

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BIOACTIVA DE BEBIDA DE CÁSCARA DE
PIÑA CON EXTRACTO DE SEMILLA DE AGUACATE**

POR:

MEYLAN DANIELA SEGOVIA RODRÍGUEZ

TESIS



**CATACAMAS,
HONDURAS, C.A**

OLANCHO

DICIEMBRE, 2025

**EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y BIOACTIVA DE BEBIDA DE CÁSCARA DE
PIÑA CON EXTRACTO DE SEMILLA DE AGUACATE**

POR:

MEYLAN DANIELA SEGOVIA RODRÍGUEZ

Ph.D. MARIO JOSUÉ GONZALES SANTOS

Asesor Principal

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A



DICIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado con profundo amor y gratitud a mis padres, Maira Ivette Rodríguez Zelaya y Julio Cesar Segovia Valladares, quienes me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios y me enseñaron, cada uno a su manera, el verdadero significado del esfuerzo y el amor. Gracias a ellos hoy estoy a las puertas de culminar mi formación como Ingeniera en Tecnología Alimentaria.

A mi mamita, Martha Cecilia Zelaya, por su cariño, crianza y ejemplo de fortaleza, quien con su amor me ha dado la inspiración y fuerza necesaria para llegar hasta este momento tan importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a mi abuela, pilares fundamentales en mi vida, por su amor, apoyo incondicional y por enseñarme con su ejemplo, a no rendirme. A mis amistades más cercanas, quienes con su compañía, apoyo y palabras me ayudaron a ver la luz en los momentos difíciles, siendo el aliento que en más de una ocasión necesité.

Extiendo mi sincero agradecimiento a mis asesores, Ph. D. Mario Josué Gonzales Santos, M. Sc. Lidia Magdalena Diaz y M. Sc. Katy Marcela Castellanos, por su valioso tiempo, orientación y dedicación a lo largo de este tiempo.

A mi alma máter, la Universidad Nacional de Agricultura, mi hogar académico durante cuatro años, por brindarme la formación profesional, permitiéndome alcanzar una de mis metas más significativas.

Asimismo, agradezco a la Universidad Zamorano por el apoyo brindado en los análisis necesarios para la realización de este proyecto de investigación, dándole más solidez científica.

A todos quienes, de una u otra forma, contribuyeron en este camino, mi más profundo y eterno agradecimiento.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE ECUACIONES.....	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	i
II. OBJETIVOS	iii
2.1. Objetivo general	iii
2.2. Objetivos específicos.....	iii
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	iv
3.1. Subproductos agroalimentarios	iv
3.2. Aguacate	5
3.2.1. Semilla de aguacate	6
3.3. Flavonoides.....	7
3.3.1. Flavonoides presentes en la semilla de aguacate.....	8
3.3.1.1. Rutina.	9
3.3.1.2. Quercetina.....	9
3.3.1.3. Procianidina B1.	9
3.3.1.4. Flavan-3-oles (catequina y epicatequina	9
3.3.1.5. Flavonoles (taxifolina).....	10
3.4. Extracto de semilla de aguacate.....	10
3.5. Piña	11
3.6. Bebidas funcionales.....	12
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1. Descripción y localización de la investigación.....	14
4.2. Materiales y Equipos	15

4.3.	Metodología.....	17
4.3.1.	Etapa I: Preparación de las semillas de aguacate.	17
4.3.2.	Etapa II: Extracción de compuestos bioactivos de la semilla de aguacate.	18
4.3.3.	Etapa III. Elaboración de la bebida de la cáscara de piña y estandarización.	20
4.3.4.	Etapa IV. Análisis fisicoquímicos.....	21
4.3.4.1.	Caracterización de la harina de la semilla de aguacate	21
4.3.4.1.1.	Humedad.....	21
4.3.4.1.2.	Cenizas.	21
4.3.4.2.	Caracterización de las bebidas formuladas.....	23
4.3.4.2.1.	Análisis fisicoquímicos.	23
4.3.4.2.2.	Acidez titulable.....	23
4.3.4.2.3.	pH.	24
4.3.4.2.4.	Color.	24
4.3.4.2.5.	Viscosidad.....	25
4.3.4.2.6.	Densidad.	25
4.3.4.2.7.	Sólidos solubles totales (SST).	25
4.3.4.2.8.	Análisis de polifenoles totales.	25
4.3.4.2.9.	Análisis de capacidad antioxidante.....	26
4.3.5.	Análisis estadístico	26
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
5.1.	Caracterización de la harina de semilla de aguacate	28
5.2.	Caracterización de las bebidas formuladas.....	30
5.2.1.	Parámetros fisicoquímicos en las bebidas	32
5.2.2.	Polifenoles totales.....	34
5.2.3.	Capacidad antioxidante.....	36
VI.	CONCLUSIONES.....	37
VII.	RECOMENDACIONES	39
	BIBLIOGRAFÍAS.....	40
VIII.	ANEXOS.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Actividades biológicas de la semilla de aguacate.	6
Figura 2. Estructura general de los flavonoides	8
Figura 3. Ubicación de la Planta de Procesamiento Hortofrutícola, UNAG.....	14
Figura 4. Etapas llevadas a cabo en la investigación.....	17
Figura 5. Comparación de valores medios de los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) de los diferentes tratamientos de las bebidas formuladas.	30
Figura 6. Variaciones medias de parámetros color (ΔE), croma (C^*) y ángulo de tono (h^*) de los diferentes tratamientos de las bebidas formuladas.	31

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Materiales y equipo.....	15
Tabla 2. Composición de tratamientos experimentales	21
Tabla 3. Contenido de cenizas, humedad y parámetros de color de la harina de semilla de aguacate (Persea americana var. Hass.).....	28
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos de los diferentes tratamientos de las bebidas formuladas.	32
Tabla 7. Contenido de polifenoles totales (método Folin-Ciocalteu).	35
Tabla 8. Capacidad antioxidante (DPPH).	36

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Pureza (Croma).....	22
Ecuación 2. Ángulo de tono (Tonalidad).....	22
Ecuación 3. Diferencia de color.....	23
Ecuación 4. % Acidez.....	24
Ecuación 5. Densidad	25
Ecuación 6. % de inhibición DPPH.....	26

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Recolección de materia prima.	48
Anexo 2. Lavado y desinfectado de materia prima.	48
Anexo 3. Acondicionamiento de la cáscara de piña: fraccionamiento, pesaje y conservación bajo congelación (-18°C) hasta su utilización.	49
Anexo 4. Reducción de humedad en deshidratador solar, separación de testa y almacenamiento al vacío de semillas de aguacate.	49
Anexo 5. Elaboración y almacenamiento al vacío de la harina de semillas de aguacate.	50
Anexo 6. Tratamiento antienzimático y deshidratación en rodajas de semillas de aguacate.	50
Anexo 7. Medición de parámetros de color, humedad y cenizas de la harina de semillas de aguacate.	51
Anexo 8. Esterilización de material e instrumentos a utilizar.	52
Anexo 9. Elaboración de extracto etanólico de semilla de aguacate.	53
Anexo 10. Elaboración y estandarización de las bebidas de los diferentes tratamientos.	54
Anexo 11. Análisis físicoquímicos de las bebidas de los diferentes tratamientos.	55

Segovia Rodríguez, Meylan Daniela (2025). Evaluación fisicoquímica y bioactiva de bebida de cáscara de piña con extracto de semilla de aguacate. Trabajo de tesis de grado, Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho, C.A. 67 págs.

RESUMEN

La industria alimentaria enfrenta problemas ambientales por manejo inadecuado de subproductos como la cáscara de piña y la semilla de aguacate. El aprovechamiento de estos ofrece una alternativa sostenible. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de extracto de semilla de aguacate sobre las propiedades fisicoquímicas, polifenoles totales y capacidad antioxidante de una bebida elaborada a partir de cáscara de piña. Se formularon cuatro tratamientos con 0, 2, 4 y 6% de extracto de semilla de aguacate. Se realizaron análisis de pH, acidez titulable, sólidos solubles, densidad, viscosidad, contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante. Los resultados fueron sometidos a ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.05$) para identificar diferencias significativas entre tratamientos. Se observaron diferencias significativas de pH, acidez titulable, sólidos solubles y viscosidad entre los tratamientos. El pH aumentó significativamente respecto al control, pasando de un valor más bajo en T1 (4.1) a valores más altos en T3 (4.19) y T4 (4.20), los cuales no difieren entre sí. La acidez titulable disminuyó significativamente en T4 en comparación con el control. Los sólidos solubles aumentaron significativamente a partir del T3 (4), indicando aporte del extracto en los compuestos solubles en la bebida. La viscosidad presentó diferencias significativas en cuanto al tratamiento control (4.59), siendo T4 (4.61) el que mostró viscosidad más alta dentro del rango evaluado, lo que sugiere una modificación a la estructura líquida. El contenido de polifenoles totales incrementó conforme aumentó la concentración del extracto, pasando en T1 (186.78 mg EAG/L) a T4 (382.1 mg EAG/L) reflejando una mayor presencia de compuestos bioactivos derivados de la semilla de aguacate. La capacidad antioxidante alcanzó el 78.81 % de inhibición, representando 382.1 mg EAG/L en T4, mostrando mejora notable respecto al control. La adición de extracto etanólico de

semilla de aguacate mejoró significativamente el perfil bioactivo de la bebida, particularmente el contenido fenólico y la actividad antioxidante, generando cambios en las propiedades fisicoquímicas (pH, ° Brix, color, viscosidad), destacando el T4 con respecto al tratamiento control.

Palabras clave: biocompuestos, estabilidad, funcionalidad, subproductos, revalorización.

I. INTRODUCCIÓN

Los subproductos agroalimentarios son los residuos generados durante los procesos productivos de sectores como la agricultura, pesca, ganadería y la silvicultura. A menudo su valor económico es tan bajo que no pueden comercializarse como bienes convencionales (Cediel G. G. et al., 2022). En la industria agrícola, el procesamiento de frutas y hortalizas genera grandes volúmenes de desechos, lo que representa un desafío tanto ambiental como económico. En este contexto, el aprovechamiento de estos productos se plantea como una estrategia viable para reducir su impacto y generar valor agregado (Gil González A. B. et al., 2023).

Entre estos subproductos, la semilla de aguacate (*Persea americana*) es desechada en grandes volúmenes, a pesar de su potencial para aplicaciones en la industria alimentaria y nutracéutica (Bangar et al., 2022). En los últimos años, la producción e industrialización global del aguacate ha generado una gran cantidad de subproductos de cáscara, semillas y hojas, con importantes implicaciones ambientales. Las iniciativas actuales, incluyendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible, apuntan al desarrollo de operaciones sostenibles mediante la valorización de residuos. Investigaciones previas se han centrado en el estudio de la rica composición química de estos subproductos del aguacate. (Feliz Jímenes A. & Sánchez Rosario R., 2024)

En Honduras, la producción anual de aguacate alcanza aproximadamente unas 10,000 toneladas del fruto al año, lo que genera una cantidad considerable de semillas sin un destino comercial definido (SAG, 2024). Estudios han demostrado que la semilla de aguacate contiene una alta concentración de compuestos bioactivos, como flavonoides, fenoles y taninos, con propiedades antioxidantes, antihiperoglucémicos, antiinflamatorias y neuro protectoras. Sin embargo, su aprovechamiento en la industria alimentaria sigue

siendo limitado, principalmente por la falta de investigaciones que validen su seguridad y funcionalidad en productos de consumo (Bangar et al., 2022).

En este contexto, el desarrollo de bebidas funcionales ha cobrado relevancia como una estrategia innovadora para mejorar la salud de los consumidores mediante la incorporación de ingredientes con beneficios específicos. En particular, la incorporación de extractos de semilla de aguacate en una matriz líquida puede representar una alternativa viable para el aprovechamiento de este subproducto agroindustrial.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo formular una bebida que incorpore extracto de semilla de aguacate (*Persea americana*), enfocándose en la evaluación de su perfil bioactivo, así como en el análisis de su estabilidad fisicoquímica. Se utilizó la cáscara de piña como ingrediente principal, sirviendo como base de la bebida. Esta combinación tiene como finalidad enriquecer el perfil nutricional del producto final y promover un uso más eficiente de subproductos agroindustriales. Se espera que los resultados de esta investigación contribuyan al desarrollo de nuevas alternativas sostenibles dentro de la industria alimentaria, fomentando la innovación al aprovechamiento de residuos de la post cosecha.

II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

Determinar el efecto del extracto etanólico de semilla de aguacate (*Persea americana*) sobre las propiedades fisicoquímicas y bioactivas de una bebida a base de cáscara de piña.

2.2.Objetivos específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas (pH, viscosidad, color, densidad, °brix y acidez titulable) de la bebida con diferentes concentraciones de extracto (2%,4% y 6%).
- Cuantificar el contenido de polifenoles totales de las diferentes formulaciones mediante el método Folin-Ciocalteu.
- Analizar la capacidad antioxidante de las muestras mediante ensayo espectrofotométrico (DPPH).

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.Subproductos agroalimentarios

La generación de subproductos y residuos agroalimentarios a lo largo de las etapas de producción representa un desafío ambiental relevante, debido al inadecuado aprovechamiento o disposición de los mismos. En las industrias como la del procesamiento de frutas y cereales, frecuentemente no se utiliza la totalidad de la materia prima; partes como cáscaras, semillas, salvado, bagazos, son descartadas, generando grandes volúmenes de desechos que podrían ser valorizados. Este fenómeno constituye un problema económico y ambiental, vinculado directamente con la pérdida de alimentos y la seguridad alimentaria a nivel global (Pérez-Flores et al., 2023).

Los residuos provenientes de la industria alimentaria son una fuente importante de compuestos bioactivos, tales como antioxidantes, pigmentos naturales y biopolímeros, que pueden ser recuperados para formular nuevos alimentos funcionales. Su incorporación en matrices alimentarias permite mejorar el valor nutritivo, la vida útil y la funcionalidad de los productos finales, transformando un residuo de bajo costo en un recurso con potencial comercial y tecnológico (Messinese et al., 2024). A nivel mundial, la pérdida de alimentos es un tema prioritario dentro de los objetivos de sostenibilidad.

Se estima que alrededor de 1,300 millones de toneladas de alimentos desperdician cada año, generando 3,300 millones de toneladas de gases del efecto invernadero. Estas pérdidas dependen de diversos factores relacionados con la cadena alimentaria y los sistemas de gestión de residuos (Roy et al., 2023). En respuesta, se han implementado estrategias como bancos de alimentos y campañas de sensibilización que promueven el consumo responsable de “cero desperdicio”, buscando integrar subproductos a la economía circular más sostenible (Aït-Kaddour et al., 2024).

En este contexto, la valorización de residuos agroalimentarios no solo contribuye a reducir el impacto ambiental, sino que además impulsa la innovación en el desarrollo de alimentos con propiedades funcionales, alineándose con los principios de sostenibilidad y seguridad alimentaria. (Preciado-Saldaña et al., 2022).

3.2. Aguacate

El aguacate (*Persea americana*) es un fruto tropical originario de América Tropical, Centroamérica y México, ampliamente distribuido en regiones de clima cálido y subtropical. A diferencia de otros frutos, es bajo en azúcar y una alta cantidad nutricional debido a su contenido de vitaminas, minerales, proteínas, fibra y ácidos grasos insaturados. Esta composición le confiere un valor funcional relevante dentro de la dieta humana (Zaldivar-Ortega et al., 2023).

Además, se caracteriza por la presencia de diversos fitoquímicos, como la luteína, glutatión, B-sitosterol, antioxidantes fenólicos y fitoesteroles. Por lo tanto, el aguacate se considera un alimento funcional debido a los múltiples beneficios que aporta a la salud, incluyendo la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y metabólicas. (Zaldivar-Ortega et al., 2023).

3.2.1. Semilla de aguacate

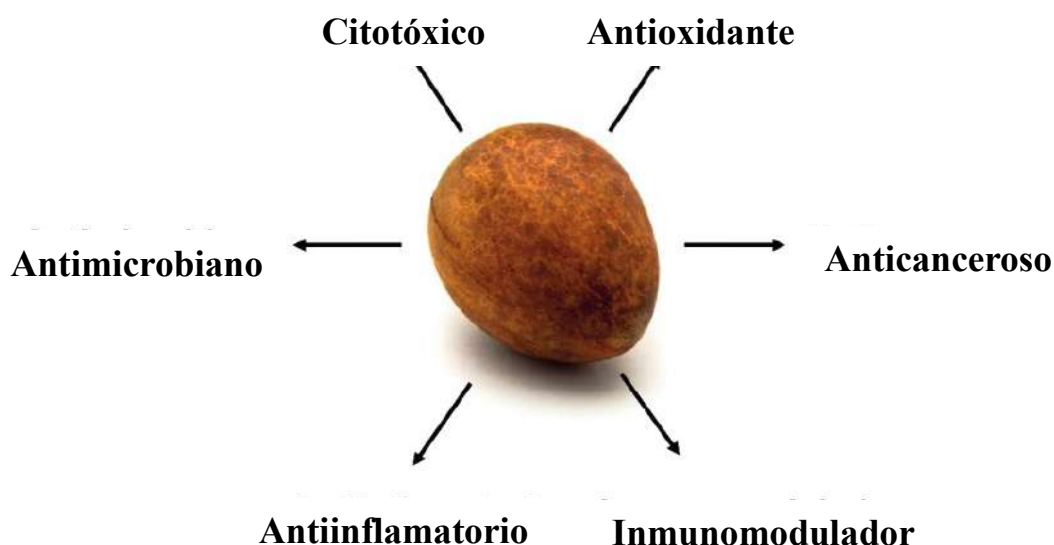


Figura 1. Actividades biológicas de la semilla de aguacate.

Fuente: (Bangar et al., 2022)

Las semillas de aguacate representan un porcentaje sustancial (13 %–17 %) del fruto del aguacate (Bangar et al., 2022). Tradicionalmente, este material se ha considerado un desecho y una fuente potencial de contaminación ambiental; sin embargo, estudios recientes muestran que contiene una notable concentración de compuestos bioactivos, tales como los ácidos fenólicos, taninos condensados y flavonoides como procianidinas, flavonoles, ácidos hidroxibenzoico e hidroxicinámico y otras moléculas beneficiosas. Esta riqueza fitoquímica convierte a la semilla de aguacate en un subproducto prometedor para el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Segovia et al., 2018; Surin et al., 2025).

El perfil nutraceutico de la semilla de aguacate le confiere una amplia gama de propiedades biológicas. Se le atribuyen actividades antimicrobianas, antiinflamatorias, anticancerígenas, antidiabéticas, antihipertensivas y antioxidantes e inhibidores de reacciones oxidativas que colaboran para prevenir el envejecimiento ya que repara tejidos y células que hayan sido atacadas por el daño oxidativo asociadas a su contenido de

metabolitos secundarios (Zaldivar-Ortega et al., 2023). Los ácidos grasos presentes en la semilla contribuyen al mantenimiento del flujo sanguíneo y a la eliminación de desechos metabólicos, ayudando a reducir la inflamación de los tejidos. Además, su consumo potencial podría favorecer la regulación hormonal, el metabolismo energético y la prevención del sobrepeso y la obesidad, contribuyendo a combatir la tiroides. Los nutrientes de este alimento están relacionados con el aumento de las energías físicas y mentales. Al incluirlos en la dieta se incrementa el rendimiento físico y mental para una mejor productividad durante la jornada, puede mejorar la calidad nutricional, la funcionalidad y la diversidad de la oferta alimentaria, contribuyendo a la sostenibilidad y valorización de los co-productos de la agroindustria del aguacate (Murillo, 2020).

Desde el punto de vista bioquímico, los polifenoles constituyen una de las principales familias de compuestos presentes en la semilla de aguacate. Estos metabolitos secundarios, entre los que se incluyen los flavonoides, ácidos fenólicos, taninos y lignanos, se concentran en estructuras vegetales usualmente descartadas por la industria, como la semilla, la cáscara y las hojas (Setyawati et al., 2021; Araújo et al., 2021). Por su capacidad antioxidante y su diversidad estructural, los polifenoles se han convertido en un foco de investigación dentro de la valorización de subproductos agroindustriales, ya que su recuperación puede aportar valor agregado y sostenibilidad al procesamiento del aguacate.

3.3.Flavonoides

Los flavonoides son compuestos fenólicos ampliamente distribuidos en el reino vegetal, reconocidos por su relevancia biológica y sus múltiples beneficios para la salud humana. Estas moléculas participan en numerosos procesos bioquímicos de las plantas y se encuentran presentes en frutas, hortalizas, legumbres, cereales integrales y bebidas como el té, conformando un grupo de más de seis mil estructuras químicas distintas (Pacheco et al., 2021).

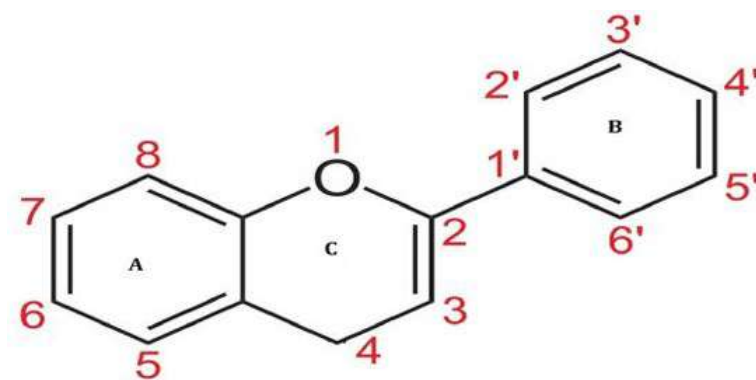


Figura 2. Estructura general de los flavonoides

Fuente: (Pacheco et al., 2021)

Desde el punto de vista estructural referenciado por la Figura 5 los flavonoides son polifenoles polihidroxilados formados por dos anillos aromáticos unidos mediante una cadena de tres átomos de carbono, lo que origina una estructura base C6-C3-C6. La variación estructural del anillo C3 determina la clasificación de los diferentes subproductos de flavonoides, tales como flavonoles, flavonas, flavanonas, antocianinas y flavonoles (Pacheco et al., 2021).

Debido a su amplia distribución y diversidad química, los flavonoides han sido objeto de numerosos estudios por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias, antivirales, y anticancerígenas, entre otros beneficios, posicionándolo como compuestos de alto valor funcional en la industria alimentaria y farmacéutica (Pacheco et al., 2021).

3.3.1. Flavonoides presentes en la semilla de aguacate

Las semillas de aguacate se distinguen por contener una combinación diversa de flavonoides. Entre los más reportados destacan los flavonoles como rutina y quercetina, procianidina B1, flavan-3-oles (catequina y epicatequina) y flavonoles (taxifolina) (Chávez García et al., 2024).

3.3.1.1. Rutina. Es un flavonol glicosilado ampliamente distribuido en frutas y vegetales, reconocido por su elevada capacidad antioxidante. Este compuesto polifenólico se asocia con múltiples efectos terapéuticos, incluyendo actividad antiinflamatoria, vasoprotectora, antimicrobiana y antiviral. Además, refuerza la estructura capilar de los vasos sanguíneos, gracias a su eficiencia como captador de radicales libres y capacidad antioxidante (Azúa Araya, 2022).

3.3.1.2. Quercetina. La quercetina es otro flavonol de notable interés biotecnológico. A pesar de su baja solubilidad en agua y limitada biodisponibilidad, posee una potente capacidad antioxidante y una marcada estabilidad frente al estrés oxidativo. Se le atribuyen propiedades antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias, antiagregantes, y vasodilatadoras, por lo que se le considera un compuesto prometedor en el desarrollo de alimentos funcionales, cosméticos y productos farmacéuticos (Azúa Araya, 2022).

3.3.1.3. Procianidina B1. También conocidas como proantocianidinas, son oligómeros de flavonoles formados principalmente por unidades de epicatequina. La procianidina B1 es una de las más abundantes en semillas y cortezas (cáscaras) vegetales. Estos compuestos exhiben una amplia gama de efectos beneficiosos para la salud, como actividades antioxidantes, antiinflamatorias, inmunomodulador y antitumoral, además de participar en procesos de reparación del ADN y protección celular frente al estrés oxidativo (Yang et al., 2018).

3.3.1.4. Flavan-3-oles (catequina y epicatequina). La catequina y epicatequina pertenecen al grupo de los flavonoides llamados flavan-3-oles, conocidos por su destacada capacidad para neutralizar radicales libres. Su potencia antioxidante supera en algunos casos, hasta diez veces más a la del ácido ascórbico y el β -caroteno, lo que las convierte en antioxidantes naturales de alta eficiencia. Gracias a estas propiedades, pueden emplearse en la conservación de alimentos y en la prevención del daño oxidativo en sistemas biológicos (Iñiguez Franco F. M., 2011).

3.3.1.5. Flavonoles (taxifolina). Es un flavonoide bioactivo de notable interés por su amplio espectro de efectos biológicos. Ha demostrado capacidad para inhibir procesos antiinflamatorios, proteger frente al estrés oxidativo y prevenir enfermedades cardiovasculares, hepáticas y neoplásicas. Se ha demostrado que la actividad anticancerígena es relativamente significativa en comparación con otras actividades investigadas in vitro e in vivo, con pocos o ningún efecto secundario para las células sanas normales (Das et al., 2021).

3.4.Extracto de semilla de aguacate

Diversos estudios han demostrado que los extractos obtenidos de la semilla de aguacate poseen una amplia gama de propiedades bioactivas, entre las que destacan efectos antihiper glucémicos, anticancerígenos, antihipercolesterolémicos, antioxidantes, antiinflamatorios y neuroprotectores. Estas actividades se asocian a la alta concentración de compuestos fenólicos y flavonoides presentes en la semilla de aguacate (Bangar et al., 2022)

.

De acuerdo con los hallazgos de (D. et al., 2019), el extracto de semilla de aguacate mostró actividad antioxidante y anticancerígena significativa in vitro, lo que respalda su potencial uso como ingrediente funcional en alimentos o como fuente natural de antioxidantes. Estos resultados sugieren que los extractos podrían contribuir al desarrollo de formulaciones alimentarias con capacidad protectora frente al daño oxidativo.

El valor nutracéutico del extracto se atribuye a la presencia de fitoquímicos como acetogenina, catequina, epicatequina, procianidina B1, estragol, entre otros. Esta combinación confiere una acción antioxidante y antiinflamatoria sinérgica, que ha sido objeto de interés tanto en el ámbito alimentario como en el farmacéutico (Bangar et al., 2022).

La valorización de subproductos agroindustriales, como la semilla de aguacate, se ha consolidado como una estrategia para reducir la contaminación ambiental y aprovechar sus compuestos bioactivos. En este contexto, el extracto de semilla de aguacate destaca por sus propiedades funcionales, mientras que otros subproductos, como la cáscara de piña, también representa una fuente prometedora de compuestos bioactivos que podría integrarse en el desarrollo de productos innovadores.

3.5. Piña

La piña (*Ananas comosus* L.) es una fruta tropical perteneciente a la familia de las Bromeliaceae, que tiene un tallo corto y hojas delgadas y duras que dan lugar a frutos de tamaño mediano a grande (Waffa Hikal et al., 2021). Esta fruta es reconocida por su alto valor nutricional, ya que es una fuente rica en vitaminas, minerales, fibra dietética y compuestos bioactivos, como los compuestos fenólicos (antocianinas, ácidos fenólicos, estilbenos, taninos y carotenoides) y la bromelina, esta última considerada el compuesto bioactivo más valioso y estudiado de la piña (Ibarra et al., 2021).

La cáscara de piña, que representa aproximadamente el 76 % del subproducto de la piña, que podrían usarse como un ingrediente alimenticio potencial para mejorar la calidad nutricional de los alimentos. Así mismo la cáscara de la piña tiene 4,5 % de proteína, 0,5 % de lípidos, 3,1 % de fibra cruda y 4,8 % de cenizas, el cual recomienda darle un valor agregado debido al poco uso. De igual manera se han encontrado los siguientes metabolitos secundarios: carotenos, hidrocarburos, azúcares reductores, terpenos esteroides, saponinas, taninos, aminoácidos y flavonoides, importantes por sus beneficios a la salud. Esta composición le otorga un valor agregado importante como materia prima para el desarrollo de nuevos alimentos funcionales (Bravo-Solórzano et al., 2022; Trujillo Orellana J. E., 2021).

En términos funcionales, la cáscara de piña contiene azúcares naturales (sacarosa, glucosa y fructosa) ácidos orgánicos (ácidos málicos, cítrico y quínico), minerales esenciales (K,

Mg, Ca), celulosa, hemicelulosa, pectina, lignina, enzimas, antioxidantes, flavonoides, vitamina A y C (Lourenço S. C. et al., 2021). Al tener alto contenido en fibra, magnesio y bromelina contribuye a mejorar la digestión y reducir la inflamación mediante la eliminación de toxinas en el cuerpo (Mendoza-Rojas & Pardavé-Livia, 2023a). Contribuye a la prevención de enfermedades crónicas como las cardiovasculares y el cáncer; lo que lo posiciona como un recurso valioso para la salud (García M. S., 2024).

En conjunto, estas propiedades posicionan a la cáscara de piña como un ingrediente estratégico para el desarrollo de bebidas funcionales, tanto por su composición bioactiva como por su contribución a la sostenibilidad y aprovechamiento integral de subproductos agroindustriales.

3.6.Bebidas funcionales

Se definen como productos líquidos no alcohólicos listos para el consumo, formulados con uno o más ingredientes bioactivos capaces de aportar beneficios adicionales a la salud más allá de su valor nutricional básico. Estas bebidas se elaboran con el propósito de reducir el riesgo de enfermedades crónicas o mejorar el bienestar general del consumidor (Paredes & Areche, 2021).

Según (Quadri et al., 2023), este tipo de productos integra ingredientes como extractos de plantas, frutas frescas, hierbas, vitaminas, minerales, aminoácidos y ácidos grasos esenciales, los cuales actúan como fuentes concentradas de compuestos funcionales. Su versatilidad permite adaptarlos a distintos objetivos fisiológicos, tales como fortalecer el sistema inmunológico, mejorar la salud intestinal y cardiovascular, controlar el peso corporal y favorecer la digestión.

Las bebidas funcionales se han consolidado como una categoría de gran relevancia dentro de la industria alimentaria moderna, debido a la creciente demanda de alternativas saludables, naturales y sostenibles. Además, constituyen un vehículo ideal para la

incorporación de nutraceutica y antioxidantes naturales, facilitando su consumo y absorción en el organismo (Mozo Malca & Chuquicusma Chiquicusma, 2023).

En este contexto, la formulación de bebidas de subproductos agroindustriales como la cáscara de piña y la semilla de aguacate, representa una estrategia innovadora para aprovechar materias primas infrautilizadas, reducir el impacto ambiental y, al mismo tiempo, ofrecer productos funciones con valor agregado. El desarrollo de este tipo de bebidas se alinea con las tendencias actuales de la industria alimentaria, orientadas hacia la sostenibilidad, la nutrición preventiva y la valoración de residuos agrícolas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.Descripción y localización de la investigación

El trabajo de investigación se realizó en la Planta de Procesamiento Hortofrutícola en el campus central de la Universidad Nacional de agricultura, la cual se localiza en el Barrio El Espino, kilómetro seis, carretera a Dulce Nombre de Culmí, Catacamas, Olancho, Honduras.

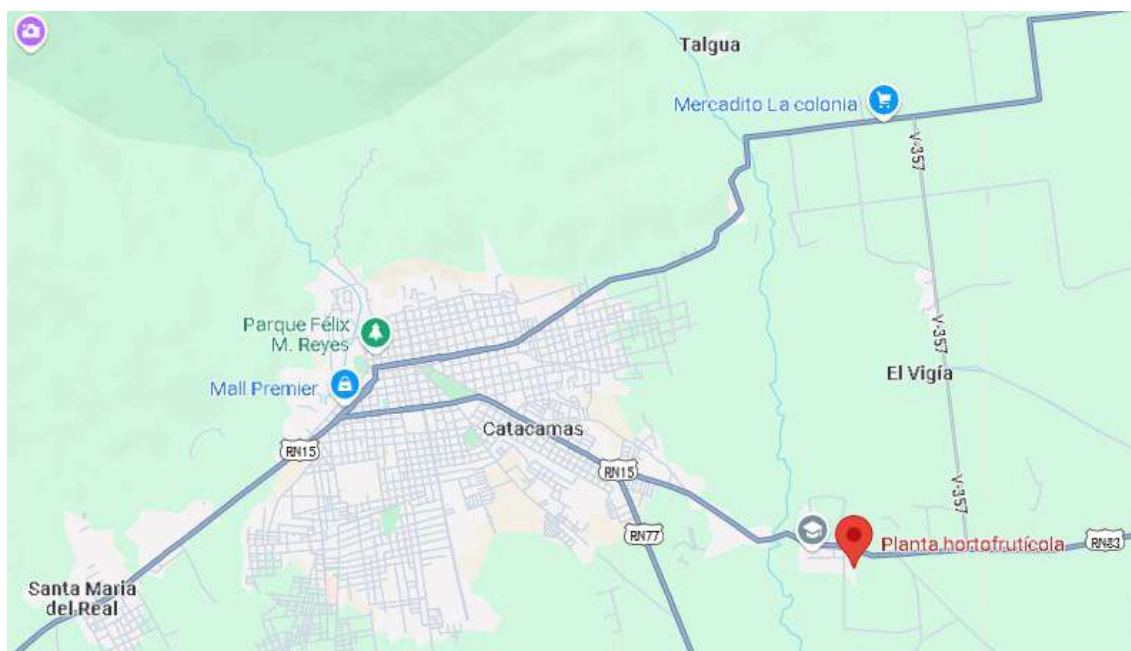


Figura 3. Ubicación de la Planta de Procesamiento Hortofrutícola, UNAG.

Fuente: Google Maps 2025

4.2. Materiales y Equipos

Tabla 1. Materiales y equipo

Materiales	Equipos e instrumentos	Soluciones y reactivos
Guantes	Horno deshidratador (NR)	Etanol
Mascarilla	Molino tradicional (Corona)	Hipoclorito de sodio
Gabacha	Centrifuga (Hermle Z 326 K)	Agua destilada
Redecilla	Agitador magnético de placa calefactora (serie BS-3H)	Agua purificada
Lápiz	Refractómetro digital de mano (BOECO)	Hidróxido de sodio (NaOH)
Cuaderno	pH metro (HANNA HI5221)	
Vasos de precipitado	Mufla (Fisher Scientific)	
Calculadora	Desecador	
Tamizador de plástico	Soporte Universal para titulación	
Envases	Tamizador de plástico	
Tubos falcon	Termobalanza Ohaus (MB-90)	
Botellas de plástico ámbar	Estufa de gas	
Cuchillo de acero inoxidable	Colorímetro (Kinica minolta CR-400)	
Rallador de acero inoxidable	Balanza analítica (Ohaus-Explorer)	
Cucharones de acero inoxidable	Magneto (Fisher brand)	

Ollas de acero inoxidable	Autoclave (All american 75X)
Pailas de plástico	Refractómetro de alcohol
	Selladora Industrial (Hualian modelo DZQ-500/ 2E)
	Cortador Industrial (Sammic S.L modelo CA-401)
	Baño María (Lab Companion BW-20H)
	Refrigeradora estándar
	Balón de laboratorio (1000ml)
	Viscosímetro (NDJ)

4.3. Metodología

La investigación se llevó a cabo en cuatro etapas esquematizadas en la **figura 4**

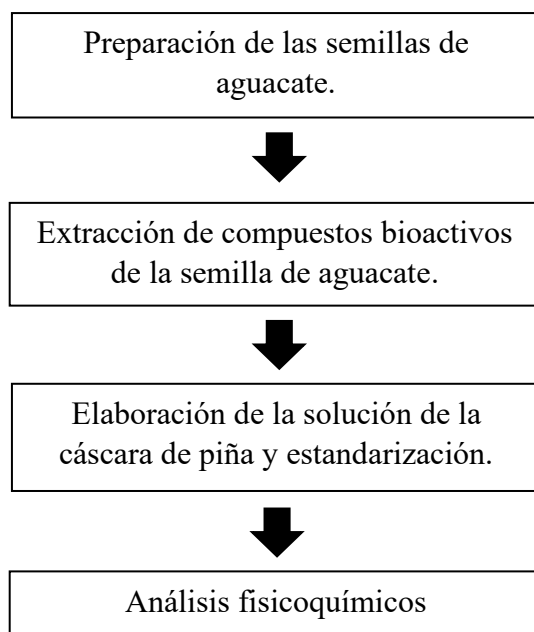


Figura 4. Etapas llevadas a cabo en la investigación

4.3.1. Etapa I: Preparación de las semillas de aguacate. Las semillas de aguacate (*Persea americana*) de variedad Hass, fueron recolectadas en el comedor estudiantil de la Universidad Nacional de Agricultura. Inicialmente, las semillas se lavaron con agua potable para eliminar cualquier compuesto o sustancia residual. Posteriormente, se desinfectaron sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio a 100 ppm durante cinco minutos según los parámetros establecidos por (Medina Guerra E., 2021). Tras este tiempo, se enjuagaron cuidadosamente con agua potable durante dos minutos para eliminar cualquier residuo de la solución desinfectante.

Una vez desinfectadas y aclaradas, se llevaron a secado en un deshidratador solar durante 5 días, con el fin de que la separación de la cáscara fuera mejor y evitando daños en la semilla. Posteriormente, las semillas se cortaron en rodajas, con un cortador industrial, esto con el fin de minimizar su tiempo de deshidratación posterior. Las semillas cortadas

en rodajas se sumergieron en una solución antioxidante compuesta por ácido ascórbico (0.5%) y ácido cítrico (0.5%), con el propósito de retrasar los procesos de oxidación enzimática y preservar el color natural de la semilla. Previamente, se realizaron ensayos exploratorios con diferentes concentraciones de ambos ácidos (0.25%, 0.3%, 0.5%, 0.6%, 1% y 2%) con el fin de determinar la combinación más eficaz para prevenir el pardeamiento sin afectar la integridad de la muestra.

4.3.2. Etapa II: Extracción de compuestos bioactivos de la semilla de aguacate. Las semillas de aguacate, previamente cortadas en rodajas en un cortador (Sammic S.L modelo CA-401), se sometieron a un proceso de deshidratación en un horno industrial (NR) a 80°C durante cinco horas, siguiendo la referencia metodológica reportada por (Rodríguez Segura, 2023). Esta temperatura permitió alcanzar una pérdida óptima de humedad, garantizando un secado uniforme y evitando el desarrollo de microorganismos, lo cual contribuyó a la conservación y estabilidad del material vegetal. Posteriormente, las semillas deshidratadas se almacenaron en bolsas de plástico con papel toalla absorbente, con el fin de prevenir la reabsorción de humedad.

Luego, el material seco fue triturado manualmente en un molino de mano para reducir el tamaño de partícula, repitiendo el proceso cuatro veces para lograr una molienda homogénea. La harina obtenida se tamizó mediante un tamiz estándar de cocina y se selló al vacío utilizando una selladora industrial (Hualian modelo DZQ-500/ 2E), asegurando su adecuada preservación hasta su posterior uso experimental. Finalmente, se realizaron los análisis de caracterización de la harina: contenido de humedad mediante termobalanza Ohaus MB-90, determinación del color con un colorímetro Konica minolta CR-400, y contenido de cenizas en una mufla (Fisher Scientific) utilizando el método AOAC 923.03 (Official Methods of Analysis of AOAC International, 2005).

La extracción de compuestos bioactivos se llevó a cabo mediante un proceso de maceración sólido-líquido, utilizando 8.33 g de harina de semilla de aguacate por cada 100 ml de etanol al 40% como disolvente, seleccionada por su eficacia en la obtención de compuestos fenólicos y otros metabolitos bioactivos, según lo reportado por (Gómez et al., 2014). El procedimiento se llevó a cabo en un agitador magnético (serie BS-3H),

incorporando una barra magnética para garantizar la homogeneidad de la mezcla durante el proceso. La extracción se efectuó a temperatura controlada de 40-42° C durante cinco minutos, condiciones que favorecen la liberación de polifenoles y flavonoides sin comprometer su estabilidad química.

Posteriormente, el extracto fue sometido a un proceso de centrifugación a 2500 rpm durante 10 min, tomando en cuenta nuevamente la metodología de (Gómez et al., 2014). Antes de iniciar, los tubos falcon se colocaron de manera equilibrada dentro del rotor de la centrifuga (Hermle Z 326 K) de laboratorio, ubicándolos en posiciones opuestas y con volúmenes iguales. Esto, para evitar vibraciones, daños en el equipo y garantizar un funcionamiento seguro y eficiente con el objetivo de separar los sólidos residuales del sobrenadante. Esta etapa contribuye a la reducción del contenido de etanol, favoreciendo la obtención de un extracto más limpio y adecuado para su posterior análisis o aplicación en formulaciones.

El extracto se llevó a un baño María, utilizando el modelo (BW-20H Lab Companion), programado a una temperatura constante de 50° C durante dos horas, con el propósito de promover la reducción parcial del volumen del disolvente sin exponer los compuestos bioactivos a temperaturas elevadas que pudieran comprometer su estabilidad.

El procedimiento se incluyó dentro de la metodología experimental, dado que forma parte del protocolo de referencia descrito por este proceso permite reducir el volumen del disolvente sin someter los compuestos bioactivos a temperaturas excesivas que puedan afectar su estabilidad. Al enfriarse, el extracto se transfirió a botellas de plástico ámbar estériles y se almacenó a 4 °C en una refrigeradora para protegerlo de la luz y de otros factores ambientales que puedan inducir su degradación, siguiendo la metodología propuesta por (Gómez et al., 2014). Una vez completado este proceso, el extracto se dejó enfriar a temperatura ambiente y se trasvasó a frascos de plástico ámbar estériles, almacenándose a 4°C para minimizar la exposición a la luz y prevenir su oxidación o degradación.

4.3.3. Etapa III. Elaboración de la bebida de la cáscara de piña y estandarización.

Las cáscaras de piña fueron recolectadas en la planta Hortofrutícola de la Universidad Nacional de Agricultura. Inicialmente, las cáscaras se lavaron con agua potable con el propósito de eliminar cualquier compuesto o sustancia contaminante. Posteriormente, se desinfectaron sumergiéndolas en una solución de hipoclorito a 50 ppm durante cinco minutos siguiendo los parámetros establecidos por (Medina Guerra E., 2021), y se enjuagaron con agua purificada para eliminar los restos del desinfectante. Este procedimiento aseguró un proceso inocuo y confiable para la investigación.

Las cáscaras limpias se trocearon en secciones pequeñas para facilitar la extracción de sus compuestos bioactivos. Luego, se pesaron 325g de cáscara y se envasaron en bolsas plásticas transparentes, equivalente a 1.5L de agua por cada unidad. Posteriormente se almacenaron en congelación a -18°C hasta su utilización, con el objetivo de evitar alteraciones físicas o químicas en el material vegetal. Para la obtención de la base de las bebidas, las cáscaras previamente congeladas se colocaron en una olla de acero inoxidable y se sometieron a ebullición (100°C) durante 30 minutos, siguiendo la metodología propuesta por (Agüero et al., 2023).

Posteriormente, se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Una vez que la solución haya alcanzado la temperatura adecuada, se filtró con un tamiz estándar para separar el material sólido del líquido. El filtrado resultante se utilizó para la formulación y estandarización de la bebida, incorporando el extracto etanólico de semilla de aguacate previamente preparado y almacenado, en tres concentraciones definidas: 2%, 4% y 6% (v/v), además de un endulzante natural a base de stevia. Posteriormente, se homogenizó cuidadosamente cada formulación y se envasaron las bebidas correspondientes.

Tabla 2. Composición de tratamientos experimentales

Tratamiento	Extracto de semilla de aguacate (%)	Stevia (%)	Solución a base de cascara de piña (mL)
T1	0	0.13%	800
T2	2	0.13%	800
T3	4	0.13%	800
T4	6	0.13%	800

4.3.4. Etapa IV. Análisis fisicoquímicos

4.3.4.1. Caracterización de la harina de la semilla de aguacate

4.3.4.1.1. Humedad. La determinación de humedad se realizó por el método de pérdida por secado, adaptado al procedimiento descrito por (Escobar Quiñónez K et al., 2024) se colocó el plato porta muestras en el equipo y tarándolo. Se pesaron 3g de la harina de semilla de aguacate colocándola sobre el porta muestras y distribuyéndola uniformemente. Cerrando la tapa del equipo y programándolo a una temperatura de 180 °C hasta que arroje la lectura en porcentaje de humedad; realizando dos repeticiones (Soza L., 2013).

4.3.4.1.2. Cenizas. Se esterilizaron los crisoles junto con sus tapaderas en la mufla durante 1 hora a 600°C, posteriormente se dejaron enfriar en el desecador durante 10 min y se pesaron los crisoles con sus respectivas tapaderas en la balanza analítica, tarando y añadiendo 3 g de harina de semilla de aguacate en los crisoles, y se llevaron a la mufla durante 5 horas a 550°C siguiendo el método oficial AOAC 923.03 (Official Methods of Analysis of AOAC International, 2005), se llevaron los crisoles al desecador durante 30 min. Este proceso se realizó por duplicado.

Para la obtención de los resultados se utilizó la formula sugerida por (Otálora et al., 2021):

$$Cenizas \% = \frac{C_{ceniza} - C_{emp}}{S_w} \times 100$$

Donde:

C_{emp} = peso del crisol vacío

C_{ceniza} = peso del crisol con cenizas

S_w = peso de la muestra

4.3.4.1.3. Color. Basándose en las coordenadas CIELAB (L^* , a^* y b^*), se utilizó un colorímetro Konica Minolta CR-400 previamente calibrado en la placa blanca estándar. Se utilizó una bolsa de harina previamente sellada al vacío, facilitando su lectura, se colocó el colorímetro en tres partes diferentes de la muestra, realizándolo por triplicado.

Los cálculos se realizaron con las siguientes fórmulas:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

Ecuación 1. Pureza (Croma)

Donde:

C^* = Croma / Pureza de color

a^* = Componente de color en el eje verde-rojo.

b^* = Componente de color en el eje azul-amarillo

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

Ecuación 2. Ángulo de tono (Tonalidad)

Donde:

h^* = Ángulo de tono (Tonalidad)

a^* = Componente de color en el eje verde-rojo.

b^* = Componente de color en el eje azul-amarillo

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Ecuación 3. Diferencia de color

Donde:

ΔE = Diferencia de color

L^* = Luminosidad

a^* = Componente de color en el eje verde-rojo.

b^* = Componente de color en el eje azul-amarillo

(Utari & Rahmayani, 2023)

4.3.4.2. Caracterización de las bebidas formuladas

4.3.4.2.1. Análisis fisicoquímicos.

4.3.4.2.2. Acidez titulable. Para la preparación de la solución titulante, se pesaron 399.08 g de Hidroxido de sodio (NaOH) en polvo y se disolvieron en agua destilada dentro de un matras, luego se introdujo a un balón aforado de 1000 ml, asegurando una correcta homogenización durante 5 minutos. Posteriormente, la solución se dejó reposar durante 10 minutos antes de su utilización. La normalidad de la solución (1N) fue verificada mediante una prueba de estandarización con agua destilada y fenolftaleína como indicador.

El procedimiento de titulación se adaptó parcialmente de la metodología descrita por (Vera Dota R. E., 2017). En un matraz de 50 ml, se pesaron 10 g de cada muestra y se añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador ácido-base. La titulación se efectuó con la solución NaOH hasta la aparición de un tono rosado persistente, que indicó el punto final de la reacción.

La acidez titulable se expresó como porcentaje de ácido cítrico, empleando la siguiente ecuación:

$$\text{Acidez\%} = \frac{\text{mL de Sol. de NaOH} \times N \times 0.064}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

Ecuación 4. % Acidez

Donde:

mL= consumo de la solución de NaOH

N=Normalidad del hidróxido de sodio

0.064= Miliequivalente del ácido cítrico

PM=Peso muestra

4.3.4.2.3. pH. La determinación de pH se realizó mediante un pH-metro digital HANNA HI5221, previamente calibrado con soluciones patrón de pH 4, 7 y 10, correspondientes a los rangos ácidos, neutro y alcalino, respectivamente. Una vez verificada la calibración, se colocaron 10 ml de cada muestra en matraces de 10ml, según los tratamientos establecidos. El electrodo del pH-metro se introdujo en cada muestra, permitiendo que la lectura se estabilizara antes de registrar el valor correspondiente del potencial de hidrogeno (pH). El equipo se enjuagó con agua destilada entre mediciones evitando la contaminación cruzada y garantizar la precisión de los resultados. Este procedimiento se efectuó conforme a la metodología descrita por (Espinoza Chuquillanque A. K. & Romero Flores E. J., 2020).

4.3.4.2.4. Color. Para la medición del color, se utilizó un colorímetro Konica Minolta CR-400 previamente calibrado en la placa blanca estándar. Las mediciones se realizaron en el sistema CIELAB, donde L* representa la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco), a* indica la variación entre verde (-a) y rojo (+a), y b* entre azul (-b) y amarillo (+b). Las muestras de las bebidas se midieron 40ml, colocándolas posteriormente en placas Petri transparentes, con el fin de evitar falsas lecturas. El sensor del colorímetro se posicionó directamente sobre la placa de la muestra, en tres puntos diferentes, por triplicado. (Utari & Rahmayani, 2023). Siempre utilizando las ecuaciones uno, dos y tres listadas con anterioridad.

4.3.4.2.5. Viscosidad. Para la determinación de la viscosidad de las bebidas, se empleó un viscosímetro rotacional (tipo brookfield), siguiendo los lineamientos generales para este tipo de instrumento (Valdivia Romero G. S, 2017). Se instaló husillo #3 colocando 120ml de muestra bajo el eje de rotación. Las mediciones se realizaron a T° ambiente, realizando lecturas por triplicado.

4.3.4.2.6. Densidad. Para su medición, se utilizó una balanza de laboratorio Ohaus, luego, se tomó una probeta de 50 mL, midiendo 10ml de cada una de las bebidas, colocando el matras de 10ml en la balanza analítica y tarando, se añadieron los 10ml de cada muestra, registrando su peso en g. Para su cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

Ecuación 5. Densidad

4.3.4.2.7. Solidos solubles totales (SST). Se colocan dos gotas de cada una de las muestras preparadas sobre el prisma del refractómetro, asegurándose de que se distribuyera de manera homogénea al cerrar la tapa. Luego, se posicionó el refractómetro bajo luz natural, observando la escala a través del ocular para realizar las mediciones (Espinoza Chuquillanque A. K. & Romero Flores E. J., 2020).

4.3.4.2.8. Análisis de polifenoles totales. Para la determinación de polifenoles totales se usó como referencia la metodología propuesta por (Vega et al., 2017). Para ello, se mezclaron 3 mL de agua desionizada, 50 µL del extracto previamente diluido y 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu a 1N, se dejó reposar durante 8 minutos, luego se agregó 750 µL de Na₂CO₃ (Carbonato de sodio) al 20% y 950 µL de agua desionizada. Se almacenó en un ambiente oscuro durante 30 minutos, posteriormente se realizó la toma de datos mediante Espectrofotometría UV/VIS (Agilent Cary 8454, 2016) a 765 nm. La determinación de los polifenoles totales se realizó con una curva estándar de ácido gálico a 0, 200, 400, 600, 800, y 1000 ppm, expresando los datos en mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por mililitros de cada bebida.

4.3.4.2.9. Análisis de capacidad antioxidante. La actividad captora de radicales se determinó con el radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), aplicando el método AOAC 2012. Se realizó una curva estándar con Ácido Gálico a 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, y 160 ppm. Según el método utilizado, se realizó una solución de DPPH con 4 mg diluidos en 100 mL de metanol; de esta solución, se añadieron 2.95 mL en un tubo para reacción y luego se añadieron 50 µL del extracto diluido en 70 mL de etanol. Una vez añadido, se dejó hacer reacción durante 30 minutos a temperatura ambiente en un lugar oscuro. Los datos fueron tomados en un espectrofotómetro UV/VIS a 517 nm.

A partir de los datos de absorbancia se midió el porcentaje de inhibición de radicales, aplicando la ecuación propuesta por (Vo et al., 2019).

$$\% \text{ de inhibición DPPH} = \frac{A.\text{control} - A.\text{muestra}}{A.\text{control}} \times 100$$

Ecuación 6. % de inhibición DPPH

Donde:

A. control = Absorbancia del DPPH al minuto cero.

A. muestra = Absorbancia del DPPH con muestra a los 30 minutos.

La cuantificación de los compuestos antioxidantes se realizó con DPPH, aplicando la ecuación lineal obtenida mediante la curva estándar realizada con ácido gálico, expresando los compuestos antioxidantes como ppm equivalentes a Ácido Gálico.

4.3.5. Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), ya que se emplea para realizar experimentos de un solo factor, comparando dos o más tratamientos. El factor de estudio fue el extracto de harina de semilla de aguacate en niveles (porcentajes %) del 0, 2, 4 y 6%, obteniéndose de esta manera 4 corridas experimentales (cada unidad experimental son 800ml de jugo) aplicando un análisis de varianza ANOVA y la prueba Tukey mediante

la utilización del programa estadístico minitab 18, realizándolo con un nivel de significancia de 0.05.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Caracterización de la harina de semilla de aguacate

Tabla 3. Contenido de cenizas, humedad y parámetros de color de la harina de semilla de aguacate (*Persea americana* var. *Hass.*)

Harina de semilla de aguacate									
Parámetro	% Cenizas	% Humedad	Color	L*	a*	b*	ΔE	C*	h
Media	1.98 ± 0.02	7.41 ±0.001		64.06±0.22	8.85±0.08	19.72±0.06	0	9.9	65.73

La tabla 3 presenta el contenido de cenizas obtenido para la harina de semilla de aguacate fue de 1.98 ± 0.02 %, valor que refleja una adecuada presencia de minerales residuales tras el proceso de secado y molienda. Resultados similares fueron reportados por (Nyakang'i et al., 2023), quienes informaron un contenido de $1.82 \pm 0.05\%$ en muestras procesadas bajo condiciones controladas. Las diferencias leves entre ambos valores pueden atribuirse a factores como el origen geográfico del fruto, la composición del suelo, el grado de madurez del aguacate y las condiciones de secado, variables que inciden directamente en la fracción mineral final de la harina.

Por otro lado, siempre guiándonos de la tabla 3, el contenido de humedad fue de $7.41 \pm 0.001\%$, en concordancia con lo señalado por (de Dios Ávila et al., 2023), quienes reportaron valores en rango de 7.25% a 14.05% harinas a partir de las semillas de aguacate. La baja humedad observada es un indicador favorable, ya que contribuye a mejorar la estabilidad del producto, disminuir la actividad de agua y prevenir el crecimiento microbiano, extendiendo así la vida útil de la harina. En general, los resultados demuestran que el proceso de deshidratación aplicado fue eficiente para

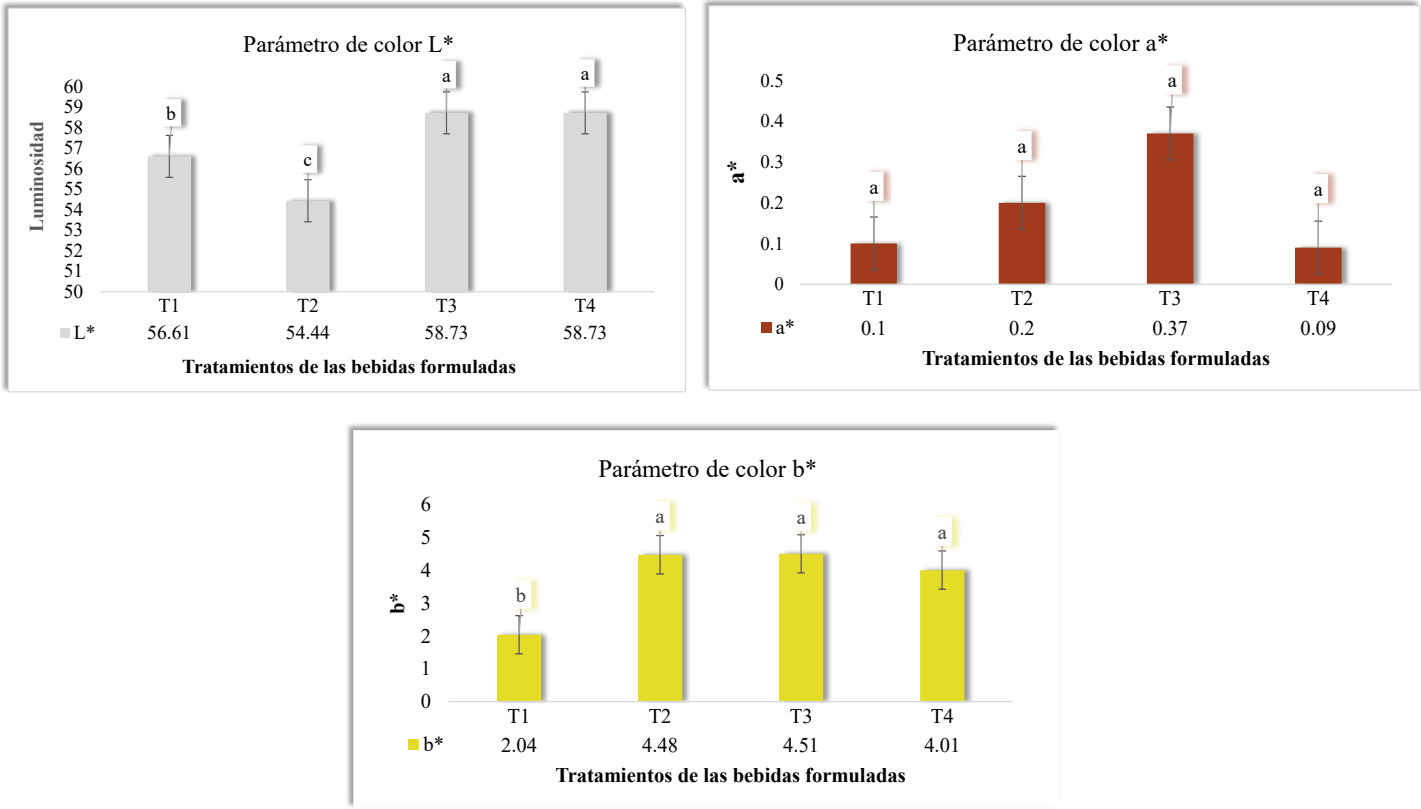
obtener un producto estable y adecuado para su posterior aprovechamiento en formulación de bebidas funcionales.

Los parámetros de color de la harina de semilla de aguacate, los cuales presentaron una luminosidad (L^*) de 64.06 ± 0.22 , un valor intermedio que indica una tonalidad relativamente clara, acompañada de una coordenada a positiva de 8.85 ± 0.08 que sugiere una ligera tendencia al rojo y una coordenada b de 19.72 ± 0.06 que evidencia una tonalidad amarilla marcada. Estos resultados son consistentes con lo reportado por (Utari & Rahmayani, 2023), quienes obtuvieron valores L^* alrededor de 56 en harinas de semillas de aguacate procesadas, con valores de $a = 13$ y $b = 27$, indicando una tonalidad más intensa hacia el amarillo-rojizo.

En estudios sobre harinas de semillas diversas, como el de (Tugba, D. & Nur, C., 2024) con harinas de cáñamao, cilantro, okra y mostaza, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en a^* y b^* entre variedades y procesos, lo que confirma que la composición del material y el tratamiento influyen fuertemente el color final.

La croma calculada 9.90 refleja una saturación moderada del color, mientras que el ángulo de tono ($h^* = 65.73$) sitúa el tono en la gama amarillo-rojiza, típica de harinas vegetales sometidas a procesos térmicos o de secado. Estos valores demuestran que la harina, a pesar de haber sido procesada, mantiene un color aceptable y homogéneo. En comparación con otras harinas, estos valores sugieren que la harina de semilla de aguacate puede tener una ventaja estética frente a harinas más oscuras o con mayor tendencia al marrón, como aquellas que resultan de semillas oxidables o con mayor contenido de polifenoles (Los cuales suelen reducir L^* y aumentar a^* y b^*) como se observó en el estudio de (Bayomy et al., 2023) con harinas de semilla de aguacate tostado. En resumen, los resultados indican que la harina de semilla de aguacate formulada mantiene una

condición cromática homogénea, con valores L, a y b comparables a los reportados en la literatura para harinas de semillas vegetales.

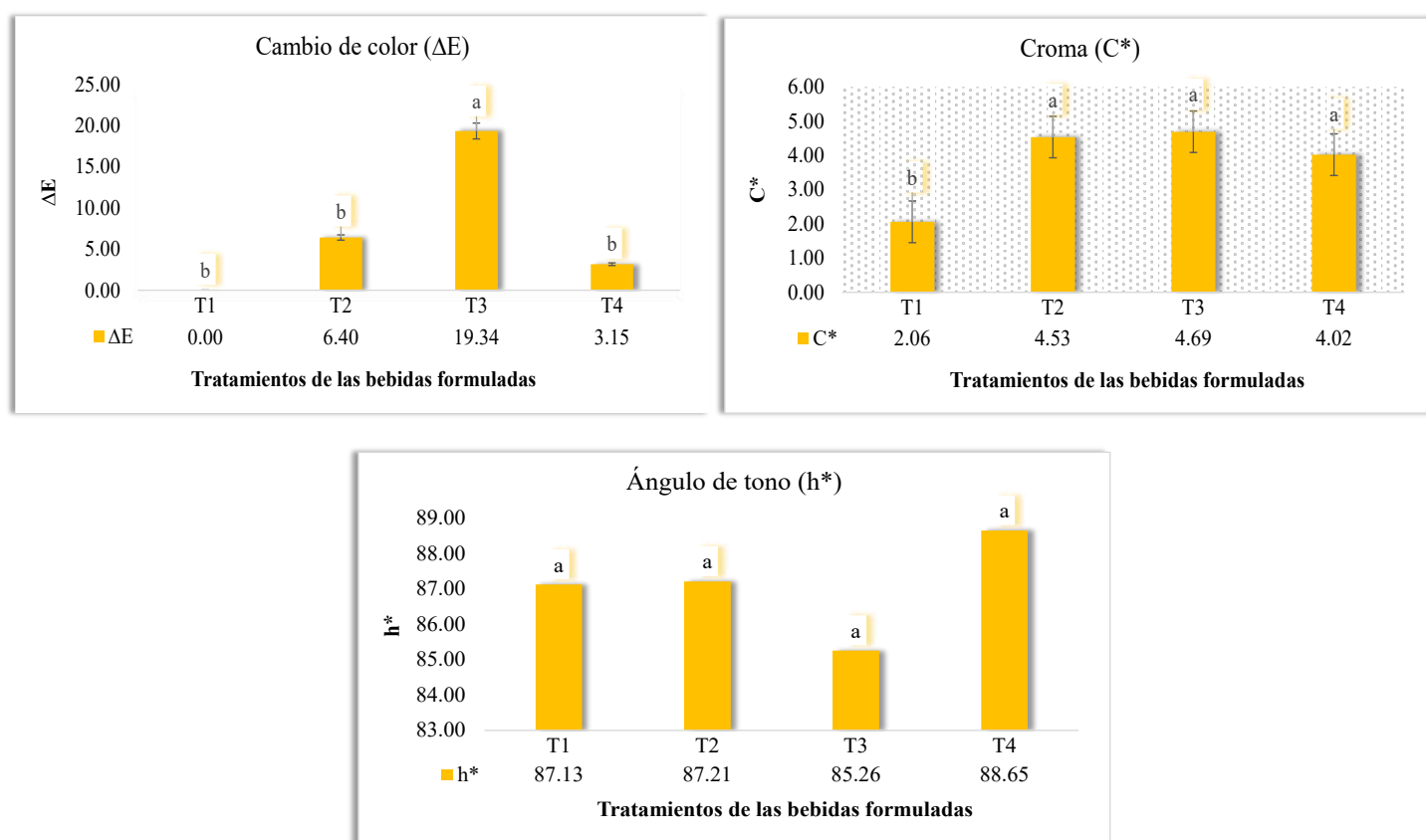


Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$) *Tratamientos*: (T1) 0%, (T2) 2%, (T3) 4%, (T4) 6% de extracto etanólico de semilla de aguacate

Figura 5. Comparación de valores medios de los parámetros de color (L*, a* y b*) de los diferentes tratamientos de las bebidas formuladas.

5.2. Caracterización de las bebidas formuladas

En la Figura 5 se observa que la luminosidad (L^*) presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$); el tratamiento T2 mostró el menor valor de L^* , mientras que T3 y T4 registraron las mayores luminosidades respecto al control (T1). El parámetro a^* no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0.05$), por lo que no se evidenciaron cambios estadísticamente significativos en el componente rojo-verde del color de las bebidas. En cambio, el parámetro b^* sí mostró diferencias significativas ($p < 0.05$); el tratamiento control (T1) presentó el valor más bajo, mientras que T2, T3 y T4 alcanzaron valores significativamente mayores.



Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$) Tratamientos: (T1) 0%, (T2) 2%, (T3) 4%, (T4) 6% de extracto etanólico de semilla de aguacate

Figura 6. Variaciones medias de parámetros color (ΔE), croma (C^*) y ángulo de tono (h^*) de los diferentes tratamientos de las bebidas formuladas.

En la figura 6, en cuanto los parámetros de color (ΔE , C^* y h^*), se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). Para el parámetro ΔE , los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron incrementos significativos respecto al control,

evidenciando una mayor variación de color conforme aumentó la concentración del extracto. El parámetro C* presentó diferencias significativas entre tratamientos. Los valores de T2, T3 y T4 no mostraron diferencias significativas entre sí, sin embargo, fueron significativamente superiores al T1. Croma expresa intensidad o saturación de color. A pesar de que las bebidas no se tornaron amarillo brillante, el incremento en C* en T2-T4 indica que el color se hizo más definido. Respecto al ángulo de tono (h°), únicamente T4 mostró diferencias significativas en comparación al control ($p<0.05$).

5.2.1. Parámetros fisicoquímicos en las bebidas

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos de los diferentes tratamientos de las bebidas formuladas.

Tratamiento	Parámetros fisicoquímicos				
	Viscosidad	Densidad	pH	Acidez	°Brix
T1	4.59±0.00 ^c	1.06±0.003 ^a	4.1±0.01 ^c	0.08±0.003 ^a	2.07±0.06 ^b
T2	4.6±0.00 ^b	1.04±0.02 ^a	4.15±0.02 ^b	0.079±0.001 ^b	2.17±0.06 ^b
T3	4.6±0.00 ^b	1.05±0.00 ^a	4.19±0.01 ^a	0.0772±0.001 ^b	3±0.00 ^a
T4	4.61±0.00 ^a	1.07±0.00 ^a	4.20±0.02 ^a	0.073±0.001 ^c	3±0.00 ^a

Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p>0.05$) *Tratamientos*: (T1) 0%, (T2) 2%, (T3) 4%, (T4) 6% de extracto etanólico de semilla de aguacate

La viscosidad promedio de las bebidas formuladas se ubicó entre 4.59±0.00 mPa.s (T1) y 4.61±0.00 mPa.s (T4), con diferencias estadísticamente significativas ($p<0.005$) según prueba de Tukey, aunque de baja magnitud práctica. Este comportamiento indica que, al incrementar la concentración del extracto etanólico de la semilla de aguacate, la viscosidad experimentó un leve, pero consistente incremento, atribuible al aporte de sólidos solubles y coloides provenientes del extracto.

En un estudio reciente sobre bebidas funcionales (Zárate Meza et al., 2023) reportaron una viscosidad de 4.90±0.14 mPa.s para el tratamiento control (sin estabilizantes) y 27.60 ±1.76 mPa.s para el tratamiento con adición de hidrocoloides. Los valores permiten contextualizar el rango de viscosidad observado en las bebidas del presente estudio (4.59- 4.61 mPa.s), se encuentran en un rango esperado para bebidas funcionales poco concentradas, indicando que la formulación mantiene una fluidez adecuada para su consumo.

La densidad de las bebidas formuladas osciló entre 1.04 ± 0.02 g/mL y 1.07 ± 0.00 , sin presentar diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos, según prueba de Tukey. Esta homogeneidad sugiere que la adición del extracto etanólico de la semilla de aguacate no alteró de manera significativa la estructura del medio líquido, manteniendo las características propias de una bebida de base acuosa. De acuerdo con el informe de parte de la FAO (Charrondiere et al., 2012), los valores de densidad en jugos y bebidas frutales naturales se encuentran comúnmente entre 1.03 y 1.07 g/mL, dependiendo de la concentración de sólidos solubles y temperaturas de almacenamiento. Dicho intervalo coincide estrechamente con los resultados obtenidos, confirmando que las bebidas elaboradas poseen densidad típica de matrices frutales no concentradas.

El pH de las bebidas formuladas osciló entre 4.14 ± 0.01 (T1) y 4.20 ± 0.01 (T4), evidenciando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el control y los tratamientos con extracto. La magnitud del cambio fue leve pero consistente con el aumento de la concentración del extracto etanólico de semilla de aguacate, manteniéndose en todas las formulaciones dentro del rango de ácido esperado para bebidas frutales. Este comportamiento sugiere que la incorporación del extracto no altera la acidez a niveles que comprometan la estabilidad, pero sí introduce un pequeño efecto amortiguador que desplaza el pH hacia valores ligeramente mayores respecto al control.

Estos resultados son coherentes con los reportados para matrices derivadas de cáscara de piña; para extractos de cáscara MD2 (Variedad de piña Gold o dorada), se reportan pH de 3.63 a 4.04 la presencia de ácidos cítrico y málico, valores que enmarcan adecuadamente las formulaciones ácidas (Nordin et al., 2023). En bebidas funcionales, se ha descrito que el pH permanece en el intervalo de ácido cuando varía moderadamente por efecto de ingredientes fenólicos, lo cual es favorable para la estabilidad y la seguridad microbiológica. Por tanto, el patrón significativo $T1 < T2 < T3/T4$ confirma el efecto dosis-respuesta del extracto sobre el pH. La acidez titulable disminuyó de $0.08 \pm 0.00\%$ (T1) a $0.073 \pm 0.001\%$ (T4), mostrando diferencias significativas entre T1 muestra control con respecto a los tratamientos con la incorporación del extracto de semilla de aguacate, sin embargo, T3 y T4 no muestran diferencias significativas entre sí. Este descenso de acidez titulable ocurre en paralelo con el ligero aumento de pH (4.12-4.20), patrón químicamente esperable en matrices frutales: pequeñas variaciones de pH pueden coexistir con cambios significativos en acidez titulable porque con el pH no son magnitudes directamente proporcionales.

La relación inversa entre pH y acidez titulable en bebidas frutales esta bien documentada: al aumentar la acidez titulable, el pH tiende a disminuir (y a la inversa), porque la acidez titulable refleja la cantidad de ácidos titulables, mientras que el pH indica la actividad de H^+ y la susceptibilidad a deterioro microbiano. Como sintetiza un estudio sobre jugos comerciales “El incremento total de acidez corresponde al descenso en el pH” (Mohammed et al., 2024). Lo que evidencia el patrón de aumento de pH y descenso de acidez titulable al incrementar el extracto etanólico de semilla de aguacate, atribuible a interacciones de polifenoles con ácidos orgánicos (citrato/malato) que reducen la fracción titulable sin cambiar radicalmente el pH medido, manteniendo la naturaleza ácida y la estabilidad tecnológica de la bebida.

Los valores de sólidos solubles ($^{\circ}$ brix) obtenidos en las bebidas formuladas tuvieron diferencias significativas de T1-T2 con T3-T4, oscilando entre 2.07 ± 0.06 (T1) y 3.00 ± 0.10 (T4), mostrando un incremento conforme aumentó la concentración del extracto etanólico de semilla de aguacate. Aunque el aumento fue moderado, se evidencia una tendencia clara donde la adición del extracto aporta sólidos solubles y compuestos bioactivos que influyen en el contenido de azúcares efectivamente medidos por el refractómetro. Estos valores se encuentran dentro del rango esperado de las bebidas a base de cáscara de piña, donde el contenido de azúcares es naturalmente bajo debido a que la fracción fibrosa contiene menos carbohidratos solubles en comparación con la pulpa. En la caracterización fisicoquímica de la cáscara de piña tipo Perolera (Mendoza-Rojas & Pardavé-Livia, 2023) reportaron un contenido de sólidos solubles entre 2% y 3%, lo que confirma que la base líquida empleada en el estudio mantiene su composición original de baja dulzura. Asimismo, el estudio de (Pachas, 2022), la infusión de cáscara de piña preparada a 200 g/L mostró valores de 0.7° brix y pH de 4.66, lo cual confirma que la cáscara aporta principalmente compuestos fenólicos y ácidos, pero no azúcares fermentables o edulcorantes naturales.

5.2.2. Polifenoles totales

Tabla 5. Contenido de polifenoles totales (método Folin-Ciocalteu).

Tratamiento	% de extracto de semilla de aguacate	Absorbancia $\pm$ DE	mg EAG/L	mg EAG/mL
T1	0%	0.17 ± 0.01 ^c	186.78 ^c	0.19 ^c
T2	2%	0.27 ± 0.003 ^b	292.13 ^b	0.29 ^b
T3	4%	0.29 ± 0.003 ^b	316.55 ^b	0.32 ^b
T4	6%	0.35 ± 0.01 ^a	382.1 ^a	0.38 ^a

Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$) *Tratamientos*: (T1) 0%, (T2) 2%, (T3) 4%, (T4) 6% de extracto etanólico de semilla de aguacate

En las bebidas elaboradas, el contenido de polifenoles totales (expresado como mg de equivalentes de ácido gálico, EAG, por mL), aumentó conforme se incrementó el porcentaje de extracto etanólico de semilla de aguacate, como se muestra la tabla 7. El T2 y T3 no difieren entre sí; T4 presenta el valor más alto y difiere del resto. Este patrón sugiere una respuesta dosis-dependiente atribuible al aporte fenólico del extracto, con un incremento que se estabiliza entre 2-4% antes de volver a elevarse a 6%. Es importante destacar que, debido a que las bebidas fueron elaboradas a partir de subproductos agroindustriales, específicamente cáscara de piña como solución base, los valores de polifenoles iniciales se encuentran naturalmente por debajo de los reportados en bebidas preparadas a partir de pulpa o jugos, que contienen mayores concentraciones de compuestos solubles.

En estudios de bebidas funcionales formuladas con infusión de cáscara de piña, se han reportado valores de polifenoles totales entre 0.006 y 0.009 mg EAG/mL, lo cual es notablemente inferior a los valores obtenidos en este estudio. Ello indica que la incorporación del extracto etanólico de semilla de aguacate incrementó de manera efectiva la disponibilidad de compuestos fenólicos de la bebida, situándola en un rango funcionalmente superior dentro de las bebidas de subproductos (Pachas, 2022). En consecuencia, los resultados obtenidos no solo son coherentes con la naturaleza de las materias primas, sino que además evidencia el potencial de los subproductos agroindustriales como fuente alternativa de compuestos bioactivos, contribuyendo a la formulación de bebidas funcionales con menor costo y mayor sostenibilidad.

5.2.3. Capacidad antioxidante

Tabla 6. Capacidad antioxidante (DPPH).

Tratamiento	% de extracto de semilla de aguacate	Absorbancia $\pm$ DE	% inhibición
T1	0%	0.74 ± 0.007^a	38.73
T2	2%	0.52 ± 0.063^b	57.35
T3	4%	0.33 ± 0.02^c	72.86
T4	6%	0.26 ± 0.02^c	78.81

Medias con letras en común no son significativamente diferentes, medias con letras distintas son significativamente diferentes a partir de la prueba de Tukey ($p > 0.05$) *Tratamientos*: (T1) 0%, (T2) 2%, (T3) 4%, (T4) 6% de extracto etanólico de semilla de aguacate

La absorbancia del radical DPPH decreció desde 0.74 ± 0.007 (T1) hasta 0.26 ± 0.02 (T4), mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) entre T1, T2 y T3/T4; en particular, T3 y T4 no difieren entre sí. En concordancia con el % de inhibición, el cual aumentó de 38.73% (T1) a 78.81 (T4), evidenciando un patrón dosis-respuesta con la adición del extracto etanólico de semilla de aguacate. El comportamiento inverso entre absorbancia y % de inhibición es el esperado en DPPH, ya que, a menor absorbancia de mezcla de reacción, mayor capacidad captadora de radicales.

Al comparar estos resultados con la literatura, observa que los subproductos de piña presentan actividad antioxidante moderada cuando se emplean como extracto directo, debido a la limitada solubilidad inicial de los compuestos fenólicos. De acuerdo con (Valdés García et al., 2021), en estudios realizados con subproductos de piña, por cada 0.1 mg mL^{-1} de extracto analizado, se ha reportado una inhibición del 20 al 70% mediante método DPPH. Este intervalo coincide con los valores obtenidos en los tratamientos enriquecidos con extracto de semilla de aguacate (T2-T4), particularmente en T3 (72.86%) y T4 (78.81%), los cuales superan el límite superior del rango descrito para extractos de cáscara de piña utilizados de manera aislada. Esto indica que la semilla de aguacate actuó como principal fuente de compuestos antioxidantes, incrementando la capacidad captadora de radicales libres de la bebida más allá de lo que aporta únicamente la cáscara.

VI. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió determinar el efecto del extracto etanólico de semilla de aguacate sobre las propiedades fisicoquímicas y bioactivas (polifenoles totales y capacidad antioxidante) de bebidas formuladas a partir de cáscara de piña, demostrando que la incorporación del extracto influye tanto en las características cromáticas y estructurales de la bebida como en su contenido de compuestos bioactivos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica, el incremento de la concentración del extracto (2%, 4% y 6%) produjo cambios significativos en los parámetros de color, particularmente en Luminosidad (L^*), amarillez (b^*) e intensidad (C^*), originando tonalidades amarillo-café asociadas al aporte de pigmentos naturales y procesos de oxidación fenólica. Por parte, el pH, acidez titulable, densidad y °Brix se mantuvieron en rangos estables, mientras que la viscosidad presentó variaciones leves vinculadas a la presencia de sólidos solubles del extracto.

En relación con la cuantificación de polifenoles totales, se comprobó un aumento proporcional a la concentración del extracto, lo que confirma que la semilla de aguacate es una fuente efectiva de compuestos fenólicos transferibles a la matriz de la bebida. Este comportamiento respalda su potencial como ingrediente funcional.

Asimismo, los resultados de capacidad antioxidante por DPPH evidenciaron una correspondencia directa entre mayor contenido fenólico y mayor actividad antioxidante, indicando que la bebida formulada posee propiedades bioactivas relevantes y con potencial beneficio para la salud.

Por lo tanto, se puede afirmar que la bebida desarrollada es tecnológicamente viable y presenta un perfil funcional adecuado, contribuyendo una alternativa de revalorización

sostenible de subproductos agroindustriales mediante integración de cáscara de piña y extracto de semilla de aguacate en productos alimentarios con valor agregado.

VII. RECOMENDACIONES

Explorar métodos alternativos de extracción de harina de semilla de aguacate, con el propósito de optimizar el rendimiento de compuestos fenólicos y garantizar su inocuidad para consumo humano.

Realizar estudios toxicológicos y pruebas de seguridad alimentaria, incluyendo evaluaciones de citotoxicidad, genotoxicidad y dosis máxima segura, con el fin de establecer criterios regulatorios que permitan su aplicación comercial en productos destinados al consumo humano.

Evaluar la estabilidad fisicoquímica y bioactiva de la bebida durante el almacenamiento, considerando variables como pH, temperatura, exposición a la luz y tiempo de conservación, para determinar su vida útil y comportamiento de aceptación en condiciones reales de comercialización.

Realizar análisis sensorial descriptivo y afectivo con posibles consumidores, considerando el aumento de °Brix, a fin de conocer la percepción del color, sabor y aceptabilidad general de la bebida y orientar futuras mejoras en la formulación y perfil sensorial.

BIBLIOGRAFÍAS

- Agilent Cary 8454. (2016). *Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents*. Agilent Cary 8454.
<https://scite.ai/reports/colorimetry-of-total-phenolics-with-PQ33dY3R?utm>
- Agüero, C., Palacios, G., Ruiz, L., Machuca, M., & Colquehuanca, N. (2023). Elaboración de una bebida funcional a base de cáscara de piña (*Annanus comosus*), barba de cholo (*Zea mays*) y moringa (*Moringa oleífera*) saborizada con extracto de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Hatun Yachay Wasi*, 2, 129-137.
<https://doi.org/10.57107/hyw.v2i1.42>
- Aït-Kaddour, A., Hassoun, A., Tarchi, I., Loudiyi, M., Boukria, O., Cahyana, Y., Ozogul, F., & Khwaldia, K. (2024). Transforming plant-based waste and by-products into valuable products using various “Food Industry 4.0” enabling technologies: A literature review. *Science of The Total Environment*, 955, 176872. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176872>
- Azúa Araya, C. S. (2022). *Evaluación del efecto de la adsorción de los flavonoides quercetina y rutina en la estabilidad química de emulsiones pickering o/w emulsificadas con nanopartículas de sílice mesoporosas*.
<https://doi.org/10.58011/948n-mv56>
- Bangar, S. P., Dunno, K., Dhull, S. B., Kumar Siroha, A., Changan, S., Maqsood, S., & Rusu, A. V. (2022). Avocado seed discoveries: Chemical composition, biological properties, and industrial food applications. *Food Chemistry: X*, 16, 100507.
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100507>
- Bayomy, H. M., Alamri, E. S., & Rozan, M. A. (2023). Effect of Roasting Hass Avocado Kernels on Nutritional Value and Volatile Compounds. *Processes*, 11(2), 377.
<https://doi.org/10.3390/pr11020377>
- Cediel G. G., Rodríguez E., & Hernández K. (2022). *Una mirada hacia el desarrollo socioeconómico de latinoamerica*. 142.
<https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/cd08b985-539b-4626-84a9-121fbb5575c2/content#page=19>
- Charrondiere, U. R., Haytowitz, D., & Stadlmayr, B. (2012). *FAO/INFOODS Density Database version 2*. <https://www.fao.org/4/ap815e/ap815e.pdf#page=7.68>

- Chávez García, S. N., León García, P. G., Campos Múzquiz, L. G., Flores Gallegos, A. C., Castillo Godina, R. G., Ascacio-Valdes, J. A., Lopez-Badillo, C. M., & Rodríguez-Herrera, R. (2024). Propiedades nutrimentales, fitoquímicas y sensoriales de frutos de aguacate criollo de Parras de la Fuente, Coahuila. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 11(2).
<https://doi.org/10.19136/era.a11n2.3838>
- D., D., E., R. J., Z., G. R., & L., J. D. (2019). In Vitro Antioxidant and Cancer Inhibitory Activity of a Colored Avocado Seed Extract. *International Journal of Food Science*, 2019, 6509421. <https://doi.org/10.1155/2019/6509421>
- Das, A., Baidya, R., Chakraborty, T., Samanta, A. K., & Roy, S. (2021). Pharmacological basis and new insights of taxifolin: A comprehensive review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 142, 112004.
<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112004>
- de Dios Avila, N., Tirado-Gallegos, J. M., Rios-Velasco, C., Luna Esquivel, G., Estrada Virgen, M. O., & Cambero Campos, O. J. (2023). Propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas de las semillas de aguacate y sus potenciales usos agroindustriales. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1).
https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2607
- Escobar Quiñónez K, Gonzabay Zambrano J., Maquilon Taboada A., Merchán Vargas M. Pamela, Quijije Orrala K., Romero Barzola Edda, Rodríguez Coronel Jaroll Lennyn, Suarez San Martín Liliana Noemi, Veloz Andrade Tatiana Lizbeth, Yanes Naranjo Paula Millé, & Zea Delgado Walter Eric. (2024). *Secado por termobalanza*. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/analisis-de-alimentos/secado-por-termobalanza/97007729>
- Espinoza Chuquillanque A. K. & Romero Flores E. J. (2020). *Evaluación fisicoquímica de una bebida alcohólica fermentada, elaborada a partir de granilla (Passiflora ligularis) en Jaén [JAÉN]*. <https://core.ac.uk/download/pdf/288311812.pdf>
- Feliz Jimenes A. & Sánchez Rosario R. (2024). *Compuestos bioactivos, composición y aplicaciones potenciales de los residuos agroindustriales del aguacate: Una revisión*. <https://doi.org/10.3390/app142110070>
- García M. S. (2024). *Evaluación de la integración de cáscara de piña en un producto alimenticio para consumo humano [BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA]*.
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/items/79ca50b5-4e3d-4a87-937a-d4ba64547f6d>

- Gil González A. B., Santos Sánchez J., Santos Martín M.T., Lagüela López. S. E, Pascual Corral. E. E., & Asensio Sevilla I. (2023). Revalorización de subproductos agroalimentarios: Inclusión de la remolacha roja en la dieta de codornices ponedoras. En *Jornadas de investigación de Castilla y León* (9.^a ed., p. 264). https://gredos.usal.es/xmlui/bitstream/handle/10366/153387/LIBRO-DE-ABSTRACTS.2023_IX-Jornadas-de-Investigadoras_V3_compressed.pdf?sequence=1#page=174
- Gómez, F. S., Sánchez, S. P., Gallego Iradi, M. G., Mohd Azman, N. A., & Almajano, M. P. (2014). Avocado Seeds: Extraction Optimization and Possible Use as Antioxidant in Food. *Antioxidants*, 3(2), 439-454. <https://doi.org/10.3390/antiox3020439>
- Haule, K., Kubacka, M., Toczek, H., Lednicka, B., Pranszke, B., & Freda, W. (2024). Correlation between Turbidity and Inherent Optical Properties as an Initial Recognition for Backscattering Coefficient Estimation. *Water*, 16(4), 594. <https://doi.org/10.3390/w16040594>
- Ibarra, E. O., Ramírez, G. H., & Ibarra, I. H. O. (2021). Composición nutricional y compuestos fitoquímicos de la piña (Ananas comosus) y su potencial emergente para el desarrollo de alimentos funcionales. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 7(14), Article 14. <https://doi.org/10.29057/icap.v7i14.7232>
- Iñiguez Franco F. M. (2011). *Estudios de la difusión de catequina y epicatequina en películas de ácido poliláctico y su caracterización fisicoquímica* [Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.]. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1006/341/1/I%C3%91IGUEZ-FRANCO-FM11.pdf>
- Kupnik, K., Primožič, M., Kokol, V., Knez, Z., & Leitgeb, M. (2023). Enzymatic, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of Bioactive Compounds from Avocado (*Persea americana* L.) Seeds. *Plants*, 12(5), 1201. <https://doi.org/10.3390/plants12051201>
- Lourenço S. C., Campos D. A., Gómez-García R., Pintado M., Oliveira M. C., Diana I. Santos, Luiz C. Correa-Filho, Margarida Moldão-Martins, & Vítor D. Alves. (2021). *Optimization of Natural Antioxidants Extraction from Pineapple Peel and Their Stabilization by Spray Drying*. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/6/1255>
- Medina Guerra E. (2021). *Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies de establecimientos* (Dirección Regional de Inocuidad de los Alimentos). <https://www.oirsa.org/contenido/2020/Guia%20para%20uso%20de%20cloro%20como%20desinfectante%20en%20establecimientos%2023.06.2020.pdf>

- Mendoza-Rojas, P. A., & Pardavé-Livia, W. (2023a). Caracterización Físico-Químico de la cáscara de piña (Ananas Comosus) tipo perolera del departamento de Santander. *Revista Politécnica*, 19(38), Article 38. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n38a9>
- Mendoza-Rojas, P. A., & Pardavé-Livia, W. (2023b). Caracterización Físico-Químico de la cáscara de piña (Ananas Comosus) tipo perolera del departamento de Santander. *Revista Politécnica*, 19(38), 143-159. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n38a9>
- Messinese, E., Pitirollo, O., Grimaldi, M., Milanese, D., Sciancalepore, C., & Cavazza, A. (2024). By-Products as Sustainable Source of Bioactive Compounds for Potential Application in the Field of Food and New Materials for Packaging Development. *Food and Bioprocess Technology*, 17(3), 606-627. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03158-2>
- Mohammed, A. F., Sana, U., Mohammed A. O., Safiya, A. A., Susan A.Y., & Cesarettin, A. (2024). The Quality Characteristics of Different Fruit Juice Brands Consumed in Oman. *Food Science and Nutrition*, 10(5), 1-8. <https://doi.org/10.24966/FSN-1076/100201>
- Mozo Malca, W. E., & Chuquicusma Chiquicusma, E. K. (2023). *Bebida funcional a base de arándanos (Vaccinium myrtillus) con extracto de almendra (Prunus dulcis), edulcorada con panela* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4354>
- Murillo, A. N. A. (2020). *Producción de bebida funcional en polvo a partir de residuos agroindustriales—Semilla de aguacate*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/37199>
- Nordin, N. L., Sulaiman, R., Bakar, J., & Noranizan, M. A. (2023). Comparison of Phenolic and Volatile Compounds in MD2 Pineapple Peel and Core. *Foods*, 12(11), 2233. <https://doi.org/10.3390/foods12112233>
- Nyakang'i, C. O., Marete, E., Ebere, R., & Arimi, J. M. (2023). Physicochemical Properties of Avocado Seed Extract Model Beverages and Baked Products Incorporated with Avocado Seed Powder. *International Journal of Food Science*, 2023, 6860806. <https://doi.org/10.1155/2023/6860806>
- Official Methods of Analysis of AOAC International. (2005). *AOAC 923.03 Cenizas*. pdfcoffee.com. <https://pdfcoffee.com/aoac-92303-cenizas-3-pdf-free.html>
- Otálora, L. N. R., Parra, L. S., & Carrión, M. H. (2021). *Desarrollo y caracterización de galletas funcionales a partir de harina de semilla de aguacate* [Universidad de

los Andes].

<https://gdpp.uniandes.edu.co/images/Noticias/2022/ODS/DESARROLLO-Y-CARACTERIZACION-DE-GALLETAS-FUNCIONALES-A-PARTIR-DE-HARINA-DE-SEMILLA-DE-AGUACATE.pdf>

Pachas, A., J. (2022). *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS*.

<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/6498/TESIS%20GONZALES%20PACHAS%20%20ABEL%20JAIME.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=47.08>

Pacheco, F., Peraza, M., & Pinto, I. (2021). Flavonoides: Micronutrientes con amplia actividad biológica. *Revista de la Facultad de Medicina*, 44(1), Article 1. http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fmed/article/view/20497

Paredes, I. E., & Areche, F. O. (2021). Elaboración de una bebida funcional a base de malta de *Amaranthus caudatus* L. y pulpa de *Hylocereus triangularis*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(3), Article 3. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.536

Pérez-Flores, J., Pérez-Escalante, E., García-Curiel, L., Lopez, E., Hernández Hernández, A., & Paz-Samaniego, R. (2023). Integración de Subproductos Agroalimentarios Dentro de una Economía Circular: El Caso de los Arabinoxilanos Obtenidos de Subproductos del Procesamiento de Cereales. *Quimiofilia*, 1. <https://doi.org/10.56604/qfla2022121216>

Preciado-Saldaña, A. M., Ruiz-Canizales, J., & Villegas-Ochoa, M. A. (2022). *Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular*. 23. <https://www.redalyc.org/journal/813/81373798002/81373798002.pdf>

Quadri, A. S., Sarkate, A. P., Nirmal, N. P., & Sakhale, B. K. (2023). Chapter 2—Importance and extraction techniques of functional components. En S. Pati, T. Sarkar, & D. Lahiri (Eds.), *Recent Frontiers of Phytochemicals* (pp. 9-26). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19143-5.00017-7>

Rodríguez Segura, P. A. (2023). *Propuesta de elaboración de harina natural de la semilla de aguacate*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/58081>

Roy, P., Mohanty, A. K., Dick, P., & Misra, M. (2023). A Review on the Challenges and Choices for Food Waste Valorization: Environmental and Economic Impacts. *ACS Environmental Au*, 3(2), 58-75. <https://doi.org/10.1021/acsenvironau.2c00050>

- SAG. (2024). *Productores e importadores de aguacate acuerdan fortalecimiento del rubro mediante el fondo de competitividad – UCI SAG | SALA DE PRENSA*. <https://www.prensa.sag.gob.hn/2024/08/28/productores-e-importadores-de-aguacate-acuerdan-fortalecimiento-del-rubro-mediante-el-fondo-de-competitividad/>
- Santos, D. I., Martins, C. F., Amaral, R. A., Brito, L., Saraiva, J. A., Vicente, A. A., & Moldão-Martins, M. (2021). Pineapple (*Ananas comosus* L.) By-Products Valorization: Novel Bio Ingredients for Functional Foods. *Molecules*, 26(11), 3216. <https://doi.org/10.3390/molecules26113216>
- Segovia, F. J., Hidalgo, G. I., Villasante, J., Ramis, X., & Almajano, M. P. (2018). Avocado Seed: A Comparative Study of Antioxidant Content and Capacity in Protecting Oil Models from Oxidation. *Molecules*, 23(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/molecules23102421>
- Setyawan, H. Y., Sukardi, S., & Puriwangi, C. A. (2021). Phytochemicals properties of avocado seed: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1), 012090. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012090>
- Soza L. (2013, noviembre 10). *3 evaluación de la humedad a través del tiempo de almacenamiento en harinas almacenadas enbolsa*. SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/3-evaluacin-de-la-humedad-a-travs-del-tiempo-de-almacenamiento-en-harinas-almacenadas-enbolsa/28088505>
- Surin, S., Pattarathitiwat, P., Phongthai, S., Donlao, N., Kingwascharapong, P., Onsaard, E., Park, S., Zhang, W., & Issara, U. (2025). Valorization of avocado seeds (*Persea americana* Mill.): An alternative oil source for mayonnaise prototype production and its natural quality attribute. *Applied Food Research*, 5(1), 100695. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100695>
- Trujillo Orellana J. E. (2021). *Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos de la cáscara de piña (Ananas comosus), frente a un producto comercial* [<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20032/1/UPS-CT009015.pdf>]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20032/1/UPS-CT009015.pdf>
- Tugba, D. & Nur, C. (2024). *Investigation of the Effect of Different Seed Flours on Gluten-Free Products: Baton Cake Production, Characterization, and TOPSIS Application*. 13(6). <https://doi.org/10.3390/foods13060964>
- Utari, I., & Rahmayani, I. (2023). The Effect of Various Processing Processes on The Characteristics of Avocado Seed Flour (*Persea an Americana* mill): Avocado seed flour. *Jurnal Bio-Geo Material Dan Energi*, 3(1), 12-19. <https://doi.org/10.22437/bigme.v3i1.30794>

- Valdés García, A., Domingo Martínez, M. I., Ponce Landete, M., Prats Moya, M. S., & Beltrán Sanahuja, A. (2021). Potential of Industrial Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merrill) By-Products as Aromatic and Antioxidant Sources. *Antioxidants*, 10(11), 1767. <https://doi.org/10.3390/antiox10111767>
- Valdivia Romero G. S. (2017). *Determinación de viscosidad, características físicoquímicas, y sensoriales de una bebida funcional mixta a base de sanky (corryocactus brevistylus), camu—Camu (myrciaria dubia), y maracuyá (passiflora edulis), utilizando un diseño de mezclas—CORE* [Universidad Cesar Vallejo]. <https://core.ac.uk/outputs/326622678/?source=oai>
- Vega, A., De León, J. A., & Reyes, S. M. (2017). Determinación del Contenido de Polifenoles Totales, Flavonoides y Actividad Antioxidante de 34 Cafés Comerciales de Panamá. *Información tecnológica*, 28(4), 29-38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400005>
- Vera Dota R. E. (2017). *Análisis de la acidez total en bebidas refrescantes sabor a limón comercializadas en machala. Comparando con la norma inen 2304* [Universidad Técnica de Machala]. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11086/1/VERA%20DOTA%20RUTH%20ELIZABETH.pdf>
- Vo, T. S., Le, P. U., & Ngo, D. H. (2019). In Vitro Hypoglycemic and Radical Scavenging Activities of Certain Medicinal Plants. *EABR. Experimental and Applied Biomedical Research*, 23(4), 291-298. <https://doi.org/10.2478/sjcr-2019-0083>
- Waffa Hikal, Abeer A. Mahmoud, Hussein A. H., Said Al Ahl, Amra Bratovcic, Kirill G. Tkachenko, Miroslava Kacániova, & Ronald Maldonado Rodriguez. (2021). *Pineapple (Ananas comosus L. Merr.), Waste Streams, Characterisation and Valorisation: An Overview*. 11(9), 610-634. <https://doi.org/10.4236/oje.2021.119039>
- Wang, Y., & Ye, L. (2021). Haze in Beer: Its Formation and Alleviating Strategies, from a Protein–Polyphenol Complex Angle. *Foods*, 10(12), 3114. <https://doi.org/10.3390/foods10123114>
- Yang, L., Xian, D., Xiong, X., Lai, R., Song, J., & Zhong, J. (2018). Proanthocyanidins against Oxidative Stress: From Molecular Mechanisms to Clinical Applications. *BioMed Research International*, 2018, 8584136. <https://doi.org/10.1155/2018/8584136>
- Zaldivar-Ortega, A. K., Barrera-Jiménez, J. A., Cenobio-Galindo, A. J., Pérez-Soto, E., Franco-Fernández, M. J., & Campos-Montiel, R. G. (2023). Potencial uso de la cáscara y semilla de aguacate como fuente de compuestos bioactivos con

actividades funcionales para un desarrollo sustentable. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 9(18), Article 18.
<https://doi.org/10.29057/icap.v9i18.9058>

Zárate Meza, P. F., Sepúlveda-Valencia, J. U., Ciro-Velasquez, H. J., Zárate Meza, P. F., Sepúlveda-Valencia, J. U., & Ciro-Velasquez, H. J. (2023). Effect of the addition of stabilizers on physicochemical, antioxidant and sensory properties of a beverage made with hydrolyzed sweet whey permeate enriched with agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) and cape gooseberry (*Physalis peruviana* L) pulp. *Ingeniería y Competitividad*, 25(1).
<https://doi.org/10.25100/iyv.v25i1.12055>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Recolección de materia prima.



Anexo 2. Lavado y desinfectado de materia prima.



Anexo 3. Acondicionamiento de la cáscara de piña: fraccionamiento, pesaje y conservación bajo congelación (-18°C) hasta su utilización.



Anexo 4. Reducción de humedad en deshidratador solar, separación de testa y almacenamiento al vacío de semillas de aguacate.



Anexo 6. Tratamiento antienzimático y deshidratación en rodajas de semillas de aguacate.



Anexo 5. Elaboración y almacenamiento al vacío de la harina de semillas de aguacate.



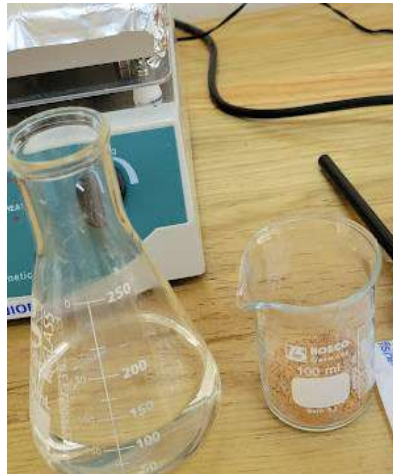
Anexo 7. Medición de parámetros de color, humedad y cenizas de la harina de semillas de aguacate.



Anexo 8. Esterilización de material e instrumentos a utilizar.



Anexo 9. Elaboración de extracto etanólico de semilla de aguacate.



Anexo 10. Elaboración y estandarización de las bebidas de los diferentes tratamientos.



Anexo 11. Análisis fisicoquímicos de las bebidas de los diferentes tratamientos.

