



La investigación, su esencia y arte.

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN EL CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE PALTA ORGÁNICA Var. HASS

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INNOVACIÓN ALIMENTARIA

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

OBJETIVO 3: SALUD Y BIENESTAR.

CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:

02.11.01 (ALIMENTOS Y BEBIDAS)

PRESENTADO POR:

Eliane, Soller Asto.

(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4123-9558>)

ASESOR:

Dra. Pantoja Tirado, Lucia Ruth

(ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9157-6088>)

CO – ASESOR:

Dr. Cornelio Santiago, Heber Peleg.

(ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2261-7004>)

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

CONSTANCIA N° 5-2024-UNAT/FI	Pampas, 12.09.2024	Página 1 de 1
-------------------------------------	--------------------	---------------

Quienes al final suscriben este documento, Secretario Académico y Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo",

HACEN CONSTAR:

Que, según aparecen en el respectivo expediente y en el Acta de Sustentación de Tesis Profesional de 20.08.2024:

1. La Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, SOLLER ASTO ELIANE, identificada con DNI N° 71999981 y con código de matrícula 0071999981, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo":
 - 1.1. El 20.08.2024, a las 10:00 horas, en forma presencial y ante el Jurado Evaluador, sustentó su tesis profesional "INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN EL CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE PALTA ORGÁNICA VAR. HASS".
 - 1.2. Como resultado de tal sustentación, fue APROBADA, con la calificación de (16) Puntos, que corresponde a la condición académica de BUENO.
2. El Jurado Evaluador, fue designado con Resolución de Comisión Organizadora N° 264-2024-CO-UNAT de 12.06.2024 y estuvo conformado por el Mg. VILLANUEVA LOPEZ EUDES (Presidente), Dr. DIAZ GAMBOA OSCAR WILFREDO (Miembro) y Dra. PANTOJA TIRADO LUCIA RUTH (Asesor).

Se expide esta constancia, a requerimiento de parte y para los fines de su uso lícito pertinente, precisando que cualquier enmendadura o anotación invalida este documento.



Dr. RONAL ABEL DE LA CRUZ ARAUJO
Coordinador
Facultad de Ingeniería

Dr. LUIS RONAR CARRANZA HARO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

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 el proyecto de investigación titulado "INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN EL CONTENIDO DE FENÓLICOS TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CÁSCARA DE PALTA ORGÁNICA Var. HASS," desarrollado por la estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ELIANE SOLLER ASTO asesorado por la **Dra. LUCIA RUTH PANTOJA TIRADO**, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*software Anti plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de diecinueve (19%), 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, 09 de agosto del 2024



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

Agradecimiento

Expresar mi profunda estima y gratitud:

A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo integrada por autoridades y cuerpo docente por brindar las facilidades y recursos necesarios para el desarrollo de este estudio.

Al Dr. Heber P. Cornelio Santiago, quien, con sus conocimientos y experiencia, encaminó y fortaleció la elaboración y la realización de los objetivos establecidos en esta investigación.

A la Dra. Dagnith Liz Bejarano Luján y Dra. Lucia Ruth Pantoja Tirado por su apoyo en el proceso y fortalecimiento de esta investigación.

A los productores de la Anexo Los Ángeles de Cucharan “Asociación de Productos Frutícolas “Los Ángeles de Cucharan”, Daniel Hernández, Tayacaja-Huancavelica por su ayuda en la recolección de las muestras de palta orgánica var. Hass en las diferentes altitudes evaluadas.

A todos los involucrados en esta investigación mi agradecimiento porque fue posible y valioso el aporte para el aprovechamiento sostenible de los subproductos de la palta en la región Huancavelica.

Dedicatoria

A mi madre Fortunita Encarnación Asto Pituy, mi padre Guillermo Soller Flores, hermanos y amigos, quienes me han brindado un apoyo constante durante mi formación académica y profesional. Su amor, comprensión y constante motivación han sido fundamentales para poder culminar con éxito esta importante etapa de mi vida.

Índice de Contenido

Agradecimiento	II
Dedicatoria	iii
Índice de Contenido	iv
Índice de Tablas	vi
Índice de Figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	IX
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Objetivos.....	12
1.1.1 Objetivo general	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
II. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Antecedentes.....	12
2.2 Bases teóricas	13
2.2.1 La palta	13
2.2.1.1 Composición Química y Nutricional de la Palta Hass.	14
2.2.1.2 Fisiología de la Maduración.	16
2.2.2 Subproductos en la industria alimentaria.....	17
2.2.2.1 Subproductos de palta.....	17
2.2.3 Compuestos fenólicos.....	17
2.2.3.1 Contenido de fenólicos totales en cáscara de palta Hass.	18
2.2.3.2 Factores que influyen en el contenido de fenólicos totales.	18
2.2.3.2.1 Cultivar.	18
2.2.3.2.2 Altitud.....	18
2.2.4 Capacidad antioxidante.....	18
2.2.4.1 Capacidad antioxidante de la palta Hass.	19
III. METODOLOGÍA	19
3.1 Tipo y nivel de la investigación.....	19
3.2 Diseño de la investigación.....	20
3.3 Población y muestra	22

3.3.1 Población	22
3.3.2 Muestra	22
3.4 Procedimiento de la investigación.....	23
3.4.1 Recolección de la palta orgánica variedad Hass de tres diferentes altitudes.....	24
3.4.2 Obtención de la cáscara seca y molida de la palta variedad Hass	26
3.4.3 Obtención de los extractos de cáscara seca y molida de palta orgánica.....	28
3.4.4 Determinación del contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta orgánica.....	28
3.4.5 Determinación de la capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta orgánica.	28
3.5 Técnica e instrumentos	28
3.5.1 Materiales	29
3.5.2 Equipos e instrumentos.....	30
3.5.3 Reactivos	30
3.6 Análisis estadístico	31
3.6.1 Hipótesis estadísticas (nula y alterna)	31
3.6.1.1 Hipótesis nula.	31
3.6.1.2 Hipótesis alterna.	31
3.6.2 Estadístico.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1 Determinación de humedad y materia seca de la pulpa y cáscara de palta variedad Hass	32
4.2 Determinación del contenido del contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta variedad Hass	34
4.3 Capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta variedad Hass	35
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES.....	38
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
VIII. ANEXOS.....	47

Índice de Tablas

Tabla 1. Valor nutricional de la palta por cada 100 g.....	15
Tabla 2. Determinación de humedad y materia seca de la pulpa y cáscara de palta a diferentes altitudes en su etapa de madurez fisiológica y comercial.....	32
Tabla 3. Contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta.....	34
Tabla 4. Contenido de capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta.	35

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas fisiológicas de desarrollo de la palta (<i>Persea americana</i> Mill).....	16
Figura 2. Planeamiento experimental de la influencia de la altitud en el contenido de fenólicos totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) de cáscara seca y molida de palta orgánica variedad Hass.....	
Figura 3. Diagrama resumen de las actividades realizadas según la metodología.....	23
Figura 4. Ubicación del lugar donde se obtuvo la palta orgánica variedad Hass.....	24
Figura 5. Identificación de la altitud (A1) a considerar para la recolección de palta.....	25
Figura 6. Identificación de la altitud (A2) a considerar para la recolección de palta.....	25
Figura 7. Identificación de la altitud (A3) a considerar para la recolección de palta.....	26
Figura 8. Diagrama de flujo de la obtención de cáscara seca y molida de palta variedad Hass.	27

Resumen

La cáscara de palta, un subproducto rico en contenido de fenólicos totales que representa hasta el 11-15% del fruto, es generalmente desechada en la producción de palta en Huancavelica, Perú. Esta región andina, con su topografía escarpada y diversos microclimas, ofrece condiciones ambientales variables que pueden influir significativamente en la acumulación de compuestos fenólicos y antioxidantes en la cáscara. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la influencia de la altitud en el contenido de fenólicos totales (CFT) y la capacidad antioxidante (CA) de la cáscara de palta orgánica var. Hass. Se recolectó palta de tres altitudes: (A1) 2398 a 2477 m.s.n.m, (A2) 2615 a 2689 m.s.n.m y (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m. Se determinó el CFT mediante el ensayo Folin-Ciocalteu y la CA usando el ensayo ABTS. Los resultados mostraron que la cáscara A1 presentó el mayor CFT de $7648,77 \pm 88,21$ mg EAG/kg; CA de $77,07 \pm 0,58$ μ mol ET/g, seguida por A2 con valores cercanos CFT de $6901,62 \pm 60,32$ mg EAG/kg; CA de $68,48 \pm 0,71$ μ mol ET/g. El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p < 0.001$) entre todas las altitudes. La prueba de Tukey mostró un R^2 ajustado de 99,57% para CFT y 99,40% para CA, indicando un excelente ajuste del modelo. Las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) y homocedasticidad (Bartlett, $p > 0,05$) validaron los resultados del ANOVA. Los hallazgos indican que las paltas cultivadas a mayor altitud pueden alcanzar niveles de contenido de fenólicos totales comparables a los de altitudes más bajas. Esto sugiere que es viable cultivar paltas en zonas elevadas, lo que podría permitir expandir las áreas de cultivo en regiones andinas.

Palabras clave: Palta, cáscara, contenido de fenólicos totales, capacidad antioxidante, altitud.

Abstract

Avocado peel, a by-product rich in total phenolic content representing up to 11-15% of the fruit, is generally discarded in avocado production in Huancavelica, Peru. This Andean region, with its rugged topography and diverse microclimates, offers variable environmental conditions that can significantly influence the accumulation of phenolic compounds and antioxidants in the peel. Therefore, the objective of this research was to evaluate the influence of altitude on the total phenolic content (TPC) and antioxidant capacity (AC) of organic avocado peel var. Hass. Avocado was harvested from three altitudes: (A1) 2398 to 2477 m.a.s.l., (A2) 2615 to 2689 m.a.s.l. and (A3) 2895 to 2954 m.a.s.l. CFT was determined by Folin-Ciocalteu assay and CA by ABTS assay. The results showed that A1 shell presented the highest CFT of 7648.77 ± 88.21 mg EAG/kg; CA of 77.07 ± 0.58 μ mol ET/g, followed by A2 with close CFT values of $6901.62 \pm 60,32$ mg EAG/kg; CA of 68.48 ± 0.71 μ mol ET/g. Statistical analysis revealed significant differences ($p < 0.001$) among all altitudes. Tukey's test showed an adjusted R^2 of 99.57% for CFT and 99.40% for CA, indicating an excellent model fit. Normality (Shapiro-Wilk, $p > 0.05$) and homoscedasticity (Bartlett, $p > 0.05$) tests validated the ANOVA results. The results indicate that avocados grown at higher altitudes can reach levels of total phenolic content comparable to those at lower altitudes. This suggests that it is feasible to grow avocados at higher altitudes, which could allow the expansion of cultivation areas in the Andean regions.

Key words: Avocado, peel, total phenolic content, antioxidant capacity, altitude.

I. Introducción

La industria de palta crece exponencialmente, debido a su alto valor nutrimental y aceptabilidad sensorial (Tesfaye et al., 2022, Nyakang'i et al., 2023). Las exportaciones de Perú de palta variedad Hass ocupan el segundo lugar en el mercado mundial teniendo estimaciones de exportación de hasta 600 000 toneladas en el año, alcanzando así una cuota estimada de 26%, frente al 22% del año anterior (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). En 17 regiones del Perú se han certificado abundantes hectáreas para producción de palta, entre ellas se encuentran las zonas andinas de Huancavelica con una producción orgánica de 957 33 hectáreas en el 2022 (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú, 2022).

La región de Huancavelica está caracterizada por tener territorios desde 1 139 m.s.n.m. hasta los 5 298 m.s.n.m. Posee variedad de microclimas por tener diferentes altitudes, las condiciones de temperatura pueden llegar desde 18 °C hasta tener temperaturas bajo cero (Banco Central de Reserva del Perú, 2023). Dentro de estas condiciones son producidos diversos alimentos, lo cual hace interesante la investigación, ya que se consideraría agricultura de subsistencia, sin embargo, para mitigar estos factores climáticos se toman en cuenta técnicas ancestrales, como la utilización de andenes.

De los diferentes alimentos producidos en la región, la producción de palta orgánica var. Hass, obtenida del Anexo Los Ángeles De Cucharan, representa un potencial económico importante en la región. Este fruto es exportado por la industria de la palta, donde solo es aprovechada la pulpa y se descartan los subproductos (cáscara y semilla) (Jiménez-Velázquez et al., 2020, Permal et al., 2020, Araujo et al., 2018). La cáscara se considera un factor importante para la protección de la fruta, ya que garantiza sensorialmente la calidad y está relacionada a propiedades antioxidantes beneficiosas a la salud, tales como: patologías inflamatorias, cáncer, enfermedades cardiovasculares, entre otras (Melgar et al., 2018, Martínez-Valverde et al., 2000), debido a que, este subproducto presenta importantes cantidades de contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante (Del Carmen Razola-Díaz et al., 2023, Ramos-Aguilar et al., 2021, Figueroa et al., 2018a, López-Cobo et al., 2016, Calderón-Oliver et al., 2016, Bustos et al., 2015). Por tanto, estos compuestos pueden ser aprovechados como ingrediente funcional o productos innovadores en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Figueroa et al., 2018a). Además, el aprovechamiento, valoración y uso sostenible del subproducto es una forma de disminuir los

efectos ambientales adversos por la acumulación y desecho de residuo, con el fin de promover la economía circular.

La utilización de subproductos originados en la producción de palta orgánica de la variedad Hass en la región tendría un impacto positivo en la comunidad debido a que crearía nuevas fuentes de trabajo para el acopio, procesamiento y comercialización de la materia prima y subproductos. Esto a su vez, promovería el desarrollo económico local y el aumento de las oportunidades de ingresos para las empresas y trabajadores involucrados en la cadena de valor de los subproductos de la palta. Además, la valoración y uso sostenible de los subproductos tendría un impacto positivo en el medio ambiente, fomentando prácticas más sostenibles y contribuyendo al bienestar social de la comunidad. Entonces, el aprovechamiento de los subproductos no solo tendría ventajas económicas, sino que también tendría un resultado favorable en el entorno y en el bienestar de la comunidad.

Ahora bien, otros aprovechamientos del subproducto de cáscara de palta es su importante cantidad de contenido fenólico total y antioxidante en el subproducto, esto se encuentra sujeto a factores, como: la altitud. Debido a que, los entornos de gran altitud, es decir, con mayor radiación UV y temperaturas bajas generan mecanismos de defensa del estrés al fruto, ya que se encuentra expuesto a condiciones ambientales desfavorables, pudiendo tener como respuesta polifenoles más activos (Gülsoy et al., 2023). Asimismo, los compuestos bioactivos del subproducto (cáscara) de palta, en el desarrollo de la composición del fruto puede tener diferencias entre variedades y una misma variedad (Araújo et al., 2018).

Estudios que evidencien información respecto a este tema es escaso en la literatura científica, es por ello que resulta interesante investigar la influencia de la altitud, ya que Huancavelica posee topografía escarpada y condiciones climáticas de altitudes diferentes que pueden tener influencia en la palta orgánica presente en la biodiversidad de la zona andina. Entonces, la respuesta de esta investigación abre posibilidades para mejorar la producción de palta orgánica para el mercado extranjero; permitiendo conocer el potencial del alimento, darle al fruto un valor agregado en derivados de palta y el aprovechamiento de los subproductos por su contenido fenólico y antioxidante.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar la influencia de la altitud en el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante de la cáscara de palta (*Persea americana* Mill) orgánica var. Hass.

1.1.2 Objetivos específicos

- Recolectar la palta (*Persea americana* Mill) orgánica var. Hass de tres altitudes diferentes del Anexo los Ángeles de Cucharan, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica.
- Determinar el contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta (*Persea americana* Mill) orgánica var. Hass, en relación a la altitud.
- Determinar la capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta (*Persea americana* Mill) orgánica var. Hass, en relación a la altitud.

II. Marco Teórico

2.1 Antecedentes

En la industria los subproductos de palta variedad Hass, específicamente la cáscara concentra una gran cantidad de contenido de fenólicos totales y antioxidantes (Del Carmen Razola-Díaz et al., 2023). Sin embargo, se menciona que la altitud influye en la cantidad de fenólicos totales a aprovechar, debido a que los frutos cultivados en altitudes más elevadas están expuestas a mayor radiación ultravioleta, variaciones más extremas de temperatura y una mayor presión atmosférica, lo que puede hacer que el fruto produzca más compuestos fenólicos y otros compuestos protectores como respuesta para protegerse de estas condiciones ambientales desfavorables (Valenzuela & Paredes, 2017).

Gülsoy et al. (2023) encontró diferencias notables en la cantidad de compuestos fenólicos, antioxidantes y ácidos grasos, obtenida de avellanas turcas cultivadas a diferentes altitudes. Para este estudio las altitudes están comprendidas en 100 m (zona Turnasuyu), 350 m (zona Yemişli) y 800 m (zona Yeşilyurt). En lo que respecta a los compuestos fenólicos (CF) y la capacidad antioxidante (CA) varió significativamente entre las cinco variedades

(Çakıldak, Kara, Palaz, Sivri y Yağlı) y elevaciones; el cultivar Kara tuvo compuestos fenólicos totales (CFT) bajo 134,97 mg EAG (Equivalente de Ácido Gálico) /100 g de p.s, y el cultivar Sivri tiene el contenido más alto de 418,11 mg EAG/100 g de peso seco. Entre los cultivares, Çakıldak ubicada en la zona Yeşilyurt exhibió el TPC más alto a 800 m de altitud. En lo que corresponde a capacidad antioxidante en todos los cultivares las avellanas obtenidas a 100 m de altura en la zona Turnasuyu poseían una actividad DPPH mayor (1,55 mg EAG/g) a diferencia de las que se encontraban en Yemişli a 350 m (1,12 mg EAG/g) y Yeşilyurt a 800 m (1,16 mg EAG/g) de altura.

Ramos-Aguilar et al. (2021) encontraron diferencias entre cultivares de palta var. Hass respecto al color de cáscaras, debido al tiempo en el que permanece madura la fruta en el árbol y a la temporada. También, se estudiaron doce cultivares de los cuales según su ubicación geográfica se vio influenciada la pigmentación del fruto (antocianinas, carotenoides y clorofila). En relación a los CFT y CA se halló que para palta Hass el contenido fenólico fue 4,30 a 13,90 g EAG/kg y la CA 38,00 a 189,80 mmol TE/kg. Según los autores de este estudio, los compuestos en cáscara son levemente diferentes, aunque se encuentra en abundancia el fenol procianidina B2 y epicatequina, algunos cultivares mostraron significancia en estos compuestos, siendo que las cáscaras con más contenido de este fenol tienen relevancia en la salud humana debido a su potente actividad antioxidante.

Estudios que evidencien información de la “Influencia de las altitudes de zonas andinas en la cantidad de fenólicos totales y capacidad antioxidante en la cáscara de palta orgánica variedad Hass” es escasa en la literatura científica, sin embargo, existe información respecto a la relación de la maduración y el contenido fenólico en relación a las altitudes en otros alimentos, como la avellana y su cultivo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 La palta

La palta (*Persea americana* Mill), fruto original de América Central y consumido como alimento fresco o procesado (Del Castillo-Llamosas et al., 2021; Araújo et al., 2018). El fruto tiene propiedades nutricionales, donde se comprende componentes como vitaminas (B1, B2, C, D y E), proteínas, compuestos fenólicos, antioxidantes (Filannino et al., 2020).

En Perú, este fruto se convirtió en el producto principal para exportación llegando a superar a diferentes alimentos, como: plátanos, espárragos, entre otros. Este producto está teniendo una gran aceptación y posicionamiento en el mercado global actualmente, debido a la importancia de su composición química y nutricional en la dieta de las personas (Ministerio de Agricultura, 2012). Los frutos tienen una forma ovalada y piriforme, con un tamaño intermedio y su peso promedio varía entre 170 y 350 gramos, además, la pulpa es cremosa y de alta calidad, asimismo, la cáscara es gruesa y áspera presentando un color oscuro que va del violáceo al negro a medida que maduran (Romero, 2015).

2.2.1.1 Composición Química y Nutricional de la Palta Hass.

La palta variedad Hass es una de las frutas más solicitadas debido a sus propiedades y alto valor nutricional, se destaca por sus grasas saludables, específicamente los ácidos grasos monoinsaturados, los cuales tienen son benéficos para la salud cardiovascular. Investigaciones recientes han asociado el consumo regular de palta con una reducción en el riesgo de enfermarse cardiovascularmente, además que mejora en los perfiles lipídicos sanguíneos (Dreher & Davenport, 2013).

Además de las grasas saludables, la palta contiene una variedad de micronutrientes, incluyendo vitaminas E, K, C y varias del complejo B, así como minerales como potasio y magnesio. Estos nutrientes son fundamentales para mantener la salud y desempeñan un papel crucial en la función inmunológica y preventiva. Además, los antioxidantes presentes en palta, como lo son los carotenoides y polifenoles, pueden ayudar a combatir el estrés oxidativo y promover el buen funcionamiento cerebral (Bhuyan et al., 2019).

El fruto se compone aproximadamente de un 65–73% de pulpa, 11-15% de cáscara y 16-20% de semilla, siendo la pulpa la principal fuente de proteínas y lípidos. La cáscara, aunque a menudo desechada, también contiene compuestos bioactivos que podrían tener propiedades beneficiosas. Además, se ha encontrado que los compuestos fenólicos presentes en la cáscara presentan propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, lo que sugiere su potencial uso en la prevención de enfermedades crónicas (Rojas-García et al., 2022)

A continuación, se presenta la Tabla 1 que muestra el valor nutricional de palta por cada 100 g.

Tabla 1

Valor nutricional de la palta por cada 100 g.

Nutrientes	Cantidad
Energía	131,00 kcal
Agua	79,20 g
Proteína	1,70 g
Grasa total	2,50 g
Carbohidratos totales	5,60 g
Carbohidratos disponibles	0,00 g
Fibra cruda	5,80 g
Fibra dietaría	6,70 g
Calcio	30,00 mg
Fósforo	67,00 mg
Hierro	0,60 mg
Vitamina A equivalentes totales	7,00 µg
Tiamina	0,03 µg
Riboflavina	0,10 µg
Vitamina C	6,80 µg

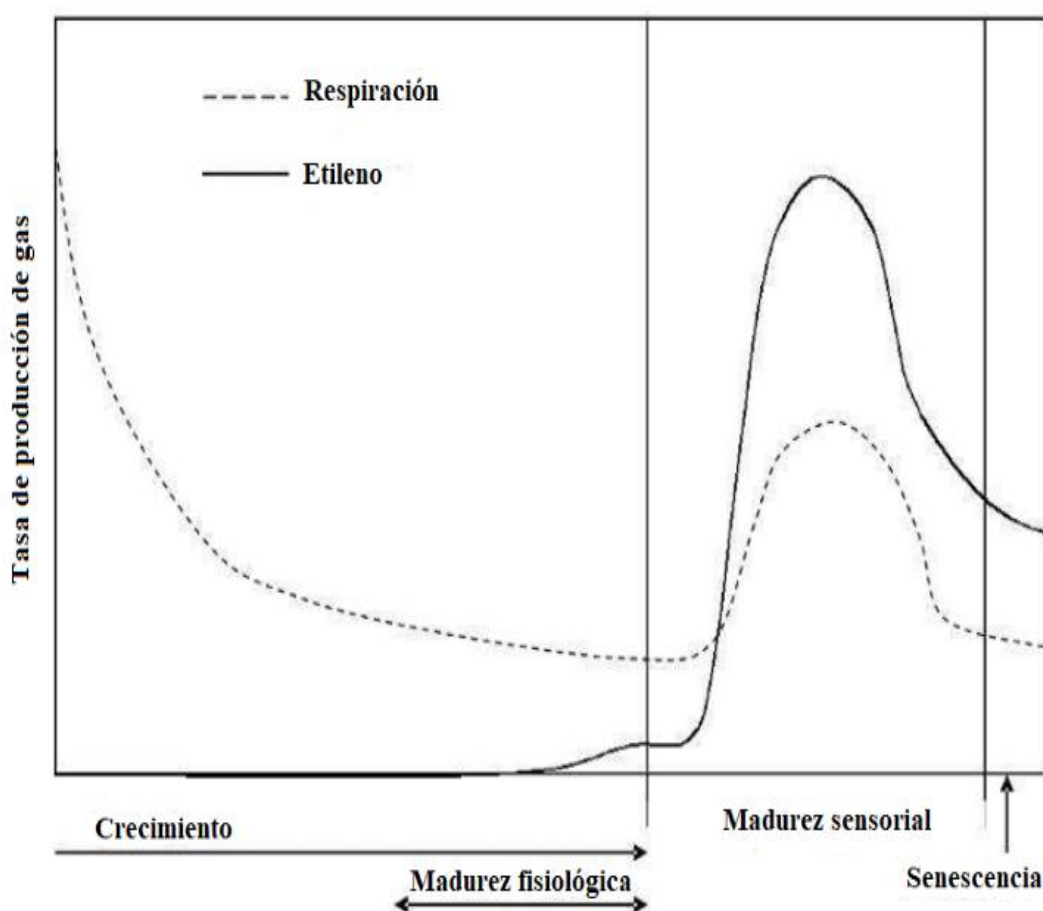
Nota. Adaptado de MINSA (2009).

2.2.1.2 Fisiología de la Maduración.

A lo largo de la maduración, las frutas experimentan una serie de modificaciones bioquímicas, reológicas y sensoriales que las convierten en aceptables al paladar. En la Figura 1 se muestra las etapas fisiológicas en el desarrollo: crecimiento, madurez fisiológica, madurez sensorial y senescencia (Blackey, 2011).

Figura 1

*Etapas fisiológicas de desarrollo de la palta (*Persea americana* Mill).*



Nota: Adaptado de Blackey (2011).

El desarrollo de la fruta implica dos etapas clave previas a la cosecha, donde se encuentra el crecimiento y maduración fisiológica; una fruta se considera fisiológicamente madura cuando tiene la capacidad de alcanzar la madurez sensorial; de lo contrario, si se recolecta en un estado de inmadurez, la fruta se secará y se descompondrá. La madurez

sensorial resulta en transformaciones fisiológicas y físicas, involucrando diversos procesos metabólicos que necesitan mayores cantidades de energía y una integridad de la membrana celular. Posteriormente, la senescencia es la etapa en la que predominan los procesos catabólicos sobre los anabólicos, provocando el envejecimiento y la necrosis de la fruta (Blackey, 2011).

2.2.2 Subproductos en la industria alimentaria

Los subproductos agroindustriales de frutas fueron considerados como desechos, y las estrategias para su reutilización eran limitadas durante muchos años. La eliminación de estos subproductos representaba un problema, ya que podía causar contaminación ambiental. Actualmente, es urgente promover la sostenibilidad en los sectores alimentarios para revalorizar estos subproductos como fuentes de compuestos fenólicos y antioxidantes naturales. Sin embargo, su uso directo sin un proceso de extracción resulta complicado debido al elevado contenido de humedad, la presencia de compuestos antinutricionales y sus características organolépticas inadecuadas. Por esta razón, se ha aumentado la búsqueda de métodos para extraer los antioxidantes, con el objetivo de implementarlos a nivel industrial, asimismo, estos métodos deben ser seguros para la salud de las personas, respetuosos con el ambiente y económicos (Castromonte et al., 2020).

2.2.2.1 Subproductos de palta.

La industria de la palta experimenta un crecimiento exponencial, lo que ha generado grandes cantidades de cáscara como subproducto, con un impacto negativo en el ambiente. Ahora bien, estos subproductos (cáscara y semilla) de palta concentran una gran cantidad de compuestos fenólicos y antioxidantes (Ayala-Zavala et al., 2011). Debido a sus características estructurales y contenido de fibra, se plantea que una gran parte de los compuestos se mantienen en la fracción indigestible de este subproducto. Por lo tanto, la cáscara puede ser utilizada como una matriz natural con potenciales beneficios (Salmerón, 2014).

2.2.3 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son moléculas derivadas de la biosíntesis, conocidos también como metabolitos secundarios, se presentan en gran proporción en las plantas vegetales; como: frutas, verduras, etc. También poseen en su estructura química un anillo

fenol, este anillo compone a los hidroxilos, es por eso que, a mayor hidroxilo, mayor es la capacidad antioxidante y su clasificación es en ácido fenólicos y flavonoides (Lyu et al., 2023).

2.2.3.1 Contenido de fenólicos totales en cáscara de palta Hass.

El contenido de fenólicos totales que está en la cáscara y la semilla de la palta se consideran metabolitos secundarios porque tiene la presencia de uno o más grupos hidroxilo funcionales (Socrier et al., 2019). Estos fenólicos totales son los antioxidantes que más abundan en la dieta humana (Scalbert et al., 2002). Específicamente, la cáscara de presenta concentración de fenoles totales de 1,260 g de equivalentes de ácido gálico (EAG) por cada 100 g, lo cual la posiciona como una fuente importante de estos bioactivos en comparación con otros materiales vegetales (Wang et al., 2010).

2.2.3.2 Factores que influyen en el contenido de fenólicos totales.

2.2.3.2.1 Cultivar.

El cultivar si podría afectar el contenido fenólico de la palta, debido a que, un estudio encontró que las paltas de la variedad Hass tenían un mayor contenido de fenoles que las paltas de otras variedades. Los investigadores creen que esto se debe a que la variedad Hass es más resistente al estrés, lo que estimula la producción de fenoles como mecanismo de defensa (García-Alonso & García-Viguera, 2014).

2.2.3.2.2 Altitud.

La altitud tiene relación con los compuestos fenólicos, debido a que las plantas cultivadas en altitudes más elevadas están expuestas a mayor radiación ultravioleta, variaciones más extremas de temperatura y una mayor presión atmosférica, lo que puede hacer que las plantas produzcan más compuestos fenólicos y otros compuestos protectores como respuesta para protegerse de estas condiciones ambientales desfavorables (Valenzuela & Paredes, 2017).

2.2.4 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante hace referencia a la aptitud de una sustancia para impedir la oxidación y el deterioro que esta genera. Por lo tanto, un antioxidante funciona si tiene la

capacidad de interactuar y contrarrestar la presencia de los radicales libres (Londoño, 2020). Ahora bien, un antioxidante es un compuesto químico o sustancia que se encarga de comprimir a los radicales libres por diversos métodos y mecanismos para prevenir la oxidación del alimento. Sin embargo, un antioxidante tiene una reacción con algunos de los radicales libres que venían formándose en las etapas tempranas. También, es importante mencionar que los antioxidantes en aceites y grasas retrasan el comienzo de la oxidación, por tanto, su adición en alimentos aumenta la vida útil del producto (Hussain et al., 2013).

2.2.4.1 Capacidad antioxidante de la palta Hass.

La cáscara y la semilla de la palta Hass exhiben una notable capacidad antioxidante, desempeñando un papel importante en la preservación de la pulpa de la fruta al combatir el daño oxidativo. En particular, la cáscara de palta alberga una diversidad de antioxidantes, como polifenoles, carotenoides y vitamina C. Investigadores de la Universidad de California han destacado que la capacidad antioxidante presente en la cáscara supera a la de la pulpa, subrayando así su relevancia como una fuente valiosa de compuestos antioxidantes (Asenjo, 2018). Cabe resaltar que esta capacidad antioxidante de la cáscara de palta no solo contribuye a conservar la calidad de la pulpa, sino que también desempeña un papel protector contra diversas afecciones de salud, incluyendo enfermedades cardíacas, cáncer y trastornos auto degenerativos. Integrar de manera consciente la cáscara de palta en la dieta podría representar una estrategia beneficiosa para mejorar la salud general y mitigar el impacto del estrés oxidativo (Mindiolaza-González & Naula-Mendoza, 2023).

III. Metodología

3.1 Tipo y nivel de la investigación

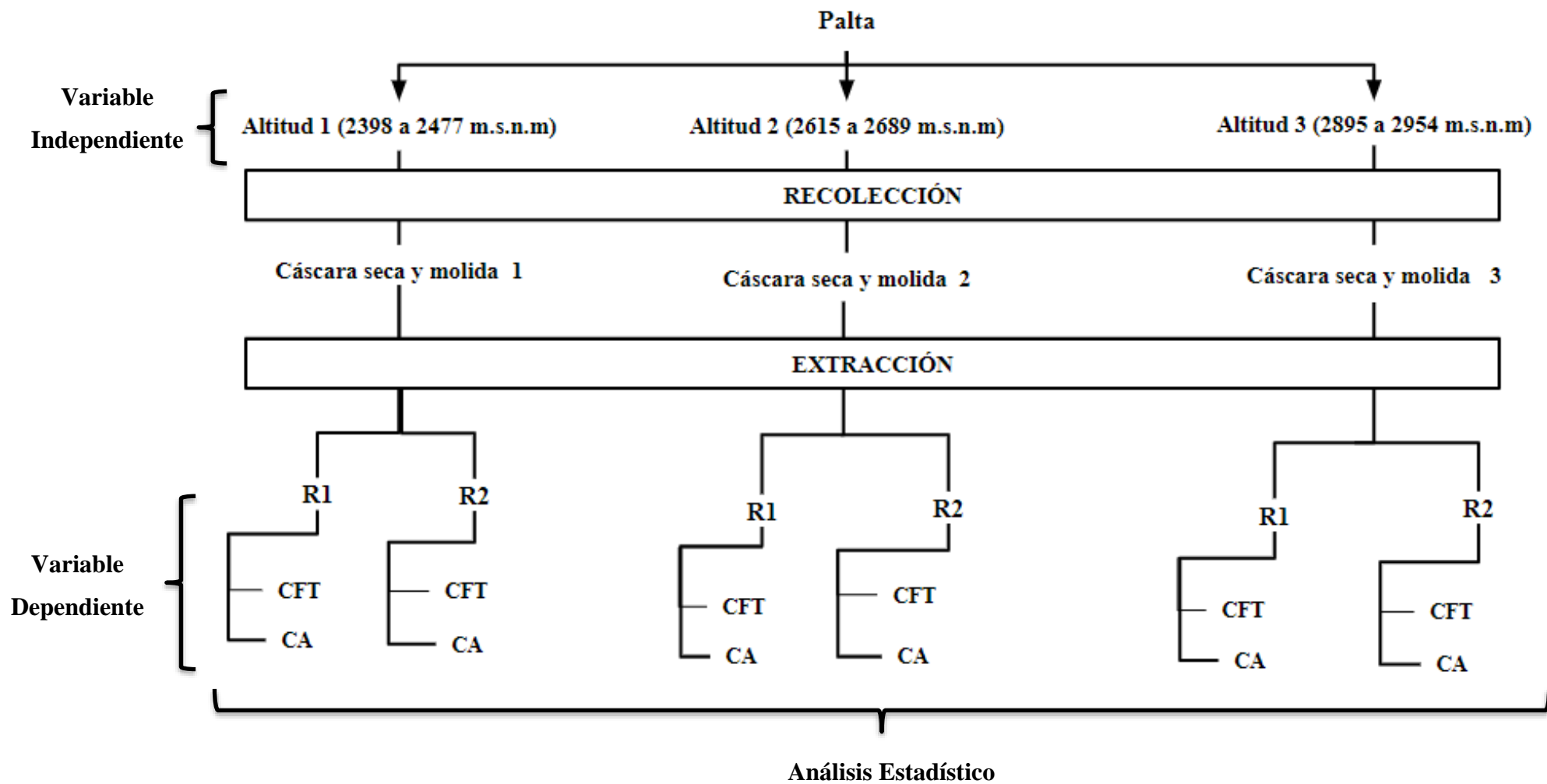
La investigación se clasifica de tipo básica, ya que los datos recopilados son de naturaleza cuantitativa. Los hallazgos de este trabajo contribuirán a enriquecer la información científica existente sobre la bioactividad de la palta orgánica variedad Hass, sirviendo como base para futuras investigaciones. Adicionalmente, el nivel de investigación es clasificado de tipo descriptivo, pues se busca detallar y caracterizar el fenómeno en cuestión, así como su contexto y situación actual.

3.2 Diseño de la investigación

En este estudio, se empleó el Diseño Completamente al Azar (DCA) para evaluar el efecto de la altitud sobre el contenido de fenólicos totales y la capacidad antioxidante de cáscaras de palta Hass. Se seleccionaron tres niveles de altitud en el Anexo los Ángeles de Cucharán: 2398-2477 m.s.n.m. (A1), 2615-2689 m.s.n.m. (A2) y 2895-2954 m.s.n.m. (A3). Cada muestra de cáscara seca y molida representó una unidad experimental y fue asignada aleatoriamente a uno de los tres niveles de altitud. Esta asignación aleatoria garantiza que cualquier diferencia observada en las variables de respuesta se deba al efecto de la altitud y no a otros factores no controlados. Para cada combinación de tratamiento (altitud) y repetición, se determinaron el contenido de fenólicos totales (CFT) y la capacidad antioxidante (CA). Asimismo, en la Figura 2, se presenta el plan experimental, el cual al ser completamente aleatorio, permitió realizar el análisis de varianza (ANOVA) para así comparar las medias de los diferentes niveles de altitud y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas.

Figura 2

Planeamiento experimental de la influencia de la altitud en el contenido de fenólicos totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) de cáscara seca y molida de palta orgánica variedad Hass.



3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La palta variedad Hass para la investigación, “Influencia de la altitud en el contenido de fenólicos totales y capacidad antioxidante de la cáscara de palta orgánica var. Hass”, fue recolectada en diciembre del 2023 del Anexo Los Ángeles de Cucharan, distrito Daniel Hernández, provincia Tayacaja, región Huancavelica, a diferentes altitudes (A1) 2398 a 2477 m.s.n.m, (A2) 2615 a 2689 m.s.n.m y (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m); en condición de madurez comercial. Se cosechó la palta, donde el fruto de la altitud 1 (A1) fue de la segunda cosecha y las plantas tuvieron aproximadamente 3 años de plantación. El fruto de la altitud 2 (A2) fue de la segunda cosecha y las plantas tuvieron aproximadamente 2 años y 6 meses de plantación. Asimismo, el fruto de la altitud 3 (A3) fue de la segunda cosecha y las plantas tuvieron aproximadamente 4 años de plantación. Finalmente, las paltas recolectadas se acondicionaron en jabas envueltas con papel kraft y fueron trasladadas al laboratorio de fisicoquímica de E. P. de Ing. en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo para los análisis respectivos.

3.3.2 Muestra

La proporción de muestra se definirá mediante muestreo probabilístico o aleatorio, dado que se trata de una población conocida (Otzen & Manterola, 2017). Asimismo, para el cálculo del tamaño de muestra necesario para este estudio, se aplicó la fórmula correspondiente a poblaciones finitas. Considerando una población total de 9000 kg/ha de palta, se utilizó un nivel de confianza del 95% con un margen de error del 10%. Como resultado, se determinó que se requiere aproximadamente 95 kg de palta, lo que garantiza resultados representativos y confiables para el análisis de la población en cuestión.

Fórmula utilizada:

$$n = \frac{N \times Z_{\alpha}^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \times p \times q}$$

Dónde:

Z= Nivel de confianza (Z = 95% =1.96)

p = Probabilidad a favor (p=0.50)

q = Probabilidad en contra (q =0.50)

N = Tamaño de la población (9000 kg/ha)

d = Error de estimación (10%)

n =Tamaño de la muestra

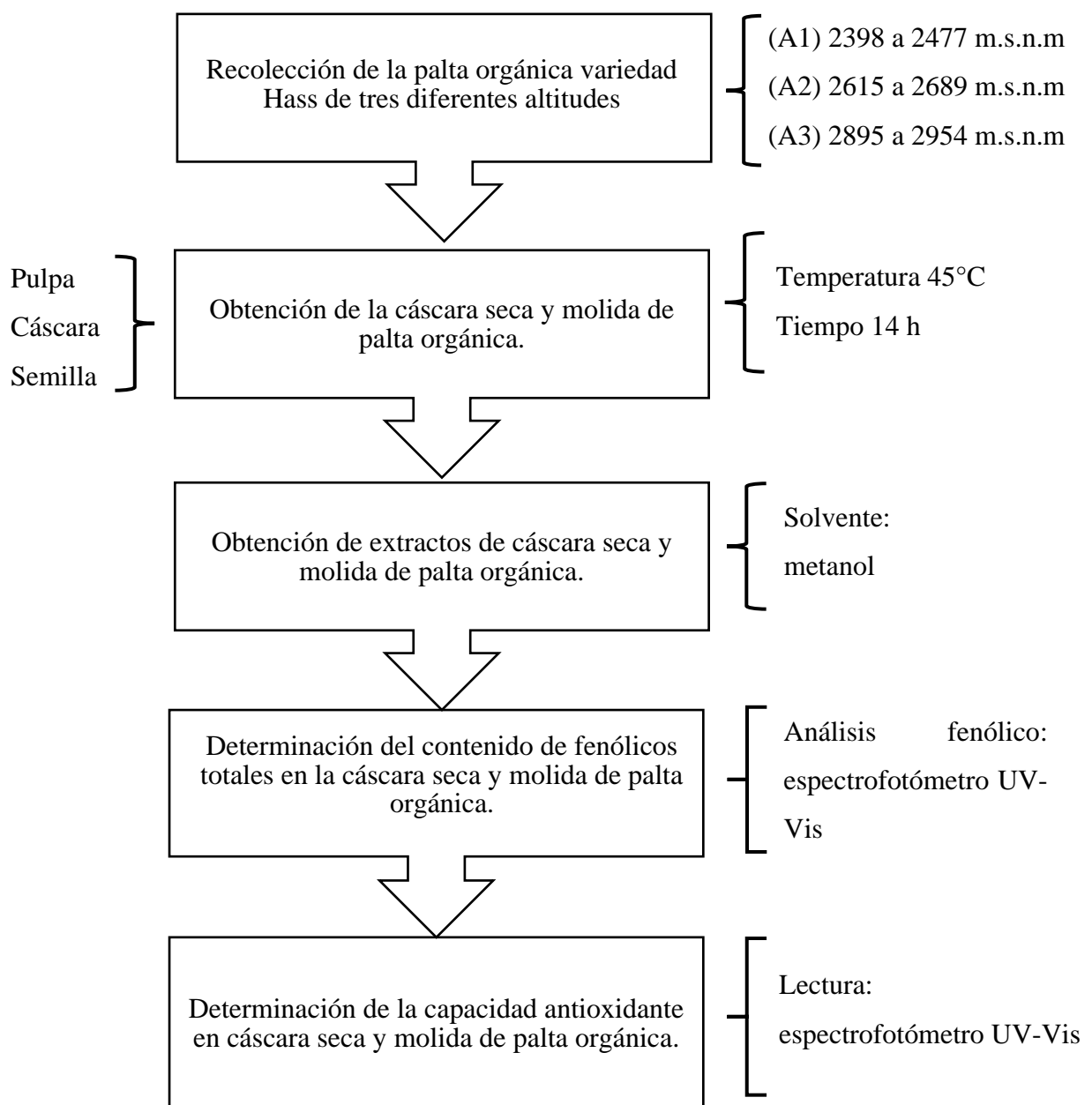
Esta fórmula es fundamental para asegurar que los resultados obtenidos sean válidos y representativos de la población.

3.4 Procedimiento de la investigación

Seguidamente, se presenta la Figura 3 con la metodología de investigación utilizada en la ejecución del proyecto de tesis:

Figura 3

Diagrama resumen de las actividades realizadas según la metodología.



3.4.1 Recolección de la palta orgánica variedad Hass de tres diferentes altitudes

La palta orgánica variedad Hass fue obtenida del Anexo Los Ángeles de Cucharan, región Huancavelica. La cantidad estimada para realizar el estudio, tomando en cuenta las repeticiones fue 95 kilos de palta para cada intervalo de altitud, la selección fue de forma aleatoria de un total de tres hectáreas de campo de cultivo, considerándose 1 hectárea por cada altitud, los tres intervalos de altitudes fueron (A1) 2398 a 2477 m.s.n.m, (A2) 2615 a 2689 m.s.n.m y (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m, estas muestras estuvieron sujetas a estudio y procedieron de 50 a 60 árboles de palto en diferentes ubicaciones del territorio de cultivo. Ahora bien, el estado de maduración del fruto fue de madurez comercial (Villa-Rodríguez et al., 2011; Goulao & Oliveira, 2008).

A continuación, en la Figura 4 se señala la localización del anexo Los Ángeles de Cucharan, distrito Daniel Hernández, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica en donde se trabajó el proyecto de investigación.

Figura 4

Ubicación del lugar donde se obtuvo la palta orgánica variedad Hass.



Nota. Google Maps (2023) El centro poblado de los Ángeles de Cucharan se encuentra cerca del anexo de Mashuayllo.

Además, en las Figuras 5, 6 y 7 se presentan imágenes de áreas de recolección teniendo en cuenta diferentes intervalos de altitud con detalles sobre las coordenadas geográficas de donde se obtendrá la palta orgánica variedad Hass.

Figura 5

Identificación de la altitud (A1) a considerar para la recolección de palta.



A1 (2398 a 2477 m.s.n.m.)

Figura 6

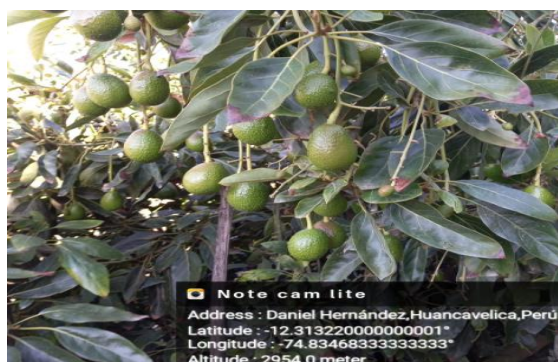
Identificación de la altitud (A2) a considerar para la recolección de palta.



A2 (2615 a 2689 m.s.n.m.)

Figura 7

Identificación de la altitud (A3) a considerar para la recolección de palta.



A3 (2895 a 2954 m.s.n.m.)

3.4.2 Obtención de la cáscara seca y molida de la palta variedad Hass

Los frutos maduros obtenidos se separaron manualmente en pulpa, cáscara y semilla, los subproductos separados se almacenaron en temperatura de congelación a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. La cáscara de palta a analizar se sometió a un proceso de secado. El secado se realizó en un secador de bandejas de laboratorio (estufa de secado por convección). Se supervisó el flujo y la temperatura del aire durante el secado, y la pérdida de peso se registró utilizando una balanza digital. El subproducto seco se redujo en tamaño de partícula y para ello se utilizó un molino pulverizador; también se tamizó haciendo uso de un Tamiz N° 20, con ello se obtuvo un tamaño de partícula ($< 850\text{ }\mu\text{m}$) de cáscara seca y molida en relación a la Norma Técnica Peruana 205.064:2015 (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, 2015). Finalmente, se almacenó en diferentes bolsas de polietileno, respectivamente rotuladas para ser almacenadas (Saavedra et al., 2017).

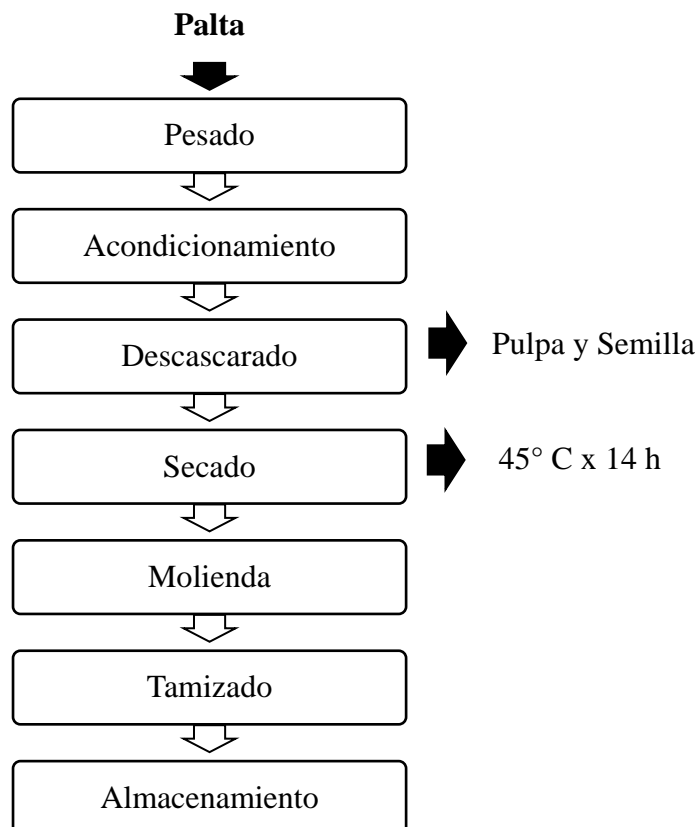
La Figura 8 muestra detalladamente el proceso de obtención de la cáscara seca y molida de palta. Se recolectaron las muestras en kg, las cuales fueron debidamente etiquetadas en sus respectivos envases para su posterior análisis. Entonces, el procedimiento constó de las siguientes etapas:

- a) Pesado: Se registró el peso de la fruta al momento de la recepción, también las pérdidas de peso durante el procesamiento hasta obtener la cáscara seca y molida.
- b) Acondicionamiento: Se seleccionaron las paltas y lavó con agua para eliminar impurezas y se realizaron desinfecciones utilizando una solución de sal sódica del ácido hipocloroso (50 ppm).

- c) Descascarado: Se extrajo manualmente la cáscara de la pulpa y la semilla, utilizando cuchillos.
- d) Secado: La cáscara se deshidrató en el secador de bandejas a 45 °C durante 14 horas, con una velocidad constante de aire de 2,5 m/s y densidad de carga por bandeja a 200 g, hasta peso constante.
- e) Molienda: Para disminuir el tamaño de las partículas de la cáscara seca, se empleó un molino pulverizador que funcionaba a una velocidad de 6000 revoluciones por minuto (rpm), asimismo, el proceso de molienda se efectuó en intervalos de 1 minuto.
- f) Tamizado: El producto molido se tamizó con el uso de un tamiz N° 20, hasta obtener la cáscara seca y molida del tamaño de partícula (< 850 m).
- g) Almacenamiento: La cáscara seca y molida de palta variedad Hass se envasó en bolsas de polietileno de 250 g, teniendo en cuenta la temperatura ambiente.

Figura 8

Diagrama de flujo de la obtención de cáscara seca y molida de palta variedad Hass.



3.4.3 Obtención de los extractos de cáscara seca y molida de palta orgánica

Para la obtención de los extractos se utilizó 5mL de metanol al 80% y 1 g de muestra, se agitaron hasta homogenizar en un mezclador vórtex a 2500 rpm por 20 minutos. Una vez finalizada la etapa de extracción, se recuperó el sobrenadante. Posteriormente, se volvió a realizar el proceso donde se obtuvo el segundo sobrenadante. Finalmente, los dos extractos obtenidos se combinaron y homogeneizaron. En relación a los extractos se protegieron de la luz mediante el cubrimiento con papel aluminio y se almacenaron en congelación hasta que se realizaran los respectivos análisis (Sandoval-Mauricio et al., 2023).

3.4.4 Determinación del contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta orgánica

El contenido de fenólicos totales (CFT) se determinó siguiendo la metodología de Folin-Ciocalteu (F-C) propuesto por la adaptación de Cornelio-Santiago et al. (2019). Se mezcló 0,3 mL de extracto con 0,1364 mL del reactivo F-C, esta solución se dejó reposar por 8 minutos a temperatura ambiente ($18 \pm 0,5$ °C). Luego, se añadió 1,2 mL de solución de carbonato de sodio al 7,5%. Finalmente, después de 120 minutos de reacción a temperatura ambiente ($24 \pm 0,5$ °C), se midió la absorbancia a 760 nm utilizando un espectrofotómetro UV/Vis.

3.4.5 Determinación de la capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta orgánica.

La metodología empleada para evaluar la capacidad antioxidante utilizando ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt) fue propuesta por Re et al. (1999). Se preparó el reactivo ABTS disolviéndolo en agua a una concentración de 7 mM, y se combinó con persulfato de potasio a 2,45 mM, teniendo en cuenta una proporción de 1:1. La mezcla se mantuvo en la oscuridad durante un tiempo de 16 h permitiendo la formación del radical catión ABTS (ABTS⁺). Se usó metanol para diluir la solución de ABTS⁺ hasta una absorbancia de $0,70 \pm 0,02$ y la lectura fue realizada a 734 nm, después de 30 min de reacción.

3.5 Técnica e instrumentos

Los análisis del contenido de fenólicos totales (CFT) y capacidad antioxidante (CA) en la cáscara de palta Hass se realizaron en el laboratorio de Química de Alimentos del Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición (ICAN) de la Universidad San Ignacio de Loyola S.A.

Para ello, se utilizaron diversas técnicas, materiales, equipos y reactivos. En primer lugar, se realizó la técnica de observación, análisis, interpretación y fichajes; posteriormente, se indagó en bases de datos científicas. Según los datos, los análisis relacionados con el CFT y la CA en la cáscara de palta de la variedad Hass se vincularon a la utilización de técnicas como análisis gravimétricos y volumétricos, así como el método ABTS.

Asimismo, se especifican los materiales, equipos y reactivos utilizados en la ejecución del proyecto.

3.5.1 Materiales

- Cooler
- Papel Aluminio
- Bolsa de polietileno de alta densidad
- Caja de papel filtro N° 1 de 125 mm
- Útiles de escritorio (lapicero indeleble, folders, lapiceros, papel bond, entre otros.)
- Caja guantes de látex para seguridad
- Pipetas de 10 mL y 5 mL.
- Vaso precipitado de 100 mL
- Capuchón de papel filtro
- Crisoles
- Placas Petri
- Probetas de 100 mL
- Fiolas de 25 ml
- Frascos ámbar
- Tubos de ensayo de 20 mL

- Parafilm
- Micropipeta
- Gradilla Micro viales
- Tubos Cónicos de graduación
- Cubetas para espectrofotómetro.
- Otros: cuchillos, cubiertos, papel kraft, pinzas, etc.

3.5.2 Equipos e instrumentos

- Agitador magnético
- Balanza analítica
- Balanza de precisión
- Centrífuga
- Congeladora
- Espectrofotómetro UV-Vis
- Estufa
- Molino de laboratorio
- Potenciómetro
- Vórtex
- Molino Pulverizador

3.5.3 Reactivos

- Ácido gálico
- Agua destilada

- Alcohol etílico 96%
- Carbonato de sodio
- Reactivo ABTS
- Etanol
- Etanol absoluto
- Metanol
- Reactivo fenol de Folin Ciocalteu

3.6 Análisis estadístico

3.6.1 Hipótesis estadísticas (nula y alterna)

3.6.1.1 Hipótesis nula.

La hipótesis nula establece que no existen variaciones significativas en el contenido fenólico total (CFT) y la capacidad antioxidante (CA) entre las cáscaras de palta cultivadas en las tres altitudes: (A1) 2398 a 2477 m.s.n.m, (A2) 2615 a 2689 m.s.n.m y (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

- μ_1 : Media del CFT/CA de (A1) 2398 a 2477 m.s.n.m
- μ_2 : Media del CFT/CA de (A2) 2615 a 2689 m.s.n.m
- μ_3 : Media del CFT/CA de (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m

3.6.1.2 Hipótesis alterna.

La hipótesis alternativa sostiene que hay al menos una diferencia considerable en el contenido total de fenoles (CFT) y en la capacidad antioxidante (CA) entre las cáscaras de palta cultivadas en las tres altitudes (A1) 2398 a 2477 m.s.n.m, (A2) 2615 a 2689 m.s.n.m y (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_k$$

- μ_1 y μ_k representan las medias de cualquier par de altitudes.

3.6.2 Estadístico

En el análisis de datos, la media y la desviación a través de un análisis de varianza (ANOVA), teniendo en cuenta un valor $p < 0,05$, así como la prueba de Tukey con significancia del 5%, el cual es usado para identificar diferencias significativas. Asimismo, este análisis estadístico se realizó con el software Minitab versión 21.4.2.0 (INC. USA).

IV. Resultados y Discusión

4.1 Determinación de humedad y materia seca de la pulpa y cáscara de palta variedad Hass

La Tabla 2, muestra resultados de la humedad y materia seca de la pulpa y la cáscara de palta variedad Hass a diferentes altitudes indicando la etapa de madurez en que se encuentra el fruto.

Tabla 2

Determinación de humedad y materia seca de la pulpa y cáscara de palta a diferentes altitudes en su etapa de madurez fisiológica y comercial.

Altitud (m.s.n.m)	Pulpa (Madurez fisiológica)		Pulpa (Madurez comercial)		Cáscara (Madurez comercial)	
	Materia seca	Humedad	Materia seca	Humedad	Materia seca	Humedad
(A1) 2398 a 2477	31,09 ± 5,50	68,91 ± 5,50	33,15 ± 9,76	66,85± 9,76	22,35 ± 0,21	77,65 ± 0,21
(A2) 2615 a 2689	30,63 ± 2,92	69,37 ± 2,92	33,95 ± 2,11	66,05± 2,11	20,94 ± 0,12	79,06 ± 0,12
(A3) 2895 a 2954	30,68 ± 5,72	69,32 ± 5,72	31,19± 3,91	68,81± 3,91	22,52 ± 0,65	77,48 ± 0,65

La maduración de la palta conlleva cambios significativos en su composición química y propiedades fisicoquímicas. Según Salazar-García et al. (2016) un factor clave en este proceso es el contenido de materia seca, debido a que determina las características organolépticas y nutricionales del fruto. En la tabla 2, se muestran los resultados de humedad y materia seca en

cuanto a la maduración (fisiológica y comercial) de la palta (cáscara y pulpa); los resultados indican los componentes principales respecto a la materia seca y humedad. La pulpa de palta (madurez fisiológica) de la A3 (2895 a 2954 m.s.n.m), la humedad osciló en $69,32 \pm 5,72$ g fruto de palta y $30,68 \pm 5,72$ de materia seca; A2 (2615 a 2689 m.s.n.m), la humedad $69,37 \pm 2,92$ g fruto de palta y $30,63 \pm 2,92$ de materia seca; y A1 (2398 a 2477 m.s.n.m), la humedad $68,91 \pm 5,50$ g fruto de palta y $31,09 \pm 5,50$ de materia seca. Ahora bien, los resultados obtenidos para pulpa de palta fisiológicamente madura muestran valores inferiores a los evaluados por López-Vega et al. (2021) que oscilaron entre $78,4 \pm 0,9$ g/100 g fruto de palta, asimismo, para palta en madurez comercial los valores son superiores en la A1, A2 y A3, debido a que los resultados evaluados por los autores se encuentran en $68,4 \pm 0,1$ g/100 g palta. Mientras que, en los contenidos de materia seca para pulpa de palta en madurez comercial, los valores obtenidos fueron mayores a Galvão et al. (2014), que oscila entre $26,88 \pm 0,12$ g/kg y $24,30 \pm 0,10$ g/kg de materia seca, lo cual indica una mayor madurez de la fruta. Respecto a la humedad de la cáscara, los valores obtenidos son A3 con $77,48 \pm 0,65$, A2 con $79,06 \pm 0,12$ y A1 con $77,65 \pm 0,21$, los cuales son superiores a los resultados reportados por Saavedra et al. (2017) y Alkaltham et al. (2021), que fueron de $72,15 \pm 0,41$ y $75,04 \pm 0,03$ g/100 g palta, respectivamente. Por lo tanto, los porcentajes de materia seca en la pulpa (madurez fisiológica y comercial) tienden a disminuir a medida que aumenta la altitud, mientras que el contenido de materia seca en la cáscara (madurez comercial) presenta una tendencia contraria, incrementándose con la altitud. Asimismo, según Salazar-García et al. (2016) argumentan que estas diferencias se deben al tiempo de madurez, las condiciones de cultivo, la altitud, el clima (temperatura) y otros factores. Estos dos datos sugieren que la altitud de cultivo influye en la humedad y materia seca de la palta, por tanto, esta información podría ser útil para comprender cómo las condiciones ambientales asociadas a la altitud afectan a las características del fruto. De igual manera, Alkaltham et al. (2021), afirman que factores de manejo como la fertilización, la poda y el riego son fundamentales en el desarrollo del crecimiento vegetativo y las características nutricionales del fruto. Entonces, toda esta información ayudaría a la toma de decisiones informadas sobre las prácticas de cultivo y la selección de variedades para optimizar la calidad y rendimiento de la palta.

4.2 Determinación del contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta variedad Hass

Se analizó el contenido de fenólicos totales en cáscara de palta orgánica de la variedad Hass, el cual se muestra en la Tabla 3 (Ver anexo 9).

Tabla 3

Contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta.

Altitud (m.s.n.m)	Contenido de Fenólicos Totales
	(mg EAG/kg) *
(A1) 2398 a 2477	7648,77 ± 88,21 ^a
(A2) 2615 a 2689	6901,62 ± 60,32 ^b
(A3) 2895 a 2954	5066,65 ± 83,77 ^c

* Los valores presentados en la tabla se expresan como promedio ± desviación estándar. Las letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre los grupos, con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

El análisis de contenido de fenólicos totales (CFT) de la cáscara seca y molida de palta variedad Hass obtenida de diferentes altitudes: (A1) 2398 a 2477, (A2) 2615 a 2689 y (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m; donde los resultados expuestos en la Tabla 3 resaltan los valores de CFT indicando un rango de 5066,65 a 7648,77 mg EAG/kg. Este contenido de fenólicos totales es menor que lo reportado por Saavedra et al. (2017), cuyos resultados varían entre $51187,7 \pm 4273,1$ mg EAG/kg en cáscara obtenida a través de secado convectivo. Asimismo, Páramos et al. (2020) informaron valores inferiores en el contenido de fenólicos totales, con $107,30 \pm 5,69$ mg EAG/kg en harina de cáscara de palta var. Hass. Asimismo, el estudio de Grisales-Mejía et al. (2024) reveló un contenido significativo de contenido de fenólicos totales en cáscara de palta Hass, con un total de 5050 ± 250 mg EAG/kg. Ahora bien, en base a estos resultados se destaca la riqueza de contenido de fenólicos totales con potencial neuroprotector en la cáscara de palta, lo que sugiere su valor como fuente de agentes beneficiosos para la salud. Asimismo, en relación a las altitudes la muestra A3, proveniente de la altitud más alta (2895 a 2954 m.s.n.m), presenta el menor contenido con 5066.65 ± 59.24 mg EAG/kg. Por otro lado, la muestra A1 cultivada a menor altitud (2398 a 2477 m.s.n.m), exhibe el valor más elevado de CFT $7648,77 \pm 62,38$ mg

EAG/kg. Esta tendencia indica que la altitud impacta significativamente en la acumulación de CFT en la cáscara de palta. Según Wang et al. (2024) y Gülsoy et al. (2023) a medida que la altitud aumenta, se observa una variación en los contenidos de diferentes componentes activos en las plantas; esto explica que los cambios en factores ambientales pueden tener efectos en los compuestos mediante la temperatura, la exposición a la radiación ultravioleta y las condiciones de cultivo. Además, mencionan que la altitud afecta la síntesis de metabolitos clave, como flavonoides, aminoácidos, ácidos fenólicos, lípidos y terpenos, que son importantes para la actividad antioxidante y la calidad de las plantas.

4.3 Capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta *variedad Hass*

Se analizó la capacidad antioxidante (CA) de la cáscara de palta de la variedad Hass, cuyos resultados se indican en la Tabla 4 (Ver anexo 10).

Tabla 4

Contenido de capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta.

Altitud (m.s.n.m)	Capacidad Antioxidante (ABTS)
	($\mu\text{mol ET/g}$) *
(A1) 2398 a 2477	77,07 \pm 0,58 ^a
(A2) 2615 a 2689	68,48 \pm 0,71 ^b
(A3) 2895 a 2954	60,15 \pm 0,44 ^c

* Los valores presentados en la tabla se expresan como promedio \pm desviación estándar. Las letras (a, b, c) indican diferencias significativas entre los grupos, con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Se ha realizado el análisis de capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta variedad Hass obtenida de diferentes altitudes (A1) 2398 a 2477, (A2) 2615 a 2689 y (A3) 2895 a 2954 m.s.n.m; donde los resultados presentados en la Tabla 4 indican que los valores de capacidad antioxidante oscilan entre 60,15 y 77,07 $\mu\text{mol ET/g}$. Estos valores son significativamente superiores a los reportados por Páramos et al. (2020), quienes encontraron capacidades antioxidantes de $27,1 \pm 0,34$ a $41,4 \pm 0,34 \mu\text{mol ET/g}$. Por otro lado, Rosero et al. (2019) reportaron valores menores, con un rango de 5,4 a 3,150 $\mu\text{mol ET/g}$. Mientras tanto,

Ramos-Aguilar et al. (2021) encontraron un resultado inferior a lo obtenido con 16,71 $\mu\text{mol ET/g}$. Grisales-Mejía et al. (2024) destacaron capacidades antioxidantes de $3350 \pm 179 \mu\text{mol}$ de equivalente de Trolox/g en extractos secos en la prueba ABTS. Sin embargo, en relación a los resultados expuestos para cada altitud la A1 (2398 a 2477 m.s.n.m) es la que contiene mayor capacidad antioxidante, sin embargo, la A2 (2615 a 2689 m.s.n.m) presenta un valor de capacidad antioxidante cercano a la A1, lo que sugiere que en óptimas condiciones ambientales este intervalo de altitud podría ser favorable para la producción de compuestos antioxidantes. Asimismo, estos resultados en la A2 tienden a ser positivos, ya que están a una altitud superior a la usual de cultivo de palta en Perú que es de 500 y 2500 m.s.n.m según la información reportada por el Ministerio de Agricultura (2012). Por lo otro lado, Ramos-Aguilar et al. (2021) asumen que a mayor altitud se produce un mayor estrés ambiental y, por lo tanto, una mayor síntesis de metabolitos de defensa, además existen otras variables ambientales como la humedad relativa, temperatura, intensidad de radiación solar y la disponibilidad de nutrientes, los cuales también pueden modular la respuesta de la planta, entonces, es necesario investigar más a fondo tomando en cuenta diferentes parámetros que también pueden influir en los niveles de antioxidantes.

V. Conclusiones

- Se logró llevar a cabo la recolección de la palta orgánica (*Persea americana* Mill) de la variedad Hass en tres rangos altitudinales claramente diferenciados del Anexo Los Ángeles de Cucharan, ubicado en la provincia Tayacaja, departamento Huancavelica. Estos rangos se clasificaron como A1 (2398 a 2477 m.s.n.m.), A2 (2615 a 2689 m.s.n.m.) y A3 (2895 a 2954 m.s.n.m.). La recolección se realizó siguiendo procedimientos estandarizados para asegurar la integridad y representatividad de las muestras. Luego de la recolección, las paltas fueron sometidas a un proceso de acondicionamiento adecuado para mantener sus características y preparar las muestras para los análisis de contenido de fenólicos totales (CFT) y la capacidad antioxidante (CA).
- Se determinó el contenido de fenólicos totales en la cáscara seca y molida de palta orgánica var. Hass obteniendo como resultado la influencia de la altitud. La muestra proveniente de la altitud más baja (A1) (2398 a 2477 m.s.n.m) presentó el mayor CFT con $7648,77 \pm 88,21$ mg EAG/kg. Sin embargo, la muestra de la altitud intermedia A2 (2615 a 2689 m.s.n.m.) también mostró un CFT elevado de $6901,62 \pm 60,32$ mg EAG/kg, lo cual es notable considerando que esta altitud sobrepasa el rango óptimo de 500 a 2500 m.s.n.m para el cultivo de palta en Perú. Ahora bien, el análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p < 0.001$) entre todas las altitudes; la prueba de Tukey mostró un R^2 ajustado de 99,57% para CFT, indicando un excelente ajuste del modelo; las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) y homocedasticidad (Bartlett, $p > 0,05$) validaron los resultados del ANOVA. Esto sugiere que la A2 podría ser una alternativa interesante para la producción de palta con fines de aprovechar los subproductos ricos en compuestos fenólicos, lo que la convierte en un ingrediente potencial en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria.
- Se determinó la capacidad antioxidante en la cáscara seca y molida de palta orgánica var. Hass adquiriendo como resultado la influencia de la altitud en este análisis. La muestra de la altitud intermedia (A2) (2615 a 2689 m.s.n.m.) presentó una CA de $68,48 \pm 0,71$ $\mu\text{mol ET/g}$, valor cercano al obtenido en la muestra de menor altitud (A1) (2398 a 2477 m.s.n.m) que fue de $77,07 \pm 0,58$ $\mu\text{mol ET/g}$. Esto indica que la A2, a pesar de sobrepasar el rango óptimo establecido, aún mantiene una capacidad antioxidante destacada en la cáscara de palta. Asimismo, el análisis estadístico reveló diferencias significativas ($p < 0.001$) entre todas las altitudes; donde la prueba de Tukey mostró un R^2 ajustado 99,40% para CA mostrando un buen ajuste del modelo y las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) y homocedasticidad (Bartlett, $p > 0,05$) validaron los resultados del ANOVA.

VI. Recomendaciones

- Explorar el potencial de la altitud intermedia (A2) (2615 a 2689 m.s.n.m.) como una zona óptima para cultivo de palta orgánica variedad Hass en Huancavelica. A pesar de estar fuera del rango altitudinal sugerido, la cáscara de palta cultivada en esta altitud mostró un nivel excepcional de compuestos fenólicos y antioxidantes, una oportunidad para los productores.
- Realizar estudios comparativos a lo largo del gradiente altitudinal presente en Huancavelica para determinar de manera más precisa cuáles son las condiciones óptimas de altitud que favorecen la acumulación de metabolitos bioactivos en las diversas materias primas.
- Investigar el efecto de técnicas ancestrales de cultivo, como el uso de andenes, en la acumulación de contenido fenólico total.
- Evaluar el impacto de factores climáticos como radiación UV, temperatura, precipitaciones y humedad en la síntesis y estabilidad del contenido fenólico total y antioxidantes presentes en la cáscara de palta.
- Desarrollar proyectos de transferencia de conocimiento y asistencia técnica dirigidos a los agricultores de palta de Huancavelica, con el propósito de capacitarlos en el manejo sostenible del cultivo, el aprovechamiento integral de los subproductos y la comercialización de productos de valor agregado.
- Promover proyectos de investigación en colaboración mutua con centros académicos, instituciones de investigación y los propios productores de palta de Huancavelica. Esto impulsaría la innovación en el aprovechamiento integral de este cultivo, incluyendo el uso de la cáscara como fuente de ingredientes funcionales.

VII. Referencias bibliográficas

- Araujo, R., Rodríguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A., Pintado, M., & Aguilar, C. N. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 80, 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027>
- Asenjo Avendaño, C. P. (2018). Desarrollo de extractos secos con propiedades antioxidantes y antibacterianas de cáscara y semilla de palta hass (*Persea americana*) recubiertos con almidón modificado. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/185065>
- Ayala-Zavala, J. F., Vega-Vega, V., Rosas-Domínguez, C., Palafox-Carlos, H., VillaRodriguez, J. A., Siddiqui, M. W., & Dávila-Aviña, J. E. (2011). Agroindustrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International*, 44(7), 1866-1874
- Banco Central De Reserva Del Perú (BCRP) (2023). Caracterización Del Departamento De Huancavelica, <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Sucursales/Huancayo/huancavelica-caracterizacion.pdf> / Consultado el 10 de agosto de 2023.
- Bhuyan, N., Alsherbiny, N., Perera, N., Low, N., Basu, N., Devi, N., Barooah, N., Li, N., & Papoutsis, N. (2019). The Odyssey of Bioactive Compounds in Avocado (*Persea americana*) and their Health Benefits. *Antioxidants*, 8(10), 426. <https://doi.org/10.3390/antiox8100426>
- Blackey, R. J. (2011). Management of avocado postharvest physiology. *School of Agricultural Sciences and Agribusiness*, 5-53. doi: 10.13140/RG.2.1.3652.7121
- Bustos, M. C., Mazzobre, M. F., & Buera, M. P. (2015). Stabilization of refrigerated avocado pulp: Effect of Allium and Brassica extracts on enzymatic browning. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 61(1), 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.026>
- Calderón-Oliver, M., Escalona-Buendía, H. B., Medina-Campos, O. N., Pedraza-Chaverri, J., Pedroza-Islas, R., & Ponce-Alquicira, E. (2016). Optimization of the antioxidant and antimicrobial response of the combined effect of nisin and avocado byproducts. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 65, 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.048>

- Castromonte, Mary, Wacyk, Jurij, & Valenzuela, Carolina. (2020). Encapsulation of antioxidant extracts from agroindustrial by-products: a review. *Revista chilena de nutrición*, 47(5), 836-847. <https://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182020000500836>
- Cornelio-Santiago, H. P., Mazalli, M. R., Da Costa Rodrigues, C. E., & De Oliveira, A. L. (2019). Extraction of Brazil nut kernel oil using green solvents: Effects of the process variables in the oil yield and composition. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13271>
- Del Carmen Razola-Díaz, M., Guerra-Hernández, E., Gómez-Caravaca, A. M., García-Villanova, B., & Verardo, V. (2023). Mathematical modelling of drying kinetics of avocado peels and its influence on flavan-3-ols content and antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 176, 114552. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114552>
- Del Castillo-Llamosas, A., Del Río, P., Pérez-Pérez, A., Yáñez, R., Garrote, G., & Gullón, B. (2021). Recent advances to recover value-added compounds from avocado by-products following a biorefinery approach. *Current opinion in green and sustainable chemistry*, 28, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100433>
- Dreher, M. L., & Davenport, A. J. (2013). Hass Avocado Composition and Potential Health Effects. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 53(7), 738-750. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.556759>
- Figueroa, J. P., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2018a). Comprehensive identification of bioactive compounds of avocado peel by liquid chromatography coupled to ultra-high-definition accurate-mass Q-TOF. *Food Chemistry*, 245, 707-716. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.011>
- Filannino, P., Tlais, A. Z. A., Morozova, K., Cavoski, I., Scampicchio, M., Gobbetti, M., & Di Cagno, R. (2020). Lactic acid fermentation enriches the profile of biogenic fatty acid derivatives of avocado fruit (*Persea americana* Mill.). *Food Chemistry*, 317, 126384. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126384>

- Galvão, M.D.S., Narain, N. & Nigam, N. (2014). Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. *Food Science and Technology*, 34, 539 - 546. doi: 10.1590/1678-457X.6388
- García-Alonso, J., & García-Viguera, C. (2014). Influence of cultivar on the phenolic content and antioxidant activity of avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. *Food Chemistry*, 158, 286-292.
- Grisales-Mejía, J. F., Álvarez-Rivera, G., Torres-Castañeda, H. G., Andrade-Mahecha, M. M., Martínez-Correa, H. A., Mendiola, J. A., Cifuentes, A., & Ibañez, E. (2024). Hass Avocado (*Persea americana* Mill.) residues as a new potential source of neuroprotective compounds using pressurized liquid extraction. *The Journal Of Supercritical Fluids*, 204, 106117. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2023.106117>
- Goulao, L. F.; & Oliveira, C. M. (2008). Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. *Trends in Food Science & Technology*, 19: 4-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.07.002>
- Gülsoy, E., Kaya, E. D., Türkhan, A., Bulut, M., Koyuncu, M., Güler, E., Sayın, F., & Muradoğlu, F. (2023). The effect of altitude on phenolic, antioxidant and fatty acid compositions of some Turkish hazelnut (*Coryllus avellana* L.) cultivars. *Molecules*, 28(13), 5067. <https://doi.org/10.3390/molecules28135067>
- Hussain, P., Chatterje, S., Variyar, P., Sharma, A., Dar, M., Wani, A. (2013). “Bioactive compounds and antioxidant activity of gamma irradiated sun dried apricots (*Prunus armeniaca* L.)”. *Journal of Food Composition and Analysis*, 30, 59-66.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). (2015). Norma Técnica Peruana 205.064. Harina de Trigo para consumo humano. Condiciones generales. Definiciones y requisitos. Lima- Perú.
- Jiménez-Velázquez, P., Valle-Guadarrama, S., Alia-Tejagal, I., Salinas-Moreno, Y., García-Cruz, L., Pérez-López, A., & Guerra-Ramírez, D. (2020). Separation of bioactive compounds from epicarp of ‘Hass’ avocado fruit through aqueous two-phase systems. *Food and Bioproducts Processing*, 123, 238-250. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.07.004>

- Londoño, J. (2020). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad
 PARTE III / PART III.
<http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/133/3/9.%20129-162.pdf>
- López-Cobo, A., Maqueda, M., Pasini, F., Caboni, M. F., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2016). HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS and HPLC-FLD-MS as valuable tools for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part and by-products of avocado. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 73, 505-513.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.049>
- López-Vega, L., Gil-Cortez, J., Sierra-Sarmiento, M., & Hoyos-Leyva, J. (2021). Hass avocado oil extraction: In the way of malaxation process optimization. *LWT*, 152, 112312.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112312>
- Lyu, X., Agar, O. T., Barrow, C. J., Dunshea, F. R., & Suleria, H. A. R. (2023). Phenolic Compounds Profiling and Their Antioxidant Capacity in the Peel, Pulp, and Seed of Australian Grown Avocado. *Antioxidants*, 12(1), 185.
<https://doi.org/10.3390/antiox12010185>
- Martínez-Valverde, I., Periago, María J., & R., Gaspar. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(1), 5-18.
 Recuperado en 16 de mayo de 2023, de
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100001&lng=es&tlng=es.
- Melgar, B., Dias, M. I., Ćirić, A., Soković, M., Garcia-Castello, E. M., Rodriguez-Lopez, A., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2018). Bioactive characterization of *Persea americana* Mill. by-products: A rich source of inherent antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 111, 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.024>
- MINAGRI. (2015). La palta "producto estrella de exportación". Tendencias de la producción y el comercio de palta en el mercado internacional y nacional.
<http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=la-palta-peruana>

- Ministerio de Agricultura. (2012). Instituto Nacional de Innovación Agraria, https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/166/1/Cultivo_palto_2012.pdf Consultado el 10 de enero de 2024.
- Mindiolaza-González, G. M., Naula-Mendoza, D. K. (2023). Estudio de la actividad antioxidante del exocarpio y semilla del aguacate (*Persea americana*) Var. Hass. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/1365612b-de39-4578-851c-751abc12c1c7>
- MINSA - Ministerio De Salud Del Perú. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos, octava edición. MINSA-INS. Lima-Perú.
- Nyakang'i, C. O., Ebere, R. A., Marete, E., & Arimi, J. M. (2023). Avocado production in Kenya in relation to the world, Avocado by-products (seeds and peels) functionality and utilization in food products. *Applied food research*, 3(1), 100275. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100275>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2022). Base de datos estadística FAOSTAT, <https://www.fao.org/3/cc3939es/cc3939es.pdf> /Consultado el 18 de mayo de 2023.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal Of Morphology*, 35(1), 227-232. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000100037>
- Páramos, P. R., Granjo, J. F., Corazza, M. L., & Matos, H. A. (2020). Extraction of high value products from avocado waste biomass. *The Journal Of Supercritical Fluids/The Journal Of Supercritical Fluids*, 165, 104988. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2020.104988>
- Permal, R., Chang, W. L., Seale, B., Hamid, N., & Kam, R. (2020). Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. *Food Chemistry*, 306, 125635. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125635>
- Ramos-Aguilar, A. L., Ornelas-Paz, J., Tapia-Vargas, L. M., Gardea-Béjar, A. A., Yahia, E. M., Ornelas-Paz, J. J., ... Escalante-Minakata, P. (2021). Effect of cultivar on the content of

- selected phytochemicals in avocado peels. *Food Research International*, 140, 110024. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110024>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans, C. (1999). Actividad antioxidante aplicando un ensayo mejorado de decoloración de cationes radicales ABTS. *Radical libre. Biol. Medicina*. 26, 1231-1237. doi: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3
- Rojas-García, A., Fuentes, E., Cádiz-Gurrea, M., Rodríguez, L., Villegas-Aguilar, M., Palomo, I., Arráez-Román, D., & Segura-Carretero, A. (2022). Evaluación biológica de residuos de aguacate como fuente potencial de compuestos bioactivos. *Antioxidantes*, 11. <https://doi.org/10.3390/antiox11061049>.
- Romero, C. A. (2015). La palta, producto estrella de exportación: Tendencias de la producción y el comercio de palta en el mercado internacional y nacional. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis2015?download=6825:la-palta-producto-estrella-de-exportacion-enero-2015>
- Rosero, J. C., Cruz, S., Osorio, C., & Hurtado, N. (2019). Analysis of phenolic composition of byproducts (seeds and peels) of avocado (*Persea americana* Mill.) cultivated in Colombia. *Molecules*, 24(17), 3209.
- Saavedra, J., Córdova, A., Navarro, R. E., Díaz-Calderón, P., Fuentealba, C., Astudillo-Castro, C., Toledo, L., Enrione, J., & Gálvez, L. (2017). Industrial avocado waste: Functional compounds preservation by convective drying process. *Journal of Food Engineering*, 198, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.11.018>
- Alkaltham, M. S., Uslu, N., Özcan, M. M., Salamatullah, A. M., Ahmed, I. A. M., & Hayat, K. (2021). Effect of drying process on oil, phenolic composition and antioxidant activity of avocado (cv. Hass) fruits harvested at two different maturity stages. *LWT*, 148, 111716. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111716>
- Salmerón. R, L (2014). Fracción indigestible, bioaccesibilidad in vitro y actividad antioxidante, de compuestos fenólicos de la cáscara de aguacate cv. 'Hass' (Maestría en Ciencias). *Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.*

<https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/391/1/SALMERON-RUIZ-ML14.pdf>

- Sandoval-Mauricio, E., Espinoza-Espinoza, L., Ruiz-Flores, L., Valdiviezo-Marcelo, J., Moreno- Quispe, L., et al. (2023). Influence of the pulp of *Mangifera indica* and *Myrciaria dubia* on the bioactive and sensory properties of ice cream. *Frente. Sostener. Food Syst.* <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1126448>
- Salazar-García, S., Medina-Carrillo, R., y Álvarez-Bravo, A. (2016). Evaluación inicial de algunos aspectos de calidad del fruto de aguacate ‘Hass’ producido en tres regiones de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(2), 277-289. Recuperado en 25 de mayo de 2024, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000200277&lng=es&tlng=es.
- Scalbert, A., Morand, C., Manach, C. & Rémésy, C. (2002). Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56(6), 276-282.
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú (SENASA). (2022). *Huancavelica: SENASA y productores de palta oficializan inicio de campaña de exportación - SENASA al día.* SENASA al día. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/huancavelica-senasa-y-productores-de-palta-oficializan-inicio-de-campana-de-exportacion/>
- Socrier, L., Quéro, A., Verdu, M., Song, Y., Molinié, R., Mathiron, D., Pilard, S., Mesnard, F., & Morandat, S. (2019). Flax phenolic compounds as inhibitors of lipid oxidation: Elucidation of their mechanisms of action. *Food Chemistry*, 274, 651–658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.126>
- Tesfaye, T., Mebrate, M. A., Gibril, M. E., Ferede, E., Limeneh, D. Y., & Kong, F. (2022). Beneficiation of avocado processing industry by-product: A review on future prospect. *Current research in green and sustainable chemistry*, 5, 100253. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100253>
- Valenzuela, M., & Paredes, C. (2017). Effect of altitude on the phenolic content and antioxidant activity of Hass avocado fruits. *Food Science and Biotechnology*, 26(6), 2239-2244.

- Villar, M. (2016). Composición nutricional y componentes bioactivos de cuatro variedades de paltas (*Persea americana*) comerciales chilenas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.
- Villa-Rodríguez, J.; Molina-Corral, F. J.; Ayala-Zavala, J. F.; Olivas, G.; González-Aguilar, G. (2011). Effect of maturity stage on the content of fatty acids and antioxidant activity of 'Hass' avocado. *Food Research International*, 44: 1231-1237. doi: 10.1016/j.foodres.2010.11.012
- Wang, M., Zheng, Y., Khuong, T. & Lovatt, C. J. (2010). Effect of harvest date on the nutritional quality and antioxidant capacity in 'Hass' avocado during storage. *Food Chemistry*, 135(2), 694-698.
- Wang, L., Zhao, S., Li, J., & Zhou, G. (2024). Metabolomics analysis reveals the metabolite profiles of *Rheum tanguticum* grown under different altitudinal gradients. *BMC Plant Biology*, 24(1), 226. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04933-9>

VIII. Anexos

Anexo 1

Identificación de zona geográfica del Anexo Los Ángeles de Cucharan, perteneciente al C. P. Mashuayllo, provincia Tayacaja - Huancavelica.




Anexo 2

Encuentro de colaboración y compartimiento de investigación con los integrantes de la Asociación de Productos Frutícolas “Los Ángeles de Cucharan”, productores de palta orgánica.



Anexo 3


Certificado de SESANA para la producción de palta orgánica en el Anexo Los Ángeles de Cucharan.



Código de productor y lugar de producción

DE	Productor	Predio
015	29685	01

HRJSR9LOAZTF



CERTIFICADO DE LUGAR DE PRODUCCION CON FINES DE EXPORTACION

N° 00004186-2023-MINAGRI-SENASA-DEHVL

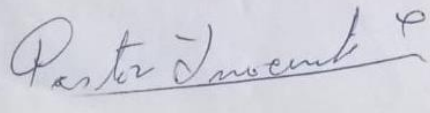
N° Documento: 202306006359
Expediente: 230170004887


En conformidad con el informe de Inspección fitosanitaria del lugar de producción N° 015202304252 supresión y erradicación de las moscas de la fruta y vigilancia de otras plagas cuarentenarias, acorde a lo dispuesto por la legislación vigente y a los Planes de Trabajo suscritos por el SENASA para posibilitar la exportación de se procede a otorgar el presente Certificado al lugar de producción cuyos datos se mencionan a continuación:

1. Persona Natural <input checked="" type="radio"/>	3. Razón Social			
2. Persona Jurídica <input type="radio"/>	ROMERO PEREZ LUISA			
4. Apellidos		5. Nombre(s)	6. DNI/RUC	
ROMERO PEREZ		LUISA	10402305	
7. Dirección			8. Teléfono	
LOS ANGELES DE CUCCHARAN S/N				
9. Nombre del lugar de producción				
HATUN CORRAL				
10. Zona de prod:	TAYACAJA/CHURCAMP	13. Distrito:	DANIEL HERNANDEZ	
11. Sector:	DANIEL HERNANDEZ	14. Provincia:	TAYACAJA	
12. Sub sector:	LOS ANGELES	15. Departamento:	HUANCAVELICA	
16. Cultivo	17. Variedad	18. Area Total (Ha)	19. Area Certificar(Ha)	20. Volumen Autorizado(Tm)
PALTA, fruto fresco	HASS	0.8	0.8	9.2
	TOTAL	0.8	0.8	9.2
21. Fecha de Emisión: 14/12/2023		22. Fecha de Vencimiento: 30/06/2024		

La presente certificación del lugar de producción tendrá vigencia del 14/12/2023 al 30/06/2024. Esta certificación será anulada si no se mantiene las condiciones bajo las cuales se certificó el lugar de producción, así como por el incumplimiento de las recomendaciones efectuadas por el SENASA en las visitas de inspección que se efectuen.

Lugar y fecha: HUANCAVELICA 14/12/2023





MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGRARIA
DIRECCIÓN SENASA HUANCAVELICA

Ing. Felix Bernabé Jayos Miranda
Jefe del Área de Sanidad Vegetal

Página 1 of 1





Anexo 4

Recolección de palta orgánica variedad Hass.



Anexo 5

Acondicionamiento y proceso de la palta orgánica variedad Hass.

<p>1. Materia prima: Palta orgánica.</p>	<p>2. Lavado y desinfección.</p>
	
<p>3. Acondicionamiento en jabas.</p>	<p>4. Maduración.</p>
	

5. Selección.



6. Descarado (Separación cáscara, pulpa y semilla).



7. Pesado de cascarras.



8. Almacenamiento en temperatura de -18°C .



Anexo 6

Obtención de la cáscara seca y molida de palta.

- Secado en la estufa de convección.



- Cáscara seca y molida de palta.

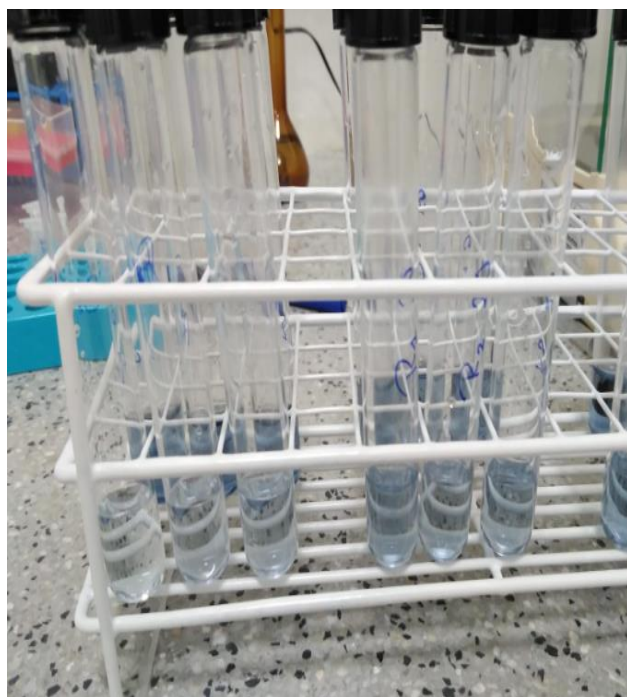
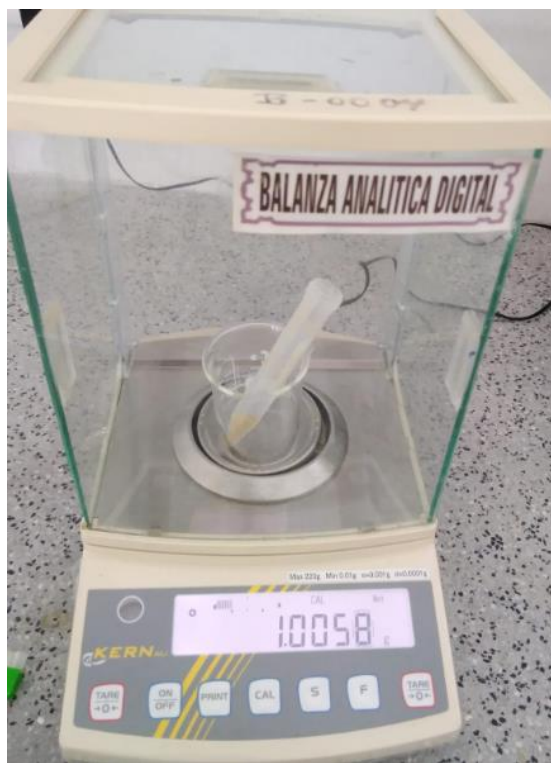


Anexo 7

Análisis de laboratorio realizados en la investigación en cáscara seca y molida de palta.

<p>- Humedad en pulpa de palta (M. Fisiológica)</p>	<p>- Humedad en pulpa de palta (M. Comercial)</p>
	
<p>- Humedad en cáscara de palta</p>	
	

- Análisis para la determinación de contenido de fenólicos totales y su capacidad antioxidante.



Anexo 8

Informe de ensayo de laboratorio del “Instituto de Ciencias de los Alimentos y Nutrición” de la USIL.S.A.



Instituto de Ciencias de los Alimentos y
Nutrición
Universidad San Ignacio de Loyola S.A.
RUC. 20297868790

Página 1 de 2

INFORME DE ENSAYO No. 0040-23_CIQA

N° Orden de Trabajo: ICAN-0059-23
Cliente: Eliane Soller Asto
Ruc: -
Dirección legal del cliente: -
Código de cliente: -
Numero de contrato (cotización): ICAN-0059-23
Producto descrito por el cliente: Muestras de residuo de palta
Identificación de la muestra: CIQA-096 al CIQA-098
Numero de muestras: 03
Código de muestras - Cantidad: CIQA-096; CIQA-097; CIQA-098
Procedencia de la muestra: Proporcionado por el cliente
Presentación de la muestra: Bolsa plástica
Fecha de recepción de la muestra: 19-12-2023
Fecha de inicio de análisis: 21-12-2023
Fecha de término de análisis: 26-12-2023
Fecha de emisión de Informe: 29-12-2023

RESULTADOS				
Muestra	Ensayo	Unidad	Resultado	Incertidumbre
CP A1	Polifenoles totales	mg GAE/kg	5066.65	---
CP A2	Polifenoles totales		6901.62	---
CP A3	Polifenoles totales		7648.77	---

ANEXO			
Ensayo	Norma	Técnica	Rango
Polifenoles totales *	VALIDADO: ICAN-CIQA - 009 (validado)	---	---

ANEXO 1				
Muestra	Ensayo	Unidad	R1	R2
CP A1	Polifenoles totales	mg GAE/kg	5007.41	5125.88
CP A2	Polifenoles totales		6858.96	6944.27
CP A3	Polifenoles totales		7586.39	7711.14

LECTURAS DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

N°	Actividad antioxidante	CP A1 (umol TE/g)		CP A2 (umol TE/g)		CP A3 (umol TE/g)	
1	Actividad antioxidante (ABTS)	60.46	59.84	67.97	68.98	76.66	77.48

Nota:

(*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL – DA.

(**) Por cálculo matemático

Los resultados indicados en el presente informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial o total de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están recogidas en el anexo técnico adjunto.

El cliente debe proporcionar todos los datos asociados a la toma de Muestras, si ha sido efectuado por él.

N/A: No Aplica.

Los resultados de los ensayos no deberán ser utilizados como una certificación de conformidad o como un certificado del sistema de calidad.

Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL.



Mg. SC. SANDRA CASIMIRO GONZALES

Jefe del CQA

Vicerectorado de Investigación - USIL

Anexo 9

Análisis estadístico ANOVA de un solo factor: compuestos fenólicos totales vs. Altitud

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

a) Datos del factor

Factor	Niveles	Valores
Altitud (m.s.n.m)	3	A1; A2; A3

b) Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Altitud (m.s.n.m)	2	7061794	3530897	574.51	0.000
Error	3	18438	6146		
Total	5	7080232			

El análisis de varianza ANOVA de una vía, realizado a los datos obtenidos, la probabilidad resultó ser menor a 0,05 lo cual indica que, al menos un grupo difiere significativamente de los demás al 95% de confianza.

c) Resumen del modelo

S	R- cuadrado	R- cuadrado(ajustado)	R- cuadrado (pred)
78.3959	99.74%	99.57%	98.96%

El valor R2 ajustado fue 99,57%, esto indica que el modelo explica la variabilidad correctamente.

d) Medias

Altitud (m.s.n.m)	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A1	2	7648.8	88.2	(7472.3; 7825.2)
A2	2	6901.6	60.3	(6725.2; 7078.0)
A3	2	5066.6	83.8	(4890.2; 5243.1)

Desv.Est. agrupada = 78.3959

e) Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

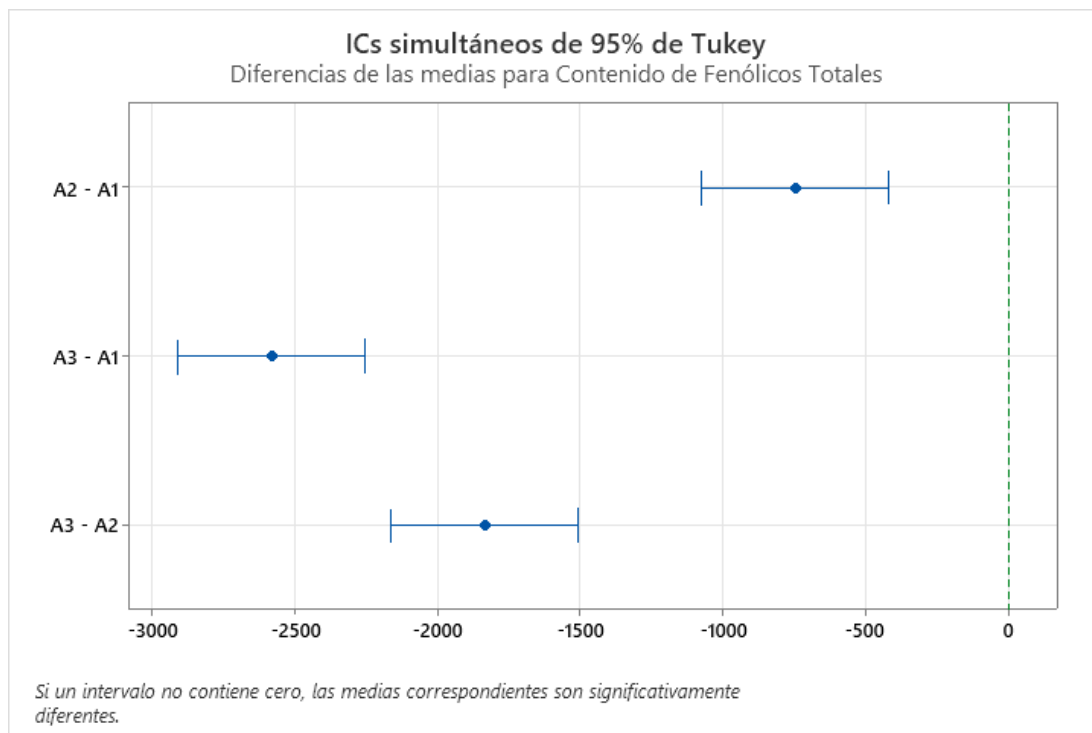
Altitud (m.s.n.m)	N	Media	Agrupación
A1	2	7648.8	A
A2	2	6901.6	B
A3	2	5066.6	C

** Las medias que no tienen letras en común son notablemente distintas.*

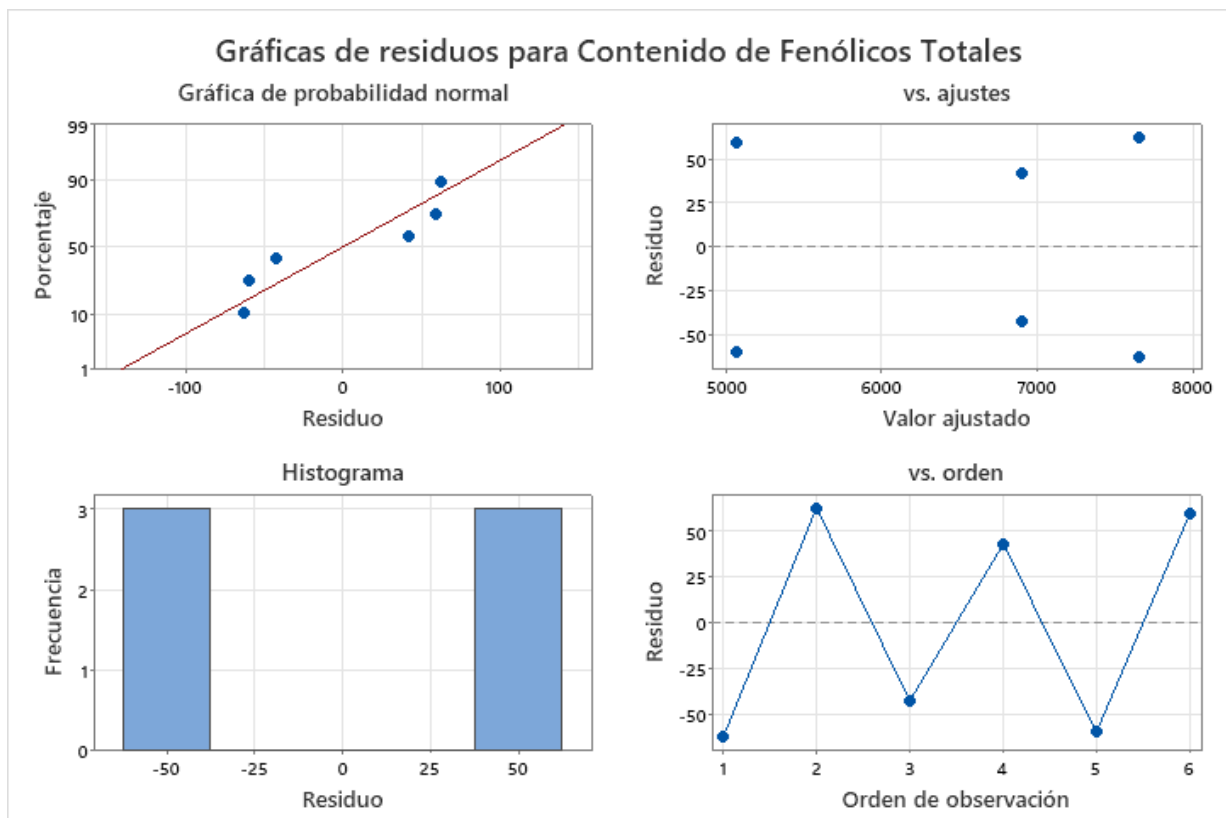
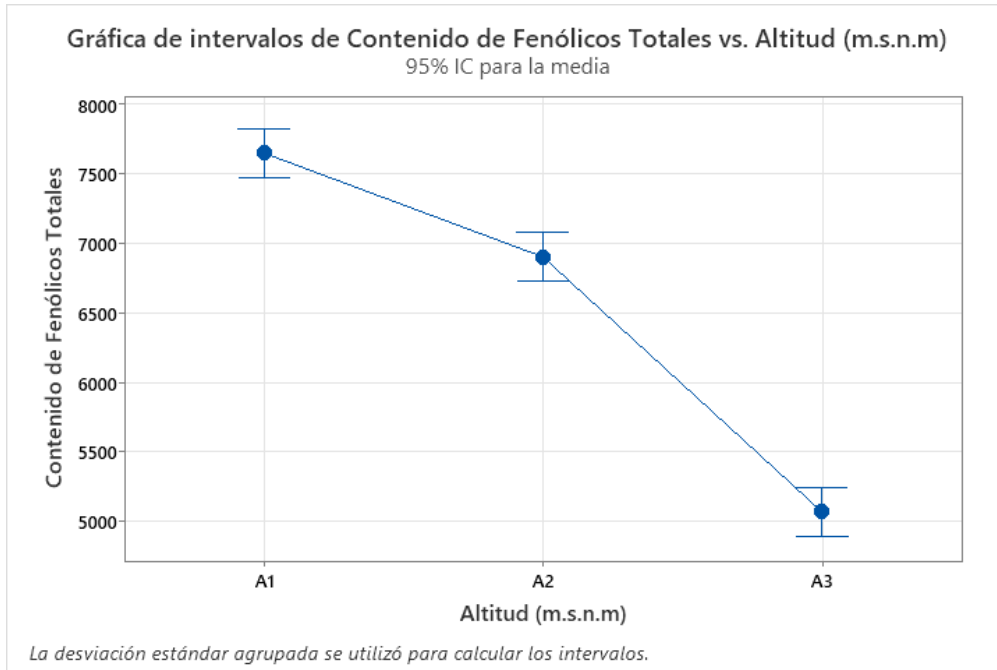
f) Pruebas de Tukey para comparaciones por pares

Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
A2 - A1	-747.2	78.4	(-1074.8; -419.5)	-9.53	0.005
A3 - A1	-2582.1	78.4	(-2909.7; -2254.5)	-32.94	0.000
A3 - A2	-1835.0	78.4	(-2162.6; -1507.4)	-23.41	0.000

Nivel de confianza individual = 97.50%



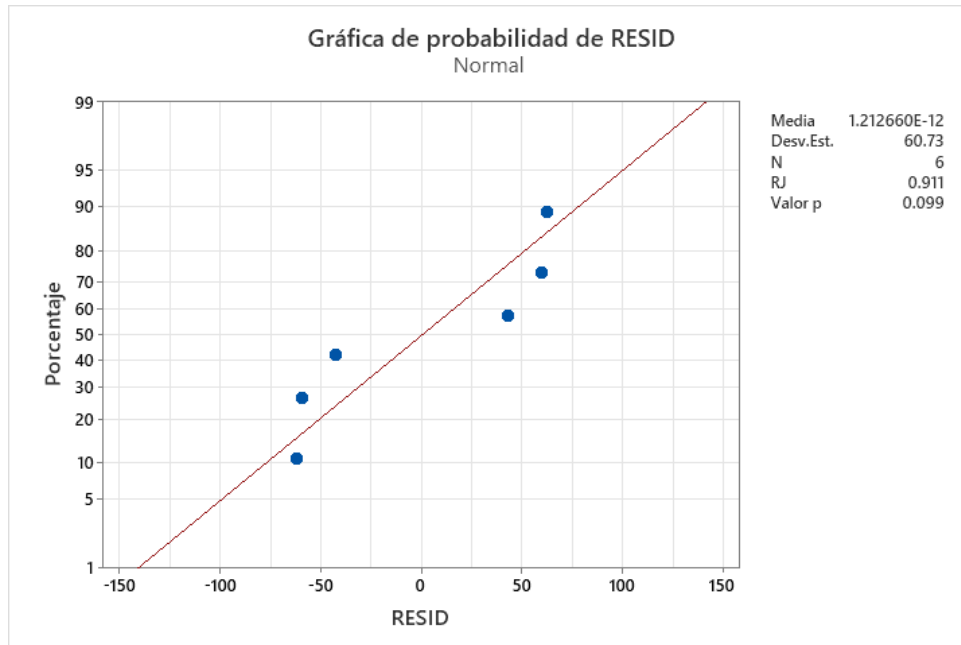
La prueba confirmatoria de Tukey y se muestra que, al comparar todos los grupos, se encontró que en este rango no se incluye el cero, lo que indica que la diferencia entre estas medias es significativa entre en el contenido de fenoles totales encontrado en los extractos de cáscara de palta.



g) Prueba de normalidad

H_0 : La muestra presenta una distribución normal

H_1 : La muestra no presenta una distribución normal



A una confianza del 95,0% la prueba de shapiro Will indica ($p=0,099>0,05$) existe una distribución normal en las muestras recolectadas.

h) Prueba de homocedasticidad

H_0 : Las varianzas son iguales

H_1 : Las varianzas son diferentes

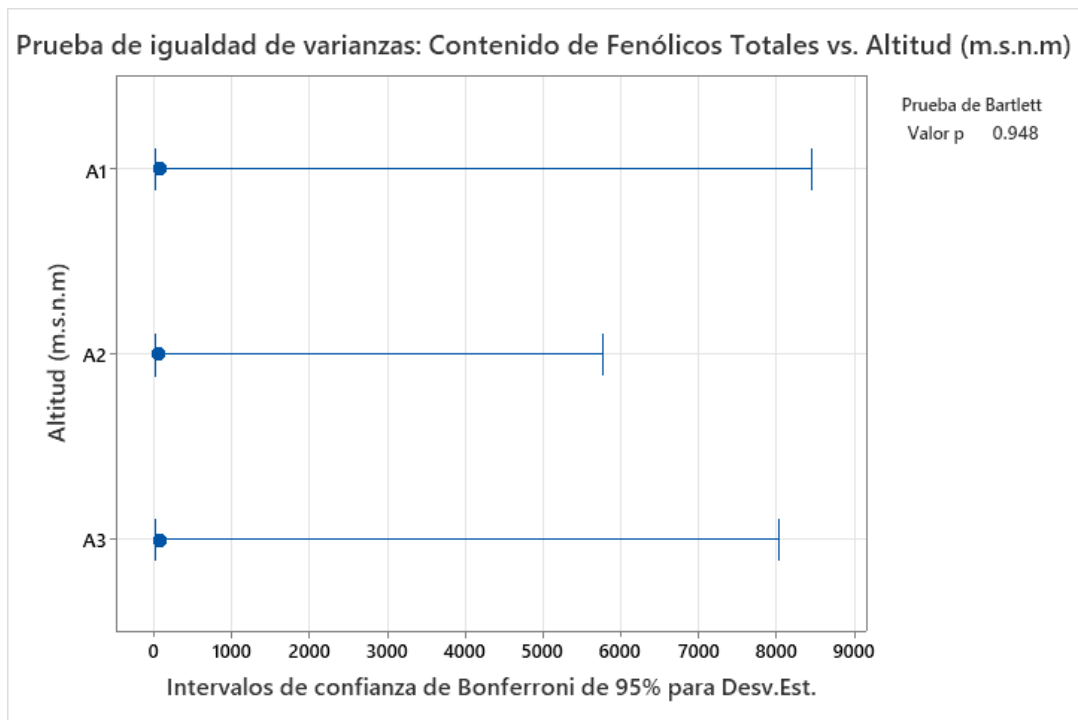
h.1) Intervalos de confianza ajustados por Bonferroni al 95% para la variabilidad de los datos

Altitud (m.s.n.m)	N	Desv.Est.	IC
A1	2	88.2116	(33.4355; 8445.76)
A2	2	60.3233	(22.8648; 5775.62)
A3	2	83.7709	(31.7524; 8020.60)

Nivel de confianza individual = 98.3333%

h.2) Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	0.11	0.948



La prueba de Bonferroni nos muestra que las varianzas son iguales y a una significancia de 0,05 la prueba de Barlett nos indica que debemos aceptar la hipótesis nula ($p=0,948>0,05$).

Anexo 10

Análisis estadístico ANOVA de un solo factor: capacidad antioxidante vs. Altitud

Hipótesis nula Todas las medias son iguales

Hipótesis alterna No todas las medias son iguales

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

a) Datos del factor

Factor	Niveles	Valores
Altitud (m.s.n.m)	3	A1; A2; A3

b) Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Altitud (m.s.n.m)	2	286.311	143.155	413.56	0.000
Error	3	1.038	0.346		
Total	5	287.349			

El análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) aplicado a los datos presentados mostro que la probabilidad obtenida fue inferior a 0,05. Esto indica que, con un nivel de confianza del 95%, al menos uno de los grupos difiere significativamente de los demás.

c) Resumen del modelo

S	R- cuadrado	R- cuadrado(ajustado)	R- cuadrado (pred)
0.588345	99.64%	99.40%	98.55%

El valor R2 ajustado fue 99,40%, esto indica que el modelo explica la variabilidad correctamente.

d) Medias

Altitud (m.s.n.m)	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A1	2	77.070	0.580	(75.746; 78.394)
A2	2	68.475	0.714	(67.151; 69.799)
A3	2	60.150	0.438	(58.826; 61.474)

Desv.E. Agru = 0.588345

e) Test de Tukey para comparaciones por pares

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

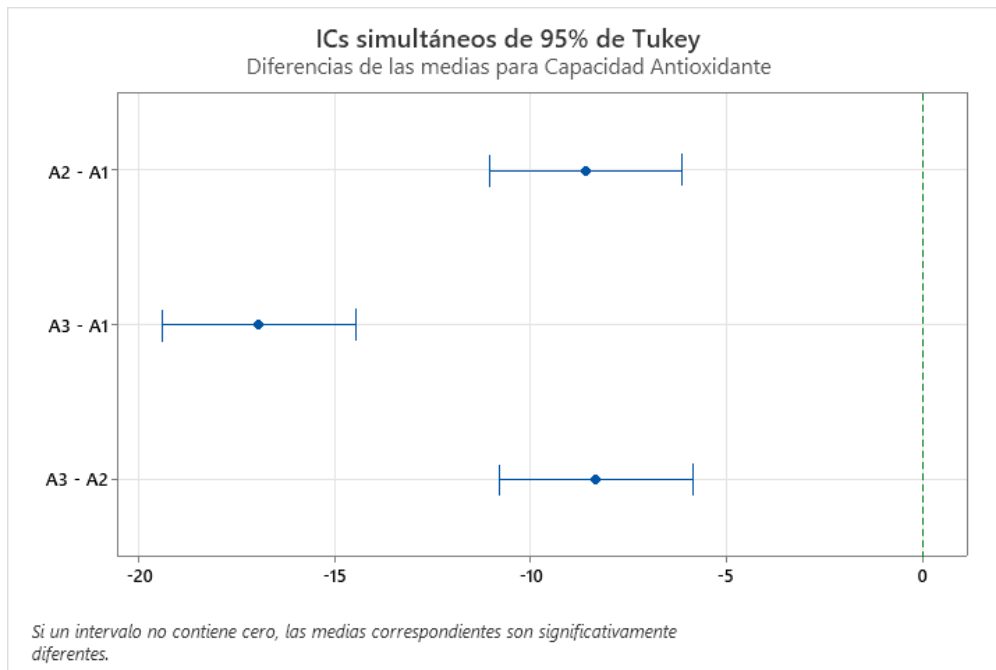
Altitud (m.s.n.m)	N	Media	Agrupación
A1	2	77.070	A
A2	2	68.475	B
A3	2	60.150	C

**Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.*

f) Pruebas de Tukey para comparaciones por pares

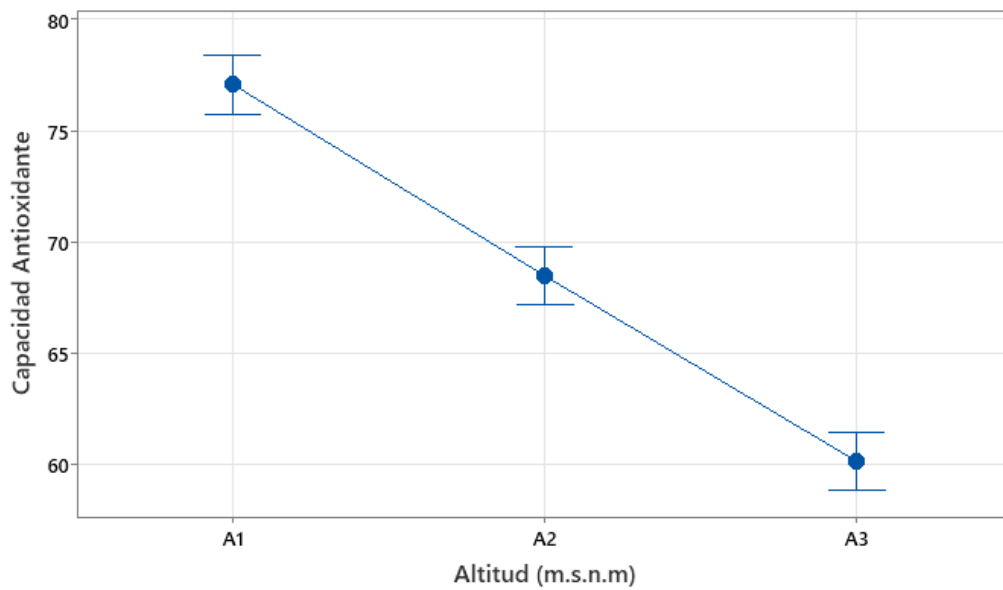
Diferencia de niveles	Diferencia de las medias	EE de diferencia	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
A2 - A1	-8.595	0.588	(-11.054; -6.136)	-14.61	0.001
A3 - A1	-16.920	0.588	(-19.379; -14.461)	-28.76	0.000
A3 - A2	-8.325	0.588	(-10.784; -5.866)	-14.15	0.002

Nivel de confianza individual = 97.50%



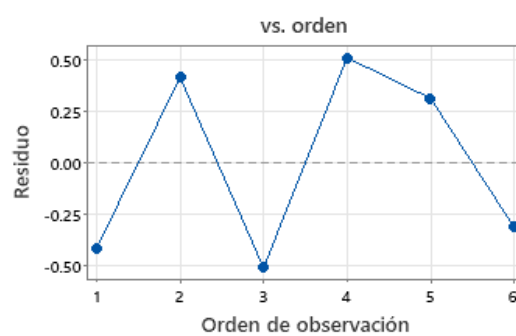
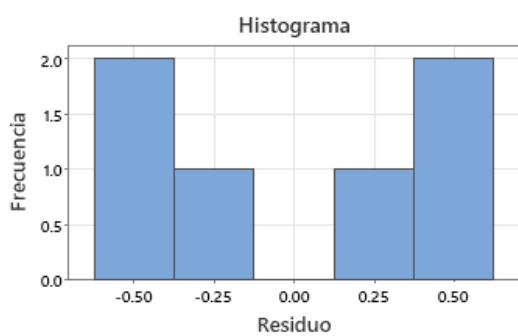
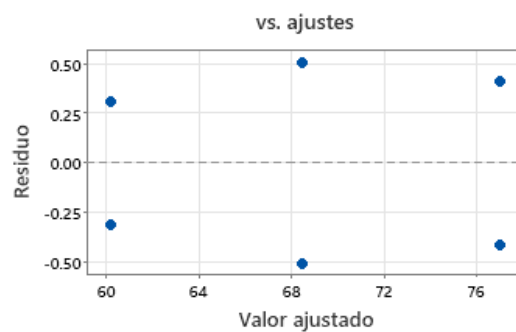
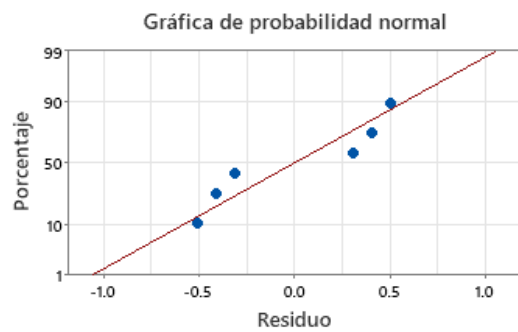
La prueba de Tukey como análisis confirmatorio muestra que, al comparar todos los grupos, el rango de valores obtenido no incluyó el cero, lo que indica que las diferencias entre las medias son estadísticamente significativas. Esto se aplica a los resultados de capacidad antioxidante encontrados en los extractos de cáscara de palta provenientes de las diferentes altitudes evaluadas.

Gráfica de intervalos de Capacidad Antioxidante vs. Altitud (m.s.n.m) 95% IC para la media



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

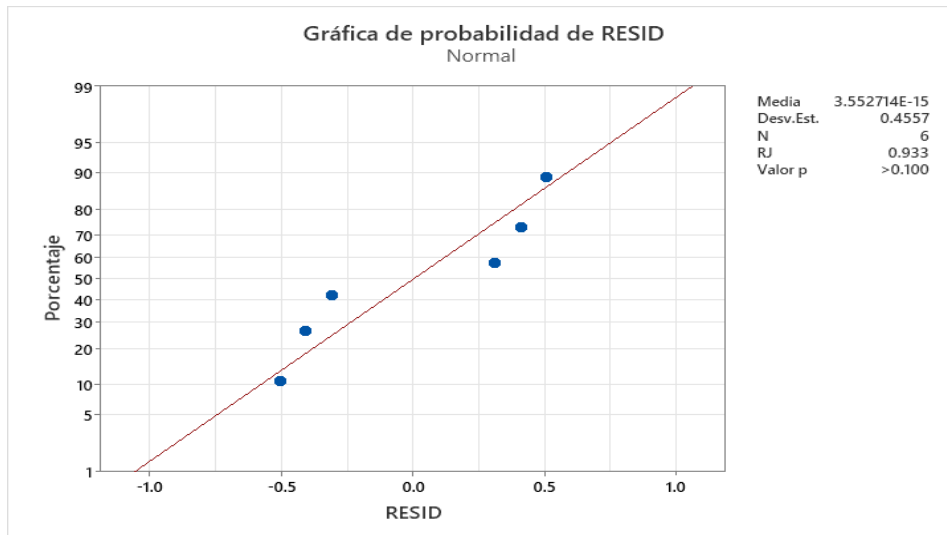
Gráficas de residuos para Capacidad Antioxidante



g) Prueba de normalidad

H_0 : La muestra presenta una distribución normal

H_1 : La muestra no presenta una distribución normal



A una confianza del 95,0% la prueba de shapiro Will indica un valor $p > 0.100$, esto indica que, según la prueba de normalidad, existe una distribución normal en las muestras recolectadas. La alineación de los puntos en la gráfica con la línea de referencia sugiere que los residuos se distribuyen de manera aproximadamente normal.

h) Prueba de homocedasticidad

H_0 : Las varianzas son iguales

H_1 : Las varianzas son diferentes

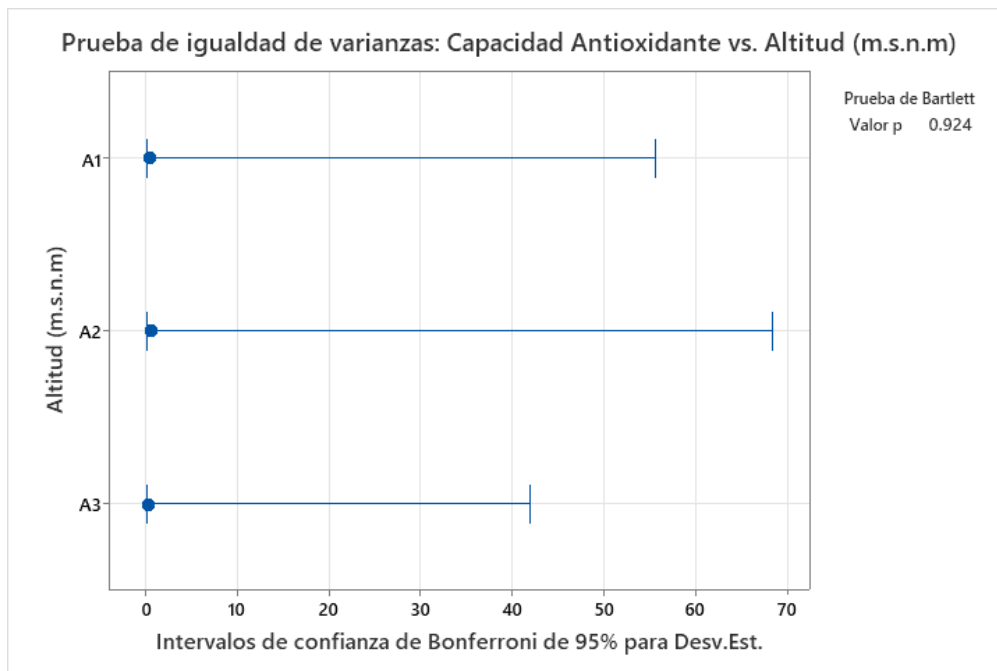
h.3) Intervalos de confianza ajustados por Bonferroni al 95% para la variabilidad de los datos

Altitud (m.s.n.m)	N	Desv.Est.	IC
A1	2	0.579828	(0.219777; 55.5152)
A2	2	0.714178	(0.270701; 68.3785)
ZA3	2	0.438406	(0.166173; 41.9749)

Nivel de confianza individual = 98.3333%

h.1) Pruebas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Bartlett	0.16	0.924



La prueba de Bonferroni nos muestra que las varianzas son iguales y a una significancia de 0,05 la prueba de Barlett muestra que dado que el valor ($p=0,924 > 0,05$), se acepta la hipótesis nula. Esto indica que no hay evidencia suficiente para afirmar que las varianzas son diferentes entre los grupos de altitud.