40 µL, 60 µL, 80 µL y 100 µL y el blanco), seguidamente, a cada una de las concentraciones listas se añadió 100 uL de F-C y se dejó descansar por 5 min de incubación en la oscuridad. Luego de transcurrir ese tiempo, se agregó a cada tubo 50 uL de carbonato de sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) al 20% y se aumentó agua destilada a las seis concentraciones (1080 uL, 1060 uL, 1040 uL, 1020 uL, 1000 uL y 1100 uL), nuevamente este fue incubado por una hora en la noche a temperatura ambiente. Se agregó 100uL de las concentraciones a la microplaca, posteriormente se desarrolló la lectura de la absorbancia a 739 nm en el lector multimodal (Anexo H).

La ecuación que rige la recta de calibrado fue de la siguiente forma:

$$y = A(x) + B$$

$$\text{Absorbancia } 739 \text{ nm} = A(\text{Concentración}) + B$$

### **Preparación de soluciones para extracción de muestras**

- **Metanol/Agua – 50/50 v/v:** Se elaboró una solución en un matraz de 50 mL, combinando 25 mL de metanol con 25 mL de agua destilada, y se acidificó la unión a un pH de 2 empleando ácido clorhídrico (HCl 2N).
- **Acetona/ Agua – 70/30 v/v:** En un matraz se preparó 35 mL de acetona y 15 ml de agua destilada.

## **Extracción de muestras**

En un tubo falcon, se colocó cinco g ( $\pm 0,5$  g) de muestra de residuos de las papas nativas y 10 mL de una solución de metanol/agua con un pH de dos. Posteriormente, el extracto fue colocado en un baño ultrasónico por un tiempo de 30 min, después, se centrifugó a 4500 rpm por un tiempo de 30 min y se consiguió el sobrenadante A. Seguidamente, se adicionó 20 mL de acetona y agua en el residuo que quedó. Inmediatamente se siguió el mismo procedimiento, donde pasó por un baño ultrasónico durante 30 min y se centrifugó por 30 min 4500 rpm, y se adquirió el segundo sobrenadante B. Finalmente, se homogenizaron el sobrenadante A y B. Este se colocó a refrigeración a 4°C y fue protegido con el papel aluminio.

## **Preparación de muestras para lecturar**

Se determinó la concentración de CFT en los residuos, se manejó un factor de dilución de 1/10. Esto significó coger 100  $\mu$ L de la muestra extraída y fue diluida con 900  $\mu$ L de agua destilada. Luego, se apartaron 800  $\mu$ L de la muestra diluida y se mezclaron con 100  $\mu$ L de reactivo de Folin-Ciocalteu. Luego, se incubó la mezcla por cinco minutos a temperatura ambiente, después se agregaron a la mezcla 50  $\mu$ l de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20% y 300  $\mu$ l de agua destilada y esta solución reposó dos horas en oscuridad. Por último, se midió la absorbancia de la mezcla a 739 nm usando un lector multimodal, para analizar la absorbancia se midió 100  $\mu$ L de lo preparado en microplacas.

### **3.9.2.2. Determinación de la capacidad antioxidante.**

Se fijó la CA de los residuos de las papas nativas frescas y liofilizadas se empleó el método de DPPH (Anexo G) (Zarins et al., 2018).

#### **Preparación de reactivos:**

- **Solución DPPH 1 mM:** En un matraz de 50 mL se acondicionó 0,02 g de DPPH y luego se aforo con 50 mL de metanol. Se diluyó hasta llegar a una absorbancia cercana a 0,800 a 515 nm y luego, se cubrió el matraz con papel de aluminio.
- **Solución madre de Trolox 1 Mm:** En un matraz de 50 mL se preparó 0.0125g de Trolox y luego se aforo con 50 mL de metanol y se rodeó el vial con el papel aluminio.

## Curva de calibrado

En la Tabla 5 se examina la concentración de la curva de calibrado (Anexo H).

**Tabla 5**

*Concentración de curva de calibrado*

<b>Concentración Trolox (<math>\mu\text{M}</math>)</b>	<b>Volumen de Solución de Trolox 1 Mm (mL)</b>	<b>Volumen de Metanol (mL)</b>
<b>500</b>	1	1
<b>400</b>	1	1,5
<b>200</b>	1	4
<b>100</b>	0,5	4,5
<b>50</b>	1 mL de 100 $\mu\text{M}$	1
<b>25</b>	1 mL de 50 $\mu\text{M}$	1
<b>10</b>	0,5 mL de 100 $\mu\text{M}$	4,5
<b>5</b>	1 mL de 10 $\mu\text{M}$	1

Nota: Preparación de la curva de calibrado con diferentes concentraciones para la determinación de la CA.

Preparación de soluciones para extracción de muestras y la extracción de muestras sólidas se ejecutó prosiguiendo el mismo proceso que se utilizó para la cuantificación de los CFT

### Procedimiento (En micro placa):

- **Acetona/ Agua – 70/30 v/v:** En un matraz se preparó 70 mL de acetona y 30 ml de agua destilada.
- **Absorbancia inicial (A0):** Agregamos DPPH + metanol absoluto ajustando a una absorbancia cercana a 0,800.
- **Curva de Calibrado (STD):** Agregamos por triplicado 10 uL de cada concentración de tabla 1 y 190 uL de DPPH ajustado (Am).
- **Blanco (BLK):** Agregamos 200 uL de metanol absoluto directo a las microplacas sin tiempo de incubación.

- **Muestras (SPL):** Agregamos 10 uL de muestra a analizar con 190 uL de DPPH ajustado (Am).

Seguidamente las soluciones fueron introducido al lector de microplacas donde se realizó medidas de absorbancia de 515 nm, y se evaluó con la siguiente fórmula:

$$\%DPPH = \frac{A_o - A_m}{A_o} * 100$$

Donde:

Ao = Absorbancia inicial del DPPH sin muestra

Am = Absorbancia de la muestra (DPPH + extracto)

### 3.10. Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), ya que consiste en dividir el material experimental en grupos homogéneos llamados bloques. Dentro de cada bloque, las unidades experimentales se asignan aleatoriamente a los diferentes tratamientos, este diseño es más potente que un diseño completo al azar cuando la variación entre las unidades dentro de los bloques es menor que la variación entre los bloques (Yabar-Villanueva et al., 2023).

El diseño experimental en esta investigación fue DBCA, para este trabajo se utilizó cuatro variedades de residuos de papas nativas, para ello se hizo tres repeticiones por cada estado de conservación (frescas y liofilizadas), y el número de ensayos en este trabajo fue 4 (2) x 3 donde hubo 24 ensayos en la determinación de CFT. Mediante el diseño estadístico, en la que se evaluó el análisis proximal, CFT y CA de residuos de papas nativas, seguidamente se realizó un estudio de ANOVA con un nivel de confianza del 95% ( $p < 0,05$ ) con software MINITAB®. Además, se hizo un análisis de Tukey para cotejar las medias de los tratamientos y determinar las diferencias significativas entre ellos (Anexo K, L y M), en la tabla 6 se presenta el modelo estadístico.

**Tabla 6***Matriz de diseño experimental DBCA*

Variedades (i)	Contenido de compuestos fenólicos (mg EAG/ 100 g bs)						
	(j)	EC1			EC2		
<b>Cacho de toro</b>	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	$Y_{11}$	$Y_{12}$	$Y_{13}$	
<b>Huayro macho</b>	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	$Y_{21}$	$Y_{22}$	$Y_{23}$	
<b>Cceccorani</b>	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	$Y_{31}$	$Y_{32}$	$Y_{33}$	
<b>Sumac soncco</b>	$Y_{41}$	$Y_{42}$	$Y_{43}$	$Y_{41}$	$Y_{42}$	$Y_{43}$	

Nota: EC1: Estado de conservación frescas; EC2: Estado de conservación liofilizadas. Variable Independiente: Variedades de residuos de papa nativa y estado de conservación (fresco y liofilizado); Variable respuesta: Contenido de compuestos fenólicos y Muestra: residuos de papa nativa.

**Modelo aditivo lineal:**

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

$$Y_{ij} = \underbrace{\mu + \tau_i}_{\mu_i} + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

 $i = 1,2,3,4 ; j = 1,2,3$ **Donde:** $Y_{ij}$ : Contenido de CFT en las variedades  $i$  y con estado de conservación  $j$ . $\mu_i$ : Contenido promedio de CFT de la variedad de la papa nativa residual  $i$ . $\mu$ : Contenido promedio de CFT con todas las variedades residuales de papas Nativas. $\tau_i$ : Efecto de las variedades de los residuos de papa nativa. $\beta_j$ : Efecto del estado de conservación  $j$ . $\varepsilon_{ij}$ : Error experimental de las variedades de papa nativa residual  $i$  en el estado de conservación  $j$ .

\* Descrito similarmente para todas las variables respuestas del estudio.

**3.10.1. Hipótesis estadísticas**

**Hipótesis nula y alterna:** En la hipótesis nula los CFT y CA de las cuatro variedades de los residuos de las papas nativas, en el estado de conservación (frescas y liofilizadas), son similares mientras que en la hipótesis alterna al menos una variedad de residuos es diferente.

Ho:  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_9$ Ha:  $\mu_1 \neq \mu_k$

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Análisis proximal de los residuos de las papas nativas

En la tabla 7 brindan una visión exhaustiva de los resultados conseguidos del análisis realizado en los residuos de papas nativas frescas y liofilizadas de cuatro variedades distintas todas ellas procedentes del distrito Pazos-Huancavelica.

**Tabla 7**

*Análisis proximal en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas (base seca) provenientes del Distrito Pazos Huancavelica*

Variedad	Características ( $\bar{X} \pm S$ )*				
	Humedad (%)	Cenizas (g/100g bs)	Grasas (g/100g bs)	Proteínas (g/100g bs)	Carbohidratos (g/100g bs)
<b>Frescas</b>					
Cacho de toro	62,075 ± 1,389 <sup>b</sup>	3,818 ± 0,061 <sup>b</sup>	0,262 ± 0,039 <sup>ab</sup>	8,194 ± 0,033 <sup>d</sup>	87,726 ± 0,025 <sup>b</sup>
Huayro macho	59,917 ± 0,354 <sup>b</sup>	3,379 ± 0,019 <sup>a</sup>	0,312 ± 0,029 <sup>b</sup>	5,687 ± 0,016 <sup>b</sup>	90,622 ± 0,008 <sup>c</sup>
Cceccorani	59,111 ± 0,119 <sup>b</sup>	3,456 ± 0,053 <sup>b</sup>	0,361 ± 0,027 <sup>a</sup>	11,216 ± 0,041 <sup>a</sup>	84,967 ± 0,087 <sup>d</sup>
Sumac soncco	68,352 ± 1,649 <sup>a</sup>	1,886 ± 0,070 <sup>c</sup>	0,334 ± 0,019 <sup>ab</sup>	5,976 ± 0,055 <sup>c</sup>	91,805 ± 0,123 <sup>a</sup>
<b>Liofilizadas</b>					
Cacho de Toro	6,553 ± 0,032 <sup>c</sup>	3,793 ± 0,049 <sup>b</sup>	0,252 ± 0,043 <sup>ab</sup>	8,179 ± 0,038 <sup>d</sup>	87,776 ± 0,039 <sup>b</sup>
Huayro Macho	6,215 ± 0,041 <sup>b</sup>	3,342 ± 0,051 <sup>a</sup>	0,295 ± 0,022 <sup>b</sup>	5,667 ± 0,014 <sup>b</sup>	90,696 ± 0,038 <sup>c</sup>
Cceccorani	6,494 ± 0,034 <sup>b</sup>	3,432 ± 0,056 <sup>b</sup>	0,357 ± 0,022 <sup>a</sup>	11,212 ± 0,043 <sup>a</sup>	84,999 ± 0,099 <sup>d</sup>
Sumac Soncco	7,169 ± 0,043 <sup>a</sup>	1,846 ± 0,064 <sup>c</sup>	0,317 ± 0,023 <sup>ab</sup>	5,972 ± 0,053 <sup>c</sup>	91,865 ± 0,120 <sup>a</sup>

Nota: \* $\bar{X}$ : Promedio ±  $S$ : desviación estándar. Diferentes letras en cada columna son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). (n=3, muestras por triplicado) (Anexo I).

#### 4.2. Compuestos fenólicos totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) de los residuos de las papas nativas

En la siguiente tabla 8, se muestra los niveles de CFT y la CA de las cuatro variedades de residuos de papas nativas (cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco) en estado fresco y liofilizado.

**Tabla 8**

*CFT y CA de los residuos de las papas nativas fresco y liofilizado*

Variedad	CFT (mg EAG/ 100 g bs)	CA ( $\mu$ mol Trolox/ 100 g bs)
	Frescas	
Cacho de toro	109,121 $\pm$ 0,764 <sup>b</sup>	694,729 $\pm$ 76,157 <sup>a</sup>
Huayro macho	129,589 $\pm$ 3,908 <sup>a</sup>	770,199 $\pm$ 52,155 <sup>a</sup>
Cceccorani	95,869 $\pm$ 2,908 <sup>c</sup>	630,200 $\pm$ 13,828 <sup>ab</sup>
Sumac soncco	95,953 $\pm$ 2,668 <sup>c</sup>	506,291 $\pm$ 58,161 <sup>b</sup>
	Liofilizadas	
Cacho de toro	108,758 $\pm$ 0,420 <sup>b</sup>	694,357 $\pm$ 76,116 <sup>a</sup>
Huayro macho	128,897 $\pm$ 4,317 <sup>a</sup>	769,214 $\pm$ 52,089 <sup>a</sup>
Cceccorani	94,044 $\pm$ 3,028 <sup>c</sup>	627,713 $\pm$ 13,773 <sup>ab</sup>
Sumac soncco	95,469 $\pm$ 2,878 <sup>c</sup>	504,083 $\pm$ 57,907 <sup>b</sup>

*Nota:* **CTF:** Compuestos fenólicos totales. **CA:** Capacidad antioxidante. Desiguales letras en cada columna son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ) ( $n=3$ , muestras por triplicado) (Anexo J).

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Análisis proximal

Respecto a la humedad evaluada en los residuos de las PN (tabla 7), el contenido de humedad revelaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) en las variedades y estado frescas y liofilizadas, al comparar con el análisis de Tukey como se muestra en el anexo K la humedad en muestras frescas, la variedad sumac soncco tuvo el valor más elevado (68,35%), en relación a la variedad cacho de toro (62,08%), huayro macho (59,92%) y cceccorani (59,11%) presentaron niveles bajos de humedad, estas con diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) sobre la variedad cacho de toro. Los datos en residuos de las papas nativas en muestras frescas se ubican por debajo del límite máximo del 70% determinado por la NTP 011.119:2016, los descubrimientos son consistentes con los conseguidos por Rojas-Padilla et al., (2019), quienes revelan humedad de 68% a 70%. Según, Balladares y Ramos (2018), presentaron una humedad de 76,3%; 78,6 y 79,5 en las variedades puca shungo, yema de huevo y yana shungo, respectivamente. Y por Cerón-Lasso et al. (2018), una humedad que osciló de 72,06% al 77,07% en papas criollas, mientras que Serrano y Castro (2020) reportaron una humedad de 77% a 84,07%. Los análisis mostraron diferencias significativas en comparación a la investigación, puesto que influyó los factores ambientales, fases de cosecha, la variedad y demás, con respecto a muestras liofilizadas, los niveles de humedad en los residuos disminuyeron de manera formidable, alcanzando valores de 6.55%, 6.22%, 6.49% y 7.17%, en las variedades de cacho de toro y sumac soncco presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), mientras que la variedad huayro macho y cceccorani no presentaron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ), lo cual revela que el proceso de liofilización se realizó de forma uniforme y eficiente en las cuatro variedades, en esta técnica se conserva un vacío firme y se emplea calor de forma uniforme donde pasa por el proceso de sublimación (Umaña, 2021). Estos aciertos se ubican por debajo del tope máximo del 15% determinado por la NTP R.M 451-2006/MINSA en harinas derivadas de tubérculos lo que indica que es seguro para conservar o almacenar las muestras, además este ayuda aumentar la vida útil y reduce el crecimiento del microorganismo como mohos, hongos, levaduras y demás. De esta manera, Duarte (2019) menciona que la papa de la cepa Diacol Capiro liofilizada tiene una humedad del 3,09%, mientras que Alegria (2019) informa que el contenido de humedad de la papa cruda liofilizada, en la variedad amarilla y morada es 5,94% y 3,4%, respectivamente, estos se encuentran adentro del límite máximo admisible de humedad, y al comparar con los resultados obtenidos mostraron diferencias

significativas probablemente se debió a que se utilizaron diferentes parámetros para el análisis de las muestras liofilizadas.

En la tabla 7 se observa el contenido de la ceniza, grasa, proteína y carbohidrato en las cuatro variedades de residuos de PN frescas y liofilizadas provenientes del distrito de Pazos. Para evaluar la significancia de las diferencias mostradas entre el estado y las variedades se realizó la ANOVA y mostró que los estados en las muestras no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), mientras que las variedades presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para ello se realizó el análisis de comparación utilizando el Tukey.

Los niveles de ceniza en base seca en residuos de muestras frescas y liofilizadas de las cuatro variedades cacho de toro, huayro macho, cceccorani y Sumac Soncco presentaron los siguientes datos, en cuanto a las muestras frescas el contenido de ceniza fueron 3,82%, 3,38%, 3,43% y 1,85%, mientras que en las muestras liofilizadas fueron los siguientes: 3,80% cacho de toro 3,34% huayro macho, 3,43% cceccorani y 1,85% sumac soncco. Al comparar las variedades en los dos estados la variedad cacho de toro y cceccorani no presentaron diferencias significativas, en tanto que las variedades huayro macho y sumac soncco presentaron diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%. Se puede observar que los niveles de ceniza en las muestras liofilizadas de las variedades de papas son bastante similares a los niveles encontrados en las muestras frescas, esto sugiere que el proceso de liofilización no tuvo impacto significativo en el contenido de ceniza de las papas, tanto en estado fresco como liofilizado. Según, Natividad et al. (2022) mencionaron que en la variedad de papa nativa huevo de indio, kitipsho, azúcar cantina y tinkuy, los niveles de ceniza en dos zonas, en la zona 1, los valores fueron de 3,7%, 3,15%; 3,48% y 4,47%, respectivamente, mostrando resultados similares a los reportados. En contraste, en la zona 2, los valores fueron de 2,53%; 1,68%; 3,85% y 2,25%, respectivamente, lo que indica una mayor cercanía entre las cifras conseguidos por el autor y los resultados logrados, estos datos son diferentes a los encontrados por García-Torres et al. (2022), quienes informaron un contenido de ceniza del 2,6% para la variedad puka ambrosio, y de Pósito y Vásquez (2021), reportaron 1,2% de ceniza en la papa huagalina en su estado natural. Las discrepancias pueden atribuirse tanto a variaciones en la variedad de papas como a los residuos analizados, además realizó en papas normales, lo que tal vez expone las disconformidades en los niveles de ceniza.

En cuanto al contenido de grasa en los residuos de PN frescas y liofilizadas de las variedades cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco, en las muestras frescas, los niveles de ceniza fue 0,26%, 0,31%, 0,36% y 0,33%, respectivamente, en tanto en muestras liofilizadas revelaron que la variedad cacho de toro presentó un contenido de grasa del 0,25%, huayro macho fue 0,30, cceccorani alcanzó un 0,36, por último, la variedad sumac soncco registró un porcentaje de grasa de 0,32%, las muestras liofilizadas mostraron una tendencia similar en los niveles de grasa, con ligeras modificaciones entonces la liofilización no causó daños significativos, al comparar el contenido de grasa en las variedades en los dos estados las cuatro variedades no presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), según García-Torres et al. (2022), mencionan que las variedades blancas, canchan, peruanita, amarillo runtus, huayro y huamantanga tienen contenidos de grasa de 0,39%, 0,44%, 0,25%, 0,22%, 0,37% y 0,35%, respectivamente, comparando los resultados se observa que son valores similares entre ambas investigaciones, Balladares y Ramos (2018), reportó que la variedad puca shungo tiene una cantidad de grasa de 0,25%, mientras que la yana shungo presenta un porcentaje de 0,38%, y la variedad yema de huevo registra un 0,16%. En comparación con los resultados de la investigación, se observa que tanto la puca shungo como la yana shungo muestran valores cercanos, mientras que la variedad yema de huevo presenta una discrepancia significativa. Los residuos de papas nativas pueden contener diferentes compuestos que podrían afectar los resultados de cualquier análisis que se realice, además la forma en que se almacenan los residuos también puede haber un impacto significativo en los compuestos.

Los residuos de papas nativas en el estado frescas y liofilizadas de las variedades cacho toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco, revelaron diferentes contenidos de proteína, en el estado fresco los niveles de proteína fueron 8,19%, 5,69%, 11,22% y 5,98% respectivamente, mientras que en los residuos liofilizadas fueron de 8,18%, 5,65%, 11,21% y 5,97%, respectivamente para las mismas variedades, en ambos estados los residuos de papas nativas no tuvo una diferencia significativa en las cuatro variedades, esto sugiere que el proceso de liofilización no tuvo un impacto significativo en el contenido de proteína de estas muestras. Al comparar las cuatro variedades, se notó que los residuos de la variedad cceccorani mostraron el mayor contenido de proteína seguidos por los de cacho de toro, por otro lado, tanto sumac soncco como huayro macho presentaron niveles más inferiores de proteína, las cuatro variedades indican que son estadísticamente diferentes entre ellas al 95%

de un nivel de confianza. En contraste, García-Torres et al. (2022), mencionaron que las variedades blancas, canchan, peruanita, amarillo runtus, huayro y huamantanga presentaron contenidos de proteína de 8,24%, 10,6%, 10,5%, 7,33%, 6,75% y 10,0%, respectivamente, al comparar estos resultados se evidencia que las cuatro variedades muestran valores de proteína cercanos a los reportados en la investigación mencionada, según los datos proporcionados por Balladares y Ramos, (2018), se indica que los niveles de proteína para las variedades puca shungo, yana shungo y yema de huevo son del 7 a 9 %, 10 a 11 % y 6,4 % respectivamente, en base seca. Los resultados indican que tanto la variedad yana shungo como la yema de huevo reflejan valores cercanos a los de la investigación citada ya que se sitúan dentro del rango establecido, sin embargo, en el caso de la variedad puca shungo los valores no son tan cercanos a los obtenidos, estas diferencias observadas pueden atribuirse tanto a la diversidad de las variedades evaluadas como a los factores ambientales.

Los residuos de las papas nativas mostraron diferentes porcentajes de carbohidratos, según García-Torres (2022), la variedad puka ambrosio contiene un 88,0% de carbohidratos, en comparación, los valores de carbohidratos en las variedades cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco son 87,73%, 90,62%, 84,97% y 91,81 respectivamente, estadísticamente estas variedades son diferentes ( $p < 0,05$ ), al comprar con los valores de muestras frescas y liofilizadas, presentaron datos casi similares, lo que significó no tuvo un impacto significativo ( $p < 0,05$ ) sobre las muestras frescas. Los resultados obtenidos se compararon con las conclusiones de Ticsihua (2023), quien establece que el contenido de carbohidratos en la papa se sitúa en un rango de 79% a 87%, en este contexto, se observa que los valores encontrados para la variedad cacho de toro son similares, ya que caen dentro del rango mencionado por el autor. Sin embargo, para las otras variedades, los resultados no se encuentran dentro de este intervalo, lo que indica diferencias significativas, estas discrepancias pueden atribuirse al hecho de que se analizaron diferentes variedades de papas nativas, así como al hecho de que se estudiaron sus residuos, lo que podría influir en los niveles de carbohidratos detectados. Las muestras liofilizadas de residuos de papas nativas mostraron porcentajes similares de carbohidratos a las muestras frescas, para las variedades Cacho de Toro registró un 87,7761%, Huayro Macho un 90,6961%, Cceccorani un 84,9989% y Sumac Soncco un 91,8652%. Estos valores indican que son comparables a los obtenidos en las muestras fresca, esto sugiere que el proceso de liofilización no tuvo un efecto significativo en los niveles de carbohidratos en los residuos de papas nativas.

## 5.2. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante

De acuerdo a las cifras presentados en la tabla 8, la concentración de los CFT en los residuos de las PN de las variedades cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco mostraron los siguientes resultados, en el estado fresco, el CFT fue de  $109,121 \pm 0,764$ ;  $129,589 \pm 3,908$ ;  $95,869 \pm 2,908$  y  $95.953 \pm 2,668$  (mg EAG/100 g bs), respectivamente, en cuanto al estado de liofilización fue  $108,758 \pm 0,420$ ;  $128,897 \pm 4,317$ ;  $94,044 \pm 3,028$  y  $95,469 \pm 2,878$  (mg EAG/ 100 g bs) respectivamente y los resultados mostraron que las muestras frescas y liofilizadas tienen valores casi similares de CFT en los residuos de las papas nativas, esto implica que la liofilización no causa daños significativos a estos compuestos. Al comprar los resultados evaluados en las variedades huayro macho mostró los niveles más altos de CFT tanto en estado fresco como liofilizado, seguida de cerca por cacho de toro, con diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia de ( $p < 0.05$ ). En contraste, las otras variedades cceccorani y sumac soncco presentan niveles más bajos de estos compuestos, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas, mientras, Giusti et al. (2015) examinó la presencia de CFT en veinte variedades de PN las cuales presentaban una variedad de colores, estos fueron cuantificados en mg de ácido gálico equivalente por 100 g a bs. Se observó que las papas moradas tenían concentraciones que oscilaban entre  $162,19 \pm 10,54$  y  $510,20 \pm 41,43$ , mientras que las papas rojas variaban entre  $152,40 \pm 14,86$  y  $337 \pm 7,88$ , por otro lado, las papas amarillas mostraron concentraciones que variaban entre  $113,37 \pm 6,36$  y  $114,63 \pm 10,75$ . En comparación, el estudio realizado por Zarins (2018) analizó los compuestos fenólicos de 11 variedades de papa de pulpa blanca, amarilla y morada, estos oscilaron entre 82 y 282 mg EAG/ 100g bs, los datos alcanzados de la investigación de los residuos de las papas nativas se encuentran dentro de los parámetros de las investigaciones revisadas y revelan semejanzas entre las muestras frescas y las liofilizadas. Sin embargo, este resultado difiere de Yabar-Villanueva et al. (2023), donde la cantidad de CFT en las variedades yana siri y yurak siri en estado de chuño y tunta fue de  $230,6 \pm 5,24$  y  $162.8 \pm 0.6$  mg de ácido gálico por 100 g a bs, respectivamente. Ticsihua (2023), midió el contenido total de polifenoles en papas crudas y chuño de tres variedades de papa nativas: puca dosis, yana termeña y ajo suytu, la variedad puka dusis tuvo mayor contenido de polifenoles que otras variedades. En estado fresco, puca dusis contiene  $185,33 \pm 12,05$  mg de ácido gálico por 100 g, y en estado chuño,  $113,72 \pm 8,96$  mg de ácido gálico por 100 g, mientras tanto, un estudio realizado por Mogrovejo e Isique (2021) presentó el contenido de polifenoles totales en 40 clones de papas nativas, en muestras no liofilizadas varió entre 1,52 a 15,32 mg AGE/100g, mientras que en muestras liofilizadas oscilaron entre 3,39 y 18,78 mg

AGE/100g y en el estudio de Chirstelle et al. (2007), reportaron que la concentración de los fenólicos totales en 74 variedades de papas nativas osciló de 1,12 a 12,37 mg de equivalente de ácido gálico por gramo de peso seco. Los resultados encontrados respecto al contenido de CFT presentaron discrepancias significativas, estos pueden ser atribuida a una sucesión de elementos internos y externos como la diversidad genética, el entorno geográfico, variables ambientales, procesos agronómicos y postcosecha (Beltrán, 2020) y (Mogrovejo e Isique (2021). Diversas investigaciones han señalado de manera consistente que las variedades de papas nativas con pulpa roja y morada presentan niveles más dominantes de compuestos polifenoles, en especial antocianinas, en contraste con las papas convencionales. Este descubrimiento resalta la notable CA presente en estas variedades de papas de colores distintivos. Nemš y Peksa (2018) respaldaron esta observación al enfatizar que las papas nativas, conocidas por su diversidad genética y vivos colores, exhiben un contenido fenólico significativamente mayor que las variedades convencionales. En síntesis, el color característico de las papas nativas sirve como un indicador visual de su sobresaliente contenido antioxidante, lo que subraya su valor tanto en términos de nutrición como de su potencial para promover la salud.

Los residuos de papa nativa de los cultivares cacho de toro, huayro macho, cceccorani y sumac soncco mostraron diferentes niveles de (CA) tanto en estado fresco como liofilizado en estado fresco, los valores de CA fueron  $694,729 \pm 76,157$ ;  $770,199 \pm 52,155$ ;  $630,200 \pm 13,828$  y  $506,291 \pm 58,161$  ( $\mu\text{mol Trolox/g bs}$ ), respectivamente. En estado liofilizado estos valores fueron  $694,357 \pm 76,116$ ;  $769,214 \pm 52,089$ ;  $627,713 \pm 13773$  y  $504,083 \pm 57,907$  ( $\mu\text{mol Trolox/g bs}$ ), respectivamente, en ambas condiciones la variedad huayro macho mostró el mayor valor seguida de cacho de toro, en tanto las otras variedades tuvieron menor CA, estadísticamente la variedad huayro macho, cacho de toro y cceccorani no presentaron diferencias estadísticamente significativamente y las variedades cceccorani y sumac soncco no diferencias estadísticas. Comparando estos resultados con estudios previos de Zarins (2018), comparó las concentraciones de CA de la papa de pulpa morada y roja por DPPH osciló entre 4,6 y 12,2 mM/100 g y por ABTS la actividad depuradora osciló entre 3 y 47 mM/100g. En el estudio de Yabar-Villanueva et al. (2023), el contenido de la capacidad antioxidante de las variedades yana Siri y yurak siri en estado de chuño y tunta fue de  $454,51 \pm 1,52$  y  $411,54 \pm 1,03$   $\mu\text{mol Trolox/g bs}$ , respectivamente. En el estudio realizado por Ticsihua (2023), se comparó la CA en papas crudas y chuño de tres variedades de papa nativa: puca dosis, yana termeña y ajo suytu, se encontró que la variedad puca dosis presentó un

mayor contenido de antioxidante en comparación con las otras variedades. En estado fresco puca dusis mostró un contenido de  $(132,32 \pm 9,86 \mu\text{mol TE/g})$  mientras que en estado chuño este valor fue  $(86,06 \pm 7,27 \mu\text{mol TE/g})$ . Al confrontar los resultados de la investigación sobre la capacidad antioxidante, se observaron diferencias significativas. Esto se debió principalmente a que se estudiaron diferentes variedades de papas nativas. Además, los factores ambientales también pueden haber influido en estos resultados.

## VI. CONCLUSIONES

Se determinó el análisis proximal de los residuos de PN frescas y liofilizadas, la humedad osciló del 59 al 68 % en muestra frescas, mientras en muestras liofilizadas osciló del 6 al 7%, el proceso de liofilización si tuvo un impacto significativo sobre la humedad de las variedades. El proceso de la liofilización no causó daños estadísticamente significativos ( $p < 0,05$ ) en el contenido de ceniza, grasa, proteína y carbohidrato en el estado frescos y liofilizadas en las variedades de los residuos de las papas nativas.

Se determinó el contenido de CFT en cuatro variedades de residuos de PN en muestras frescas y liofilizadas por la técnica de Folin-Ciocalteu. Los residuos de las papas nativas denominadas cacho de toro y huayro macho mostraron elevados contenidos de CFT (109,121 y 129,589; mg EAG/ 100 g bs) en estado fresco y (108,758 y 128,897; mg EAG/ 100 g bs) en estado liofilizado. En comparación con las variedades cceccorani y sumac soncco presentaron bajo contenido de CFT (95,869 y 95,953; mg EAG/ 100 g bs) en fresco y (94,044 y 95,469; mg EAG/ 100 g bs) en liofilizado. Las muestras frescas y liofilizadas poseían resultados casi iguales de compuestos en los residuos, esto indicó que el proceso de liofilización no causa daños enormes en los compuestos.

Se determinó la concentración de la capacidad antioxidante en cuatro variedades de residuos de PN en muestras frescas y liofilizadas por el método DPPH. Los residuos de las papas nativas de las variedades cacho de toro y huayro macho revelaron mayores contenidos de CA (694,729 y 770,199;  $\mu\text{mol Trolox/ 100 g bs}$ ) en estado fresco y (694,36 y 769,291;  $\mu\text{mol Trolox/ 100 g bs}$ ) en estado liofilizado. En comparación con las variedades Cceccorani y Sumac Soncco mostraron bajo cantidad de CA (630,200 y 506,291;  $\mu\text{mol Trolox/ 100 g bs}$ ) en fresco y (627,713 y 504,083;  $\mu\text{mol Trolox/ 100 g bs}$ ) en liofilizado). Las variedades de residuos de papas nativas estudiadas tanto fresca y liofilizadas no difieren estadísticamente entre ellas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Realizar estudios sobre el análisis proximal, CFT y CA en otras variedades de residuos de papas nativas provenientes del distrito de Pazos.

Aplicar el método de liofilización para el proceso de secado, en vista de que mantiene intactas sus propiedades nutricionales y funcionales.

Debido al potencial bioactivo de los residuos de las papas nativas presentado en este trabajo se recomienda realizar estudios para su aprovechamiento tecnológico y transformación agroindustrial

Se sugiere la utilización de los residuos de las papas nativas, en chip de papas, bebidas fermentadas, hojuelas, enlatados entre otros.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar R., F. (2022). *Evaluación de las características físicas, químicas y sensoriales de tres variedades de papa (Solanum tuberosum l.) para el aprovechamiento en fritura a la francesa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José María Arguedas]. [https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/654/Fredy\\_Tesis\\_Bachiller\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/654/Fredy_Tesis_Bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Alegria, R., R. (2019). Liofilización de la papa. <https://es.scribd.com/document/407702335/Resultados-Liofilizacion-de-Papa>
- Alvarado, M., y Peña, R. (2020). *Factores que inciden en el desenvolvimiento de una cooperativa agraria que revaloriza la papa nativa en Huancavelica: Caso de estudio Cooperativa Agraria AGROPIA Ltda.* [Tesis de licenciatura Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17475>
- AOAC. (2016). Official methods of analysis of AOAC International. Washington, USA: Gaithersburg [ESTADOS UNIDOS] : AOAC International 20 ed.
- Asociación Patatz; Centro Internacional de la Papa [CIP]; Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]; Asociación de Guardianes de la Papa Nativa del Centro del Perú [AGUAPAN]. (2023). *Catálogo de variedades de papa nativa de Tayabamba, La Libertad – Perú*. ISBN 978-9972-9792-3-1. 392 p. <https://doi.org/10.4160/9789972979231>
- Balladares, V. y Ramo, M. (2018). Evaluación de antocianinas y micronutrientes en papa nativa (*Solanum andigena*). *Alimento, Ciencia e Ingeniería*, 26 (1), 7-16. <https://doi.org/10.31243/aci.v26i1.1738>
- Beltrán P., M. (2020). *Composición en nutrientes y bioactivos y propuesta de biorrefinería de papa solanum tuberosum grupo phureja*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78726/1022386814.2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Benavides-Guerrero, R., Revelo-Cuarán, C., Arango-Bedoya, O. y Osorio, O. (2020). Extracción asistida con ultrasonido de compuestos fenólicos de dos variedades de papas (*Solanum phureja*) nativas andinas y evaluación de su actividad antioxidante. *Información tecnológica*. 31(5), 43-50, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000500043>

- Cahuana Q., R. y Gonzales V., D. (2011). Técnicas de manejo, selección y clasificación de papas nativas. <https://agropuno.gob.pe/Archivos/Biblioteca/2.1.6.pdf>
- Centro Internacional de la papa (2017). La revolución de la papa nativa en Perú. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/98906/BRIEF%2002%20ESPANOL.pdf?sequence=1>
- Cerna, M., J., Dasa, F., M., Gavidia, L., W., Robles, R., M. y Romaní, V., J. (2019). Snacks de papas nativas horneadas “tantay chips. [Tesis de pregrado, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d690075a-aa6f-4e42-b4fd-06a47af9745b/content>
- Cerón -Lasso, M., Alzate-Arbeláez, A., Rojano, B. A., & Ñuztez-Lopez, C. (2018). Composición Fisicoquímica y Propiedades Antioxidantes de Genotipos Nativos de Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo Phureja). *Información tecnológica*, 29(3), 205-216. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000300205>
- Chirstelle M., A., Ghislain, M., Bertin, P., Oufir, M., Del Rosario, H., Hoffmann, L., Jean-Francois, H. Larondelle, Y. & Evers, D. (2007). Andean Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a Source of Antioxidant and Mineral Micronutrients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 55, pag. 366–378. <https://doi.org/10.1021/jf062740i>
- Chuquilín, R., Martínez, M. y Rodrigo, J. (2020). Propiedades funcionales de productos tradicionales congelados y secados al sol de oca (*Oxalis tuberosa* Molina) y olluco (*Ullucus tuberosus* Caldas): Una revisión. *Puriq*, 2(3), 247–263. <https://doi.org/10.37073/puriq.2.3.100>
- Collanqui S., V. C. (2019). Características morfológicas, agronómicas, rendimiento y contenido nutricional de clones de papa (*solanum tuberosum* l.) de pulpa amarilla en salcedo puno, Perú. [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Altiplano – Puno]. Archivo digital. <https://1library.co/document/z1d9g6pz-caracteristicas-morfologicas-agronomicas-rendimiento-contenido-nutricional-solanum-tuberosum.html>
- De Sena A., R. A. M., Da Silva, D. C., De Souza, M. M. B., De Oliveira, R. L., Maciel, M. I. S., Porto, T. S., De Almeida M., E., De Andrade L. A., L. L., & Porto, T. S. (2023). Microencapsulation of phenolic compounds from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) agro-food waste: physicochemical characterization, antioxidant

- activity, biodisponibility and stability. *Food chemistry advances*, 3, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100364>
- Díaz-Montes, E., G.I. Cerón-Montes, E.A. Vargas-León. (2023). Encapsulación de compuestos bioactivos: una revisión Sistemática Encapsulation of bioactive compounds: a systematic review..Vol. 10 No. 20 . 17-28. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial4.9575>
- Duarte, C., Y. (2019). *Desarrollo de un producto fortificado y deshidratado como alternativa para la generación de valor agregado a la papa (Solanum tuberosum) variedad Diacol Capiro*. [Tesis de doctorado, Universidad de Antioquia]. [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15990/1/DuarteYudy\\_2019\\_PapaDeshidratadaFortificada.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15990/1/DuarteYudy_2019_PapaDeshidratadaFortificada.pdf)
- Ercoli, S., Cartes, J., Cornejo, P., Tereucán, G., Winterhalter, P., Contreras, B., & Ruiz, A. (2021). Stability of phenolic compounds, antioxidant activity and colour parameters of a coloured extract obtained from coloured-flesh potatoes. *LWT*, 136, 110370. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110370>
- Fuentes P., E., Carrillo I., M., Gijón A., I., Macías P., R. (2018). Aplicación de la liofilización en la conservación de microemulsiones usadas en alimentos funcionales y nutraceuticos: un caso de la ingeniería en alimentos. *Revista Académica de Investigación TLATEMOANI*, <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.html>
- Gallo C., C. (2022). *Evaluación de la actividad antioxidante de dos variedades de papa nativa (Solanum tuberosum); yawar wayku, puma maki*. [ Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac] [https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1182/T\\_817.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1182/T_817.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, M., P. (2021). *Morfología y concentración de hierro y zinc en tubérculos de clones avanzados de papas nativas (solanum spp.) en Cusco*. [ Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5065>
- García-Torres, S., Chire-Fajardo, G., Repo-Carrasco, R., & Ureña-Peralta, M. (2022). Effect of frying on the bioactive components of the native potato (*Solanum tuberosum* sp.) Puka Ambrosio. *Revista chilena de nutrición*, 49(1), 7-16. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182022000100007>

- Gaur, G., & Gänzle, M. G. (2023). Conversion of (poly)phenolic compounds in food fermentations by lactic acid bacteria: Novel insights into metabolic pathways and functional metabolites. *Current research in food science*, 6, 100448. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100448>
- Giusti, M., Polit, M., Ayvaz, H., Tay, D. & Manrique I. (2015). Characterization and Quantitation of Anthocyanins and Other Phenolics in Native Andean Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 62, pag. 4408–4416 <https://doi.org/10.1021/jf500655n>
- Gnanasekaran, C. G., & Basalingappa, K. M. (2018). Solanum tuberosum L: Botanical, Phytochemical, pharmacological and Nutritional significance. *International journal of Phytomedicine*, 10(3), 115-124. DOI:10.5138/09750185.2256
- Haijing W., Zhenzhen Z., Jia S., Maosen T., Ren L. & Xia C. (2023). Phenolic compound identification in tomato fruit by UPLC-QTOF-MS. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 182, 114791. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114791>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2022). *Producción de papa alcanzó 542 mil 47 toneladas*. <https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-086-2022-inei.pdf>
- Jiménez-Morales, W. A., Del Pilar Cañizares-Macías, M., & Pedraza-Chaverri, J. (2022). Fast ORAC-SIA method for antioxidant capacity determination in food samples. *Food Chemistry*, 384, 132524. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132524>
- Juárez O., E. C. (2021). *Una revisión de la obtención de compuestos bioactivos a partir de subproductos de cítricos procesados: fermentación en estado sólido y métodos de extracción*". [Grado Académico de Bachiller, Universidad Nacional de Frontera – Sullana]. Archivo digital. <https://repositorio.unf.edu.pe/bitstream/handle/UNF/63/14.%20Carlos%20Eduardo%20Ju%c3%a1rez%20Ojeda.docx.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kärenlampi, S. & Blanco, F. (2009). Potato protein, lipids and minerals. In *Advances in Potato Chemistry and Technology*, 1st ed.; Singh, J., Kaur, L., Eds.; Academic Press: Burlington, VT, USA, 2009; pp. 99–125. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374349-7.00005-2>

- León, A., Bravo, N., Pandia, S., Aleman, M. y Romero, R. (2022). Desarrollo y caracterización de biopelículas a partir de mezclas de almidón de maíz - papa, sorbitol y aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2022, vol.88, n.3, pp.251-264. Epub 30-Oct-2022. ISSN 1810-634X. <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i3.401>.
- Marmolejo G., D. y Ruiz V., J. E. (2018). Tolerancia de papas nativas (*Solanum spp.*) a heladas en el contexto de cambio climático. *Scientia Agropecuaria*, 9(3), 393-400. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.03.10>
- Márquez-Vasallo, Y., Salomón-Díaz, J. L., & Acosta-Roca, R. (2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*). *Cultivos Tropicales*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193263199010>
- Marquez-Vasallo, Y.; Salomon-Diaz, J. y Acosta-Roca, R. (2020). Análisis de la interacción genotipo ambiente en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*), vol.41, n.1 Epub 01-Mar-2020. ISSN 1819-4087. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362020000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000100010)
- Martínez-Alca, A. (2021). *Análisis de los factores que influyeron en la implementación del proyecto de papas nativas orgánicas en los distritos de Pazos y Huaribamba, Provincia de Tayacaja – Huancavelica, durante los años 2017 – 2019*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Archivo digital. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19721/MARTINEZ\\_ALCA\\_ALDO\\_ENRIQUE%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19721/MARTINEZ_ALCA_ALDO_ENRIQUE%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Michel, B., M. (2018) Encapsulación de compuestos fenólicos de *Vaccinium corymbosum* a través del desarrollo de matrices biopoliméricas y su efecto en la modulación del microbiota intestinal humana. <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/655/1/Maria%20Gretel%20Michel%20Barba.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2020). Análisis de mercado de la papa. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1471847/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20-%20Papa%202020.pdf>

- Ministerio del ambiente (MINAM). (2019). Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad. [https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/12/Linea\\_base\\_papa\\_bioseguridad\\_lowres.pdf](https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/12/Linea_base_papa_bioseguridad_lowres.pdf)
- Misarayme C., F. (2018). *Evaluación morfológica y rendimiento de diez accesiones de papa nativa (Solanum spp), a 4300 m.s.n.m. Vinchos – Ayacucho – 2016*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3091/1/TESIS%20AG1220\\_Mis.pdf](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3091/1/TESIS%20AG1220_Mis.pdf)
- Mogrovejo, D. y Isique, J.(2021). *Obtención y determinación de compuestos bioactivos (compuestos fenolicos, antocianinas y polifenoles) de papas nativas pigmentadas de la región altoandina del Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Archivo digital.
- Muñoz-López, Cinthia, Urrea-García, Galo R., Jiménez-Fernández, Maribel, Rodríguez-Jiménez, Guadalupe del C., & Luna-Solano, Guadalupe. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*Spondias purpurea* L.). *Agrociencia*, 52(1), 1-13. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952018000100001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000100001&lng=es&tlng=es)
- Natividad, B., Muñoz, S., Villanueva, J., Rojas, R., Chamorro, R., Cueto, C., Bravo, J., Beraun, j. y Mendoza, A. (2022). Caracterización fisicoquímica de cuatro variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*) con aptitud para fritura, cultivadas en dos zonas en Huánuco. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2022, vol.88, n.3, pp.237-250. Epub 30-Oct-2022. ISSN 1810-634X. <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i3.400>.
- Nemés A. & Peksa A. (2018). Polyphenols of coloured-flesh potatoes as native antioxidants in stored fried snacks. *Food Science and Technology*. Vol.97, pag. 597-602 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.053>
- Nowak, D., & Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*, 9(10), 1488. <https://doi.org/10.3390/foods9101488>

- NTP 011.119. (2016). Papa y sus derivados. Papa. Definiciones y requisitos. <https://www.qaliwarma.gob.pe/multimedia/archivo/especificacion-tecnica/2019/53-papas-nativas.pdf?v=1.0>
- NTP R.M 451-2006/MINSA. HARINAS DE TUBÉRCULOS. Gob.pe. Recuperado el 8 de noviembre de 2024, de <https://info.qaliwarma.gob.pe/datpub/uop/catalogo/2024/30-HARINAS-DE-TUBERCULOSFF.pdf?v=3.0>
- Palos-Hernández, A., Fernández, M. Y. G., Burrieza, J. E., Pérez-Iglesias, J. L., & González-Paramás, A. M. (2022). Obtaining green extracts rich in phenolic compounds from underexploited food by-products using natural deep eutectic solvents. Opportunities and challenges. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 29, 100773. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100773>
- Panta, A. B., Rijal, D. K., Subedi, P. P. y Poudel, B. S. (2022). Conservación y promoción de variedades nativas de papa en el contexto del cambio climático en Nepal. *Producción y Consumo Sostenible*, 30, 168-175. doi: 10.1016/j.spc.2021.09.001
- Pęksa, A. & Miedzianka, J. (2021) Potato Industry By-Products as a Source of Protein with Beneficial Nutritional, Functional, Health-Promoting and Antimicrobial Properties. *Appl. Sci.* 2021, 11, 3497. <https://doi.org/10.3390/app11083497>
- Peña G., J. M. (2023) “*Microtuberización in vitro de Solanum tuberosum L. Var. Superchola*” [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37463/1/Tesis347%20%20Ingenier%20C3%ADa%20Agron%20C3%B3mica%20%20Pe%20C3%B1a%20Guallpa%20Joselyn%20Mishell.pdf>
- Pinto y Sifuentes. (2020). *Estudio de prefactibilidad para la elaboración de una planta de producción de pellets compostables a base de almidón de papa (Solanum tuberosum)*. [Tesis de pregrado, Universidad de Lima]. [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/13782/Pinto-Sifuentes\\_Estudio-prefactibilidad-elaboracion.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/13782/Pinto-Sifuentes_Estudio-prefactibilidad-elaboracion.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pohanka, M. (2023). Assays of antioxidant Capacity: Optics and voltammetry. *International Journal of Electrochemical Science*, 18(10), 100276. <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2023.100276>
- Pósito, L., L. y Vásquez G., M. (2021). *Determinación del valor nutritivo de la papa huagalina natural y la papa huagalina en snacks*. [tesis de doctorado, universidad



<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/33532/gserranob?sequence=3&isAllowed=y>

Salazar-Bermeo, J., Moreno-Chamba, B., Heredia-Hortigüela, R., Lizama, V., Martínez-Madrid, M. C., Saura, D., Valero, M., Neacsu, M., & Martí, N. (2023). Green technologies for Persimmon By-Products revalorisation as sustainable sources of dietary fibre and antioxidants for functional beverages development. *Antioxidants*, 12(5), 1085. <https://doi.org/10.3390/antiox12051085>

Sampaio, S. L., Petropoulos, S. A., Alexopoulos, A., Heleno, S. A., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 118-129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015>

San Juan A., D. (2021). *Tratamiento de residuos sólidos orgánicos del mercado modelo de la ciudad de Aguaytia*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. [https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1926/TS\\_SJADE\\_2021\\_R2.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1926/TS_SJADE_2021_R2.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Santos, G. D., Nogueira, R. I., & Rosenthal, A. (2018). Powdered yoghurt produced by spray drying and freeze drying: a review. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21(0). <https://doi.org/10.1590/1981-6723.12716>

Serrano B., G. y Castro F., L. F. (2020). *Caracterización fisicoquímica de cinco (5) variedades de papa nativa de la región del Pantano Arce (Subachoque, Cundinamarca)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Archivo digital. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/33532>

Ticsihua H., J. (2023). Determinación de capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en tres variedades de papas nativas (*Solanum sp*) y del chuno [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8ad336e1-3c67-4136-adc8-85648d1af89e/content>

Torres M., C. y Chuquilin F., L. (2019). Liofilización. <https://es.scribd.com/document/473282622/lifilizacion-docx>

Umaña C., E. (2021). Conservación de alimentos por frío. [https://fusades.org/publicaciones/conservacion\\_alimentos\\_frio.pdf](https://fusades.org/publicaciones/conservacion_alimentos_frio.pdf)

- Waglay, A., Karboune, S. (2020). Predictive Consumer Acceptance Models and Quality Attributes for Cookies Enriched with Potato Protein Isolate and Concentrate. *Food Bioprocess Technol* 13, 1645–1660. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02508-8>
- Yabar -Villanueva, E., Huicho E., W., Suazo P., A., Rojas-Zacarías, E., & Alvarez-Tolentino, D. (2023). Biocomponentes y capacidad antioxidante de papas nativas como chuño y tunta bajo diferentes condiciones de temperatura de congelación. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num1\\_art:2958](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2958)
- Zarins, R., Kruma, Z., Tomsone, L., Kampuse, S., Skrabule, I. & Konosonoka, I.H. (2018). Comparison of phenolic compounds and antioxidant activity of fresh and freeze-dried potatoes. *Agronomy Research*. 16(S2), 15461554. <http://dx.doi.org/10.15159/ar.18.006>

## IX. ANEXO

### ANEXO A: *Acondicionamiento de muestras*



**Fotografía 1:** Distrito de Pazos, zona de colecta de residuos de papas nativa.



**Fotografía 2:** Recolección de los residuos de papas nativas de las distintas variedades.





**Fotografía 3:** El proceso de la liofilización de los residuos de las papas nativas primero se pasó al lavado y desinfectado, seguido por el rallado y congelado



**Fotografía 4:** Los residuos de las papas nativas congeladas se sometieron a liofilización, luego se molieron y se empaquetaron

## ANEXO B: Determinación de humedad



**Fotografía 5:** De los residuos de las papas nativas del estado fresco y liofilizado, se determinó el contenido de humedad.

## ANEXO C: Determinación de Ceniza



**Fotografía 6:** De los residuos de las cuatro variedades de papas nativas se midió el contenido de ceniza en el estado fresco y liofilizado.

**ANEXO D: Determinación de grasa**



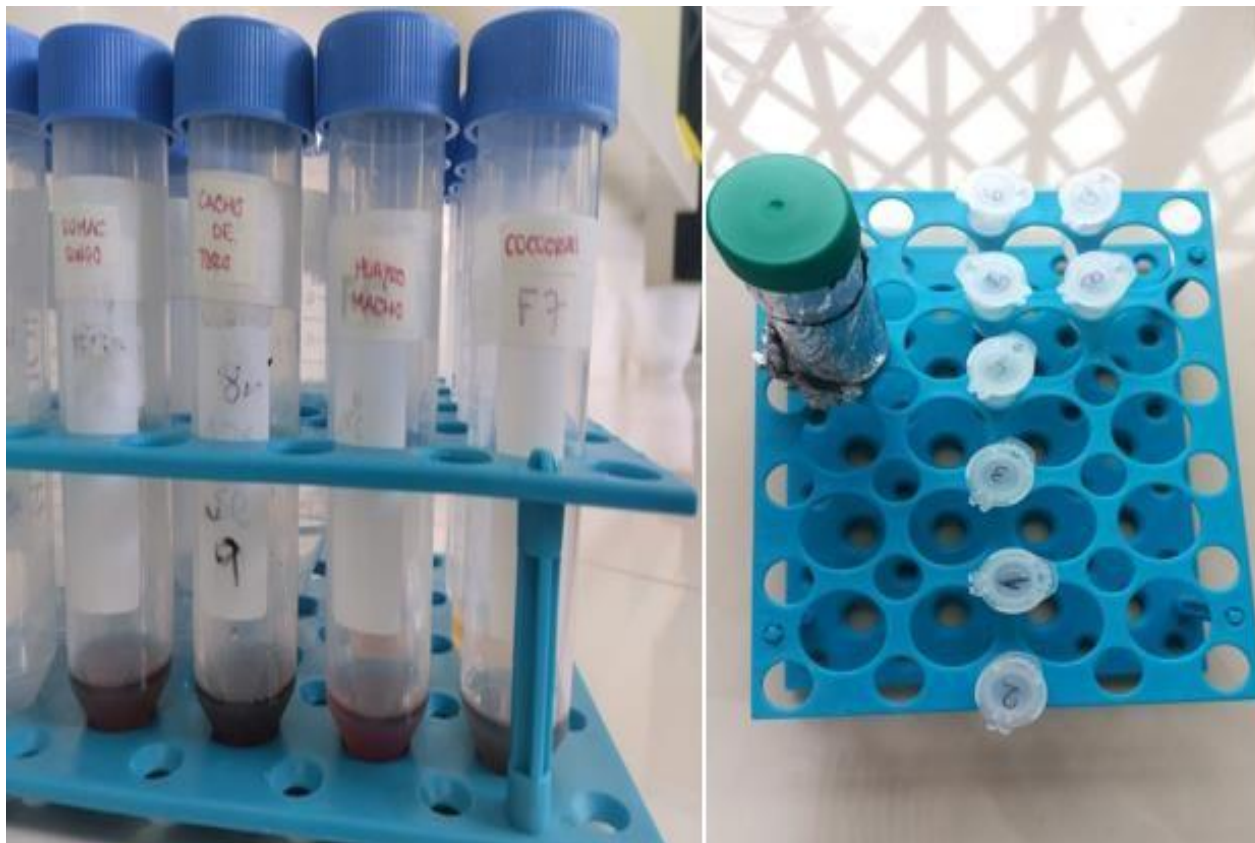
**Fotografía 7:** *Medición del contenido de grasa en los residuos de las de papas nativas.*

**ANEXO E: Determinación de Proteína**



**Fotografía 8:** *Se determinó la cantidad de proteína en residuos de papas nativa.*

**ANEXO F:** *Determinación de compuestos fenólicos*



**Fotografía 9:** *Se preparó la curva de calibrado y el extracto con todos los reactivos en tubos de ensayo.*



**Fotografía 10:** *Los sobrenadantes junto con la curva de calibrado fueron introducidos en la microplaca.*



**Fotografía 11:** *En el lector multimodal se midió los compuestos fenólicos a una absorbancia de 739 nm en muestras frescas y liofilizadas de las cuatro variedades.*

**ANEXO G:** *Determinación de la capacidad antioxidante*



**Fotografía 12:** *Se preparó los extractos de los residuos de las papas nativas y la curva de calibrado.*

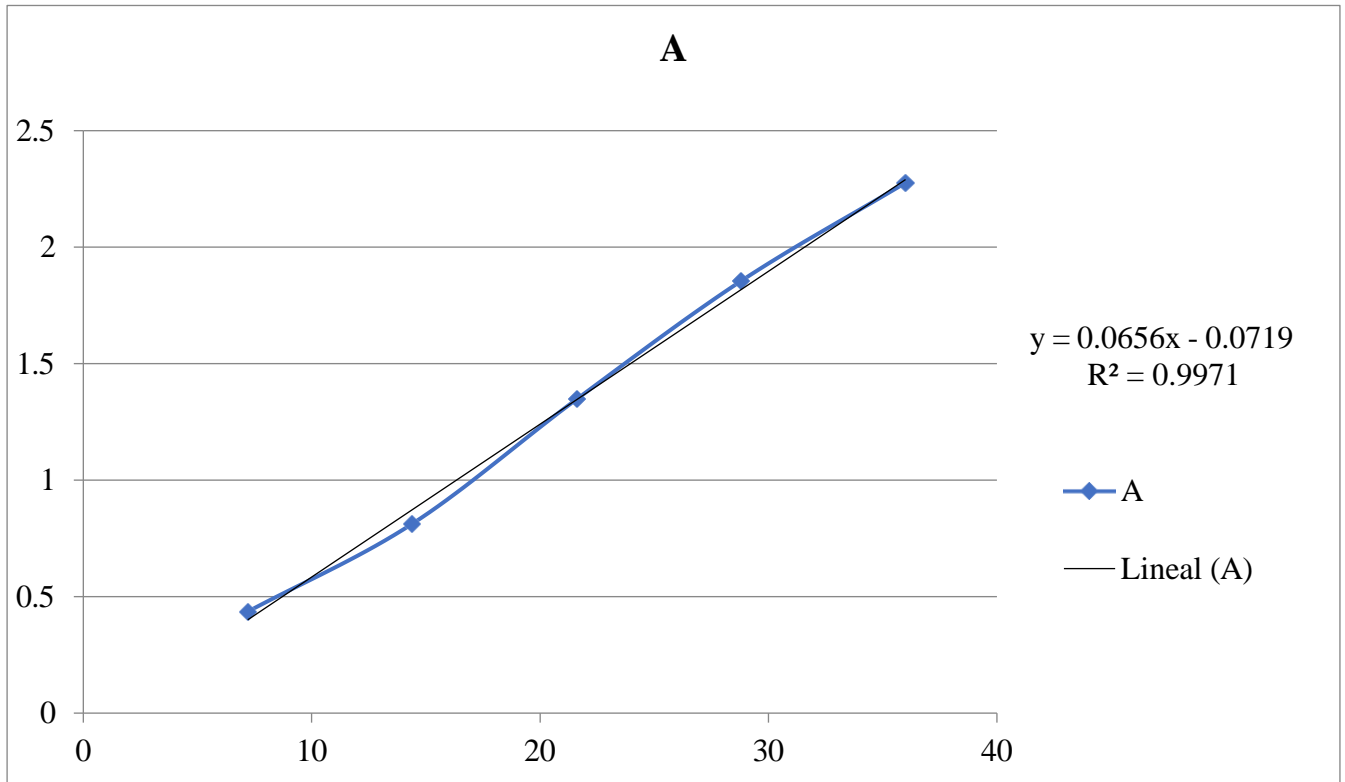
**Fotografía 13:** En la microplaca se colocó la curva de calibrado y el sobrenadante preparado con los reactivos.



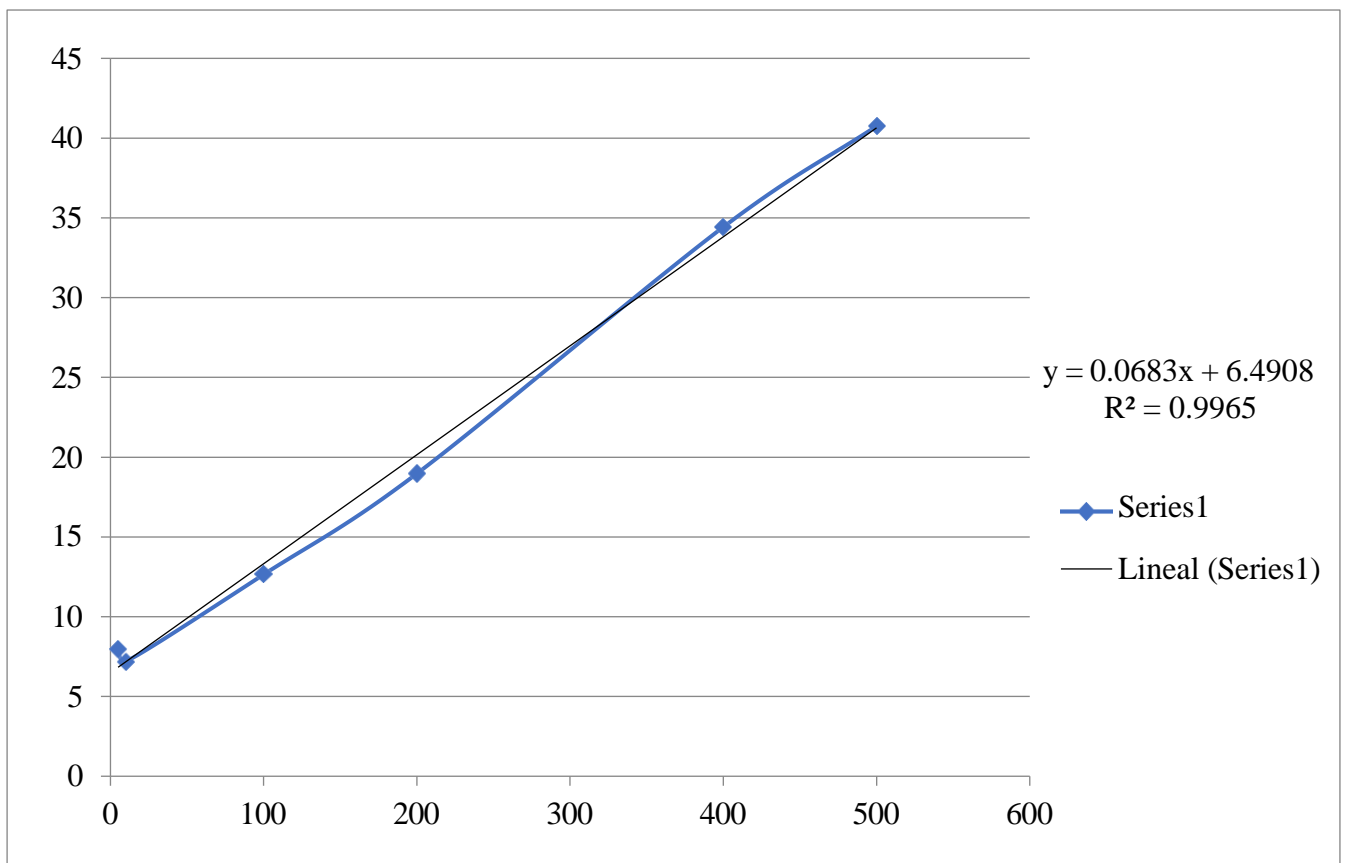
**Fotografía 14:** En el lector multimodal se midió la capacidad antioxidante a una absorbancia de 515 nm

**ANEXO H: Resultados de ajuste de StdCurve**

*Curva de calibrado ajustada para los compuestos fenólicos*



*Curva de calibrado ajustada para la capacidad antioxidante (DPPH)*



**ANEXO I:** *Datos del contenido del análisis proximal en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

*Contenido de humedad, ceniza, grasa, proteína y carbohidrato en muestras frescas*

Variedad	Humedad (%)				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
Cacho de Toro	62,6256	60,1671	63,4325	62,0751	1,3888
Huayro Macho	59,8785	60,3681	59,5034	59,9167	0,3540
Cceccorani	59,0686	59,2731	58,9907	59,1108	0,1191
Sumac Soncco	66,6764	70,5938	67,7847	68,3516	1,6488
Ceniza (g/100g bs)					
Cacho de Toro	3,7665	3,8856	3,8006	3,8176	0,0613
Huayro Macho	3,3607	3,3984	3,3785	3,3792	0,0189
Cceccorani	3,4706	3,3970	3,5007	3,4561	0,0533
Sumac Soncco	1,9650	1,8361	1,8554	1,8855	0,0695
Grasa (g/100g bs)					
Cacho de Toro	0,3012	0,2243	0,2612	0,2622	0,0385
Huayro Macho	0,3420	0,2839	0,3099	0,3119	0,0291
Cceccorani	0,3913	0,3431	0,3474	0,3606	0,0267
Sumac Soncco	0,3536	0,3153	0,3318	0,3336	0,0192
Proteína (g/100g bs)					
Cacho de Toro	8,1779	8,1723	8,2321	8,1941	0,0330
Huayro Macho	5,6734	5,7049	5,6827	5,6870	0,0162
Cceccorani	11,1861	11,1998	11,2629	11,2163	0,0410
Sumac Soncco	6,0114	5,9946	5, 9115	5,9725	0,0535
Carbohidrato (g/100g bs)					
Cacho de Toro	87,7544	87,7178	87,7061	87,7261	0,0252
Huayro Macho	90,6239	90,6128	90,6289	90,6219	0,0082
Cceccorani	84,9520	85,0601	84,8890	84,9670	0,0865
Sumac Soncco	91,6700	91,8540	91,9013	91,8084	0,1222

*Contenido de humedad, ceniza, grasa, proteína y carbohidrato en muestras liofilizadas*

<b>Variedad</b>	<b>Humedad (%)</b>				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
Cacho de Toro	6,5209	6,5523	6,5854	6,5532	0,0323
Huayro Macho	6,2616	6,2012	6,1824	6,2151	0,0414
Cceccorani	6,4559	6,5033	6,5235	6,4942	0,0347
Sumac Soncco	7,2080	7,1232	7,1754	7,1689	0,0428
	<b>Ceniza (g/100g bs)</b>				
Cacho de Toro	3,7467	3,8442	3,7881	3,7930	0,0489
Huayro Macho	3,3578	3,3839	3,2850	3,3422	0,0513
Cceccorani	3,4404	3,3722	3,4831	3,4319	0,0559
Sumac Soncco	1,9193	1,8038	1,8144	1,8458	0,0638
	<b>Grasa (g/100g bs)</b>				
Cacho de Toro	0,2910	0,2066	0,2580	0,2519	0,0425
Huayro Macho	0,3152	0,2722	0,2971	0,2948	0,0216
Cceccorani	0,3789	0,3347	0,3586	0,3574	0,0221
Sumac Soncco	0,3405	0,2952	0,3158	0,3172	0,0227
	<b>Proteína (g/100g bs)</b>				
Cacho de Toro	8,1638	8,1507	8,2227	8,1791	0,0384
Huayro Macho	5,6654	5,6538	5,6813	5,6668	0,0138
C1XZ	11,1779	11,1972	11,2603	11,2118	0,0431
Sumac Soncco	6,0102	5,9940	5,9113	5,9718	0,0530
	<b>Carbohidrato (g/100g bs)</b>				
Cacho de Toro	87,7985	87,7985	87,7312	87,7761	0,0389
Huayro Macho	90,6616	90,6901	90,7366	90,6961	0,0379
Cceccorani	85,0028	85,0959	84,8980	84,9989	0,0990
Sumac Soncco	91,7300	91,9070	91,9585	91,8652	0,1199

**ANEXO J: Datos del contenido de los CFT y CA en muestras frescas y liofilizadas**

*Contenido de los CFT Y CA en residuos de papas nativas frescas en las cuatro variedades*

Variedad	CFT (mg EAG/ 100 g bs)				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
Cacho de Toro	109,9240	109,0355	108,4041	109,1212	0,7636
Huayro Macho	132,6008	130,9940	125,1728	129,5892	3,9082
Cceccorani	98,9942	94,9858	93,6270	95,8690	2,7905
Sumac Soncco	98,9858	94,9053	93,9679	95,9530	2,6680

Variedad	CA ( $\mu\text{mol Trolox/ 100 g bs}$ )				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
Cacho de Toro	657,8548	644,0272	782,3034	694,7285	76,1566
Huayro Macho	710,5028	793,1588	806,9348	770,1988	52,1551
Cceccorani	644,0272	630,1996	616,3719	630,1996	13,8277
Sumac Soncco	441,0994	552,8571	524,9177	506,2914	58,1606

*Contenido de los CFT y CA en residuos de papas nativas liofilizadas en las cuatro variedades*

Variedad	CFT (mg EAG/ 100 g bs)				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
Cacho de Toro	109,0062	108,9939	108,2727	108,7576	0,4200
Huayro Macho	132,3763	130,2486	124,0662	128,8970	4,3168
Cceccorani	96,7570	94,5964	90,7770	94,0435	3,0281
Sumac Soncco	98,6820	94,5964	93,1282	95,4689	2,8779

Variedad	CA ( $\mu\text{mol Trolox/ 100 g bs}$ )				
	R1	R2	R3	Promedio	DS
Cacho de Toro	657,5028	643,6826	781,8850	694,3568	76,1160
Huayro Macho	709,5945	792,1449	805,9033	769,2142	52,0885
Cceccorani	641,4859	627,7129	613,9398	627,7129	13,7731
Sumac Soncco	439,1754	550,4457	522,6282	504,0831	57,9069

**ANEXO K: Análisis de varianza en la evaluación proximal**

*Análisis de varianza de la humedad en los residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados ajustada</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio ajustada</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Estado	18652,2	1	18652,2	4444,19	0,000
Variedad	93,6	3	31,2	7,43	0,002
Error	79,7	19	4,2		
Total	18825,6	23			

*Análisis de varianza de la ceniza en los residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados ajustada</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio ajustada</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Estado	0,0059	2	0,00295	1,10	0,355
Variedad	13,2353	3	4,41176	1642,75	0,000
Error	0,0483	18	0,00269		
Total	13,2895	23			

*Análisis de varianza de la grasa en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados ajustada</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio ajustada</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Estado	0,000953	2	0,000476	0,64	0,540
Variedad	0,032873	3	0,010958	14,68	0,000
Error	0,013438	18	0,000747		
Total	0,047263	23			

*Análisis de varianza de proteína en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados ajustada</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio ajustada</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Estado	0,001	2	0,0004	0,27	0,764
Variedad	117,887	3	39,2958	28661,52	0,000
Error	0,025	18	0,0014		
Total	117,913	23			

*Análisis de varianza de carbohidrato en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados ajustada</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio ajustada</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Estado	0,017	2	0,0085	1,50	0,250
Variedad	170,086	3	56,6954	10020,00	0,000
Error	0,102	18	0,0057		
Total	170,205	23			

*Análisis de varianza de CFT en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

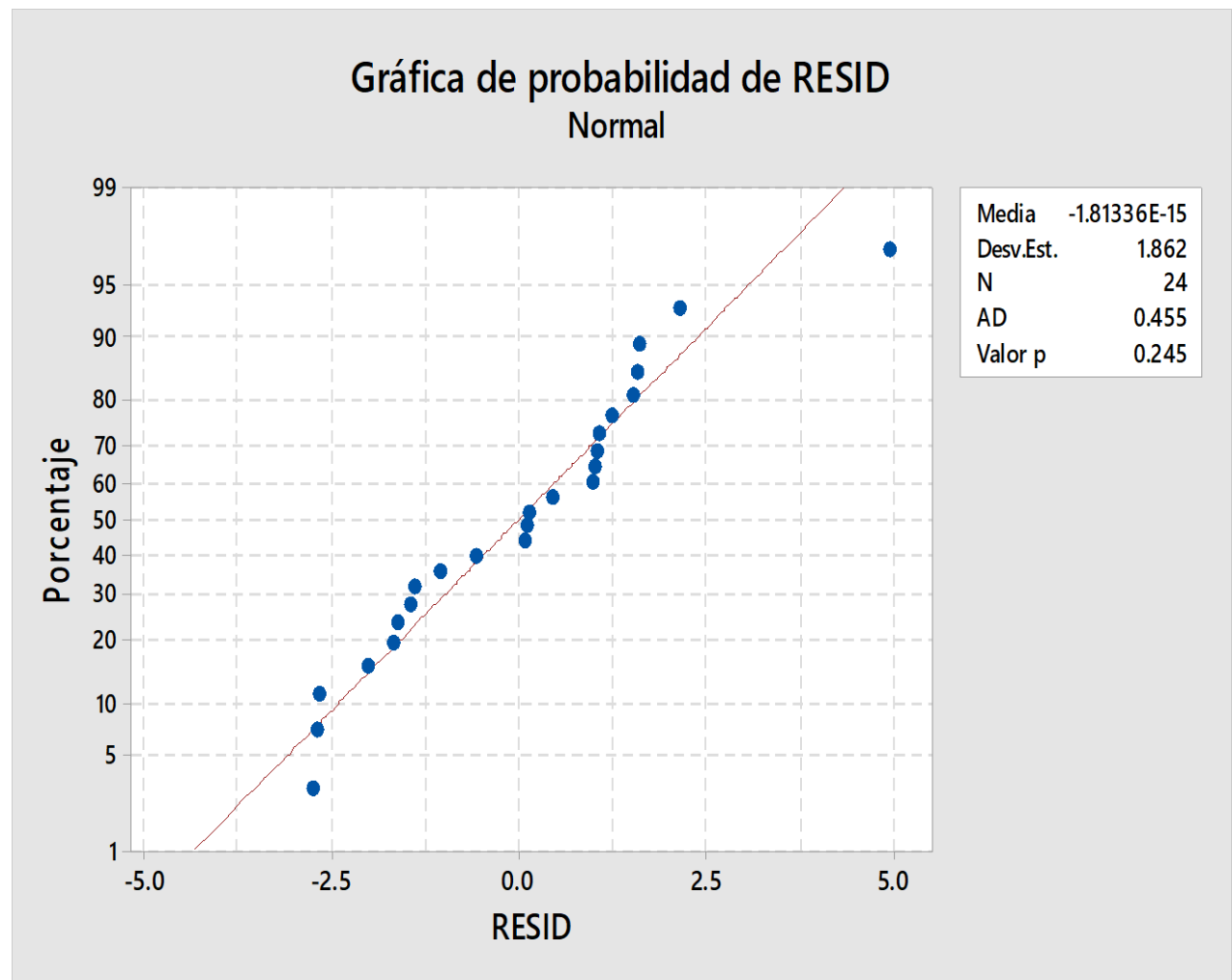
<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados ajustada</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio ajustada</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Estado	37,11	2	18,55	3,24	0,068
Variedad	4624,99	3	1541,66	268,87	0,000
Error	103,21	18	5,73		
Total	4765,31	23			

*Análisis de varianza de la CA en residuos de papas nativas frescas y liofilizadas*

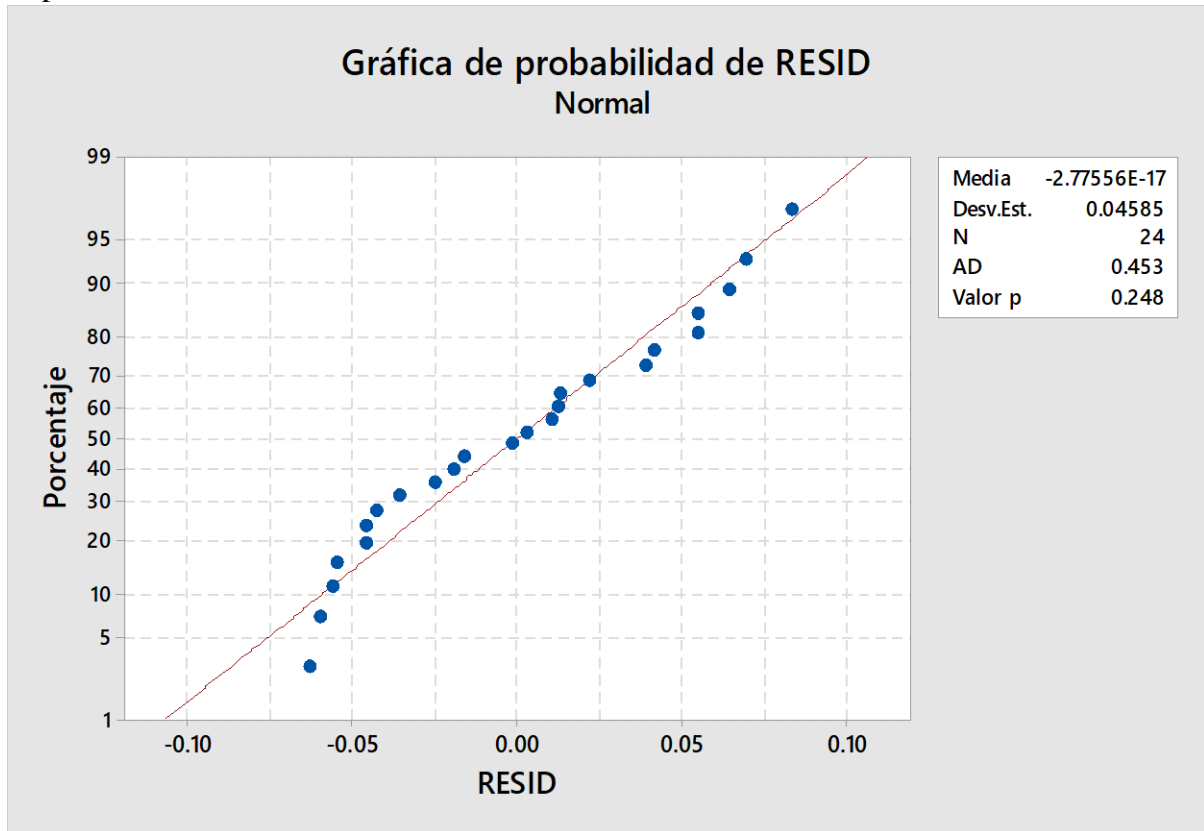
<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados ajustada</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrado medio ajustada</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Estado	6265	2	3132	1,34	0,286
Variedad	226360	3	75453	32,31	0,000
Error	42041	18	2336		
Total	274665	23			

**ANEXO L:** *Supuestos de normalidad en los residuos de análisis proximal, CFT y CA de PN en muestras frescas y liofilizadas*

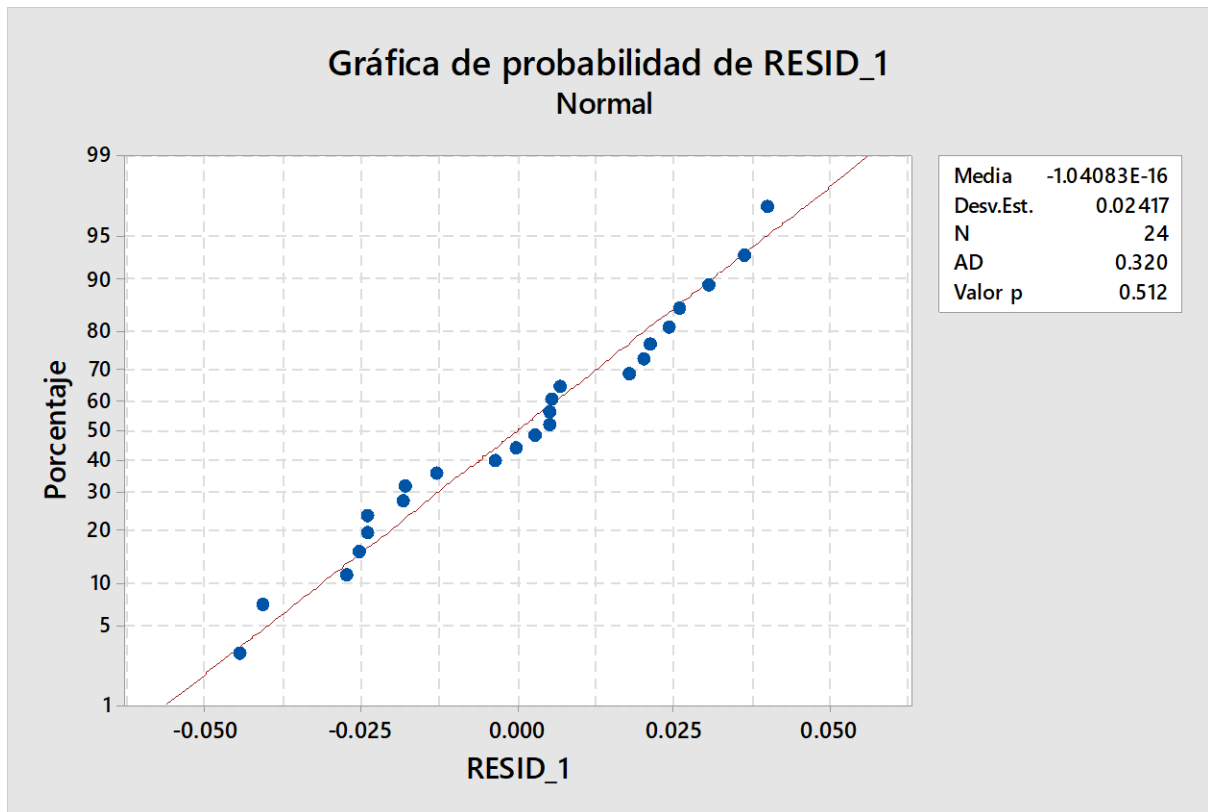
Supuesto de normalidad del contenido de humedad



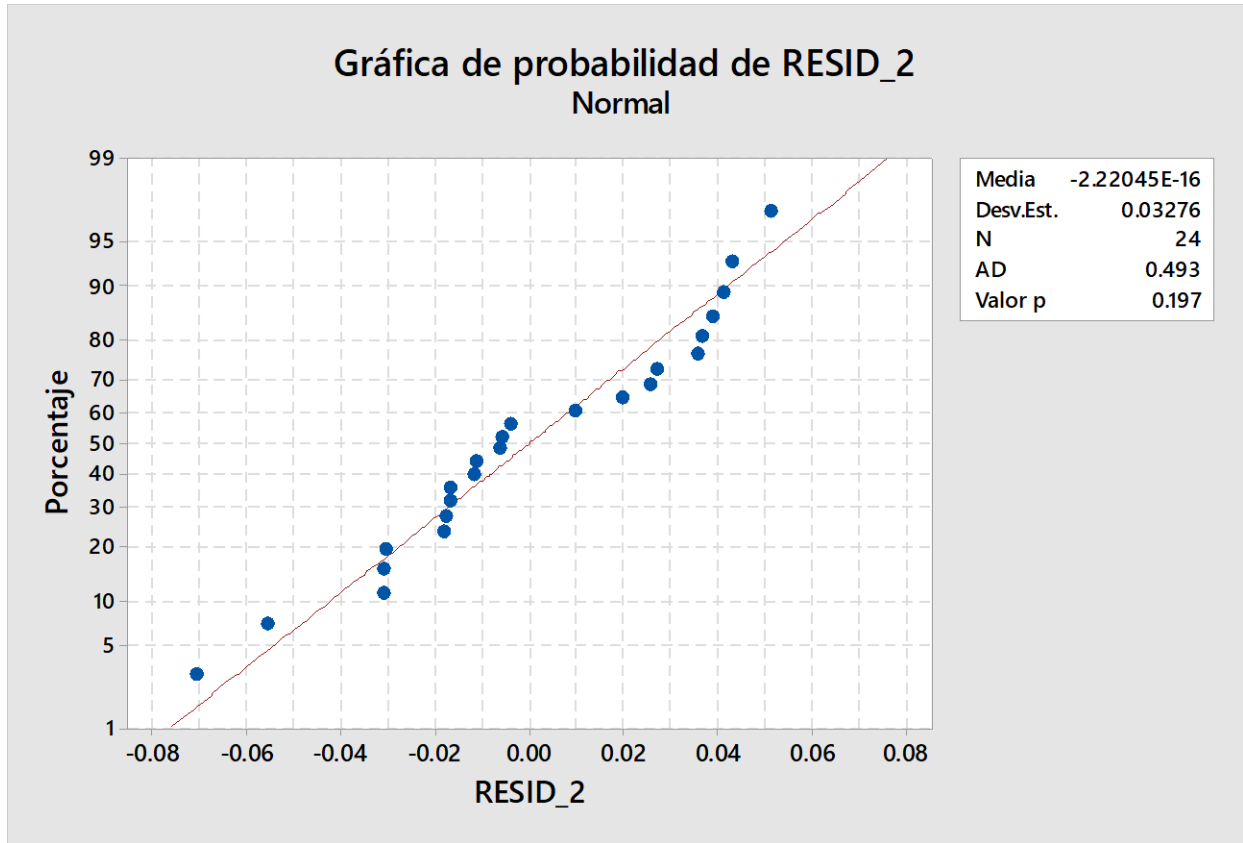
Supuesto de normalidad del contenido de ceniza



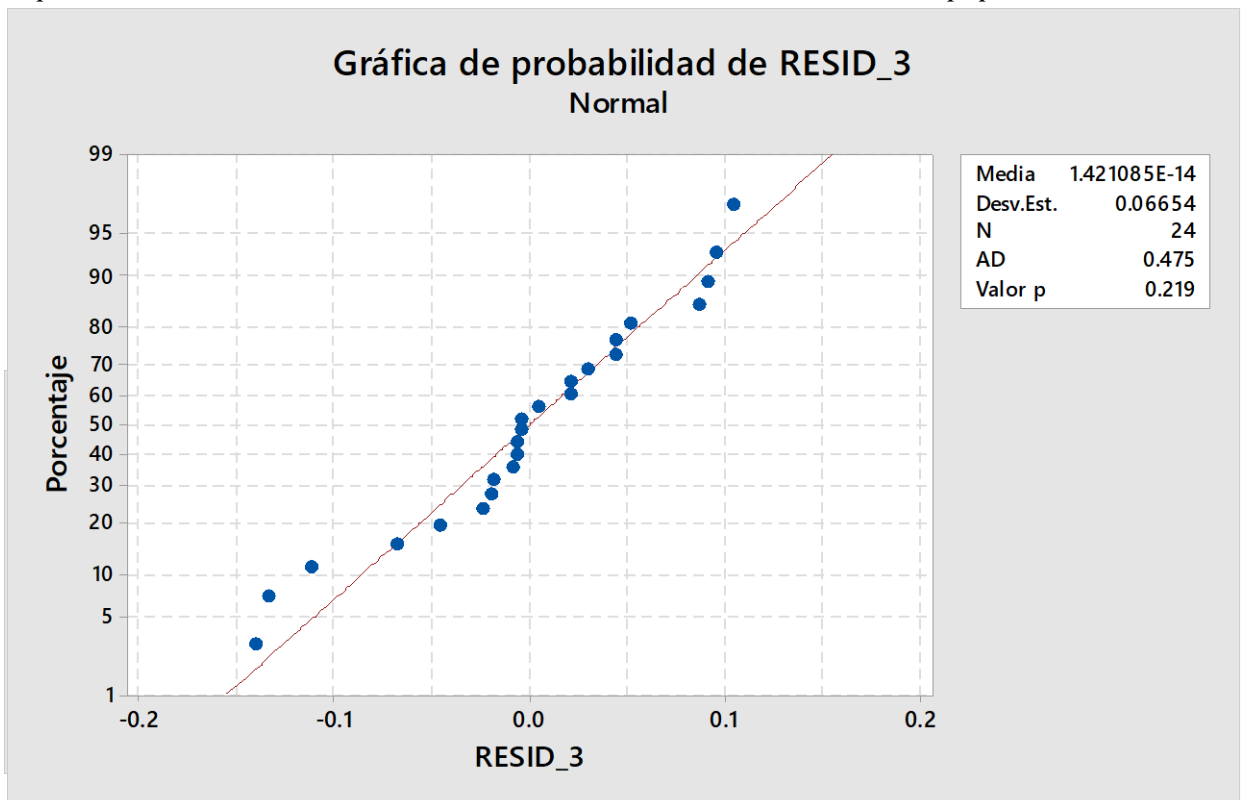
Supuestos de normalidad en el contenido de grasa



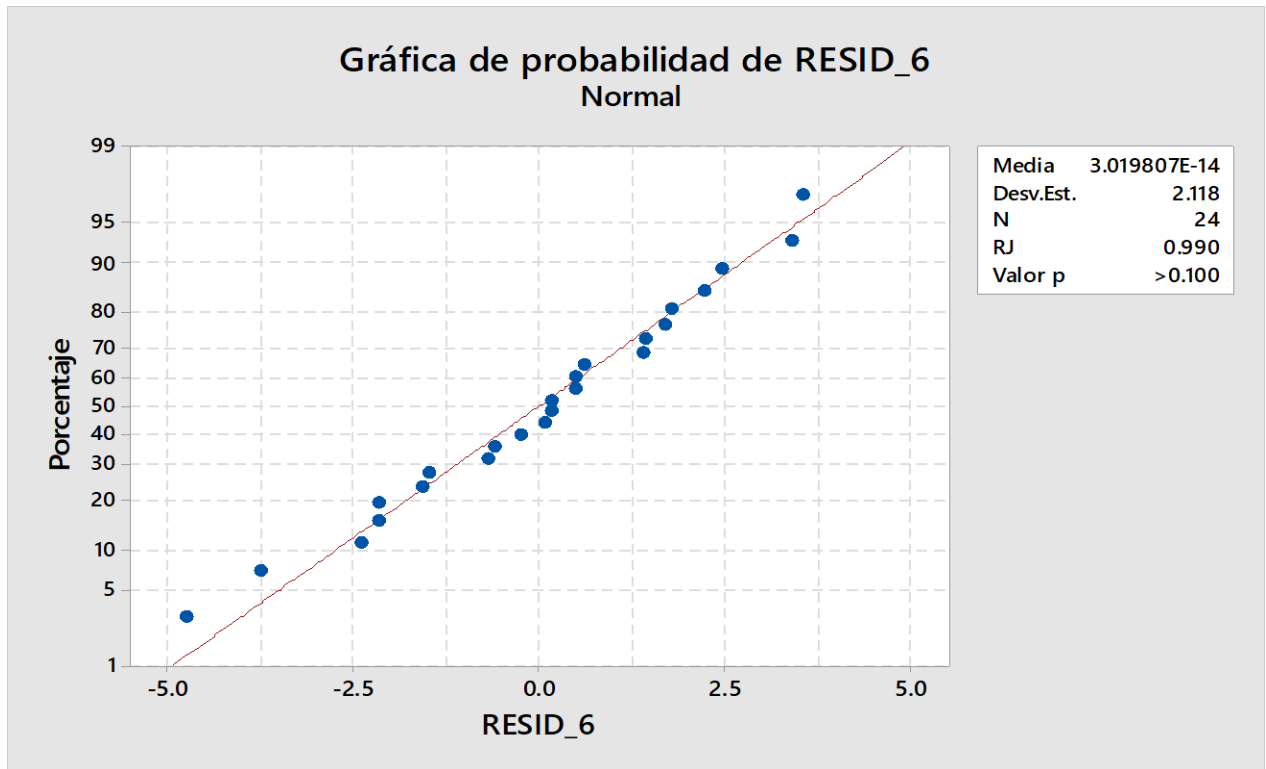
*Supuestos de normalidad en el contenido de proteína en residuos de papas nativas*



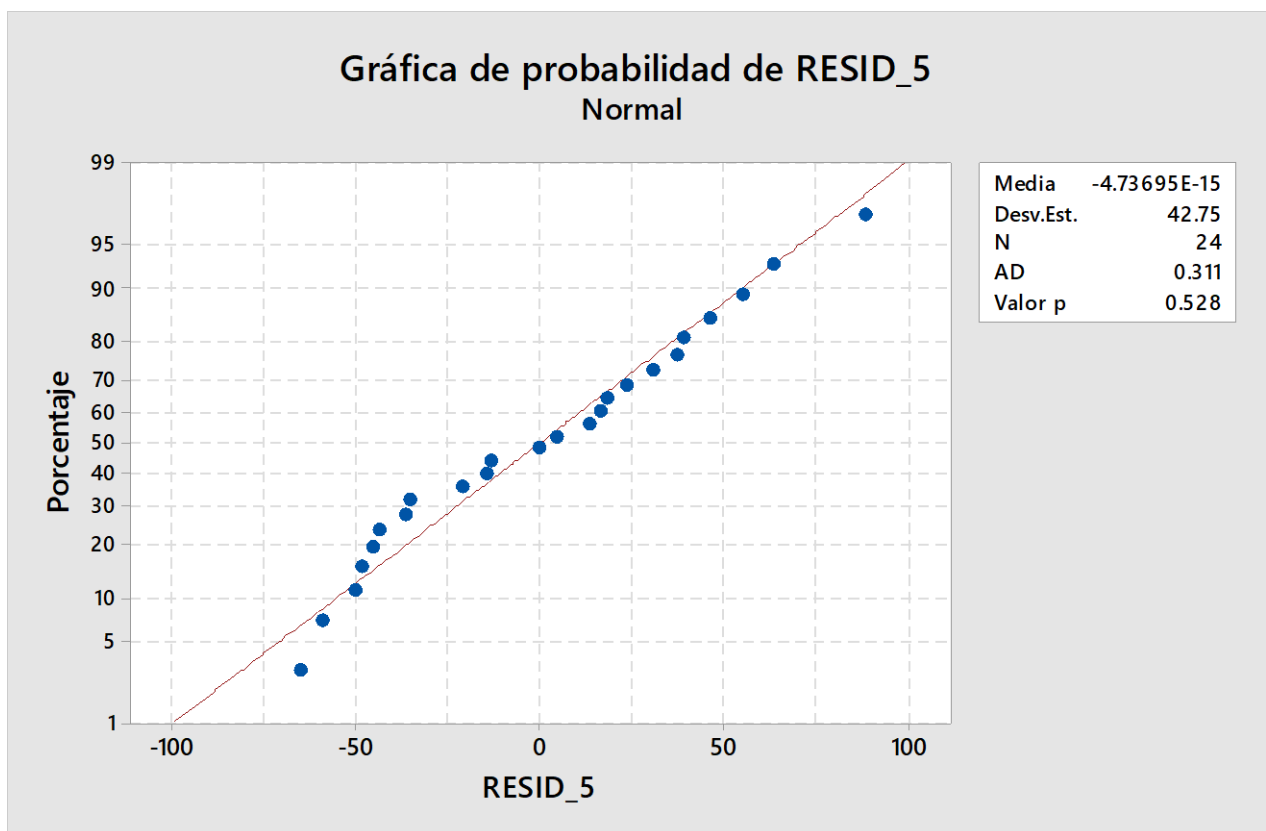
*Supuestos de normalidad en el contenido de carbohidrato en residuos de papas nativas*



*Supuestos de normalidad en el contenido de CFT en residuos de papas nativas*



*Supuestos de normalidad en el contenido de la CA en residuos de papas nativas*



**ANEXO M:** *Análisis de comparación por el método Tukey para las variedades de los residuos en estado frescas y liofilizadas*

*Agrupación de la humedad de los residuos*

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = humedad, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Frescas			
Cacho de toro	3	59,9167	B
Huayro macho	3	62,0751	B
Cceccorani	3	59,1108	B
Sumac soncco	3	68,3516	A
Liofilizadas			
Cacho de toro	3	6,21507	C
Huayro macho	3	6,55287	B
Cceccorani	3	6,49423	B
Sumac soncco	3	7,16887	A

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = humedad, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Frescas			
Frescas	12	62,3635	A
Liofilizadas	12	6.6078	B

*Agrupación de la ceniza de los residuos de las papas nativas*

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = ceniza, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Frescas			
Cacho de toro	3	3,37920	B
Huayro macho	3	3,81757	A
Cceccorani	3	3,45610	B
Sumac soncco	3	1,88550	C
Liofilizadas			
Cacho de toro	3	3,34223	B
Huayro macho	3	3,79300	A
Cceccorani	3	3,43190	B
Sumac soncco	3	1,84583	C

*Agrupación de la grasa de los residuos de las papas nativas*

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = grasa, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
Frescas				
Cacho de toro	3	0,311933	A	B
Huayro macho	3	0,262233		B
Cceccorani	3	0,360600	A	
Sumac soncco	3	0,333567	A	B
Liofilizadas				
Cacho de toro	3	0,294833	A	B
Huayro macho	3	0,251867		B
Cceccorani	3	0,357400	A	
Sumac soncco	3	0,317167	A	B

*Agrupación de proteína de los residuos de las papas nativas*

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = proteína, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
Frescas				
Cacho de toro	3	5,6870		D
Huayro macho	3	8,1941	B	
Cceccorani	3	11,2163	A	
Sumac soncco	3	5,9725		C
Liofilizadas				
Cacho de toro	3	5,6668		D
Huayro macho	3	8,1791	B	
Cceccorani	3	11,2118	A	
Sumac soncco	3	5,9718		C

*Agrupación del carbohidrato de los residuos de las papas nativas*

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = carbohidratos, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
Frescas				
Cacho de toro	3	90,6219	B	
Huayro macho	3	87,7261		C
Cceccorani	3	84,9670		D
Sumac soncco	3	91,8084	A	
Liofilizadas				
Cacho de toro	3	90,6961	B	
Huayro macho	3	87,7761		C
Cceccorani	3	84,9989		D
Sumac soncco	3	91,8652	A	

*Agrupación del CFT de los residuos de las papas nativas*

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = CFT, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
<b>Fresco</b>				
Huayro macho	3	129,589	A	
Cacho de toro	3	109,121		B
Cceccorani	3	95,953		C
Sumac soncco	3	95,253		C
<b>Liofilizado</b>				
Huayro macho	3	128,897	A	
Cacho de toro	3	108,758		B
Cceccorani	3	95,469		C
Sumac soncco	3	94,043		C

*Agrupación de la CA de los residuos de las papas nativas*

**Comparación por parejas de Tukey: respuesta = proteína, término = variedad**

<b>Variedad</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
<b>Fresco</b>				
Huayro macho	3	770,199	A	
Cacho de toro	3	694,728	A	
Cceccorani	3	630,200	A	B
Sumac soncco	3	506,291		B
<b>Liofilizado</b>				
Huayro macho	3	769,214	A	
Cacho de toro	3	694,357	A	
Cceccorani	3	627,713	A	B
Sumac soncco	3	504,083		B