

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA PULPA DE TUNA (*Opuntia ficus indica*) VARIEDAD ROJA”

Tesis

Autores:

Bach. Wiliam Ramirez Ortiz

Bach. Bercelita Cabrera Campos

Asesor:

MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio

Una firma manuscrita en azul, que parece ser "A. A. Mechato", escrita sobre una línea horizontal.

Co-asesor:

MSc. Edson Elvis Ramírez Tixe

Una firma manuscrita en azul, que parece ser "Edson", escrita sobre una línea horizontal.

**Chota- Perú
2026**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ASESOR DE INFORME DE TESIS

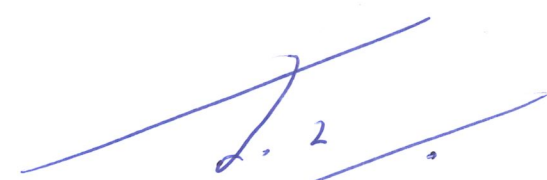
Constancia de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

CO-001-2026-UNACH-FCA-EPIA/AAMA

El que suscribe, Asesor del Informe de Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis Titulado **"EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y COMPUESTOS BIOACTIVOS DE LA PULPA DE TUNA (*OPUNTIA FICUS INDICA*) VARIEDAD ROJA"** perteneciente a los tesisistas Cabrera Campos Bercelita y Ramirez Ortiz Wiliam; presenta un grado de similitud de 17 % y uso de inteligencia artificial de 0 %, en base al análisis realizado por el Software Antiplagio Turnitin (04/07/2026) y este corresponde a una similitud menor al 20 %, por lo que se considera producción intelectual propia (Art. 27° del Reglamento de Grados y Títulos 2025 aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N.º 770-2025-UNACH).

La presente se emite a los interesados para los trámites que estimen conveniente.

Chota, 06 Julio del 2026.



Dr. Augusto Antonio Mechato Anastasio
Asesor de Informe de Tesis
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial
Facultad de Ciencias Agrarias

Augusto Antonio Mechato Anastasio

Informe final tesis William y Bercelita

-  Informe final tesis William y Bercelita
-  Economía
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3606049298

Fecha de entrega

4 jul 2026, 9:20 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 jul 2026, 9:34 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME_FINAL_DE_TESIS-_WILIAM_Y_BERCELITA_.pdf_.ooo.docx

Tamaño del archivo

11.5 MB

117 páginas

23.254 palabras

128.482 caracteres



MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio

17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto mencionado

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio

Fuentes principales

- 17% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 5% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unach.edu.pe	5%
2	Internet	dspace.unitru.edu.pe	1%
3	Internet	1library.co	<1%
4	Internet	www.researchgate.net	<1%
5	Internet	fondoeditorial.unaat.edu.pe	<1%
6	Internet	hdl.handle.net	<1%
7	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	<1%
8	Internet	docplayer.es	<1%
9	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
10	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	<1%
11	Internet	repositorio.unamba.edu.pe	<1%

MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio

12	Internet	sedici.unlp.edu.ar	<1%
13	Internet	issuu.com	<1%
14	Internet	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
15	Internet	revistas.untrm.edu.pe	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio	<1%
17	Internet	repositorio.unas.edu.pe	<1%
18	Internet	repositorio.upct.es	<1%
19	Internet	repositorio.upec.edu.ec	<1%
20	Internet	www.coursehero.com	<1%
21	Internet	repositorio.ujcm.edu.pe	<1%
22	Internet	repositorio.upt.edu.pe	<1%
23	Internet	repositorio.unsch.edu.pe	<1%
24	Internet	repositorio.unasam.edu.pe	<1%
25	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%

MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio

26	Internet	repositorio.unah.edu.pe	<1%
27	Internet	colposdigital.colpos.mx:8080	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador	<1%
29	Internet	web.cnqfcolombia.org	<1%
30	Internet	repositorio.uns.edu.pe	<1%
31	Publicación	Francois Boucher, Raúl Antonio Riveros Cañas, Felipe Ocampo Ochoa. "Caracteriz...	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional del Centro del Peru	<1%
33	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
34	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
35	Internet	repositorio.utn.edu.ec	<1%
36	Internet	repositorioinstitucional.buap.mx	<1%
37	Internet	cibumscientia.umsa.bo	<1%
38	Internet	repositorio.unapiquitos.edu.pe	<1%
39	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%

40	Internet	revistalatam.redilat.org	<1%
41	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%
42	Internet	doczz.com.br	<1%
43	Internet	repositorio.unjfsc.edu.pe	<1%
44	Internet	repositorio.unsa.edu.pe	<1%
45	Internet	www.scielo.org.mx	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca	<1%
47	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Moquegua	<1%
48	Internet	www.investigacionsalud.gob.ec	<1%
49	Publicación	Moyano Alvear, Joaquín Eulogio. "Efecto del tiempo y la temperatura en la extrac...	<1%
50	Trabajos del estudiante	Universidad Estatal a Distancia	<1%
51	Publicación	Villasante Saravia, Simon Eduardo. "Composición corporal y actividad física en est...	<1%
52	Internet	core.ac.uk	<1%
53	Internet	repositorio.unia.edu.pe	<1%

54	Internet	www.redalyc.org	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Trujillo	<1%
56	Internet	dspace.ueb.edu.ec	<1%
57	Internet	secgen.unajma.edu.pe	<1%
58	Internet	tesisenred.net	<1%
59	Trabajos del estudiante	unsaac	<1%
60	Internet	www.bdigital.unal.edu.co	<1%
61	Internet	repositorio.chapingo.edu.mx	<1%
62	Internet	repositorio.uach.mx	<1%
63	Internet	repositorio.ug.edu.ec	<1%
64	Trabajos del estudiante	unia	<1%
65	Internet	www.espanol.lycos.com	<1%
66	Internet	alicia.concytec.gob.pe	<1%
67	Internet	dgsa.uaeh.edu.mx:8080	<1%

68	Internet	repositorio.ucss.edu.pe	<1%
69	Internet	repositorio.utc.edu.ec	<1%
70	Publicación	Nyam, K.L.. "Physicochemical properties and bioactive compounds of selected se...	<1%
71	Publicación	Salas Huamansupa, Estefani Sofía. "Programa Virtual "¡A Multiplicar!" Para Mejor...	<1%
72	Publicación	Víctor Molina D, David Álzate V, Jhon Ruíz B, Manuela Urrea A, Juan Tobón J. "Anal...	<1%
73	Internet	es.wikipedia.org	<1%
74	Internet	ojs.brazilianjournals.com.br	<1%
75	Internet	orcid.org	<1%
76	Internet	pcientificas.ujat.mx	<1%
77	Internet	repositorio.uia.ac.cr:8080	<1%
78	Internet	repositorio.unam.edu.pe	<1%
79	Internet	saber.ucv.ve	<1%
80	Internet	worldwidescience.org	<1%
81	Publicación	Blanca Estela Hernandez Bonilla, Sendy Janet Sandoval Trujillo, Verónica Ramírez ...	<1%

MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio

82	Internet	cybertesis.uach.cl	<1%
83	Internet	de.slideshare.net	<1%
84	Internet	documentos.uru.edu	<1%
85	Internet	forestbaracoa.edicionescervantes.com	<1%
86	Internet	repositorio.ufpb.br	<1%
87	Internet	repositorio.umariana.edu.co	<1%
88	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
89	Internet	repositorio.unica.edu.pe	<1%
90	Internet	repositorio.unjbg.edu.pe	<1%
91	Internet	revistas.utm.edu.ec	<1%
92	Internet	tesis.ipn.mx	<1%
93	Internet	www.artsky.net.cn	<1%
94	Internet	www.investigacion.biblioteca.uvigo.es	<1%
95	Publicación	RUTH MARTÍNEZ LAS HERAS. "VALORIZACIÓN DEL CULTIVO DEL CAQUI", Universit...	<1%

MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
VICEPRESIDENCIA ACADÉMICA
Reglamento de Grados y Títulos



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 036-2026-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N.°323 - 2024 -FCA/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
Dr. Tony Steven Chuquizuta Trigos	Presidente
MBA. José Felipe Garrido Julca	Secretario
M.Sc. Virginio Pablo Ponte Loyola	Vocal

De la tesis titulada:

"EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y COMPUESTO BIOACTIVOS DE LA PULPA DE TUNA (*opuntia ficus indica*) VARIEDAD ROJA".

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
William Ramirez Ortiz	48298451
Bercelita Cabrera Campos	71566425

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Agroindustrial

Acuerdan por:

☒ Unanimidad ☐ Mayoría

☒ Aprobar ☐ Desaprobar

Otorgando la calificación de:

13	Aprobado
	Excelente
	Bueno
☒	Regular

☐ Desaprobado

Colpa Huacarís 16 de junio del 2026

(Dr. Tony Steven Chuquizuta Trigos)
Presidente

(MBA. José Felipe Garrido Julca)
Secretario

(M.Sc. Virginio Pablo Ponte Loyola)
Vocal

(Dr. Augusto Antonio Mechato Anastasio)
Asesor

Dedicatoria

A Dios, por ser el principal soporte, brindándome la vida, la salud y la inteligencia para desarrollar este trabajo de investigación, que es parte fundamental para mi formación y desarrollo profesional.

A mis padres Juan Ramírez y Requila Ortiz, por sus apoyo constante e incondicional, por su motivación y consejos para seguir adelante y lograr cada uno de mis objetivos, persistiendo ante las adversidades. Sin su apoyo nada de esto hubiese sido posible.

A mis hermanos (as) y demás familiares que de una u otra manera me apoyaron con sus ideas y consejos, todo ello fue de gran ayuda.

William Ramirez Ortiz

A Dios, fundador del universo, ser supremo que me ha dado la vida, la salud y los conocimientos necesarios para formarme profesionalmente, cumpliendo de esta manera un objetivo más.

A mis padres José Cabrera y Hormecinda Campos, por su respaldo inquebrantable y sin condiciones, por su aliento y sugerencias para avanzar y alcanzar cada uno de mis metas, manteniéndome firme ante las dificultades. Sin su apoyo, lo que ahora estoy logrando no hubiese sido posible.

A mis hermanos (as) y a los demás parientes que de alguna forma me brindaron su respaldo a través de sus sugerencias y recomendaciones, todo esto resultó ser muy valioso.

Bercelita Cabrera Campos

Agradecimiento

En primer lugar, extendemos nuestro agradecimiento infinito a Dios por darnos vida, salud y la fortaleza. Gracias a Él, estamos alcanzando esta meta anhelada.

A nuestros padres, por su apoyo emocional y financiero, así como por ser la base esencial para nuestro aprendizaje, tanto a nivel profesional como personal, y a nuestros hermanos por sus consejos y enseñanzas que nos han mostrado constantemente que se pueden lograr todas las cosas, y que la única meta que no se puede alcanzar es aquella que no se propone.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, especialmente a los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por ayudarnos a desarrollar nuestras habilidades como profesionales.

A nuestro asesor, MSc. Augusto Antonio Mechato Anastasio, y al co-asesor, Edson Elvis Ramírez Tixe, por su compromiso, enseñanzas y sobre todo, por la orientación proporcionada durante todo el proceso de este trabajo de investigación.

Índice de contenidos

Resumen.....	11
Abstract	12
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1. Planteamiento del problema	13
1.2. Justificación	14
1.3. Formulación del problema.....	16
1.4. Objetivos.....	16
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Antecedentes.....	17
2.2 Bases teóricas	21
2.3 Definiciones conceptuales	34
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	36
3.1 Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación	36
3.2 Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis	40
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4 Hipótesis	43
3.5 Operacionalización de variables.....	43
3.6 Procedimientos de recolección de datos.....	44
3.7 Procedimientos de análisis de datos	50
3.8 Materiales y Equipos	50
3.9 Aspectos Éticos	54
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	55

4.1 Descripción de resultados.....	55
4.2 Contrastación de Hipótesis.....	75
4.3 Discusión.....	77
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1 Conclusiones.....	86
5.2 Recomendaciones.....	87
REFERENCIAS.....	88
ANEXOS.....	100

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica de la tuna</i>	23
Tabla 2 <i>Composición nutricional de la tuna en base a 100 g de porción comestible</i>	24
Tabla 3 <i>Características fisicoquímicas de la tuna</i>	25
Tabla 4 <i>Arreglo experimental de la investigación</i>	39
Tabla 5 <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	42
Tabla 6 <i>Operacionalización de variables</i>	44
Tabla 7 <i>Preparación de las disoluciones usadas para la obtención de la curva de AGE</i>	48
Tabla 8 <i>Preparación de las disoluciones usadas para la obtención de la curva de Trolox</i>	50
Tabla 9 <i>Variación de la humedad en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i>	55
Tabla 10 <i>Contenido de cenizas de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i>	57
Tabla 11 <i>Parámetros de color de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i>	60
Tabla 12 <i>pH de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i> ..	64
Tabla 13 <i>Acidez titulable de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i>	66
Tabla 14 <i>Sólidos solubles de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i>	68
Tabla 15 <i>Fenoles totales en la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i>	70
Tabla 16 <i>Capacidad antioxidante de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento</i>	72
Tabla 17 <i>Condiciones de almacenamiento que preservan las propiedades fisicoquímicas y los compuestos bioactivos de la pulpa de tuna roja</i>	75
Tabla 18 <i>Resumen del análisis estadístico (ANOVA) para contrastación de hipótesis</i>	76

Índice de figuras

Figura 1 <i>Ilustración de la planta y fruto de tuna</i>	22
Figura 2 <i>Ilustración de la tuna variedad blanca</i>	26
Figura 3 <i>Ilustración de la tuna variedad amarilla</i>	26
Figura 4 <i>Ilustración de la tuna variedad roja</i>	27
Figura 5 <i>Ilustración de la tuna variedad morada</i>	27
Figura 6 <i>Diagrama del diseño experimental de la investigación</i>	37
Figura 7 <i>Ubicación y extracción de muestra</i>	41
Figura 8 <i>Tendencia del contenido de humedad de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	56
Figura 9 <i>Tendencia del contenido de cenizas de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	58
Figura 10 <i>Tendencia del parámetro L* de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	61
Figura 11 <i>Tendencia del parámetro a* de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	62
Figura 12 <i>Tendencia del parámetro b* de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	63
Figura 13 <i>Tendencia del pH de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	65
Figura 14 <i>Tendencia de la acidez titulable de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperatura</i>	67
Figura 15 <i>Tendencia de los °Brix de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	69

Figura 16 <i>Tendencia de los fenoles totales de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperatura</i>	71
Figura 17 <i>Tendencia de la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas</i>	73
Figura 18 <i>Recepción de los frutos de tuna variedad roja</i>	101
Figura 19 <i>Acondicionamiento de los frutos de tuna para su almacenamiento</i>	101
Figura 20 <i>Determinación del contenido de humedad</i>	102
Figura 21 <i>Determinación del contenido de cenizas</i>	102
Figura 22 <i>Medición del color</i>	102
Figura 23 <i>Medición del pH</i>	103
Figura 24 <i>Determinación de la acidez titulable</i>	103
Figura 25 <i>Medición de sólidos solubles</i>	103
Figura 26 <i>Determinación de los fenoles totales y capacidad antioxidante</i>	104

Índice de abreviaturas

AGE: ácido gálico equivalente.

ANOVA: Análisis de Varianza.

AOAC: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.

A.T.: Actividad antioxidante

a_w: actividad del agua.

C₇H₆O₅: ácido gálico también conocido como ácido 3,4,5-trihidroxibenzoico).

CA: capacidad antioxidante.

CIE Lab*: (L*) y las coordenadas verde - rojo (a*) y azul-amarillo (b*).

D65: Representa la luz natural del día y se utiliza con frecuencia para estandarizar el color.

DCA: Diseño Completo al Azar.

DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, método para evaluar capacidad antioxidante.

MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

Na₂CO₃: carbonato de sodio.

NaClO: hipoclorito de sodio

NaOH: hidróxido de sodio.

pH: potencial de hidrógeno.

RGB: utiliza valores de rojo, verde y azul para crear colores.

UTM: Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator.

Resumen

El propósito principal de este estudio fue determinar el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna variedad roja. Para ello se utilizó una muestra de 10 kg de frutos de tuna, los cuales fueron desinfectados con NaClO (100 ppm), se le extrajo la pulpa, luego se colocó en bolsas de polietileno de baja densidad y se almacenó a temperaturas de 5, 12 y 18 °C. La evaluación de sus propiedades fisicoquímicas (humedad, cenizas, color, pH, acidez titulable, sólidos solubles) y bioactivas (fenoles totales y capacidad antioxidante) se realizó en el día 0, día 4 y día 8. Los resultados mostraron que la humedad disminuyó de 82 a 72,06 % a lo largo del almacenamiento y a mayor temperatura, mientras que el contenido de cenizas se incrementó de 0,20 a 0,27 % en las mismas condiciones. Los valores de L* y b* disminuyeron al ser mayor la temperatura y a* reveló un ligero incremento. El pH y acidez fueron inversamente proporcionales, donde el pH se redujo y la acidez se incrementaron al transcurrir el tiempo y temperatura, y en cuanto a los sólidos solubles mostraron una reducción. Por otro lado, los fenoles totales y capacidad antioxidante sufrieron mayor degradación al incrementarse el tiempo y la temperatura de almacenamiento. En términos generales, el almacenamiento de la pulpa de tuna a 5 °C fue la condición más eficaz para conservar su calidad. Se concluye que el tiempo y temperatura de almacenamiento afecta significativamente ($p < 0,05$) a las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna variedad roja.

Palabras clave: propiedades fisicoquímicas, compuestos bioactivos, almacenamiento postcosecha, pulpa de tuna.

Abstract

The main purpose of this study was to determine the effect of storage time and temperature on the physicochemical properties and bioactive compounds of red prickly pear pulp. For which a sample of 10 kg of prickly pear fruits was taken, which were disinfected with NaClO (100 ppm), the pulp was extracted, then placed in low-density polyethylene bags and stored at temperatures of 5, 12 and 18 °C. The evaluation of its physicochemical properties (moisture, ash, color, pH, titratable acidity, soluble solids) and bioactive properties (total phenols and antioxidant capacity) was carried out on day 0, day 4 and day 8. The results showed that the humidity decreased from 82 to 72.06 % throughout storage and at higher temperatures, while the ash content increased from 0.20 to 0.27 % under the same conditions. The values of L* and b* decreased as the temperature was higher and a* revealed a slight increase. The pH and acidity were inversely proportional, where the pH decreased and the acidity increased over time and temperature, and as for the soluble solids they showed a reduction. On the other hand, total phenols and antioxidant capacity suffered greater degradation as storage time and temperature increased. Generally speaking, storing prickly pear pulp at 5 °C was the most effective condition for preserving its quality. It is concluded that the storage time and temperature significantly affect ($p < 0.05$) the physicochemical properties and bioactive compounds of the red variety prickly pear pulp.

Keywords: physicochemical properties, bioactive compounds, postharvest storage, prickly pear pulp.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La tuna es una fruta natural cultivada en distintas partes del mundo y es consumida desde la antigüedad de forma natural ya que, además de ser una fruta con sabor agradable posee una fuente de compuestos nutricionales esenciales tales como vitaminas (B, C, E y K), aminoácidos (asparagina, arginina y alanina), minerales (fósforo, calcio, hierro, potasio, zinc) (Lazcano et al., 2023), y compuestos bioactivos con actividad antioxidante, antiinflamatoria, antidiabética y anticancerígena, por esta razón ha adquirido notoriedad y resulta perfecto para añadir como un apoyo en una alimentación balanceada y favorable para la salud humana (García et al., 2024). En los últimos años esta fruta viene siendo utilizada con frecuencia en la industria para el desarrollo de nuevos productos alimenticios o ingredientes naturales, generando un mayor crecimiento en cuanto a su comercialización en las distintas regiones del Perú (Lazcano et al., 2023).

Sin embargo, los frutos de tuna en su estado fresco se caracterizan por ser altamente perecibles y sufren una degradación acelerada de sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales durante el almacenamiento (Barboza & Velasquez, 2022). La estabilidad de parámetros tales como el contenido de agua, el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles y el color, además de la preservación de sus compuestos bioactivos, se encuentran condicionadas considerablemente por variables como la temperatura y el tiempo de almacenamiento, ya que si los niveles de estos factores son incorrectos, pueden acelerarse los procesos de oxidación, la actividad enzimática y el deterioro del color, lo que repercute de manera negativa la calidad del producto final (Martins et al., 2023).

En la práctica, a nivel local, el almacenamiento de la pulpa de tuna roja se lleva a cabo, en la mayoría de casos de forma empírica, sin considerar un control adecuado del tiempo y la

temperatura, todo ello conlleva a la generación de pérdidas de calidad y reducción del valor nutricional y funcional de este importante producto (Barboza & Velasquez, 2022; Karwacka et al., 2024). A ello se le suma, la escasa información técnica que existe sobre las condiciones adecuadas de conservación, lo que limita su aprovechamiento industrial y contribuye a una mayor pérdida postcosecha y por ende se generan mayores pérdidas económicas de los productores de esta materia prima, así como de los emprendedores que elaboran productos en base a este fruto.

En la misma línea, a pesar de la importancia de la tuna, se han evidenciado una limitada cantidad de estudios científicos que evalúen, de forma conjunta el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre las características fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa. Esto dificulta la toma de decisiones técnicas para mejorar la seguridad y prolongar la vida útil del producto, lo que significa que los productores se ven obligados a venderlo en un corto periodo de tiempo y a precios bajos.

Basándose en la problemática anterior, con la presente investigación se buscó evaluar el efecto de distintas condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura) sobre las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja.

1.2. Justificación

El estudio actual se sostiene teóricamente por la falta de información respecto a cómo el tiempo y la temperatura de conservación influyen en las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de tuna roja. En este sentido, los resultados obtenidos pasan a formar parte de un repositorio de datos con información verificada para los productores y comercializadores de pulpa de tuna, así como también para futuros investigadores que realicen estudios posteriores vinculados a esta cuestión.

En cuanto a lo práctico esta investigación se justifica en el hecho de que permitió obtener condiciones adecuadas de tiempo y temperatura de almacenamiento para que la pulpa de tuna pueda preservar sus características fisicoquímicas y bioactivas. De esta forma se está contribuyendo con un mejor almacenamiento de la pulpa de tuna y con la prolongación de su vida útil, reduciendo pérdidas por deterioro debido a condiciones inadecuadas de almacenamiento.

Desde un enfoque social, la presente investigación puede mejorar los ingresos de los pequeños agricultores y comercializadores de tuna, ya que al conservar adecuadamente su pulpa se contribuye con la reducción de pérdidas poscosecha, se preserva su calidad durante el almacenamiento y por ende también se garantiza una disponibilidad de un alimento de mejor calidad para la población y sobre todo con mayor tiempo de conservación.

En cuanto a lo económico, la determinación de las características fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la tuna, así como una buena conservación generan un incremento en el valor económico del producto sin la necesidad de aplicar procedimientos que alteren de forma significativa su contenido nutricional. De esta forma se estaría diversificando los productos mínimamente procesados a partir de tuna, lo cual favorece el crecimiento económico de la provincia de Chota, especialmente en el sector agroindustrial.

Finalmente, considerando el aspecto ambiental, con esta investigación se está contribuyendo a la reducción de desperdicio de alimentos lo que reduce el impacto en la cadena productiva. Se favorece además, un aprovechamiento de los recursos agrícolas y disminuye las pérdidas poscosecha, promoviendo de esta forma el manejo sostenible de productos alimentarios.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera afecta el tiempo y la temperatura de almacenamiento a las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja.
- Evaluar el efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento en el contenido de compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja.
- Seleccionar la temperatura y el tiempo de almacenamiento más apropiados para preservar la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) de variedad roja, teniendo en cuenta el mantenimiento de sus propiedades fisicoquímicas y sus compuestos bioactivos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Cruz et al. (2021) observaron la influencia de las condiciones de almacenamiento sobre los parámetros de calidad de la tuna. Para dicho estudio se tomaron 6 frutos de tuna al punto de maduración adecuada y se almacenaron a temperatura ambiente de 24 y 37 °C por 35 días y en refrigeración a 10 °C durante 112 días. Se evaluaron humedad, contenido de glucosa, cenizas y sólidos solubles. Se obtuvo como resultados que los frutos de tuna almacenados en condiciones ambientales normales y en refrigeración mostraron valores de 13,82 y 13,47 ° Brix; 68,94 y 69,2 mg/dl de glucosa; 13,34 y 14,55 % de humedad; 0,21 y 0,20 % de cenizas respectivamente. Concluyendo que el almacenamiento en refrigeración permitió controlar mejor la pérdida de humedad, sin afectar el dulzor, lo cual es conveniente para la conservación de los frutos.

Li et al. (2025) estudiaron las variaciones en los atributos de calidad del tomate almacenado a tres temperaturas (4, 14 y 24 °C) en períodos de tiempo (0, 1, 5, 9 y 15 días). Los resultados indicaron que a temperaturas bajas (14 y 4 °C) se logra conservar la apariencia de la fruta y los sólidos solubles totales. Asimismo, a 4 °C hubo menor disminución del ácido ascórbico y se conservó una textura más adecuada de la fruta y redujo la tasa de pérdida de agua. Además, a temperaturas más bajas, la actividad de las enzimas que descomponen la pared celular (la celulasa, β -galactosidasa y poligalacturonasa) se vio inhibida de manera significativa. La ultraestructura de los plástidos sufrió un daño significativo cuando se almacenó a 24 °C. A pesar de que la temperatura tuvo un impacto más bajo en los carotenoides, a 4 °C la disminución en estos fue menos acentuada. Concluyeron que los datos obtenidos pueden ser utilizados para mejorar tanto la temperatura como el tiempo de almacenamiento, con el fin de preservar la calidad del tomate.

Kavindya et al. (2024) analizaron cómo afecta el almacenamiento en casa a dos temperaturas (23 y 4 °C) las propiedades fisicoquímicas, la composición fitoquímica y los azúcares de dos variedades de ciruelas: 'Rubycot' (RC), una variedad nueva de fruta con hueso, y 'Queen Garnet' (QG). En un principio, RC tenía una concentración total de antocianinas (CTA) inferior a la de QG; sin embargo, durante el almacenamiento, la CTA en RC se incrementó notablemente ($p < 0.05$), llegando a ser del 95% tras siete días a 23 °C. En cambio, QG llegó al 60% después de catorce días. La CTA se incrementó para ambas variedades (RC +30%, QG +27%) a 4 °C. RC mostró un contenido fenólico total (CPT) inicial más elevado, que también se elevó para las dos frutas. La concentración total inicial de carotenoides fue más elevada en QG que en RC, pero luego de 10 días a 23 °C, la concentración de carotenoides en RC superó a la de QG. Según lo evidenciado deducieron que el almacenamiento a temperatura ambiente incrementa de manera considerable las antocianinas totales, las quercetinas totales y el TPC en QG y RC.

Soto & Barraza (2024) durante el almacenamiento en frío, analizaron cómo la temperatura y el tiempo de conservación afectan las propiedades fisicoquímicas y la capacidad antioxidante de la pulpa de guayaba. Para ello, se tomaron 50 guayabas, se procesaron, envasaron y se almacenaron a 4 y 8 °C. Se analizaron cada semana, durante dos semanas la acidez titulable, el °Brix, el pH, el ácido ascórbico y la capacidad antioxidante. Se obtuvo que solo la vitamina C fue afectada significativamente por el tiempo y la temperatura del almacenamiento. No se registró un impacto significativo en la acidez, el pH y °Brix. La acidez titulable osciló entre el 0,65 y el 0,67%; el pH estuvo entre 4,2 y 4,35; y el °Brix fluctuó entre el 8,47 y el 9%. La pulpa en fresco presentó de 299,2 mg/100 de vitamina C g y luego se observó una disminución del 79,7 y del 83,8% para el séptimo día a 4 y 8 °C respectivamente y disminuyó un 88% el día 14 a ambas temperaturas.

Concluyeron que la temperatura y el tiempo de almacenamiento tienen una influencia significativa en la capacidad antioxidante de la pulpa de guayaba.

Ramirez et al. (2025) evaluaron cómo las condiciones de almacenamiento poscosecha afectan las propiedades fisicoquímicas de frutos locales de tumbo, mora y saúco. Los frutos fueron seleccionados y guardados a temperaturas de 3, 12 y 18 °C durante los días 0, 4, 8, 12, 16, 20 y 24. Se analizaron el pH, la acidez titulable, el índice de madurez, el peso perdido y el color (C, L*, a* y b*). Los hallazgos indicaron que el almacenamiento a 3 °C resultó más eficaz para conservar las propiedades fisicoquímicas y reducir de manera significativa la pérdida de peso. En el fruto de tumbo se observó un efecto significativo sobre las variables pH, acidez total, Brix, índice de madurez y color (L*, a*, b* y C) ($p < 0,05$). La temperatura y el tiempo de almacenamiento tuvieron un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre las frambuesas en términos de L*, pérdida de peso, °Brix y acidez titulable. Concluyeron que todas las características estudiadas en las materias primas mencionadas fueron afectadas de manera significativa por las condiciones de almacenamiento.

Nur et al. (2021) determinaron el efecto de la temperatura de almacenamiento (13, 6 y -10 °C) sobre las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de la sandía (*Citrullus lanatus*). Para ello tomaron una sandía y la licuaron para obtener el jugo. Se analizó las características físico-químicos (pérdida de peso, pH, cenizas, humedad, sólidos solubles, pardeamiento y turbidez) y la actividad antioxidante durante 9 días de almacenamiento. Los resultados revelaron una influencia notable de las temperaturas y condiciones de conservación sobre la apariencia físico-química, afectando en consecuencia su actividad antioxidante durante los 9 días de almacenamiento. Concluyeron que el jugo de sandía sufre una degradación de las propiedades fisicoquímicas al ser almacenado a distintas temperaturas.

Inga et al. (2021) analizaron cómo las condiciones de almacenamiento afectan los metabolitos primarios y secundarios, los elementos fisicoquímicos y la capacidad antioxidante de la lúcumá. Para esto, las frutas se guardaron en una cámara con temperatura controlada (15 °C y 90% de humedad relativa) y a temperatura ambiente (29 °C y 70% de humedad relativa). Los hallazgos indicaron que la madurez tuvo un efecto significativo sobre el pH, la firmeza, la acidez, los azúcares reductores y el tono del epicarpio junto con el de la pulpa. A lo largo del periodo de conservación en una cámara controlada, la glucosa se convirtió en el único metabolito que mostró un incremento. En cambio, los aminoácidos, los azúcares y la fructosa tienen niveles más altos en condiciones ambientales. Los compuestos fenólicos totales no se vieron alterados por el método de almacenamiento, pero si la capacidad antioxidante ($p < 0,05$), mostrando una reducción.

Vásquez (2022), analizó el impacto que tiene la temperatura y la duración sobre la cantidad de compuestos bioactivos (capacidad antioxidante y fenoles totales) en el fruto de pushgay. Para lograrlo, se utilizaron cinco intervalos de tiempo (0, 7, 14, 21 y 28 días) y tres temperaturas de almacenamiento (4, 10 y 19 °C). Se determinó que los frutos de pushgay, que se conservaron a cuatro grados Celsius, mostraron la reducción más baja en su peso fresco comparados con los otros tratamientos. Igualmente, los frutos de pushgay que se conservaron a 4 °C presentaron un leve cambio en el pH y en los °Brix; la concentración de CF y CA aumentó hasta el día 21 del almacenamiento. Concluyó que la temperatura y el período de almacenamiento influyen considerablemente ($p < 0,05$) en las propiedades fisicoquímicas, la concentración total de fenoles y la capacidad antioxidante del fruto de pushgay.

Llanos (2023) determinó el efecto de la temperatura de conservación y los preservantes en la duración de la pulpa de piña (*Anana comosus* L.) variedad Golden Sweet (MD2) empacada al vacío. Se utilizaron 4 kilogramos de piña madura, que se procesaron para obtener la pulpa, la cual

fue tratada de cinco maneras diferentes: con Benzoato de sodio en concentraciones del 0,025 y 0,05 %, así como también Sorbato de potasio en las mismas concentraciones y por último sin conservante. Después, fueron envasados al vacío y mantenidos a temperatura ambiente (15 °C) y refrigerados (4 °C). Se realizó una evaluación del pH, los grados Brix y del contenido de ácido cítrico cada cinco días a lo largo de un mes. Los hallazgos indicaron un rango de pH que osciló entre 3,41 y 3,58, un contenido de °Brix que varió entre 17 y 11 %, y un máximo de ácido cítrico de 0,9; estos mismos parámetros mostraron variaciones a lo largo del tiempo, siendo los grados Brix los más influenciados durante el período de almacenamiento, presentando una disminución que llevó a niveles no ideales para una pulpa de piña de alta calidad.

Velásquez et al. (2022) investigaron cómo el tiempo y la temperatura de almacenamiento tras la cosecha influyen en las propiedades fisicoquímicas y el nivel de madurez de los frutos del aguaymanto. Para ello, utilizaron 300 g de aguaymanto, los pusieron en bolsas de polietileno y los guardaron en un lugar oscuro a temperaturas de 4, 12 y 20 °C, analizando sus propiedades fisicoquímicas a los 0, 8, 17 y 27 días de almacenamiento. Los hallazgos indicaron que los aguaymantos almacenados a 4 °C experimentaron una leve modificación en su grado de madurez, así una tendencia descendente en los valores L^* y b^* , mientras que el parámetro a^* mostró un incremento después de una semana de conservación. Notaron que el pH, la acidez, Brix y los parámetros de color de las frutas de aguaymanto se ven significativamente ($p < 0,05$) afectados por el tiempo y la temperatura del almacenaje después de la recolección.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Tuna: descripción y origen

El nopal o tuna (*Opuntia ficus indica*) una planta de tipo arbustivo que forma parte de la familia de las cactáceas, se distingue por no tener hojas y por tener un tallo con ramificaciones,

son planos, ovalados, presentan en su gran mayoría un color verde, producen flores llamativas y frutos con pulpa apta para su consumo tal y como se muestra en la Figura 1; además, posee una fuente importante de nutrientes tanto para las personas así como también para animales (Morejón, 2017); las partes frescas de esta planta contienen aproximadamente un 90 % de agua y el 54 % del fruto es parte comestible (pulpa); la tuna es ampliamente distribuida a nivel nacional ya que crece en lugares áridos, requieren una mínima cantidad de agua y poco cuidado para su desarrollo y producción (Yupanqui, 2022).

El origen de la tuna data desde hace más de 2 mil años al oeste de los Andes del Perú y Bolivia, principalmente en la parte centro de México; posterior a ello se empezó a domesticar en diferentes países del mundo y actualmente existen aproximadamente 1000 variedades que crecen a una altura de 2000 m.s.n.m. (Carhuamaca, 2013).

Figura 1

Ilustración de la planta y fruto de tuna



Nota. Tomado del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (2017).

2.2.2 Clasificación taxonómica

La tuna es una planta del género *Opuntia*, es considerada arbustiva, arborescente o rastrera, viene cultivándose en distintas partes del mundo, pero cabe recalcar que su producción es limitada, ya que presenta espinas lo que hace que el agricultor se vea limitado a cultivarlo. Por otro lado,

esta planta presenta una clasificación taxonómica importante, la misma que se describe a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la tuna

Clasificación	Denominación
Nombre Científico:	<i>Opuntia ficus indica</i>
Reino:	Vegetal
Clase:	Dicotiledoneae
Orden:	Opuntinales
Familia:	Cactaceae
Género:	Opuntia y Nopalea
Subgénero:	Platyopuntia
Especie:	Opuntia spp.

Nota. Información obtenida de Hernández (2017).

2.2.3 Composición nutricional de la tuna

La tuna es una fruta que contiene distintas propiedades funcionales gracias a su contenido de fibra, hidrocoloides, pigmentos, minerales como el potasio y el calcio, además de ello posee propiedades antioxidantes por su contenido de vitamina C, transformándolo en un producto que aporta ventajas para la salud de las personas; de igual manera, esta fórmula lo vuelve perfecto para integrar en la alimentación diaria de cada hogar y para ser empleado como componente en la producción de varios productos dentro del sector alimentario. El consumo de tuna equilibra los niveles de azúcar en la sangre, ajusta la cantidad de triglicéridos y colesterol total, además de prevenir el proceso de envejecimiento (Lugo, 2018).

De acuerdo a Mostacero, (2018) dentro de los elementos más importantes de la tuna están: el agua, minerales como el calcio y el hierro, carbohidratos, compuestos nitrogenados, fibra, vitaminas tales como A, B, B₂, B₆, C y K, riboflavina, proteínas, entre otros, que se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

Composición nutricional de la tuna en base a 100 g de porción comestible

Componente	Valores obtenidos en grado de madurez fisiológica				
	Mostacero (2018)	Herrera (2018)	Paucara (2017)	Lugo (2018)	Taype (2018)
Humedad (%)	-	85,95	90,60	87,55	82,30
Proteína (%)	1,70	0,82	0,5	0,73	0,90
Grasa (%)	0,30	0,02	-	0,51	0,01
Fibra (%)	-	0,05	0,5	3,60	3,70
Ceniza (%)	-	0,32	0,4	1,64	
Vitamina C (mg)	8,0	20,33	30,0	14,0	23,9
Carbohidratos (g)	5,60	-	8,0	9,57	15,30
Calcio (mg)	93,0	35,8	22,0	56,0	40,0
Hierro (mg)	1,60	0,2	0,3	0,30	0,30
Riboflavina (mg)	0,06	-	0,02	0,06	0,04
Energía (kcal)	27,0	-	31	41,0	58,0

Nota. Paucara (2017); Herrera (2018); Mostacero (2018); Taype (2018) y Lugo (2018).

2.2.4 Características fisicoquímicas de la tuna

De acuerdo a Herrera, (2018) las propiedades fisicoquímicas que habitualmente se analizan en la tuna incluyen: contenido de agua, pH, nivel de acidez y sólidos disueltos; las mismas que se

muestran en la Tabla 3; dichos valores son importantes ya que definen la frescura y calidad de esta fruta.

Tabla 3

Características fisicoquímicas de la tuna

Componente	Valores obtenidos en grado de madurez (fisiológica)				
	Fernández et al. (2017)	Herrera (2018)	Cerezal y Duarte (2005)	Herrera (2018)	Vizcarra (2017)
Humedad (%)	79,0 – 90,9	79,4	83,5	84,21	-
pH	4,1 – 7,3	6,33	6,31	6,29	7,20
Acidez (%)	0,01 – 0,52	0,06	-	0,062	0,08
Sólidos totales (°Brix)	8,8 – 15,5	13	14,3	13,43	13,03

Nota. Cerezal y Duarte (2005); Fernández et al. (2017); (Vizcarra, 2017) y Herrera (2018).

2.2.5 Variedades de tuna

Hay cuatro tipos de tuna que se agrupan, en su mayoría, de acuerdo al color de su fruto y son las siguientes:

2.2.5.1. Tuna variedad blanca. Su producción se da en costa y sierra, se caracteriza por ser dulce, sus frutos son de color verde cristalino jugoso y con espinas; tal y como se muestra en la Figura 2; además de ello es muy preferida por el consumidor debido a que tiene mejor presentación y calidad (Herrera, 2018; Taype, 2018).

Figura 2

Ilustración de la tuna variedad blanca



Nota. Obtenido de García (2021).

2.2.5.2. Tuna variedad amarilla. Esta variedad se caracteriza por tener un sabor muy dulce, muchas semillas, con espinas, su pulpa es amarilla-anaranjada, sabrosa y ligeramente más harinosa y más pequeña que la tuna blanca (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021); tal y como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Ilustración de la tuna variedad amarilla



Nota. Obtenido de Grupo Hydro Environment (2017).

2.2.5.3. Tuna variedad roja. Es una variedad que tiene su origen principalmente en la serranía; su fruto es de mayor tamaño y harinoso a diferencia de otras variedades; tal y como se muestra en la Figura 4, su cáscara es más delgada y su maduración se produce en un menor tiempo, es frágil y puede sufrir lesiones fácilmente durante su transporte, lo que limita su comercialización y por ende tiene menor aceptación en el mercado nacional (MIDAGRI, 2021; Abad, 2022).

Figura 4

Ilustración de la tuna variedad roja



Nota. Imagen obtenida de Solórzano (2019).

2.2.5.4. Tuna variedad morada. Es una de las variedades con mejor calidad y con menor cantidad de espinas, su fruta es grande, jugosa, dulce y suave. Su tonalidad varía desde un rojo claro hasta un rojo intenso (púrpura) (ver Figura 5), se produce especialmente en la sierra (Herrera, 2018; Abad, 2022).

Figura 5

Ilustración de la tuna variedad morada



Nota. Obtenido de Oviedo (2020).

2.2.6 Beneficios de la tuna

La tuna se constituye como una importante fuente de compuestos funcionales que brindan múltiples ventajas para la salud humana, incluyendo la regulación de los niveles de azúcar en sangre, la reducción del daño oxidativo en las grasas, el retraso del envejecimiento y la mejora del equilibrio redox corporal, así como el contenido de triglicéridos y el colesterol total, lo que mejora el funcionamiento del organismo humano ya que posee fibra, hidrocoloides pigmentos, minerales, vitamina C y antioxidantes; dichos componentes lo convierten en una fruta ideal para su consumo en el marco de un régimen alimenticio equilibrado y como base para la producción de otros artículos comestibles (Herrera, 2018).

Asimismo, de acuerdo a Chicaiza & Pallo (2016) el fruto de la tuna posee características antibacterianas, astringentes y alcalinizantes, por lo cual su consumo es recomendable para personas que presentan diarreas y para tratar úlceras gástricas. Es esencial para abordar enfermedades del corazón ya que tiene un compuesto llamado cantina que aumenta tanto la potencia como el rango de las contracciones cardíacas.

Sin embargo, no todas las tunas presentan la misma cantidad de componentes debido a que están influenciadas por varios elementos como la clase de terreno, las circunstancias de cultivo y sobre todo la especie de tuna; por esta razón, la tuna roja y morada contienen una mayor concentración de antioxidantes en comparación con otras variedades, por lo que se afirma que desde tiempos antiguos, los habitantes de los Andes utilizaban el jugo de tuna para tratar la fiebre y la pulpa para abordar problemas como hernias, irritación del hígado, úlceras gástricas y diarrea (Abad, 2022).

2.2.7 Producción nacional de la tuna

En el 2020, la producción de nopal alcanzó más de 62.000 toneladas con una superficie de cosecha de 12.000 hectáreas y un rendimiento promedio de 5,3 toneladas/ha. Sin embargo, a comparación de años anteriores se ha observado una reducción importante en cuanto a su producción. Hay varias razones para el bajo rendimiento de la tuna, entre las cuales destaca la preferencia del agricultor por cultivar cochinilla (un tinte natural), que es más rentable y actualmente su cultivo abarca en promedio entre el 30 y el 40% del área total y el resto a la tuna, aunque en algunas zonas se cultiva mucho más la cochinilla, en el caso de Arequipa alcanza alrededor del 60% y otra de las razones es la falta de una buena gestión e implementación agronómica tecnología de cultivos (MIDAGRI, 2021).

El cultivo de tuna ocupa una extensión de 12,784 hectáreas en Perú. 62,000 toneladas se produjeron en 2020, con un rendimiento medio de 5,3 toneladas por hectárea. La producción excedió las 44,284 toneladas desde la primera mitad del año 2021. Las zonas con mayor productividad de esta fruta son Huancavelica, Apurímac, Cusco y Ayacucho; juntas generan más del 75% de la producción total (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

De acuerdo a Mostacero (2018) de los 24 departamentos del Perú, 15 producen tuna, y en su mayoría de manera silvestre, siendo Cusco el más importante productor de esta fruta, con un rendimiento de 15 toneladas por hectárea.

2.2.8 Comercialización

2.2.8.1 Mercado nacional de la tuna. El consumo de la tuna a nivel nacional es elevado en el mercado interno, alcanzando más del 98% de la producción total y la demanda se realiza con mayor frecuencia en estado fresco. Cada región oferta su producto en su gran mayoría en sus propias localidades y en menor cantidad lo trasladan hacia el departamento de Lima, que prefiere

las variedades blanca, amarilla y morada. Los ingresos del mercado mayorista de estas variedades provienen de las regiones de Ayacucho (variedad amarilla), Lima (variedades blanca y morada) e Ica (variedad amarilla) (MIDAGRI, 2021).

2.2.8.2 Mercado internacional de la tuna. Las exportaciones de la tuna en el Perú siguen siendo bajas e irregulares en los últimos años, siendo el 2020 el año de mayor exportación y entre sus productos con mayores embarques está la pulpa de tuna congelada representando más del 90% del total, siendo Selva Industrial S.A. la compañía que más exporta, con destino a Rusia, Países Bajos, Estados Unidos y Francia (Sierra y Selva Exportadora, 2021).

2.2.9 Manejo postcosecha de la tuna

Una vez cosechada la tuna, se llevan a cabo varias tareas: quitar las espinas, escogerla, empaquetarla, almacenarla y llevarla al lugar donde va a ser vendida; pero sin embargo, al realizar estas actividades de forma inadecuada, bajo condiciones poco saludables y sumando las condiciones climáticas adversas, así como uso de metodologías de conservación inapropiadas se generan pérdidas en su calidad e influye significativamente en el precio de venta y sobre todo en su conservación, ya que después de ser cosechada la tuna permanece viva y por lo tanto el proceso de respiración y transpiración se aceleran (Erazo et al., 2023).

Por eso, se deben tener en cuenta ciertos aspectos para el almacenamiento, como la temperatura ideal, que debe situarse entre 6 y 8 °C, posibilitando una conservación de entre dos y cinco semanas, dependiendo de la época del año en que los frutos se cosechan, su variedad y su estado de madurez. Por otra parte, el almacenamiento de la tuna requiere una humedad relativa ideal de entre 90 y 95%, siendo necesario la utilización de bolsas plásticas con algunas perforaciones para impedir la pérdida de humedad. Si la temperatura se encuentra por debajo de la

mencionada puede provocar daños en la piel de la tuna y por ende otras reacciones que podrían alterar su calidad y su vida útil (Herrera, 2018).

2.2.10 Métodos de conservación de la tuna

Las frutas como la tuna después de ser cosechadas pueden ser afectadas por factores externos e internos que alteran su composición, siendo poco seguros para ser consumidos por los seres humanos; dichos efectos negativos pueden darse por la acción de diversos microorganismos, como levaduras, mohos y bacterias, por reacciones enzimáticas, por aplicación de temperaturas inadecuadas de almacenamiento y por el metabolismo del propio producto (Cabrera, 2021). Es por ello que actualmente existen distintos métodos de conservación utilizados para almacenar la tuna en estado fresco y algunos de estos son la refrigeración, adición de conservantes químicos, pasteurización y congelación; los mismos que se describen a continuación:

2.2.10.1 Refrigeración. Este método es muy importante para almacenar la tuna debido a que las temperaturas bajas contribuyen a reducir la pérdida de agua, retrasan la senescencia e inhiben el crecimiento de microorganismos; pero sin embargo, la tuna fresca sometida a temperaturas por debajo de los 6 °C pueden sufrir daños en la piel y por ende en su calidad; es por ello que es de gran importancia mantener un control adecuado y constante de la temperatura durante su transporte y almacenamiento (Casilla, 2012).

2.2.10.2 Adición de conservantes químicos. El benzoato sódico es un compuesto que frena el crecimiento de microorganismos como bacterias, hongos y levaduras. Se trata de una sal que se disuelve con facilidad en agua, pero tiene una baja solubilidad en alcohol; Tiene un efecto bactericida, pero puede resultar tóxico si se utiliza en grandes cantidades. Tiene un efecto óptimo entre pH 2,5 a 4 y disminuye por encima de pH 5 (Cabrera, 2021).

2.2.10.3 Congelación. La congelación se ha utilizado para conservar los alimentos porque conserva el sabor y la textura; además, el valor nutricional y las propiedades funcionales se alteran en menor medida que en otros métodos de conservación. Por otro lado, una de las grandes ventajas de este sistema es que puede conservar la pulpa hasta por un año, pero es fundamental que la congelación se realice lo más rápido que se pueda, para que los cristales de hielo formados sean más pequeños y la calidad del producto congelado aumente; al disminuir la actividad del agua (a_w), se evita el crecimiento de microorganismos, la velocidad de las reacciones químicas disminuye y el metabolismo celular se retrasa (Cabrera, 2021).

2.2.11 Compuestos fenólicos

Se componen de C, H y O y se distinguen de los alcoholes porque su grupo hidroxilo está conectado al anillo aromático de forma directa; además, este grupo tiene un sustituyente, como lo evidencian los glucósidos que están unidos a unidades azucaradas. Son solubles en agua con facilidad y tienen una polaridad relativamente alta. Los compuestos fenólicos tienden a absorber con fuerza en la zona ultravioleta del espectro gracias a su carácter aromático, por lo que este proceso se emplea para identificarlos y después analizarlos cualitativamente. Las sustancias con funciones fenólicas múltiples, también llamadas hidroxibenceno, unidas a estructuras aromáticas o alifáticas están incluidas entre los compuestos fenólicos (Barboza, 2023).

Las propiedades que tienen los compuestos fenólicos para la salud son muy numerosas y es importante entenderlas. Las investigaciones clínicas, epidemiológicas e in vitro han demostrado sus efectos antibacterianos, anticancerígenos, antiinflamatorios, antialérgicos y cardioprotectores, entre otros. El perfil de polifenoles vegetales se puede utilizar para la caracterización y procesamiento de alimentos, así como para el control de calidad como indicador químico, ya que su contenido puede cambiar durante los procesos técnicos, para detectar y evaluar posibles

falsificaciones o modificaciones genéticas en la agricultura, productos alimenticios y en el ámbito industrial, como emplear alternativas sintéticas antioxidantes para proteger los alimentos del daño oxidativo o utilizar subproductos de derivados con menos afinidad por el agua que tienen propiedades farmacológicas superiores (Huamán, 2022).

Por otra parte, contribuyen a que las plantas se defiendan de microorganismos e insectos, y a soportar condiciones de estrés, como la radiación UV y temperaturas elevadas, al mismo tiempo que preservan su estructura. Asimismo, estas sustancias afectan la reproducción de las plantas y, en consecuencia, brindan protección contra la radiación ultravioleta, los depredadores y los agentes patógenos. Además, en la actualidad, estos compuestos son muy relevantes debido a su variedad de actividades biológicas y se les considera como algunos de los componentes más significativos debido a su función en la optimización de la salud humana (Barboza, 2023).

2.2.12 Antioxidantes de la tuna

Los antioxidantes son compuestos presentes en reducidas proporciones en los alimentos, y en comparación con un sustrato que puede oxidarse, tienen la capacidad de reconocerlo y evitar su oxidación, ya que actúa interrumpiendo la cadena de radicales, impide o disminuye la capacidad de que se formen radicales libres y tienen la capacidad de definir factores ambientales como la proporción de oxígeno, el nivel de humedad y la temperatura que se seleccionan a elección (Coavoy, 2015). Estos antioxidantes comprenden un variado conjunto de sustancias: vitaminas (C y E), compuestos fenólicos, minerales (como el cobre, zinc, manganeso y hierro), colorantes naturales y enzimas. Muchos de los antioxidantes son los mismos que se pueden encontrar principalmente en los vegetales, siendo importante y necesario el consumo de frutas, legumbres, tubérculos, verduras y hortalizas durante nuestra alimentación (Huamán, 2022).

Los antioxidantes presentes en la tuna tienen un importante aporte ya que demuestran que actúan frente la formación de radicales libres favoreciendo de esta manera a la salud de los seres humanos; en la pulpa y la piel de la tuna se encuentran principalmente antioxidantes como los compuestos fenólicos, pigmentos betalaínicos y vitamina C (Lugo, 2018).

2.2.13 Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante se refiere a la cantidad de un compuesto antioxidante y a su habilidad para prevenir la oxidación del sustrato. Cuando se mide en los alimentos, brinda información sobre la actividad o el aporte de los antioxidantes que pueden tener en el organismo cuando se consumen. Esta capacidad es diversa entre los distintos alimentos, evidenciando variaciones en su potencial para evitar enfermedades crónicas no transmisibles asociadas al estrés oxidativo (Huamán, 2022).

2.3 Definiciones conceptuales

2.3.1 Compuestos bioactivos

Son un componente importante de los alimentos funcionales y de algunos suplementos dietéticos, se hallan en el medio ambiente como un elemento de la red trófica y presentan beneficios para la salud humana (Guzmán & Caldera, 2019).

2.3.2 Pulpa de tuna

Es la parte comestible de la tuna que se encuentra debajo de la cáscara y es blanda con pequeñas pepas en su interior.

2.3.3 Fenoles totales

Son compuestos que poseen uno o más grupos hidroxilo conectados a un anillo aromático y están presentes en la comida y son considerados antioxidantes beneficiosos para el organismo (Peñarrieta et al., 2014).

2.3.4 Carbonato de sodio

Es una sal blanca casi transparente que existe en estado puro o cristalino, por lo que suele encontrarse junto con otras sales y de diversas formas en la naturaleza (Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera, 2022).

2.3.5 Folin-Ciocalteu

Se trata de un reactivo que incluye molibdato y tungstato sódico, los cuales interactúan con todos los tipos de fenol y se emplea para determinar compuestos fenólicos en alimentos (Gutiérrez et al., 2008).

2.3.6 Ácido Gálico

Es una sustancia fenólica que se halla en diversas fuentes naturales, tales como vegetales, frutas y hortalizas (Govea et al., 2013).

2.3.7 Minitab

Es un programa de análisis estadístico empleado para manejar información de diversas investigaciones que involucren una o varias variables.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

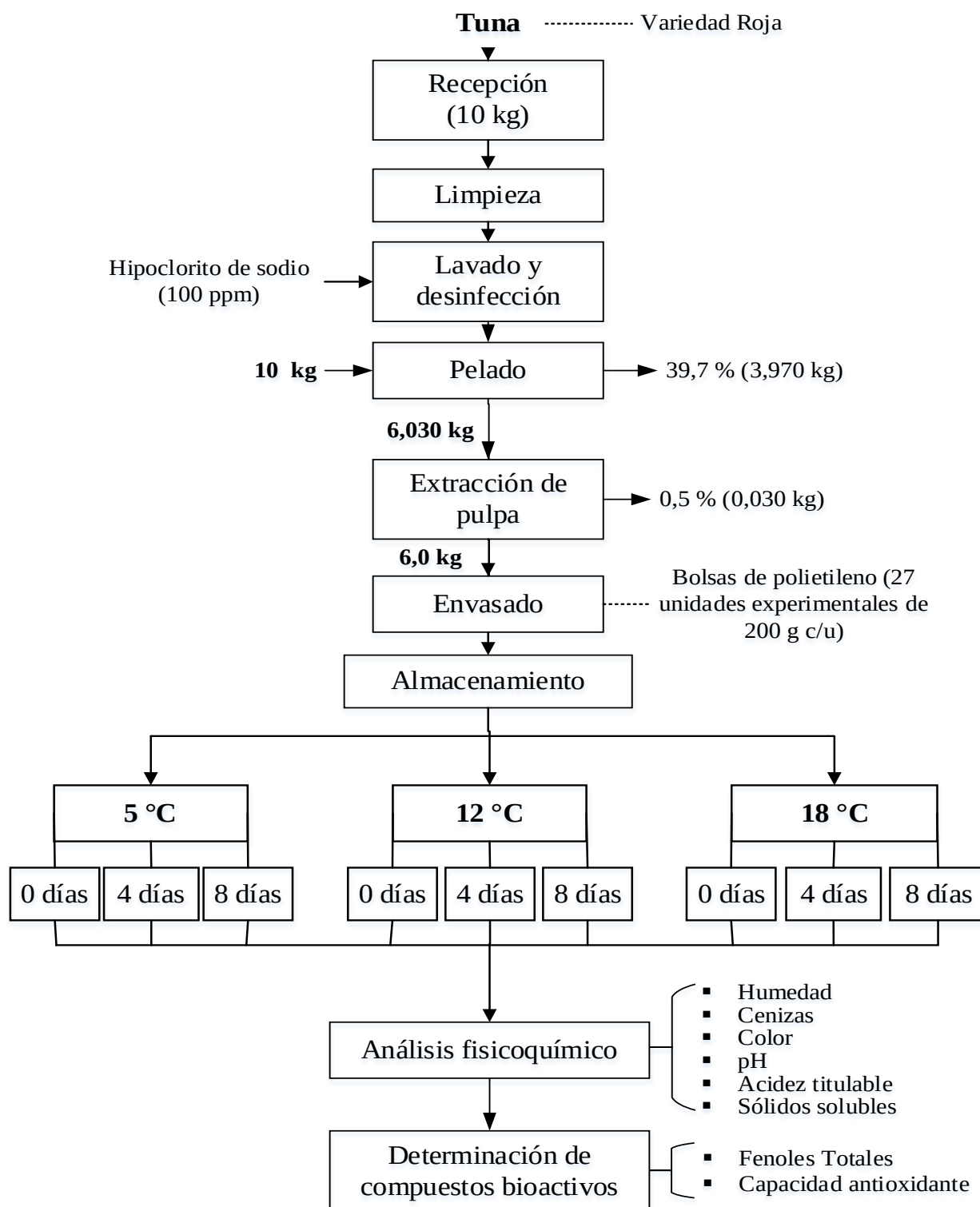
3.1 Tipo, diseño, nivel y enfoque de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación fue de tipo aplicada, dado que se basó en conocimientos ya adquiridos en la investigación básica y los utilizó para alcanzar objetivos específicos en la búsqueda de una solución al problema (Castro et al., 2022). Basándose en ello, la investigación se centró en determinar y analizar cómo la temperatura y el tiempo de almacenamiento afectan las características fisicoquímicas y los compuestos bioactivos de la pulpa de tuna variedad roja. Los resultados alcanzados permitieron crear información valiosa para su aplicación práctica, particularmente en lo que respecta a extender la vida útil de la pulpa de tuna.

3.1.2 Diseño de la investigación

Utilizando un diseño experimental completamente aleatorio (DCA) con una estructura factorial 3 x 3, se determinó cómo la temperatura y el tiempo de almacenamiento afectan las propiedades fisicoquímicas y los compuestos bioactivos de la pulpa de tuna variedad roja. En este diseño, el factor A estuvo constituido por tres temperaturas de almacenamiento: 5, 12 y 18 °C; mientras que el factor B estuvo constituido por tres tiempos de almacenamiento: 0, 4 y 8 días. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones, lo que dio un total de 27 unidades experimentales. El diseño experimental usado en este estudio se presenta en la figura 6 que a continuación se muestra.

Figura 6*Diagrama del diseño experimental de la investigación*

3.1.2.1 Descripción del diagrama del diseño experimental de la investigación:

- **Recepción.** Los frutos de tuna variedad roja fueron recolectados en el caserío Huayrabamba, que pertenece al distrito de Cochabamba, en la provincia de Chota. Como parte de la selección se consideraron factores como el tamaño uniforme, el color adecuado y ausencia de picadura por insectos y daños microorganismos. El total de frutos de tuna recolectados fueron de 10 kg.

- **Limpieza.** Para esta operación se utilizaron pequeñas escobillas y se pasaron suavemente sobre el fruto con el objetivo de eliminar las espinas que contiene al exterior de su cáscara, evitando provocar golpes y otros daños para no afectar la calidad de la tuna.

- **Lavado y desinfección.** Una vez eliminadas las espinas, los frutos de tuna se lavaron cuidadosamente con agua potable a flujo corriente con el propósito de eliminar ciertas impurezas adheridas al fruto; posteriormente, se colocaron en inmersión en una solución de NaClO a 100 ppm durante 5 minutos para eliminar la carga microbiana existente. Finalmente, se escurrieron durante 30 segundos.

- **Pelado.** Esta operación consistió en cortar cuidadosamente la cáscara de los frutos de tuna con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable para finalmente extraer la parte interna del fruto. Después de esto se evidenció una pérdida del 39,7 % (3,970 kg) en cáscara, quedando 6,030 kg de pulpa entera.

- **Extracción de la pulpa.** Consistió en triturar los frutos de tuna ya pelados en una licuadora doméstica con el fin de obtener una pulpa suave y homogénea. Durante esta operación se perdió 0,5 % (0,030 kg) de pulpa, quedando como producto final 6,0 kg de pulpa triturada.

- **Envasado.** Consistió en colocar 200 g de pulpa de tuna previamente triturada en bolsas de polietileno de baja densidad, con cierre hermético Ziploc, esto fue para cada una de las muestras,

las cuales se cubrieron con papel aluminio para evitar el contacto directo con la luz y evitar la oxidación.

• **Almacenamiento.** Posterior al envasado, se tomaron cada una de las muestras debidamente rotuladas y se almacenaron a tres temperaturas distintas: refrigeración (5 °C), incubación (12 °C) y ambiente (18 °C). Para la temperatura ambiente, se empleó una incubadora con el fin de mantener una temperatura estable. El tiempo de almacenamiento fue de ocho días, y los análisis se llevaron a cabo el día cero, el día cuatro y el día ocho.

De igual manera, el arreglo experimental se muestra en la Tabla 4, en la cual se describen cada uno de los tratamientos experimentales de la combinación de los tres tiempos (0, 4 y 8 días) y las tres temperaturas de almacenamiento (5, 12 y 18 °C), obteniéndose un total de 9 tratamientos. Cada tratamiento constó de 3 repeticiones, sumando 27 unidades experimentales.

Tabla 4

Arreglo experimental de la investigación

Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura °C	Características fisicoquímicas	Compuestos bioactivos
T ₁	0	5	-	-
T ₂	0	12	-	-
T ₃	0	18	-	-
T ₄	4	5	-	-
T ₅	4	12	-	-
T ₆	4	18	-	-
T ₇	8	5	-	-
T ₈	8	12	-	-
T ₉	8	18	-	-

3.1.3 Nivel de investigación

El estudio actual fue explicativo porque se analizó y definió adecuadamente la relación causa y efecto entre el tiempo y la temperatura de almacenamiento en lo que respecta a las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*) variedad roja, así como a los compuestos bioactivos. Esto se realizó mediante el manejo controlado de estas variables y el análisis del significado de sus efectos (Ramos, 2020).

3.1.4 Enfoque de la investigación

Esta investigación se basó en un enfoque cuantitativo, pues se recogieron y estudiaron datos numéricos que permitieron obtener resultados de frecuencia, medición y parámetros de las conclusiones alcanzadas en la población objetivo. Además, se consideró cuantitativa porque los datos se analizaron utilizando técnicas estadísticas, para probar la hipótesis, identificando las diferencias significativas (Medina et al., 2023).

3.2 Ubicación, población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.2.1 Ubicación

Esta investigación se realizó en el distrito de Chota, que pertenece a la provincia del mismo nombre y al departamento de Cajamarca, concretamente en los laboratorios que se detallan a continuación: Los laboratorios de Frutas y Hortalizas, de Análisis para el Control de Calidad y de Operaciones Unitarias son parte del área profesional de Ingeniería Agroindustrial. Esta pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

3.2.2 Población

Para este estudio, se utilizó como población todos los frutos de tuna (*Opuntia ficus indica*) de la variedad roja, que provenían del caserío Huayrabamba, en el distrito de Cochabamba, ubicado

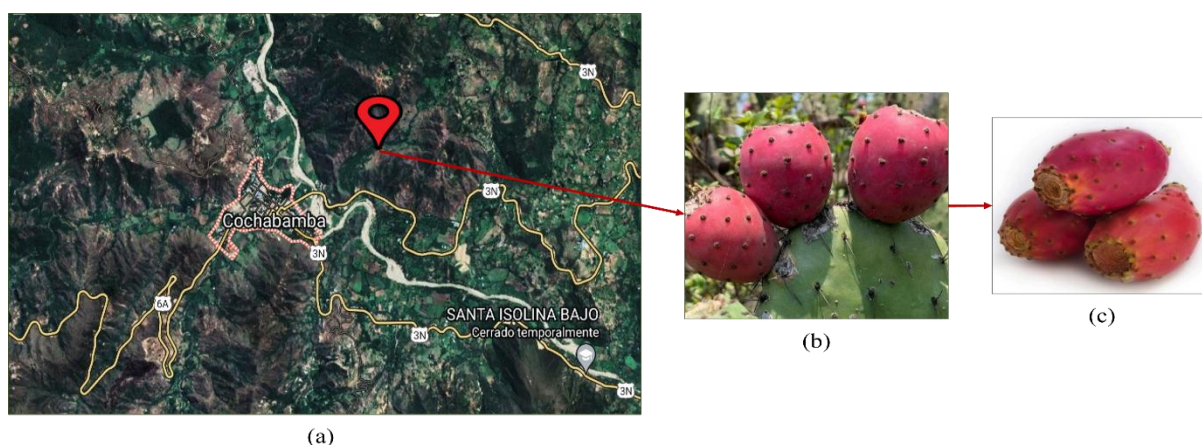
en la provincia de Chota y en la región de Cajamarca. Este último se ubica a una altura de 2667 m por encima del nivel del mar [UTM: -78.878375; -6.485082].

3.2.3 Muestra

La recolección de la muestra, tal como se puede observar en la Figura 7, tuvo lugar en Huayrabamba, un caserío ubicado en el distrito de Cochabamba (provincia de Chota, región de Cajamarca). Esta consistió en 10 kg de frutos de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja.

Figura 7

Ubicación y extracción de muestra



Nota. (a) ubicación del caserío Huayrabamba, (b) cultivos de tuna existente, (c) extracción de los 10 kg de muestra.

3.2.4 Muestreo

Para este estudio, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia porque se recogió la muestra teniendo en cuenta aspectos propios del investigador como la disponibilidad de materia prima y acceso a la misma (Otzen & Manterola, 2017); la elección se llevó a cabo considerando factores como: color, tamaño, grado de madurez, ausencia de picaduras de insectos y otros daños que se evidenciaron al momento de su recolección.

3.2.5 Unidad de análisis

Esta investigación buscó determinar las variaciones que sufren las propiedades fisicoquímicas y componentes bioactivos de la pulpa de tuna a través del tiempo y temperatura de almacenamiento. Por lo que la unidad de análisis fue cada una de las muestras de la pulpa de tuna roja.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la Tabla 5, que se presenta a continuación, se detallan las técnicas e instrumentos utilizados para recolectar los datos y la información durante el desarrollo de esta investigación.

Tabla 5

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas	Instrumentos	Datos recolectados
Observación	Ficha de observación	Recolección de información sobre las características de la tuna
Mediciones	Balanza analítica (OHAUS), pipeta y bureta	Pesos de las muestras y medida de volumen de los reactivos para preparación de soluciones
Evaluación fisicoquímica	Mufla (NABERTHERM), refractómetro digital (ANNA INSTRUMENTS), potenciómetro y colorímetro (WR-100C)	Valores de humedad, cenizas, °Brix, %Acidez, pH y color.
Evaluación compuestos bioactivos	Tubos de ensayo (PYREX) y espectrofotómetro (PG) INSTRUMENTS) reactivos	Contenido de fenoles totales (mg Eq AG/100 g) Capacidad antioxidante (TE/g)

3.4 Hipótesis

H_a: Las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja son afectadas significativamente por el tiempo y temperatura de almacenamiento postcosecha.

H₀: Las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (*Opuntia ficus indica*) variedad roja no son afectadas significativamente por el tiempo y la temperatura de almacenamiento postcosecha.

3.5 Operacionalización de variables

Es fundamental la operacionalización de variables en cualquier investigación, pues posibilita que cada una de las variables de estudio se disponga lógicamente, junto a sus indicadores y unidades de valor. Esto se evidencia en la Tabla 6.

Tabla 6*Operacionalización de variables*

Tipo de variable	Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumento
Independientes	Tiempo de almacenamiento	Cantidad de tiempo en el cual un producto es colocado en un ambiente específico.	Tiempo de almacenamiento	Tiempo en días	Cronómetro
	Temperatura de almacenamiento	Condiciones de calor o frío en el cual se almacena un alimento.	Temperatura de almacenamiento	Temperatura (°C)	-
Dependientes	Características fisicoquímicas	Físicas: cualidades de un alimento que se manifiestan sin alterar su composición. Químicas: Capacidad característica de un alimento para reaccionar y formar nuevas sustancias	Caracterización Fisicoquímicas de la tuna	% Humedad	Secado en estufa
				% Cenizas	Incineración en mufla
				Color (L*, a* y b*)	Colorímetro
				pH	Potenciómetro
				% Acidez titulable	Equipo de titulación
Dependientes	Compuestos bioactivos	Sustancias químicas que se hallan en la naturaleza y en los alimentos funcionales, pero en cantidades reducidas	Cantidad de compuestos bioactivos presentes en la tuna	Fenoles (mg Eq AG/100 g)	Espectrofotómetro
				Capacidad antioxidante (µg TE/100 g)	

3.6 Procedimientos de recolección de datos

En esta investigación se utilizó el método hipotético deductivo, ya que se pretendía corroborar la veracidad de una hipótesis planteada inicialmente (Landeo, 2019). También se empleó el método analítico puesto que se llevó a cabo distintos análisis a cada una de las muestras

de acuerdo a los tratamientos aplicados para determinar el efecto causado sobre las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la tuna (Hernandez, 2017).

3.6.1 Determinación de las propiedades fisicoquímicas

3.6.1.1 Determinación de la humedad. El contenido de humedad se determinó a través del método de secado en estufa, este se fundamenta en la pérdida de peso al someterlo al calor utilizando una estufa. El procedimiento consistió en colocar 5 g de tuna por cada muestra en una placa Petri y se llevaron al interior de una estufa previamente configurada a 105 °C hasta conseguir un peso constante. Posterior a ello se extrajeron las muestras y se dejaron enfriar en un desecador durante 30 minutos; transcurrido dicho tiempo fueron pesadas y con los resultados obtenidos se procedió a realizar el cálculo del porcentaje de humedad empleando la Ecuación 1 (Nieto, 2021).

$$\% \text{ humedad} = \frac{P_1 - P_2}{M} \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

P_1 = Peso de la placa + muestra húmeda (g)

P_2 = Peso de la placa + muestra seca (g)

M = Peso de la muestra (g)

3.6.1.2 Determinación de cenizas. El método AOAC 942.0 fue el utilizado para determinar las cenizas en esta investigación. Para ello, se pesaron 2 g de pulpa de tuna en un crisol de porcelana. Después, se trasladaron a una mufla a 550 °C durante 2 h. Al finalizar este periodo, las muestras fueron extraídas y puestas en un desecador hasta que se enfriaran. Luego, se les pesó nuevamente; el contenido de cenizas se determinó mediante la Ecuación 2 (Morejón, 2017).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_1 - P_2}{M} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

P_1 = Peso del crisol + muestra húmeda (g)

P_2 = Peso del crisol + cenizas (g)

M = Peso de la muestra (g)

3.6.1.3 Determinación del color. El método utilizado para determinar el color fue el de colorimetría. Para lo cual se empleó un colorímetro digital que midió la intensidad del color en una escala como CIE Lab*. Antes de adquirir el color, el equipo fue calibrado en dos etapas: calibrado en blanco y calibrado en negro. Para determinar las coordenadas de L*, que se refiere a la luminosidad (de 0 a 100), y a* y b*, correspondieron a colores rojos cuando fueron positivos o verdes si son negativos, y amarillo si es positivo o azul si es negativo, respectivamente, los datos fueron tomados tres veces con un iluminante D65 y una luz D65. Además, se utilizó la Ecuación 3 para obtener la diferencia total de color entre las tres coordenadas (Jiménez, 2014).

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{0.5} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$$\Delta L^* = L^*_{\text{almacenado}} - L^*_{\text{inicial}}$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{almacenado}} - a^*_{\text{inicial}}$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{almacenado}} - b^*_{\text{inicial}}$$

El valor de ΔE te indicó el cambio perceptible en el color debido al tiempo y la temperatura de almacenamiento, valores más altos de ΔE sugieren un cambio de color más notable en la pulpa de tuna.

3.6.1.4 Determinación de la acidez titulable. Para llevar a cabo este análisis se tomó 0,2 ml de muestra de tuna de cada uno de los tratamientos previamente triturada y filtrada. Posterior a ello se homogenizó con 100 ml de agua destilada y se llevó a titulación agregando 1 gota de fenolftaleína al 1 %; seguidamente se agregó la solución de NaOH al 0,1 N y se realizó el registro del volumen gastado, el mismo que fue útil para el cálculo del porcentaje de acidez titulable en base al ácido cítrico (0,064 g/meq) y utilizando la Ecuación 4 (Zuloeta, 2017).

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_1 \times N \times P_{eq}}{V_2} 100$$

Ecuación 4

Donde:

V1: Volumen de NaOH gastado (ml)

V2: Volumen de la muestra (ml)

Peq: Peso equivalente del ácido cítrico (0,064 g/meq)

N: Normalidad del NaOH (mq/ml)

3.6.1.5 Determinación del pH. Para determinar el pH se hizo uso de un pH-metro, que fue calibrado inicialmente con soluciones tampón pH 4 y pH 7; para la medición se tomó un vaso de precipitación con capacidad de 100 ml, donde colocaron 5 ml de muestra, seguidamente se sumergió el electrodo del equipo dentro de la muestra y se esperó un tiempo hasta que el valor mostrado en la pantalla del equipo se estabilice para realizar la lectura del valor del pH. Finalmente, el electrodo fue lavado con agua destilada y se secó cuidadosamente para continuar utilizándose en la medición de otras muestras (Mostacero, 2018).

3.6.1.6 Determinación de sólidos solubles (°Brix). Para realizar este análisis se tomó una muestra al azar de cada tratamiento, se trituro y con ayuda de un filtro la pulpa fue filtrada; luego se colocó 1 gota de jugo de tuna en el prisma del refractómetro digital, cuyo rango fue de 0 a 30 °Brix. Finalmente se realizó la observación y lectura correspondiente de los valores reportados (Zuloeta, 2017).

3.6.1.7 Determinación de fenoles. Para determinar el contenido de compuestos fenólicos en la pulpa de tuna (*Oputina ficus indica*) variedad roja se utilizó el método de Folin-Ciocalteu expuesto por (Obregón y Lozano, 2021).

Preparación de solución de carbonato de sodio al 6 %. Se pesó 1,5 g de carbonato de sodio y se introdujeron en una fiola que tenía una capacidad de 25 mL. Posteriormente, se ejecutó la dilución en 10 mL de agua destilada y se completó el volumen con agua destilada.

Preparación de solución patrón de ácido gálico. Se pesaron 50 mg de ácido gálico, luego se colocaron en una fiola de 25 mL, luego se disolvieron en agua destilada y finalmente se llenó hasta su capacidad.

Curva de calibración. Con el propósito de conseguir diferentes concentraciones que oscilaron entre 20 µg/mL y 500 µg/mL, se llevó a cabo la dilución de agua destilada y solución patrón de ácido gálico, utilizando tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio, tal como se indica en la Tabla 7.

Tabla 7

Preparación de las disoluciones usadas para la obtención de la curva de AGE

Concentración (µg/mL)	Solución patrón de AGE(µL)	Agua destilada (µL)
20	10	990
50	25	975
100	50	950
300	150	850
500	250	750

Se tomaron 100 µL de las soluciones previas y se pusieron en cada tubo de ensayo correspondiente. Después, se añadieron 250 µL del reactivo Folin Ciocalteu 1N y se dejó reposar durante 6 minutos. Después, se añadió 750 µL de Na₂CO₃ al 6 % y se completó con 1,9 ml de agua destilada hasta alcanzar un volumen total de 3 ml. Luego de homogeneizar, se reposó en un sitio oscuro a temperatura ambiente durante media hora y, después de que ese tiempo pasó, se utilizó

un espectrofotómetro UV-visible para tomar la medida de absorbancia a 765 nm. Se utilizó la Ecuación 5 para determinar el contenido final de fenoles totales.

$$\text{Concentración de fenoles} = \frac{\frac{\text{Absorbancia}-a}{b}}{\text{Dilución de la muestra}} \quad \text{Ecuación 5}$$

3.6.1.7 Determinación de la capacidad antioxidante (CA). Este componente fue determinado basándose en el procedimiento del DPPH, el mismo que fue utilizado por Jurado et al. (2016). El cual consistió en preparar disoluciones de 1:10 ml; una vez preparadas se tomaron 100 µL de dicha solución con ayuda de una micropipeta y se colocaron un tubo de ensayo. Luego, se incorporaron 3,9 ml de reactivo DPPH para conseguir un volumen total de 4 ml. Se utilizó un espectrofotómetro para medir la absorbancia ($\lambda = 515$ nm) después de que estuvo en reposo durante media hora en un lugar oscuro a temperatura ambiente. Finalmente, se presentaron los resultados en µmol Trolox/g.

Preparación del DPPH: este procedimiento se realizó pesando 2,4 mg del reactivo DPPH, los mismos que se diluyeron con 100 ml de metanol al 80 %, dicha dilución fue agitada constantemente a lo largo de 40 minutos, posterior a ello se colocaron en una fiola cubierta con papel aluminio, cuyo propósito fue evitar el contacto directo con la luz.

Preparación de Trolox: Para esto se pesaron 25 mg de Trolox y se colocaron en una fiola, luego se agregó metanol al 80 % hasta alcanzar un volumen de 50 ml.

Curva de calibración del Trolox. Las soluciones se elaboraron en tubos de 10 mL utilizando la solución patrón de Trolox (2000 µM). Las concentraciones, las cuales se pueden observar en la Tabla 8, oscilaron entre 0.1 y 2 µg para cada uno de los tubos.

Tabla 8*Preparación de las disoluciones usadas para la obtención de la curva de Trolox*

Concentración (µg/mL)	Solución patrón de Trolox (mL)	Metanol al 80% (mL)
0,1	0,5	9,5
0,5	2,5	7,5
1	5,0	5
1,5	7,5	2,5
2	10	0

Se incorporaron 100 µL de cada una de las soluciones a tubos de ensayo en un lugar resguardado de la luz, tras lo cual se añadieron 3,9 mL del reactivo DPPH. Se mezcló todo y luego se dejó reposar por media hora. En última instancia, se utilizó un espectrofotómetro para determinar la absorbancia a 515 nm.

3.7 Procedimientos de análisis de datos

Se empleó el Microsoft Excel 2021 para organizar los datos, Minitab 2021 (un software estadístico) para procesarlos y el Análisis de Varianza (ANOVA) para analizarlos. La finalidad era verificar si había variaciones significativas entre los tratamientos respecto a la temperatura y al tiempo de almacenamiento; se fijó un nivel de confianza del 95% para este propósito. La prueba paramétrica de Tukey se empleó para determinar la manera en que cada tratamiento se distingue a través de la comparación de las medias, después de haber conseguido diferencias significativas.

3.8 Materiales y equipos

3.8.1 Para la determinación de la humedad

- ✓ **Placa Petri:** recipiente de vidrio Marca Normax con capacidad de 100 x 15 mm, se utilizó para colocar las muestras de pulpa de tuna y posteriormente llevarlas al interior de la estufa.

- ✓ **Desecador:** material hermético de vidrio con placa de porcelana de 240 mm que se utilizó para colocar las muestras recién extraídas de la estufa hasta que estas alcancen una temperatura ambiente.
- ✓ **Estufa:** marca Binder, Modelo ED 56 (serie ED Avantgarde. Line) con capacidad de 10 litros. Este equipo se utilizó para determinar la humedad, para lo cual fue previamente programada.
- ✓ **Balanza analítica:** instrumento de alta precisión 120 g/0,0001 g, marca BB-ADAM*, tiene una caja de vidrio para evitar que ingrese el aire y obtener mediciones más precisas. Se utilizó para pesar cada una de las muestras.

3.8.2 Para la determinación de cenizas

- ✓ **Crisol:** recipiente pequeño de porcelana con capacidad de 30 mL. Se usó para colocar la muestra de pulpa de tuna y llevarlo al interior de la mufla, ya que estos resisten temperaturas elevadas como en este caso fue 550 °C.
- ✓ **Mufla:** equipo especializado de laboratorio marca Nabertherm, funciona como horno y se utilizó para determinar el contenido de cenizas empleando altas temperaturas.

3.8.3 Para la medición del color

- ✓ **Colorímetro digital:** equipo marca 3Nh y modelo NR200, con iluminante D65 y observador estándar de 10°, el mismo que fue calibrado previamente en blanco y negro. Se usó para medir el color en los parámetros L*, a* y b*.

3.8.4 Para la determinación de acidez titulable

- ✓ **Fenolftaleína 1 %:** reactivo otorgado por la Escuela Profesional de Ingeniería agroindustrial. Funcionó como indicador ácido-base y se usó para llevar a cabo la titulación.

- ✓ **Hidróxido de Sodio (NaOH) 0,1 N:** N° CAS: 1310-73-2. Número CE : 215-185-5, su masa molar es 40 g/mol. Es la solución que se utilizó para neutralizar los ácidos de la muestra de tuna y de esta forma obtener la coloración característica.
- ✓ **Bureta, pipeta, soporte universal y vaso de precipitación:** conjunto de materiales que conforman un solo equipo que sirvió para realizar la titulación y luego obtener la acidez titulable.

3.8.5 Para la determinación del pH

- ✓ **pH-metro:** marca APERA INSTRUMENTS (Serie PC60) con un rango de 0-14, previamente calibrado con soluciones buffer con pH de 4 y pH de 7. Se usó para medir y tomar lectura del pH.

3.8.6 Para la medición de sólidos solubles (°Brix)

- ✓ **Refractómetro:** modelo Hanna HI96801 con un rango de medición 0 a 85 °Brix, se usó para medir el contenido de azúcar en las muestras.

3.8.7 Para la determinación de fenoles

- ✓ **Agua destilada:** agua no estéril marca ALKOFARMA de uso externo que se utilizó para la preparación de soluciones y para limpiar algunos materiales.
- ✓ **Ácido gálico (C₇H₆O₅) para síntesis:** Marca SIGMA ALDRICH. CAS 149-91-7, masa molar 170,12 g/mol. Fue obtenido del Laboratorio TAWA S.A. cuya presentación fue de 250 mg. Se usó para determinar el contenido de fenoles en las muestras de tuna. Su grado de pureza no se especifica en la ficha técnica brindada por el laboratorio.
- ✓ **Reactivo del fenol según Folin-Ciocalteu:** Marca SUPELCO – MERCK, obtenido del Laboratorio TAWA S.A. con una presentación de 500 ml. Se usó para determinar el

contenido de fenoles en las muestras de tuna. Su grado de pureza no se especifica en la ficha técnica brindada por el laboratorio.

- ✓ **Tubos de Ensayo:** material de vidrio que se usó para colocar las diluciones como por ejemplo de ácido gálico y para colocar soluciones de Trolox.
- ✓ **Papel aluminio:** material que se utilizó para envolver los tubos de ensayo, con el fin de protegerlos de la luz y evitar que esta sufra alteraciones.
- ✓ **Espectrofotómetro:** Marca GENESYS 150 UV-VIS (MR-E-0025) con cable usa “THERMO SIENTIFIC”, Serie 9A5B271037. Se usó para medir la absorbancia de las muestras con lo cual se calculó la capacidad antioxidante.

3.8.8 Para la determinación de capacidad antioxidante

- ✓ **Reactivo 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH):** Fue de marca SIMA ALDRICH. Su presentación fue de 1 g, con temperatura de almacenamiento de 2 – 8 °C. Fue obtenido del Laboratorio TAWA S.A. y se usó como reactivo principal para la determinación de la capacidad antioxidante. Su grado de pureza no se especifica en la ficha técnica brindada por el laboratorio.
- ✓ **Ácido (±) -6- hidroxí -2,5,7,8-tetrametilcromano-2- carboxílico 97% (Trolox):** marca SIGMA ALDRICH. Requirió una temperatura de almacenamiento de 2 a 8 °C. Fue obtenido del Laboratorio TAWA S.A. en una presentación de 1 g. Se usó para preparar la solución madre durante la determinación de la capacidad antioxidante. Su grado de pureza no se especifica en la ficha técnica brindada por el laboratorio.
- ✓ **Fiola o matraz de Erlenmeyer:** recipiente de vidrio con forma de pera y cuello largo y estrecho, marca PYREX. Se utilizó para contener, almacenar y medir las soluciones preparadas

- ✓ **Espectrofotómetro:** Marca GENESYS 150 UV-VIS (MR-E-0025), con cable usa “THERMO SIENTIFIC”, Serie 9A5B271037. Se usó para medir la absorbancia de las muestras con lo cual se calculó la capacidad antioxidante.

3.9 Aspectos Éticos

Este proyecto de investigación se llevó a cabo bajo condiciones experimentales adecuadas para cada prueba y sin poner en peligro al personal involucrado en este estudio. Además, los datos obtenidos son originales, específicos del estudio y tratados de forma confidencial, sin manipulación ni falsificación. Por otro lado, la objetividad de este proyecto se basa en que los análisis se realizaron según criterios técnicos, de manera justa, con información veraz que protegió a los involucrados en el estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Descripción de resultados

4.1.1 Evaluación del efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de tuna variedad roja

A. Resultados del contenido de humedad de la pulpa de tuna

La Tabla 9 presenta el comportamiento de la humedad de la pulpa de la tuna en función al tiempo de almacenamiento y la temperatura a la cual estas fueron sometidas, observándose la disminución de esta característica al incrementarse el tiempo de almacenamiento, intensificándose aún más a medida que aumentó la temperatura. En este sentido, en el día 0 la pulpa presentó los niveles de humedad más elevados (entre 81,13 y 81,64 %), luego en los días 4 y 8 se evidenció una disminución notoria y constante en todos los tratamientos, siendo más acentuada en las muestras almacenadas a 18 °C, mientras que a 5 °C la humedad se mantuvo más estable. Lo obtenido indica que la humedad se reduce al ser mayor el tiempo y la temperatura debido a la pérdida de agua por evaporación y a los procesos metabólicos que se producen durante el almacenamiento.

Tabla 9

Variación de la humedad en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento

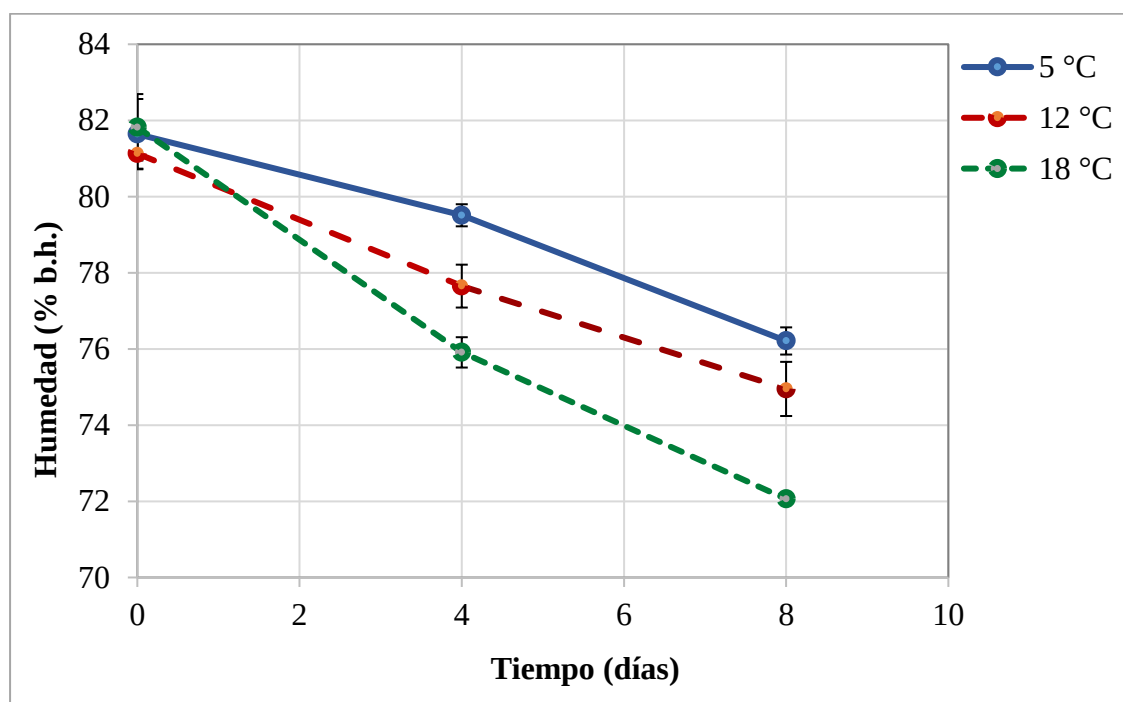
Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Humedad (% b.h.) Promedio $\pm$ SD
T ₁	0	5	81,64 $\pm$ 0,92 ^{aA}
T ₂	0	12	81,13 $\pm$ 0,40 ^{aB}
T ₃	0	18	81,82 $\pm$ 0,88 ^{aC}
T ₄	4	5	79,51 $\pm$ 0,29 ^{bA}
T ₅	4	12	77,65 $\pm$ 0,56 ^{bB}
T ₆	4	18	75,91 $\pm$ 0,40 ^{bC}
T ₇	8	5	76,21 $\pm$ 0,36 ^{cA}
T ₈	8	12	74,95 $\pm$ 0,71 ^{cB}
T ₉	8	18	72,06 $\pm$ 0,10 ^{cC}

Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

Lo presentado en la tabla se puede visualizar mejor de forma gráfica en la Figura 8, en la cual se observa que las tres curvas tienden a decrecer a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, y con respecto a la temperatura se observa que a 5 °C la curva se sitúa por encima de las otras temperaturas y su decrecimiento es más lento, mientras que a 18 °C la reducción fue mayor, demostrando que las temperaturas más bajas disminuyen la pérdida de humedad y hacen posible una conservación más adecuada de la pulpa de tuna mientras se almacena.

Figura 8

Tendencia del contenido de humedad de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas



Los resultados son corroborados estadísticamente por el análisis de varianza (ANOVA), que evidenció que la temperatura, el tiempo y su interacción tuvieron un efecto significativo en la humedad de la pulpa ($p < 0,05$), dichas diferencias según Tukey se presentaron entre todos los niveles de tiempo, con una baja en la humedad desde el día 0 hasta el día 8, y entre todas las temperaturas analizadas (5, 12 y 18 °C) (ver Anexo 4).

B. Resultados del contenido de cenizas de la pulpa de tuna

En cuanto al contenido de cenizas en la pulpa de tuna, los resultados mostrados en la Tabla 10 evidencian un incremento progresivo a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento y más aún al ser mayor la temperatura. Estos resultados revelan que el menor contenido de cenizas (de 0,20 al 0,22 %) se obtuvo en el día 0, con ligeras variaciones entre tratamientos; sin embargo, en el día 4 el contenido de cenizas se incrementó moderadamente, y continuó dicha tendencia hasta el día 8, donde alcanzó los valores más altos de cenizas (0,27 %) principalmente en las muestras almacenadas a 18 °C, este incremento refleja una mayor concentración de minerales en la pulpa de tuna a lo largo del almacenamiento, principalmente en aquellas muestras que fueron almacenadas a temperaturas superiores.

Tabla 10

Contenido de cenizas de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento

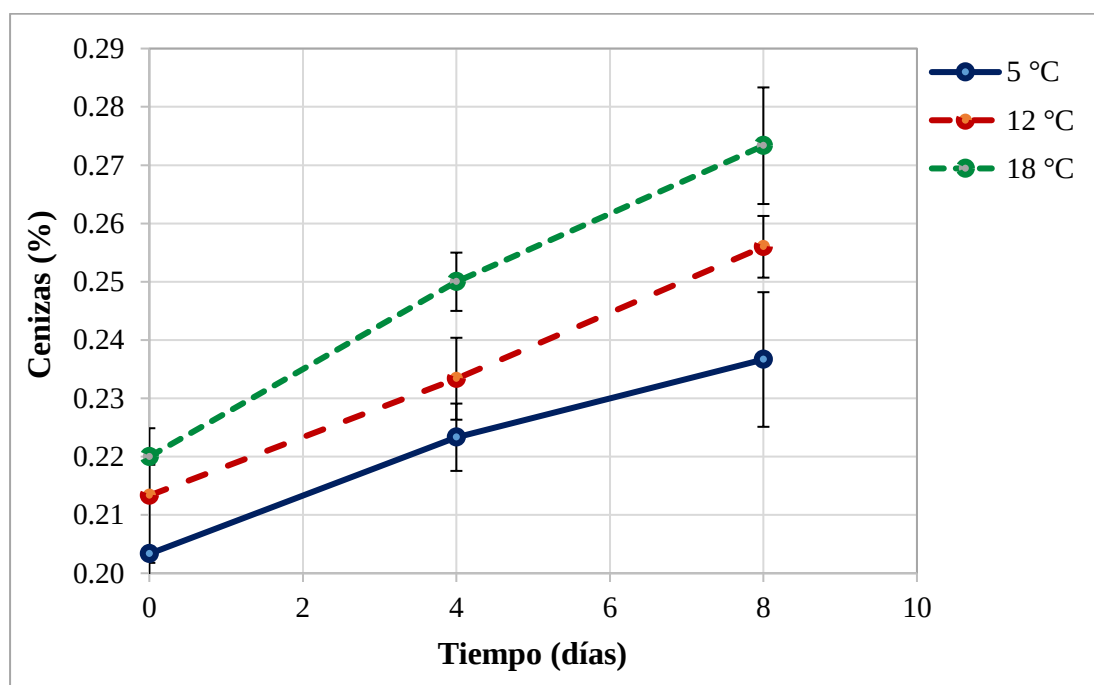
Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Cenizas (%) Promedio $\pm$ SD
T ₁	0	5	0,20 $\pm$ 0,02 ^{cB}
T ₂	0	12	0,21 $\pm$ 0,01 ^{cB}
T ₃	0	18	0,22 $\pm$ 0,01 ^{cA}
T ₄	4	5	0,22 $\pm$ 0,01 ^{bB}
T ₅	4	12	0,23 $\pm$ 0,01 ^{bB}
T ₆	4	18	0,25 $\pm$ 0,01 ^{bA}
T ₇	8	5	0,24 $\pm$ 0,01 ^{aB}
T ₈	8	12	0,26 $\pm$ 0,01 ^{aB}
T ₉	8	18	0,27 $\pm$ 0,01 ^{aA}

Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

El gráfico mostrado en la Figura 9, muestra una pendiente progresivamente ascendente en las tres temperaturas de almacenamiento a medida que transcurre el tiempo, denotándose que la curva de 5 °C se sitúa por debajo de las otras temperaturas, mientras que a 18 °C se observa una tendencia más notoria hacia el incremento. Esto es un indicativo de que las temperaturas más bajas ralentizan los cambios fisicoquímicos asociados a la concentración de minerales, logrando una mayor conservación la pulpa de tuna mientras se almacena.

Figura 9

Tendencia del contenido de cenizas de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas



En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se obtuvieron efectos significativos de ambos factores (temperatura y tiempo de almacenamiento) sobre el contenido de cenizas de la pulpa de tuna ($p = 0,000$) y no significativo para el caso de la interacción ($p = 0,420$). De acuerdo a ello, la prueba Tukey reveló que las diferencias significativas se presentaron entre todos los niveles de tiempo, y en cuanto a la temperatura el contenido de cenizas de las muestras almacenadas a 18 °C se diferenció estadísticamente de 5 y 12 °C (ver Anexo 4).

C. Resultados del color (L^* , a^* y b^*) de la pulpa de tuna

En la Tabla 11 se muestra los resultados de los parámetros de color en la pulpa de tuna variedad roja, en la cual se puede visualizar que la luminosidad (L^*) se redujo progresivamente al incrementarse el tiempo y la temperatura de almacenamiento, lo que indica que la pulpa oscureció por efecto de estos factores, siendo más pronunciado este cambio de color en las muestras almacenadas a 18 °C y en un tiempo de 8 días.

Asimismo, en lo referente al parámetro a^* se evidenció un incremento al ser mayor el tiempo y temperatura de almacenamiento, mientras que el parámetro b^* se redujo al experimentar las mismas condiciones, especialmente a 18 °C, condición donde alcanzaron valores cercanos a cero e incluso negativos. Esto indica un cambio de un color rojizo con rasgos amarillentos hacia un color rojo más intenso.

Por otro lado, se realizó el cálculo de la diferencia total del color (ΔE), para lo cual se tomó como referencia los valores iniciales de L^* , a^* y b^* de la pulpa de tuna al día 0 de almacenamiento, observándose un incremento de ΔE con el tiempo y al ser mayor la temperatura; tendencia que también fue observada en el índice de color (IC). Esto confirma que la pulpa al experimentar un incremento en los niveles de ambos factores presenta un cambio hacia un color más intenso, más saturado o marcado.

Tabla 11

Parámetros de color de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Parámetros de color				
			L* ± SD	a* ± SD	b* ± SD	IC	ΔE*
T ₁	0	5	8,24 ± 0,70 ^{aA}	18,2 ± 0,30 ^{aC}	10,47 ± 0,25 ^{aA}	21,00	0,00
T ₂	0	12	8,15 ± 0,62 ^{aB}	19,1 ± 0,35 ^{aB}	10,10 ± 0,20 ^{aB}	21,58	0,00
T ₃	0	18	8,13 ± 0,26 ^{aB}	19,9 ± 0,31 ^{aC}	9,73 ± 0,21 ^{aC}	22,18	0,00
T ₄	4	5	7,10 ± 0,26 ^{bA}	22,4 ± 0,35 ^{bC}	8,67 ± 0,25 ^{bA}	23,99	4,68
T ₅	4	12	6,23 ± 0,45 ^{bB}	24,0 ± 0,36 ^{bB}	7,40 ± 0,20 ^{bB}	25,11	5,94
T ₆	4	18	5,51 ± 0,23 ^{bB}	26,5 ± 0,35 ^{bC}	5,77 ± 0,25 ^{bC}	27,09	8,08
T ₇	8	5	4,92 ± 0,10 ^{cA}	27,7 ± 0,42 ^{cC}	4,80 ± 0,20 ^{cA}	28,08	11,52
T ₈	8	12	4,13 ± 0,14 ^{cB}	29,6 ± 0,55 ^{cB}	1,57 ± 0,40 ^{cB}	29,61	14,12
T ₉	8	18	3,84 ± 0,19 ^{cB}	31,3 ± 0,46 ^{cC}	-1,90 ± 0,66 ^{cC}	31,36	16,82

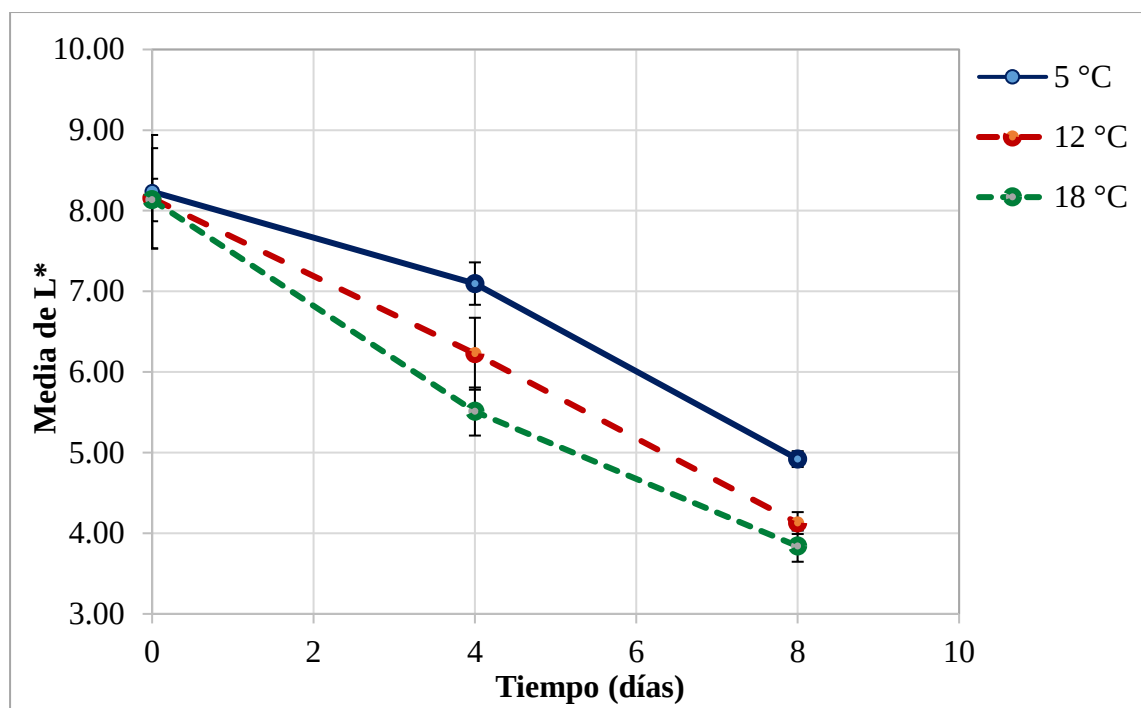
Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

La Figura 10, complementa gráficamente lo anteriormente descrito, haciendo visible que L* presentó una tendencia decreciente conforme se incrementó el tiempo y en todas las temperaturas, donde la pulpa almacenada a 5 °C presentó valores superiores indicando una mayor conservación de L*, mientras que a 18 °C se observó que el cambio de color se intensificó, alcanzando los valores más bajos.

En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se logró obtener que los factores estudiados (temperatura y el tiempo) tuvieron un efecto significativo sobre L* (p = 0,000), en el cual la prueba de Tukey reveló que las diferencias significativas se encontraron entre todos los niveles de tiempo, mientras que en el caso de la temperatura, los valores obtenidos a 5 °C se diferencian estadísticamente de 12 y 18 °C (ver Anexo 4).

Figura 10

Tendencia del parámetro L^ de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas*

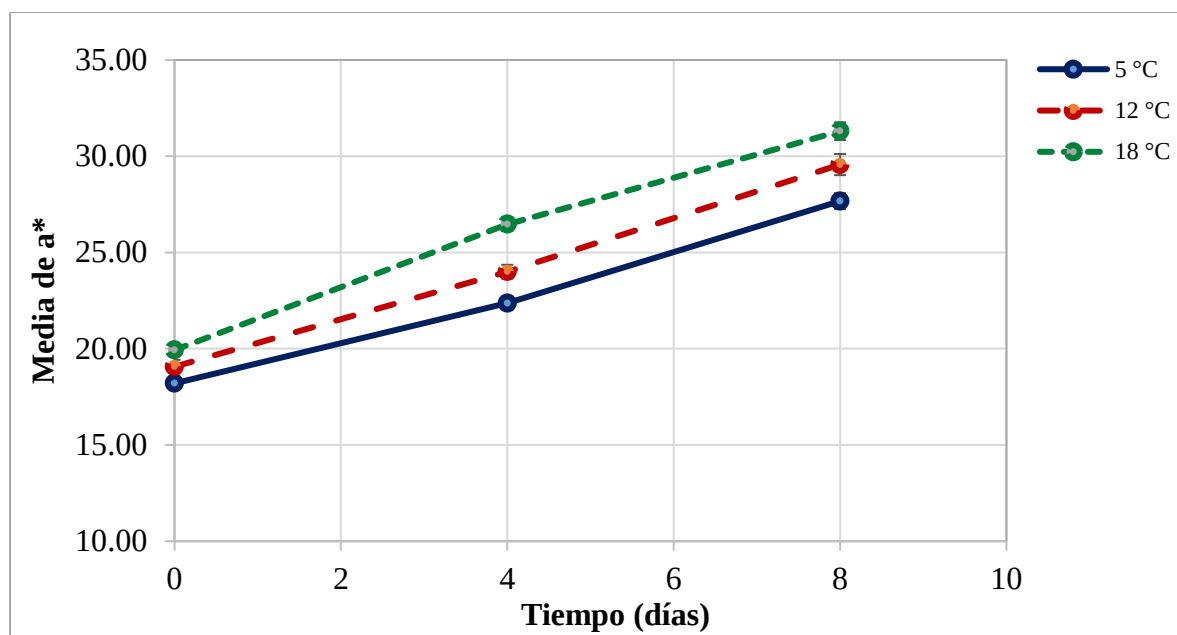


Por otro lado, en la Figura 11, se presenta la gráfica para el parámetro a^* , en el cual las tres curvas tienden a incrementarse a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, donde la pulpa almacenada a 18 °C presentó valores superiores indicando un mayor cambio de color, mientras que a 5 °C se observó una mayor preservación de este atributo.

En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se logró obtener que los factores estudiados (temperatura y el tiempo) y la interacción de ambos tuvieron un efecto significativo sobre a^* ($p = 0,000$), en el cual la prueba de Tukey reveló que las diferencias significativas se encontraron entre todos los niveles de tiempo, así como también entre cada una de las temperaturas, es decir cada uno de los tratamientos presentaron valores distintos al ser comparados unos con otros (ver Anexo 4).

Figura 11

Tendencia del parámetro a^ de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas*

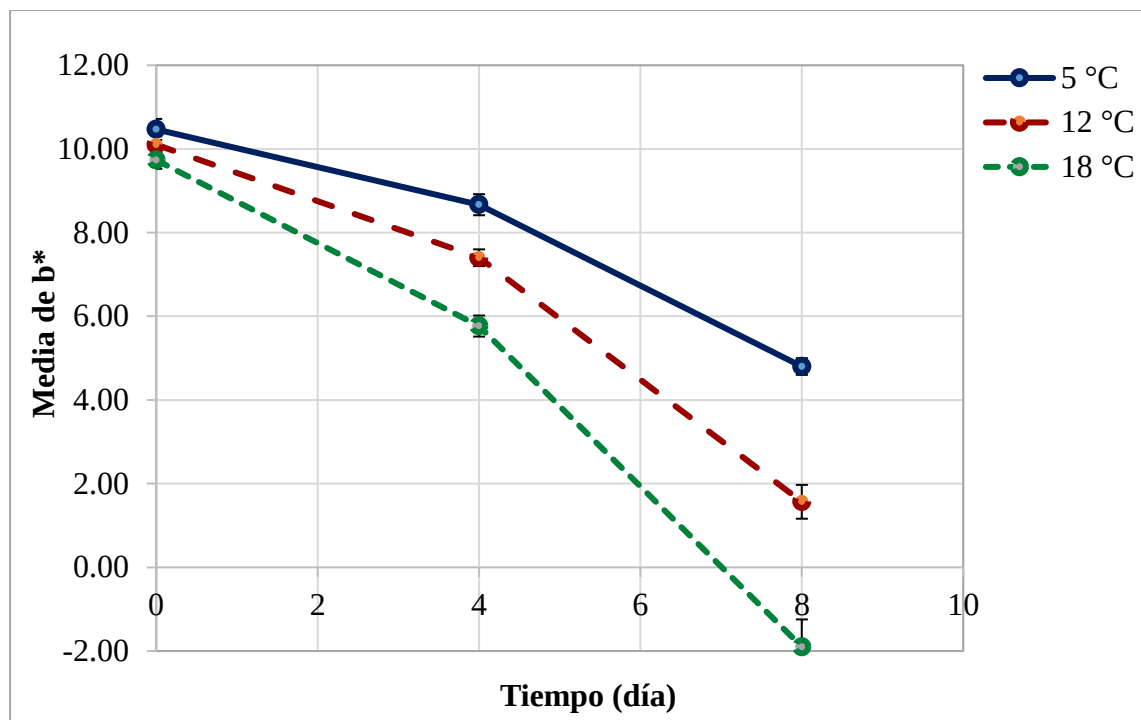


En lo que respecta el parámetro b^* , la Figura 12 muestra que en las tres temperaturas aplicadas los valores de b^* tienden a descender conforme se va incrementando el tiempo de almacenamiento, tal es así que la pulpa almacenada a 5 °C presentó valores superiores indicando una mayor conservación de b^* , mientras que a 18 °C se observó que el cambio de color se intensificó, alcanzando los valores más bajos.

En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se logró obtener que los factores estudiados (temperatura y el tiempo) y la interacción de ambos afectaron significativamente al parámetro b^* ($p = 0,000$), en el cual la prueba de Tukey reveló que las diferencias significativas se encontraron entre todos los niveles de tiempo, así como también entre cada una de las temperaturas, es decir cada uno de los tratamientos presentaron valores distintos al ser comparados unos con otros (ver Anexo 4).

Figura 12

Tendencia del parámetro b^ de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas*



D. Resultados de pH en la pulpa de tuna

La Tabla 12 presenta el comportamiento del pH de la pulpa de la tuna en función al tiempo de almacenamiento y la temperatura a la cual esta fue sometida, observándose la disminución de esta característica al incrementarse el tiempo de almacenamiento, intensificándose aún más a medida que aumento la temperatura. En este sentido, en el día 0 la pulpa presentó los niveles de pH más elevados (alrededor 6,021), luego en los días 4 y 8 se evidenció una disminución notoria y constante en todos los tratamientos, siendo más acentuada en las muestras almacenadas a 18 °C, mientras que a 5 °C el pH se mantuvo más estable; esta tendencia visualizada en los resultados indica que la pulpa de tuna se volvió más ácida durante el almacenamiento.

Tabla 12*pH de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento*

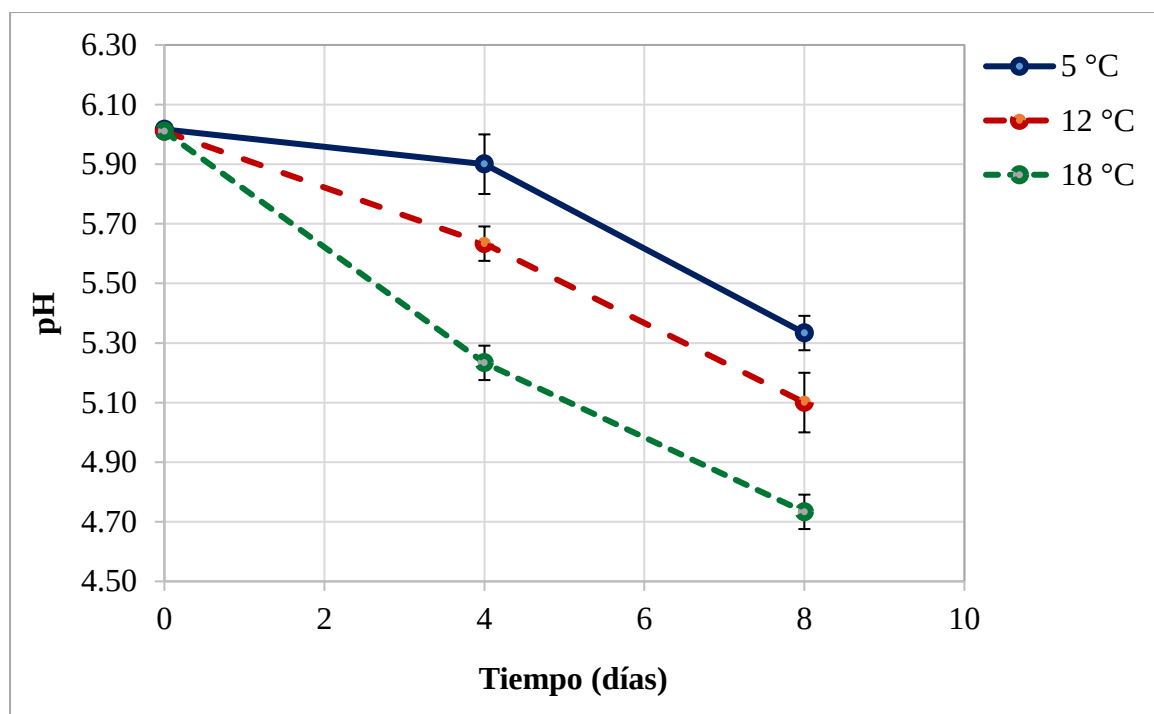
Tratamiento	Tiempo	Temperatura	pH
	(días)	(°C)	Promedio $\pm$ SD
T ₁	0	5	6,02 $\pm$ 0,02 ^{aA}
T ₂	0	12	6,01 $\pm$ 0,01 ^{aB}
T ₃	0	18	6,01 $\pm$ 0,01 ^{aC}
T ₄	4	5	6,00 $\pm$ 0,00 ^{bA}
T ₅	4	12	5,63 $\pm$ 0,06 ^{bB}
T ₆	4	18	5,23 $\pm$ 0,06 ^{bC}
T ₇	8	5	5,33 $\pm$ 0,06 ^{cA}
T ₈	8	12	5,10 $\pm$ 0,10 ^{cB}
T ₉	8	18	4,73 $\pm$ 0,06 ^{cC}

Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

De forma complementaria el gráfico mostrado en la Figura 13, confirma que el pH de la pulpa almacenada en las tres temperaturas tiende a reducirse a medida que transcurre el tiempo, siendo la pulpa almacenada a 5 °C la que se sitúa por encima de las otras temperaturas demostrando una mayor estabilidad, mientras que a 18 °C la tendencia hacia el decrecimiento es más rápida. En base a ello, se demuestra que en condiciones refrigeradas la pulpa de tuna logra preservar mejor el pH, parámetro fundamental que influye en la calidad del producto.

Figura 13

Tendencia del pH de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas



En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se logró obtener que los factores estudiados (temperatura y el tiempo) y la interacción de ambos afectaron significativamente al pH ($p = 0,000$), en el cual la prueba de Tukey reveló que las diferencias significativas se encontraron entre todos los niveles de tiempo, así como también entre cada una de las temperaturas, es decir cada uno de los tratamientos presentaron valores distintos al ser comparados unos con otros (ver Anexo 4).

E. Acidez titulable

La Tabla 13 muestra que los valores de la acidez titulable en la pulpa de tuna se incrementaron al ser mayor el tiempo y la temperatura de almacenamiento, alcanzando valores de hasta 0,039 % en el día 8 de almacenamiento cuando la pulpa se almacenó a 18 °C, mientras que a 5 °C los valores de acidez se mantuvieron más estables alrededor de 0,34% en el mismo tiempo

de almacenamiento, lo que demuestra que a menor temperatura la acidez titulable de la tuna se logra preservar mejor.

Tabla 13

Acidez titulable de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento

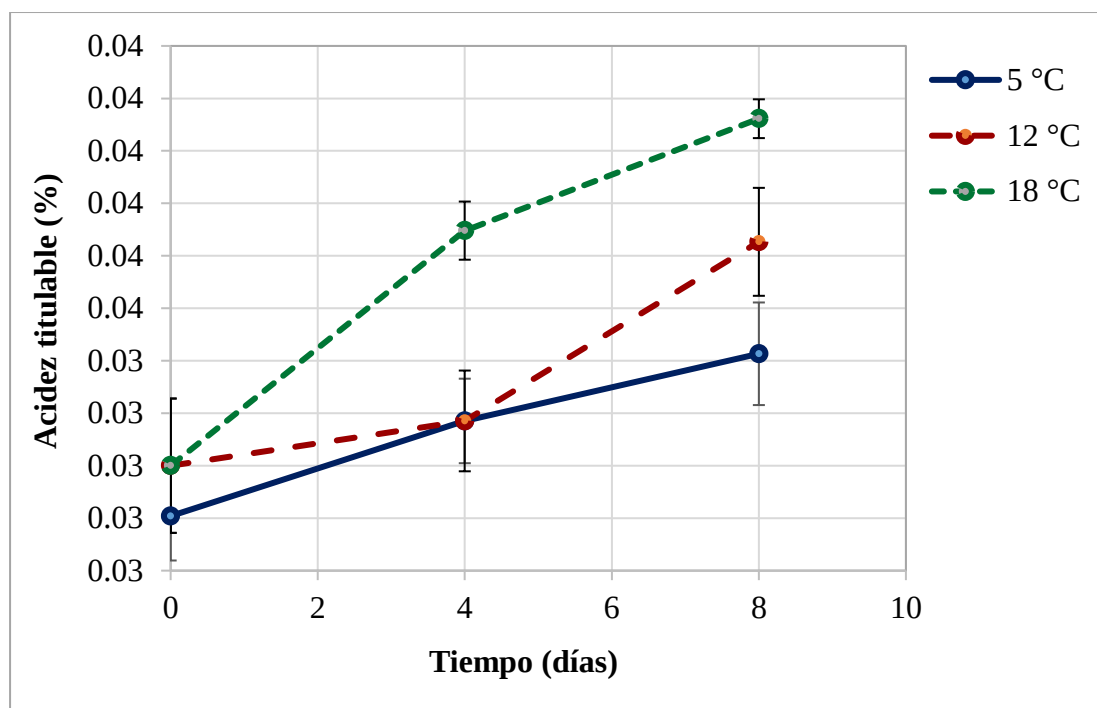
Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Acidez titulable (%)
			Promedio $\pm$ SD
T ₁	0	5	0,031 $\pm$ 0,0008 ^{cC}
T ₂	0	12	0,032 $\pm$ 0,0013 ^{cB}
T ₃	0	18	0,032 $\pm$ 0,0013 ^{cA}
T ₄	4	5	0,033 $\pm$ 0,0008 ^{bC}
T ₅	4	12	0,034 $\pm$ 0,0010 ^{bB}
T ₆	4	18	0,036 $\pm$ 0,0006 ^{bA}
T ₇	8	5	0,034 $\pm$ 0,0010 ^{aC}
T ₈	8	12	0,036 $\pm$ 0,0010 ^{aB}
T ₉	8	18	0,039 $\pm$ 0,0004 ^{aA}

Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

Esta tendencia se puede visualizar gráficamente en la Figura 14, donde los valores de acidez titulable de la pulpa almacenada en las tres temperaturas tienden a incrementarse de forma notoria al prolongarse el tiempo de almacenamiento. En este caso la curva que corresponde a 5 °C se sitúa por debajo de las otras temperaturas y demuestra mayor estabilidad, mientras que a 18 °C se observan valores superiores que demuestran mayor variación.

Figura 14

Tendencia de la acidez titulable de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas



En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se logró obtener que los factores estudiados (temperatura y el tiempo) y la interacción de ambos afectaron significativamente a la acidez titulable ($p < 0,05$), en el cual la prueba de Tukey reveló que las diferencias significativas se encontraron entre todos los niveles de tiempo, así como también entre cada una de las temperaturas, es decir cada uno de los tratamientos presentaron valores distintos al ser comparados unos con otros (ver Anexo 4).

F. Resultado de los sólidos solubles (°Brix) de la pulpa de tuna

En la Tabla 14 se evidencia de forma general que los sólidos solubles de la pulpa de tuna disminuyeron al ser mayor el tiempo y la temperatura de almacenamiento. En el día 0 los °Brix fueron superiores y alcanzaron valores de hasta 12,6 °Brix, siendo idénticos entre las temperaturas, posteriormente, a los 4 días la pulpa almacenada a 5 y 12 °C mantuvo valores ligeramente estables,

mientras que a 18 °C se observó una reducción más marcada, haciéndose aún más notorio a los 8 días de almacenamiento, donde en esta última condición se alcanzó un valor mínimo de 9,8 °Brix. Estos cambios observados muestran una mayor degradación de los azúcares solubles en la pulpa de tuna durante el almacenamiento.

Tabla 14

Sólidos solubles de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento

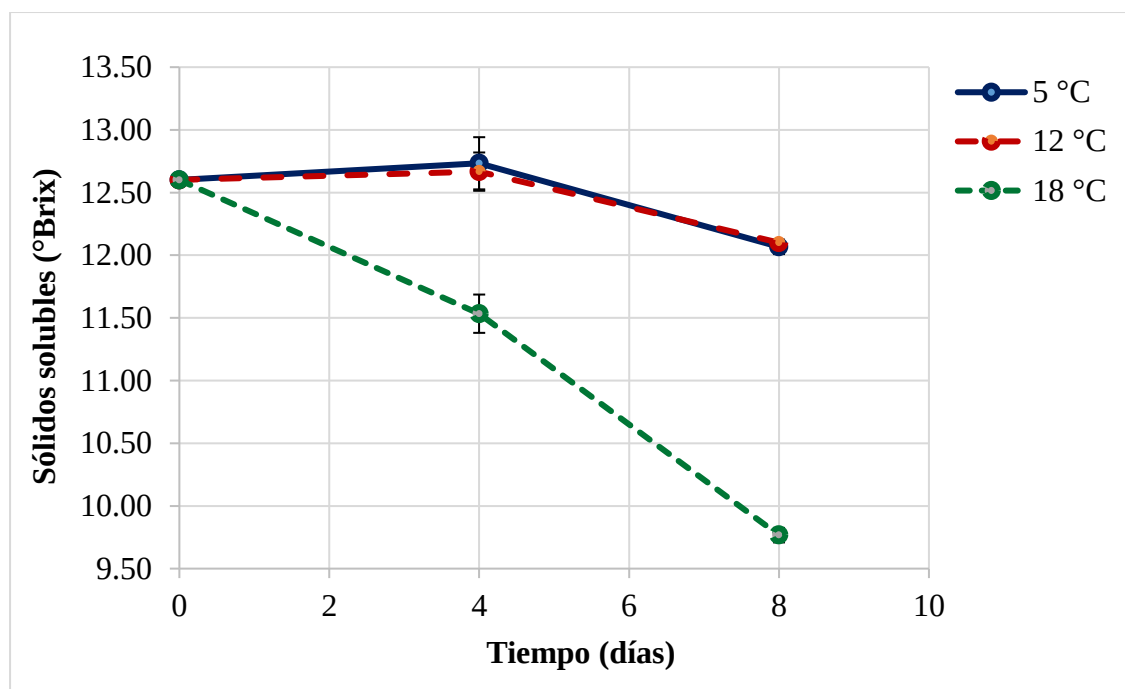
Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	°Brix Promedio ± SD
T₁	0	5	12,60 ± 0,00 ^{aA}
T₂	0	12	12,60 ± 0,00 ^{aA}
T₃	0	18	12,60 ± 0,00 ^{aB}
T₄	4	5	12,73 ± 0,21 ^{bA}
T₅	4	12	12,67 ± 0,15 ^{bA}
T₆	4	18	11,53 ± 0,15 ^{bB}
T₇	8	5	12,07 ± 0,06 ^{cA}
T₈	8	12	12,10 ± 0,00 ^{cA}
T₉	8	18	9,77 ± 0,06 ^{cB}

Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

La Figura 15 ilustra de forma gráfica lo mencionado anteriormente, en la cual se visualiza que los °Brix en la pulpa de tuna se mantienen estables a 5 y 12 °C hasta el día 4, y posteriormente al llegar al octavo día se observa una reducción más marcada. Sin embargo, a 18 °C esta tendencia decreciente es constante desde el día 0 hasta el día 8 de almacenamiento, lo que se ve reflejada en una pendiente más pronunciada sobre todo al final del periodo evaluado, demostrando que la disminución del °Brix se acelera con el incremento de la temperatura.

Figura 15

Tendencia de los °Brix de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas



En cuanto al análisis estadístico (ANOVA), se logró obtener que los factores estudiados (temperatura y el tiempo) y la interacción de ambos afectaron de forma significativa a los °Brix de la pulpa de tuna ($p < 0,05$). Por su parte la prueba de Tukey reveló que las diferencias significativas se encontraron entre todos los niveles de tiempo; sin embargo, en el caso de la temperatura los valores de la pulpa almacenada a 18 °C se diferenciaron estadísticamente de 5 y 12 °C (ver Anexo 4).

4.1.2 Cuantificación del contenido de compuestos fenólicos totales en la pulpa de tuna almacenada a diferentes tiempo y temperatura

La Tabla 15 muestra de manera general que los fenoles totales en la pulpa de tuna disminuyeron con el tiempo de almacenamiento y que esta reducción fue más pronunciada al ser mayor la temperatura. De forma específica se observó una disminución progresiva de fenoles

totales en las tres temperaturas de almacenamiento (5, 12 y 18 °C) al transcurrir el tiempo desde el día 0 hasta el día 8, sin embargo, esta reducción fue menor cuando la pulpa se almacenó a 5 °C, mientras que a 18 °C se observó una mayor degradación de este componente. Esto demuestra que almacenar la pulpa de tuna a temperaturas de refrigeración ralentiza la degradación de fenoles totales y conservaron mejor su contenido fenólico.

Tabla 15

Fenoles totales en la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento

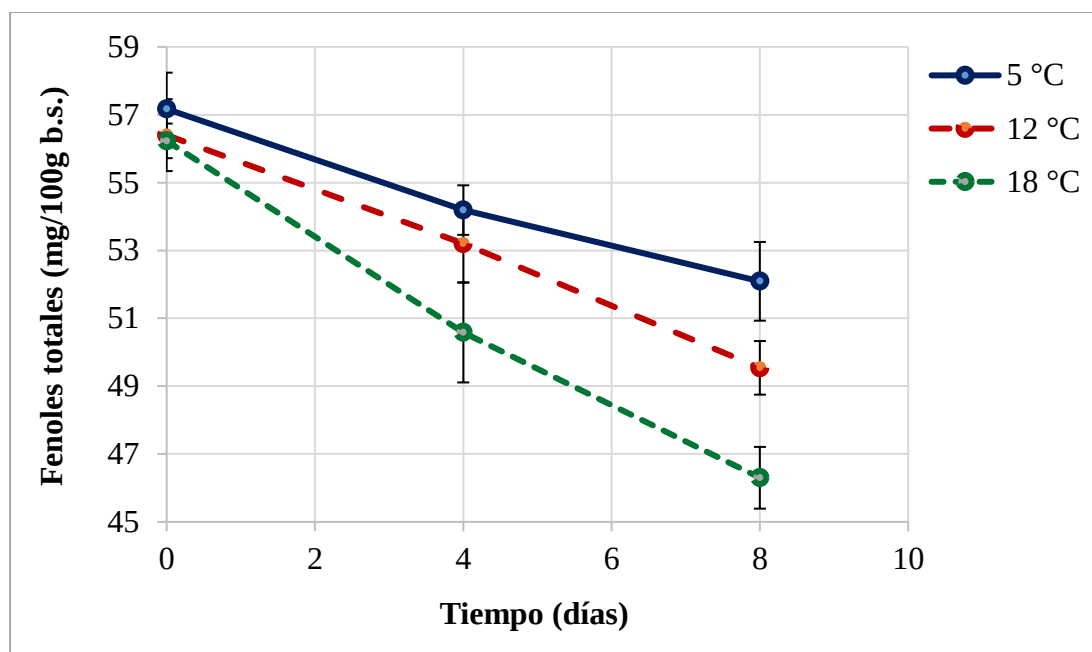
Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Fenoles totales (mg/100g bs) Promedio ± SD
T ₁	0	5	57,17 ± 1,07 ^{aA}
T ₂	0	12	56,40 ± 1,06 ^{aB}
T ₃	0	18	56,23 ± 0,51 ^{aC}
T ₄	4	5	54,19 ± 0,73 ^{bA}
T ₅	4	12	53,20 ± 1,14 ^{bB}
T ₆	4	18	50,58 ± 1,47 ^{bC}
T ₇	8	5	52,09 ± 1,16 ^{cA}
T ₈	8	12	49,54 ± 0,79 ^{cB}
T ₉	8	18	46,30 ± 0,91 ^{cC}

Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

El gráfico ilustrado en la Figura 16, confirma la tendencia descendente de los fenoles totales al incrementarse el tiempo y la temperatura de almacenamiento, en la cual a 5 °C, la pendiente es menos pronunciada, lo que sugiere que los compuestos fenólicos son más estables, mientras que a 12 °C se evidencia cambios más notables, los mismos que se intensifican a 18 °C reflejando una pendiente más pronunciada desde el día 0 hasta el día 8.

Figura 16

Tendencia de los fenoles totales de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas



Con respecto al análisis estadístico (ANOVA), se encontró un efecto significativo de la temperatura, el tiempo y la interacción entre estos dos factores ($p = 0,000$) en el contenido total de fenoles en la pulpa de tuna. La prueba de Tukey reveló que existían diferencias significativas entre todos los niveles de tiempo y entre todos los niveles de temperatura. Esto significa que cada uno de los tratamientos presentó valores diferentes (véase Anexo 4).

4.1.3 Evaluación de la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

La Tabla 16 muestra de manera general que la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna disminuye con el tiempo de almacenamiento y esta reducción es más pronunciada cuando la temperatura es alta. En este sentido, los valores son cercanos entre 5, 12 y 18 °C al principio (día 0), lo que señala condiciones iniciales más uniformes por tratarse de la pulpa fresca. No obstante, a los días cuatro y ocho se nota una disminución progresiva de la capacidad antioxidante,

destacándose que las muestras almacenadas a 5 °C mantienen concentraciones más altas, mientras que a 18 °C se observan las pérdidas más significativas, seguidas de las de 12 °C. Esto demuestra que almacenar a temperaturas bajas favorece una conservación más adecuada. Estos resultados evidencian una reducción progresiva de la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna durante el almacenamiento, posiblemente asociada a la degradación de compuestos bioactivos como los fenoles, los cuales son sensibles al tiempo y a temperaturas elevadas. Por ello, las muestras conservadas a bajas temperaturas lograron mantener una mayor capacidad antioxidante.

Tabla 16

Capacidad antioxidante de la pulpa de tuna en función del tiempo y la temperatura de almacenamiento

Tratamiento	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	Concentración (µg TE/100 g) Promedio ± SD
T₁	0	5	187,12 ± 2,77 ^{aA}
T₂	0	12	182,01 ± 1,83 ^{aB}
T₃	0	18	183,32 ± 2,43 ^{aC}
T₄	4	5	161,08 ± 2,61 ^{bA}
T₅	4	12	120,25 ± 2,02 ^{bB}
T₆	4	18	98,23 ± 0,92 ^{bC}
T₇	8	5	88,36 ± 0,57 ^{cA}
T₈	8	12	77,73 ± 2,33 ^{cB}
T₉	8	18	58,14 ± 2,81 ^{cC}

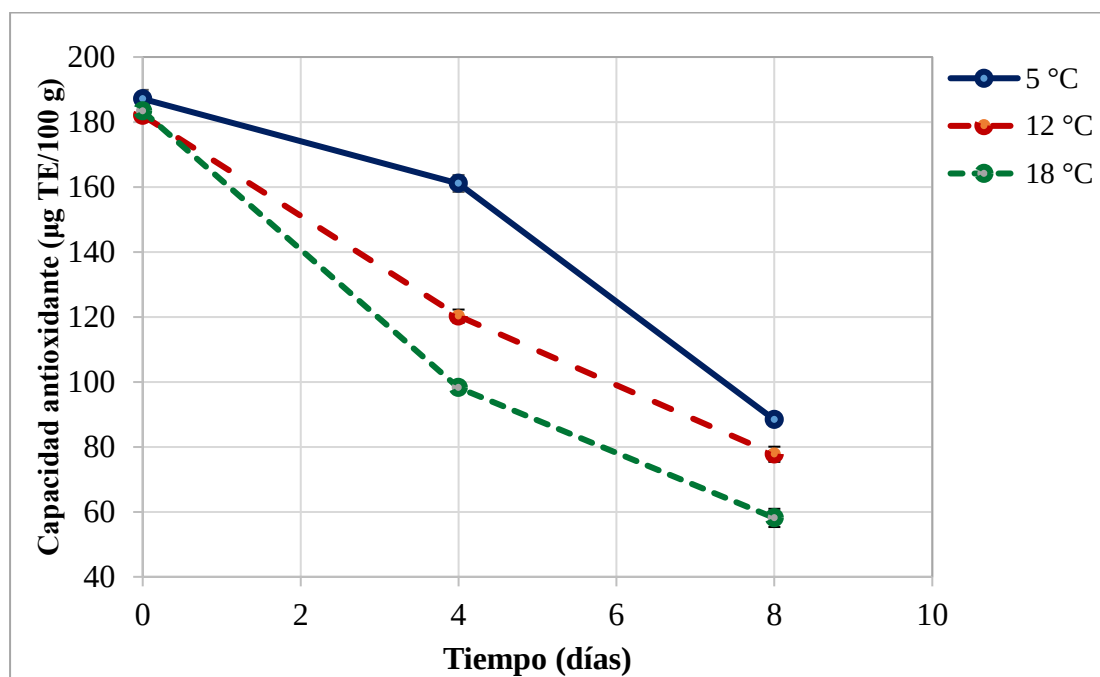
Nota. Letras minúsculas distintas ubicadas en el superíndice indican diferencias significativas en función al tiempo. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas en función a la temperatura según la prueba de Tukey.

La Figura 17 muestra que la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna disminuye gradualmente a medida que se prolonga el tiempo de almacenamiento, independientemente de la temperatura. Sin embargo, es evidente que esta reducción depende de manera significativa de la temperatura: a 5 °C, por ejemplo, se pierde más lentamente y los valores permanecen relativamente

altos hasta el octavo día; a 12 °C, en cambio, decae más rápidamente; y a 18 °C ocurre un descenso marcado y constante desde el comienzo del almacenamiento. En términos generales las temperaturas altas aceleran la degradación de la capacidad antioxidante, lo cual confirma que conservarla a bajas temperaturas ayuda a preservar esta propiedad funcional.

Figura 17

Tendencia de la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna a diferentes tiempos y temperaturas



El análisis de varianza (ANOVA), arrojó que la temperatura, el tiempo y la interacción de ambos factores tienen un efecto significativo sobre la capacidad antioxidante de la pulpa de tuna ($p = 0,000$). Las comparaciones múltiples de Tukey mostraron diferencias significativas entre todos los niveles de tiempo, así como también entre todos los niveles de temperatura; es decir cada uno de los tratamientos presentaron valores distintos (ver Anexo 4).

4.1.4 Condiciones de almacenamiento que preservan mejor las propiedades fisicoquímicas y los compuestos bioactivos de la pulpa de tuna roja

En general, los resultados demuestran que mantener la pulpa de tuna roja a 5 °C es la forma más eficaz de conservar su calidad fisicoquímica y sus compuestos bioactivos durante el periodo analizado. La selección de esta condición se llevó a cabo en base a lo evidenciado en los resultados descritos anteriormente, donde se visualizó que la pulpa de tuna roja almacenada a una temperatura de 5 °C registró pérdidas menores de humedad, un aumento menos acelerado en el contenido de cenizas, una estabilidad mayor del color y una reducción más gradual del pH; además, la acidez titulable y los sólidos solubles (°Brix) mantuvieron mayor estabilidad en esta condición.

Asimismo, el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante no se degradaron tanto como a 12 y 18 °C, donde los cambios fueron más marcados, quedando confirmado que las temperaturas altas aceleran el deterioro fisicoquímico y la pérdida de compuestos bioactivos, en tanto que la conservación es favorecida por el almacenamiento refrigerado (Tabla 17).

Tabla 17

Condiciones de almacenamiento que preservan las propiedades fisicoquímicas y los compuestos bioactivos de la pulpa de tuna roja

Variable evaluada	5 °C	12 °C	18 °C
Humedad (% b.h.)	Menor reducción de humedad	Reducción moderada de humedad	Mayor reducción de humedad
Cenizas (%)	Menor incremento de cenizas	Incremento moderado de cenizas	Mayor incremento de cenizas
Color (L*, a*, b*, ΔE^*)	Menor variación de color	Variación moderada de color	Mayor variación de color
pH	Menor disminución de pH	Disminución moderada de pH	Mayor disminución del pH
Acidez titulable (% ácido cítrico)	Se incrementó ligeramente la acidez	La acidez se incrementó moderadamente	Mayor incremento de acidez
Sólidos solubles (°Brix)	Valores relativamente estables	Los °Brix se redujeron moderadamente	Mayor disminución
Fenoles totales (mg AGE/100 g bs)	Mayor retención de fenoles	Retención moderada de fenoles	Mayor pérdida de fenoles
Capacidad antioxidante (μ g TE/100 g)	Mayor retención antioxidante	Disminución moderada	Mayor disminución antioxidante
Condición global de almacenamiento	Se evidenció menor variación fisicoquímica y bioactiva	Se evidenció una variación intermedia	Se observó mayor deterioro fisicoquímico y bioactivo

Nota. La categorización que se detalla fue establecida considerando la tendencia y magnitud de variación de las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos respecto al día 0 de almacenamiento, para lo cual se tomó como criterio una menor variación como indicador de mayor conservación de la pulpa de tuna

4.2 Contrastación de Hipótesis

Para contrastar la hipótesis se consideró el análisis estadístico (ANOVA) aplicado a los valores obtenidos de cada característica evaluada, evidenciándose que el color (L^* , a^* y b^*), pH, acidez titulable, humedad, sólidos solubles, fenoles totales y capacidad antioxidante de la pulpa de tuna roja fueron afectados significativamente por las condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura) ($p < 0.05$). Por ello, se logra contrastar correctamente la hipótesis alternativa y se descarta la nula (H_0), lo cual ratifica que las propiedades fisicoquímicas y los componentes bioactivos del producto durante el lapso analizado son considerablemente influenciados por las condiciones de almacenamiento.

Tabla 18

Resumen del análisis estadístico (ANOVA) para contrastación de hipótesis

Variable evaluada	Tiempo (p-valor)	Temperatura (p-valor)	Contrastación
Humedad (% b.h.)	$p < 0,001$	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
Cenizas (%)	$p < 0,001$	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
Color	L^*	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
	a^*	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
	b^*	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
pH	$p < 0,001$	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
Acidez titulable (% ácido cítrico)	$p < 0,001$	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
Sólidos solubles (°Brix)	$p < 0,001$	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
Fenoles totales (mg AGE/100 g bs)	$p < 0,001$	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a
Capacidad antioxidante (μ g TE/100 g)	$p < 0,001$	$p < 0,001$	Se rechaza H_0 y se acepta H_a

Nota. Nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

4.3 Discusión

4.3.1 Cambios fisicoquímicos durante el almacenamiento

La humedad de la pulpa de tuna disminuyó continuamente a lo largo del almacenamiento, intensificándose a medida que aumenta la temperatura, descendiendo de 82% (0 días) a 72,06% a los 8 días, con mayor acentuación en las muestras almacenadas a 18 °C, mientras que a 5 °C se preservan los valores humedad más altos. Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Herrera (2018), quien al almacenar frutos de tuna a temperaturas de 5, 21 y 30 °C durante ocho días evidenció una disminución de humedad de 85,01% a 70% al incrementarse el tiempo y al ser mayor la temperatura (30 °C), mientras que en 5 °C la variación de humedad fue menor. Asimismo, Shumye et al. (2020), durante 7 y 14 días de almacenamiento evidenció una reducción significativa de humedad en fruto de tuna al almacenarlos en condiciones ambientales, mientras que los frutos almacenados en refrigeración mostraron menores cambios.

La pérdida de humedad durante el almacenamiento según Andreu et al. (2021) podría estar relacionada con la pérdida progresiva de agua por procesos de transpiración y deshidratación principalmente cuando se trabaja con tiempos prolongados y mayor temperatura. Respecto a ello, Martins et al. (2023) menciona que los frutos de tuna son muy sensibles a la pérdida de agua, lo que los hace perecederos y en poco tiempo después de su cosecha pueden presentar pérdidas de agua entre el 70 y el 80%, justificándose además por los daños causados por la manipulación y la forma de procesamiento aplicado.

Por su parte, Gidado et al. (2024) mencionan que las temperaturas elevadas pueden intensificar la evaporación del agua de la superficie de la fruta por medio del proceso de transpiración, acelerando el proceso de secado y dando lugar a una pérdida de agua acelerada. Por otro lado, los resultados estadísticos en el presente estudio mostraron efecto significativo de la

temperatura y el tiempo ($p < 0,05$) sobre el contenido de humedad, lo que se relaciona con los reportado por Díaz & Chuquizuta (2022), quienes al utilizar una mayor temperatura, evidenciaron una mayor pérdida de humedad en frutos de tomate de árbol, lo que relegó un efecto significativo de la temperatura y tiempo de secado.

El contenido de cenizas en la pulpa de tuna, se incrementó progresivamente durante el almacenamiento, dicha tendencia fue mayor a medida que aumentó la temperatura, donde en el día 0 los niveles de cenizas estuvieron entre 0,20 al 0,22% y al día 8 de almacenamiento alcanzaron valores de hasta 0,27% principalmente a 18 °C. Sin embargo, las temperaturas más bajas ralentizaron los cambios asociados a la concentración de minerales. Esta tendencia se debe posiblemente a que durante el almacenamiento los productos frescos o mínimamente procesados sufren cambios fisicoquímicos como la pérdida de agua y degradación de compuestos orgánicos ocasionados por reacciones de oxidación, conllevando a que la proporción de minerales inorgánicos que generan cenizas se incrementa (Kibar et al., 2021). Los resultados mostraron también que la temperatura y el tiempo tienen un efecto significativo en el contenido de cenizas de la pulpa de tuna ($p = 0,000$). Sin embargo, Zhang et al. (2016) no evidenció cambios significativos ($p > 0,05$) en los valores de cenizas en inflorescencias masculinas de nogal durante el almacenamiento por 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 y 14 días y en ninguna de las temperaturas utilizadas (4 y 25 °C). Estas diferencias se deben posiblemente al tipo de materia prima utilizada, y a los parámetros adicionales que utilizó el autor durante su investigación.

En lo que respecta los parámetros de color en la pulpa de tuna, el valor de L^* disminuyó progresivamente al incrementarse el tiempo y la temperatura, siendo más pronunciado a 12 y 18 °C y a los 8 días de almacenamiento. Esta tendencia es similar a lo obtenido por Meraz et al. (2012) en tallos de nopal donde evidenció un incremento inicial a los 3 días de almacenamiento, mientras

que disminuyó el sexto día en comparación con los tres días anteriores, esto puede atribuirse a una disminución de la tasa respiratoria y a la falta de etileno (Velásquez et al., 2022).

En cuanto al parámetro a^* se evidenció un incremento a medida que se prolonga el tiempo de almacenamiento y al incrementarse la temperatura, especialmente en las muestras a 18 °C. En función al parámetro b^* , se nota que, al incrementarse el tiempo y la temperatura, los valores disminuyen gradualmente, mientras que en refrigeración estos parámetros se conservaron mejor, lo que concuerda con lo señalado por Andreu et al. (2021) en frutos de tuna, quienes no encontraron diferencias significativas en los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) en los frutos almacenados en frío, pero si al ser almacenados a temperatura ambiente; además, señala que el color puede alterarse durante el almacenamiento de la fruta debido a la acción de la luz, la temperatura y el oxígeno, entre otros. Al respecto, Velásquez et al. (2022) menciona que el aumento del parámetro a^* podría indicar una mayor acumulación de metabolitos, como los carotenoides, responsables del color naranja.

De manera complementaria, El-Mesery et al. (2024) reportaron efectos significativos de la temperatura de almacenamiento sobre el color de tomates, donde se mantuvieron valores más altos de L^* a 4 °C y valores más reducidos a 25 °C. Los cambios en los parámetros de color podrían estar relacionados con el pardeamiento enzimático, causado por la liberación de la enzima polifenol oxidasa (PPO), que causa manchas marrones y oscuras en productos alimenticios. Asimismo, las variaciones en el color b^* puede estar relacionado con la degradación de algunas flavonas que son responsables del color y que provocan la inestabilidad de los pigmentos, o por el proceso de oxidación, que es inevitable (Ramirez et al., 2025).

Con respecto al pH se redujo durante el almacenamiento y al ser mayor la temperatura. Los valores más altos de pH (6,021) se reportaron en el día 0 de almacenamiento y los valores más

bajos (4,73) a los 8 días principalmente a 18 °C. Resultados idénticos fueron reportados en frutos de tuna almacenados en refrigeración, donde se observó una disminución significativa del pH al prolongarse el tiempo de almacenamiento (Díaz et al., 2022), señalando que factor temperatura y tiempo de almacenamiento exhibieron un efecto significativo ($p < 0,05$), lo mismo que se reportó en el presente estudio ($p = 0,000$). Asimismo, Velásquez et al. (2022) menciona que los ácidos orgánicos de los frutos, que son responsables del pH y la acidez, se generan a partir del metabolismo de los polímeros presente y su concentración puede verse influenciada por factores externos como el tiempo en que se almacenan y la temperatura.

La acidez titulable se incrementó de 0,32% (día 0) a 0,39% (día 8) y con mayor intensidad al aumentar la temperatura (18 °C); además, se evidenció un efecto significativo de la temperatura y el tiempo ($p = 0,000$), presentando valores más estables en las muestras almacenadas en refrigeración. Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Herrera (2018), quien también observó un incremento de la acidez titulable en pulpa de tuna al transcurrir el tiempo y temperatura de almacenamiento, demostrando que a menor temperatura (5 °C) el incremento de la acidez es más lento. Asimismo, coincide con lo reportado por Andreu et al. (2021) quienes al estudiar frutos de tuna obtuvieron que la acidez titulable se mantuvo estable durante el almacenamiento al utilizar refrigeración. Las diferencias que puede existir se deben posiblemente al tipo de fruta utilizada, así como también a las condiciones de procesamiento.

Además, Díaz et al. (2022) al almacenar frutos de tuna bajo condiciones ambientales obtuvo que la acidez titulable se incrementó significativamente en el sexto día, lo cual puede estar influenciada por la temperatura de almacenamiento, ya que en condiciones de baja temperatura y oscuridad se produce una acumulación continua de ácido málico. Vegas et al (2022) también mencionan que el incremento se debe a la aceleración de las reacciones químicas y enzimáticas

que favorecen el crecimiento de microorganismos que descomponen azúcares, liberando ácidos orgánicos y degradan otros componentes provocando estos cambios.

Con respecto a los sólidos solubles de la pulpa de tuna disminuyeron conforme se incrementó la temperatura y el tiempo de almacenamiento, esto refleja una mayor degradación de azúcares, especialmente a los 8 días de almacenamiento donde alcanzó un valor de 9,8 °Brix. Esta tendencia es consistente en cuanto al efecto de la temperatura con lo obtenido por Andreu et al. (2021) quien reportó que los sólidos solubles en frutos de tuna se mantuvieron estables durante el almacenamiento en refrigeración y disminuyeron al ser mayor el tiempo y temperatura. La reducción de su valor es consecuencia de la descomposición de azúcares y otros elementos solubles a causa de los procesos metabólicos como son transpiración, respiración y senescencia. Sin embargo, Flores et al. (2026) obtuvieron que el contenido total de sólidos solubles y a la acidez titulable durante el almacenamiento, no mostraron diferencias significativas entre el almacenamiento en frío y a 21 °C. Esto ocurre posiblemente porque el nopal es una fruta no climatérica, sin un aumento marcado de la respiración ni de la producción de etileno tras la cosecha, lo que permite que el °Brix y la acidez se mantengan estables .

De forma complementaria Velásquez et al. (2022) al almacenar aguaymanto a temperaturas de 4, 12 y 20 °C, mostraron un aumento de los °Brix del 10,60 al 15,44; este incremento fue mayor cuando la temperatura era más alta. Esto sucede probablemente porque en el proceso de maduración, los frutos descomponen pectina, almidón y otros polímeros para obtener energía a través de la respiración; por lo tanto, se produce un aumento en la cantidad de sólidos solubles. Las diferencias que existen con nuestro estudio se deben posiblemente a la utilización de una materia prima distinta, así como a las condiciones de almacenamiento.

4.3.2 Degradación de compuestos bioactivos durante el almacenamiento

Los fenoles totales en la pulpa de tuna disminuyeron al incrementarse el tiempo y temperatura de almacenamiento, destacando que las muestras almacenadas a 5 °C mantienen concentraciones más altas (57,165 mg/100g), mientras que a 18 °C se observan pérdidas significativas (46,298 mg/100g). Estos resultados son similares a los obtenidos por quienes al almacenar frutos de tuna evidenciaron un contenido mayor de fenoles totales en el día 0 y conforme fue transcurriendo el tiempo (día 4) estos valores se redujeron significativamente. Además, concuerda con Andreu et al. (2021) quienes durante el almacenamiento en frío de frutos de tuna, el contenido total de fenoles se mantuvo estable, con valores entre 640 y 810 mg/ kg; sin embargo, al almacenarlo a temperatura ambiente estos valores se redujeron significativamente al final del almacenamiento, estos cambios se le puede atribuir a diversos factores, como prácticas agronómicas, condiciones ambientales, el manejo pre y postcosecha de la fruta, y la reducción de estos compuestos durante la maduración de la fruta. Sin embargo, Díaz et al. (2022) reportó resultados distintos, donde obtuvo un incremento de fenoles al incrementarse el tiempo de almacenamiento, mencionando que la variedad es uno de los aspectos más influyentes, así como el tipo de pelado y otras condiciones de procesamiento.

Asimismo, Mercado et al. (2016) ratifica que la fluctuación en el contenido de compuestos fenólicos puede ser provocada por diversos factores, incluyendo las condiciones del entorno, las prácticas agronómicas y el manejo de la fruta antes y después de la cosecha, al tipo y variedad de fruta, así como también al tipo de procesamiento y condiciones de almacenamiento. En este caso, la disminución de la concentración de fenoles totales durante el almacenamiento podría atribuirse a la degradación fenólica como resultado de la actividad enzimática de la fruta (Galani et al., 2017) quienes indican que la tendencia decreciente puede ser consecuencia de la degradación de los

compuestos polifenólicos, lo que a su vez podría estar ocasionando una alteración en el patrón de actividad de estas enzimas.

La capacidad antioxidante de la pulpa de tuna también disminuyó con el tiempo de almacenamiento y cuando la temperatura fue incrementándose. Las muestras almacenadas a 5 °C mantienen concentraciones más altas (187,121 mg TE/100 g), mientras que a 18 °C se observan las pérdidas más significativas (58,141 mg TE/100 g). Estos resultados son similares a los obtenidos por Otero et al. (2017) quienes al almacenar frutos de tuna a 6 °C por 4 días evidenciaron un contenido mayor de fenoles totales en el día 0 y conforme fue transcurriendo el tiempo (día 4) estos valores se redujeron significativamente. La disminución se debe probablemente a que los antioxidantes presentes en alimentos tienden a oxidarse y degradarse durante el almacenamiento, y este proceso se acelera con el aumento de la temperatura, lo que reduce la capacidad antioxidante total de los productos, ya que las reacciones de oxidación transforman los antioxidantes en formas menos activas o inactivas, lo que explica las pérdidas observadas con el tiempo y temperaturas más altas (Poljsak et al., 2021).

Sin embargo, nuestros resultados difieren de los obtenidos por Flores et al. (2026) quienes no observaron diferencias significativas en la pulpa durante el almacenamiento, con valores que oscilaron entre el 67 % y el 75 %, pero si se observó influencia de la variedad. Asimismo, Ochoa & Guerrero (2012) observó que la capacidad antioxidante en pulpa de tuna roja mostró una tendencia al incremento con el paso del tiempo. Estas diferencias se deben posiblemente a la variedad de tuna utilizada, a las condiciones de almacenamiento y al tipo de procesamiento, ya que en nuestro caso la pulpa fue triturada y por lo tanto eso pudo haber originado una mayor pérdida de capacidad antioxidante.

Además, Raga et al. (2014) hallaron que las condiciones de almacenamiento afectaron de manera significativa ($p < 0,05$) a la capacidad antioxidante del mesocarpio triturado y troceado de papaya durante tres meses de monitoreo. Se descubrió que la capacidad antioxidante a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ era superior a la de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, mostrando una tendencia decreciente en función del tiempo de conservación. Además, Sheng et al. (2020) informaron que la pérdida de la capacidad antioxidante fue más significativa a temperaturas de almacenamiento elevadas en los frutos de *Momordica Charantia*, indicando que una temperatura inferior podría reducir la caída en la actividad antioxidante.

4.3.3 Condiciones de almacenamiento que conservan mejor las características de la pulpa

Los resultados demostraron que mantener la pulpa de tuna roja a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ es la forma más eficaz de conservar su calidad fisicoquímica y sus compuestos bioactivos durante el periodo analizado. Lo que coincide con lo que afirman El-Mesery et al. (2024) quienes, al realizar un estudio en tomates, también reportaron que al almacenarlos a temperaturas bajas se logra preservar su contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante y que en temperaturas superiores se genera una mayor degradación de estos componentes. Lo mismo señalan Ramírez et al. (2025) que al evaluar frutos de mora, saúco y tumbo obtuvieron que a temperaturas bajas se presentan una menor variación en sus propiedades fisicoquímicas y en la concentración de compuestos bioactivos a causa de una disminución en la actividad de las enzimas y la respiración, mientras se preserva la calidad de los frutos en el periodo de almacenamiento.

4.3.4 Contraste de resultados obtenidos en el estudio con lo reportado por otros autores

A continuación, en la Tabla 19 se presenta de forma sintetizada la comparación de los resultados obtenidos en la presente investigación con los resultados obtenidos previamente por otros autores.

Tabla 19

Contraste de resultados del presente estudio con investigaciones previas

Características	Resultado estudio actual	Resultados de otros autores	Contraste
Humedad	Se observó una disminución al ser mayor el tiempo y la temperatura de almacenamiento.	Herrera (2018) y Shumye et al. (2020) lograron evidenciar reducción de humedad durante el almacenamiento.	Existe coincidencia
Cenizas	El contenido de ceniza se incrementó durante el almacenamiento.	Zhang et al. (2016) obtuvo valores estables sin cambios significativos.	Distintos
Color	Los parámetros L* y b* disminuyeron con el tiempo y temperatura, mientras que a* aumentó reveló un incremento.	Andreu et al. (2021) y El-Mesery et al. (2024) reportaron alteraciones en los parámetros de color principalmente cuando en muestras almacenadas a 18 °C.	Similar
pH	El pH reveló una tendencia decreciente al aumentar el tiempo y la temperatura.	Díaz et al. (2022) obtuvo como resultado la disminución de los valores de pH al incrementarse el tiempo y temperatura de almacenamiento.	Similar
Acidez titulable	Incrementó progresivamente.	Herrera (2018) evidenció aumento de acidez durante el almacenamiento.	Similar
°Brix	Disminuyeron con el tiempo y la temperatura.	Andreu et al. (2021) reportaron reducción de sólidos solubles.	Similar
Fenoles totales	Disminuyeron a mayor temperatura y tiempo.	Andreu et al. (2021) reportaron reducción de fenoles durante el almacenamiento.	Similar
Capacidad antioxidante	Disminuyó progresivamente al incrementarse el tiempo y temperatura	Otero et al. (2017) y Sheng et al. (2020) reportaron mayores pérdidas de capacidad antioxidante, se incrementarse el tiempo y temperatura de almacenamiento.	Semejantes

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se determinó que el tiempo y la temperatura de almacenamiento afectaron significativamente ($p < 0,05$) a las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de tuna variedad roja, en lo cual el incremento del tiempo y temperatura disminuyó y la humedad, los parámetros L^* y b^* , el pH y los sólidos solubles, mientras que el contenido de cenizas, el parámetro a^* y la acidez se incrementaron progresivamente. Los cambios más notables se evidenciaron a 18 °C, demostrando un mayor deterioro.

Se obtuvo que el tiempo y la temperatura de almacenamiento tuvieron un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre el contenido de compuestos bioactivos (fenoles totales y capacidad antioxidante) de la pulpa de tuna variedad roja, ya que ambos componentes disminuyeron al incrementarse el tiempo de almacenamiento y al ser mayor la temperatura, especialmente en el día 12 y a 18 °C, demostrando una mayor degradación de estos compuestos.

Se logró determinar que la condición más apropiada para el almacenamiento de la pulpa de tuna variedad roja fue a la temperatura de 5 °C, puesto que logró conservar mejor sus características fisicoquímicas y compuestos bioactivos, revelando menores cambios en la humedad, cenizas, color, pH, acidez titulable y sólidos solubles, así como una menor degradación de fenoles totales y la capacidad antioxidante.

5.2 Recomendaciones

Basándose en que aún hay muchos aspectos adicionales que se pueden estudiar en la tuna, se recomienda realizar investigaciones para determinar la vida útil de la pulpa de tuna, considerando otros tipos de envases y condiciones de almacenamiento, así como también otras variedades de tuna y de esta forma aportar a la comunidad científica.

Se recomienda realizar una investigación orientada a la valorización de la pulpa de tuna, en la formulación de productos derivados de la misma con valor agregado para de esta forma diversificar la comercialización de la misma en la provincia de Chota.

Se aconseja llevar a cabo una evaluación de la estabilidad microbiológica y sensorial de la pulpa de tuna en condiciones de almacenamiento, y de esta forma, garantizar la inocuidad y por ende la conservación del mismo.

REFERENCIAS

- Abad, L. (2022). *Deshidratacion de la tuna (Opuntia tuna)* [Monografía para optar el título profesional, Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, Pisco, Perú]. <https://repositorio.unica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13028/4066/Deshidrataci%C3%B3n%20de%20la%20tuna%20%28Opuntia%20tuna%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Andreu, L., García, M., Valero, D., Amorós, A., Asunción, M., Legua, P., & Hernández, F. (2021). Influence of Storage on Physiological Properties, Chemical Composition, and Bioactive Compounds on Cactus Pear Fruit (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *Agriculture*, 11(1), 62. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture11010062>
- Angeles M, J. (2014). *Estudio técnico económico para la elaboración de una bebida gasificada a base de la tuna fruta (Opuntia ficus) en la región de Ayacucho*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/184be22c-3809-4184-b84c-32f268e0a31e>
- Barboza, M. (2023). *Efecto del Tiempo y Temperatura de Pasteurización en la Aceptabilidad y Vida Útil del Néctar Mixto de Tuna (Opuntia ficus-indica) con Aguaymanto (Physalis peruviana L.)* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. https://repositorio.unach.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14142/343/Barboza_Mej%C3%ada_MJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barboza, M., & Velasquez, F. (2022). Efecto del tratamiento térmico en la aceptabilidad del néctar mixto de tuna (*Opuntia ficus-indica*) con aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Invest. Agropecuaria Science and Biotechnology*, 02(03), 01-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.25127/riagrop.20223.844>
- Cabrera, S. (2021). *Procesado de Tuna (Opuntia ficus indica) como Propuesta de Aprovechamiento de Frutos no Comercializables Producidos en San Sebastián* [Tesis para Optar Título Profesional. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México]. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3551888?show=full>
- Carhuamaca, A. (2013). *Evaluación de efecto de sustitución de la harina de cáscara de tuna (Opuntia ficus) en la elaboración de panes* [Tesis para Optar Titulo Profesional, Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo].

- <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1227/CARHUAMCA%20CANTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Casilla, M. (2012). *Asistencia Técnica Dirigida en Manejo Post Cosecha de Cochinilla*. Tacna, Perú: Agrobanco. <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/014-a-cochinilla.pdf>
- Castellano, G., Ramírez, R., Sindoni, M., Hidalgo, P., Burgos, M., Marín, C., . . . Martínez, L. (2016). Efecto de la temperatura de almacenaje sobre las características organolépticas de frutos de limón persa (*Citrus latifolia Tanaka*). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 17(1), 8-14. <https://doi.org/https://www.redalyc.org/journal/813/81346341002/html/>
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2022). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140-174. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/22487638.19171>
- Chicaiza, L., & Pallo, J. (2016). *Elaboración de néctar de dos variedades de tuna (Opuntia Ficus y Opuntia Boldinghii) utilizando dos tipos de endulzantes (Stevia y Miel de Abeja) y dos antioxidantes (Ácido Ascórbico y Meta Bisulfito de Sodio)* [Tesis para optar el título Profesional, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2642/1/T-UTC-00178.pdf>
- Coavoy, I. (2015). *Evaluación de la Capacidad Antioxidante de los compuestos Fenólicos de la Tuna Morada (Opuntia ficus-indica) del Distrito de San Bartolomé* [Tesis de Titulación, Universidad Peruana Unión, Lima]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/232/Ibeth_Tesis_bachiller_2015.pdf?sequence=1
- Cota, H. (2016). Composición nutricional del fruto de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Composición nutricional de las variedades de frutas*, 691-712. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00028-3>
- Cruz, R., Zegbe, J., & Melero, V. (2021). Propiedades Fisicoquímicas de Tuna Roja Bajo Diferentes Condiciones de Almacenamiento Poscosecha. *XI Reunión Nacional de Investigación Agrícola*, 324-326.

https://www.researchgate.net/publication/356509265_PROPIEDADES_FISICOQUIMICAS_DE_TUNA_BAJO_DIFERENTES_CONDICIONES_DE_RIEGO_Y_ALMACENAMIENTO_POSCOSECHA

- Da Silva, L., Rodrigues, E., Soares, T., Souza, I., & Nunes, O. (2017). Efecto del tiempo y condiciones de almacenamiento sobre las características físicas y físico-químicas de la pulpa de maracuyá amarilla y morada. *Ciencia de los alimentos*, 37(3), 500-506. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.20616>
- Díaz, G., Rodríguez, E., Dorta, E., & Lobo, G. (2022). Efectos de la pelación, el envasado de película y el almacenamiento en frío en la calidad de las nopales de espinos mínimamente procesadas (*Opuntia ficus-indica* L. Mill). *Agricultura*, 12(2), 281. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture12020281>
- Díaz, K., & Chuquizuta, T. (2022). Efecto de la temperatura y tiempo de secado en la capacidad antioxidante y color del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) deshidratado. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 5(1), 9-50. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v5n1p39>
- Dirección Nacional de Promoción y Economía Minera. (2022). *Carbonato de Sodio (Soda Ash)*. Argentina: Ministerio de Economía. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/soda_ash_serie_de_estudios_para_el_desarrollo_minero_carbonato_de_sodio_soda_ash_caracteristicas_usos_y_demanda.pdf
- El-Mesery, H., Abayomi, O., Ghashi, S., Berka, P., Hu, Z., & Kun, W. (2024). Effects of storage conditions and packaging materials on the postharvest quality of fresh Chinese tomatoes and the optimization of the tomatoes' physiochemical properties using machine learning techniques. *LWT*, 201, 116280. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116280>
- Enciso, E., Aguilar, E., Común, P., & Tinoco, J. (2021). Actividad Antiinflama y Antioxidante de Tres Variedades de *Opuntia ficus-indica* "Tuna". *Rev Soc Quím Perú*, 83(3), 207 - 215. DOI 10.37761/rsqp.v87i3.348
- Erazo, A., Condo, L., Oñate, B., & Alvarez, P. (2023). *Conservación de la Tuna "Blanca de Hidalgo" (Opuntia ficus-indica mads) con el Empleo de Ácido Giberélico, Recubrimiento de Parafina y Temperatura de Refrigeración* (Primera Edición ed.). Ambato - Ecuador: Puerto Madero Editorial Académica.

- https://doi.org/http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2025-08-21-185451-Libro_La%20tuna%20y%20la%20cochinilla.pdf
- Fernández , A., Cornejo, L., Bernal, T., Placencia, V., & Arreola, H. (2017). Características Fisicoquímicas de frutos de variedades silvestres de *Opuntia* de dos regiones semiáridas de Jalisco. *Polibotanica* (43), 1 - 26. <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n43/1405-2768-polib-43-00219.pdf>
- Fernández, S. (2020). *Diseño de Experimentos: Diseño Factorial* [Trabajo académico, Universidad Politécnica de Catalunya]. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/339723/TFM_Fernandez_Bao_Sheila.pdf?sequence=1
- Flores, B., Arévalo, D., Livera, M., Peña, C., Martínez, A., García, C., & Calderon, G. (2026). Cold Storage Effects on Quality of Parthenocarpic and Pollinated Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.) fruits . *Journal of the Professional Association for Cactus Development.*, 28, 1 - 12. <https://doi.org/https://doi.org/10.56890/jpacd.v2>
- Galani, J., Patel, J., Patel, N., & Talati, J. (2017). El almacenamiento de frutas y verduras en el refrigerador aumenta sus ácidos fenólicos pero disminuye los fenólicos totales, las antocianinas y la vitamina C con la consiguiente pérdida de su capacidad antioxidante. *Antioxidantes* , 6(3), 59. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/antiox6030059>
- García, D. (07 de Julio de 2021). *La tuna de los nopales (Opuntia sp.), una cactácea de usos múltiples*. TecnoAgro. TecnoAgro: <https://tecnoagro.com.mx/no.-149/la-tuna-de-los-nopales-opuntia-sp-una-cactacea-de-usos-multiples>
- García, L., Pérez, J., Esparza, D., & Pérez, E. (2024). Potencial nutricional y terapéutico de la tuna y de sus subproductos: un panorama general de su composición química y aplicaciones. *Biología y Sociedad* , 7(14), 26-43. <https://doi.org/https://doi.org/10.29105/bys7.14-126>
- García, T., Gómez, A., Guajardo, D., Welti , J., & Cano, M. (2019). Caracterización y cuantificación de betalaínas y compuestos fenólicos individuales en tejidos de tuna mexicana y española (*Opuntia ficus-indica* L. Mill): Un estudio comparativo. *Revista de*

- composición y análisis de alimentos*, 76, 1-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.002>
- Gidado, M., Nagoor, A., Gopinath, S., Ali, A., Wongs, W., & Mohd, N. (2024). Challenges of postharvest water loss in fruits: Mechanisms, influencing factors, and effective control strategies – A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 17, 101249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101249>
- Govea, M., Zugasti, A., Silva, S., Valdivia, B., Rodríguez, R., Aguilar, C., & Morlett, J. (2013, 29 de junio). *Actividad anticancerígena del ácido gálico en modelos biológicos in vitro*. *Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), 5–11: <http://www.actaquimicamexicana.uadec.mx/?p=559>
- Grupo Hydro Environmen. (07 de Diciembre de 2017). *La tuna y su importancia en el sector agrícola*. El Blog de Hydro Enviroonment: <https://hidroponia.mx/la-tuna-y-su-importancia-en-el-sector-agricola/>
- Guerrero, J., & Ochoa, C. (2012). Efecto del Almacenamiento a Diferentes Temperaturas sobre la Calidad de Tuna Roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller). *23(1)*, 117-128 (2012), 12. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100013>
- Gutiérrez, D., Ortiz, C., & Mendoza, A. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal. *Centro Nacional de Metrología*. https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/m2/sm2008-m220-1108.pdf
- Guzmán, V., & Caldera, Y. (2019). *Compuestos Bioactivos en Alimentos Funcionales y Suplementos Alimenticios*. Bogotá: Consejo Directivo - Sucursal ILSI Nor-Andino. <https://infoalimentarios.files.wordpress.com/2020/05/compuestos-bioactivos2020.pdf>
- Hernandez, G. (2017). *Método Analítico*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/b_huejutla/2017/Metodo_Analitico.pdf
- Hernández, M. (2017). *Identificación de la especie del picudo que afecta a la espina del nopal (Opuntia-ficus indica) en el Cerrillo Piedras Blancas* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Tecnológica de Tehuacán, Puebla, México].

- <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67838/Tesina%20Fernanda%20nopal%202017.pdf?sequence=3>
- Herrera, Y. (2018). *Efecto de la Temperatura de Almacenamiento Sobre las Características Físicas y Químicas de Tuna (Opuntia ficus indica)* [Tesis de Licenciatura, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua]. <https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/582>
- Huamán, E. (2022). *Capacidad Antioxidante, Compuestos Fenólicos y Vitamina C en Frutos Frescos y Liofilizados de Tres Variedades de Fruto de Tuna (Opuntia ficus indica)* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional José María Arguedas, Apurímac]. https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14168/661/Edith_Rosaluz_Tesis_Bachiller_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Huamani, F. (2023). *Compuestos fenólicos, capacidad antioxidante y ácidos orgánicos de tres variedades de tuna (Opuntia ficus-indica) de la Comunidad Mutca - Aymaraes* [Tesis para optar el título profesional. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay]. https://repositorio.unamba.edu.pe/bitstream/handle/UNAMBA/1279/T_083.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Inga, M., Aguilar, A., & Campos, D. (2021). Postharvest maturation of Pouteria lucuma: Effect of storage conditions on physicochemical components, metabolites and antioxidant and hypoglycemic capacity. *Scientia Agropecuaria*, 12(3), 411- 419. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.045>
- J. Pillco, D. G. (2021). Composición físico química y análisis proximal del fruto de sofaique (Geoffroea decorticans (Hook. et Arn.) procedente de la región Ica, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 87(1). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i1.319>
- Jiménez, E. (2014). *Obtención del Mucílago de la Cáscara de la Tuna (Opuntia ficus - indica) a partir de diferentes métodos de extracción* [Tesis para optar el título profesional, Universidad de Chile, Santiago de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130028>
- Karwacka, M., Ciurzyńska, A., Galus, S., & Janowicz, M. (2024). The Effect of Storage Time and Temperature on Quality Changes in Freeze-Dried Snacks Obtained with Fruit Pomace and

- Pectin Powders as a Sustainable Approach for New Product Development. *Sustainability*, 16(11), 4736. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su16114736>
- Kavindya, G., Trieu, H., O'Hare, T., Topp, B., Kavindya, K., & Kavindya, K. (2024). Efectos del almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas, la composición fitoquímica y los azúcares en cultivares de pulpa roja, Plumcot 'Rubycot' y ciruela 'Queen Garnet'. *Moléculas*, 29(19), 4641. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules29194641>
- Kibar, H., Sonmez, F., & Temel, S. (2021). Effect of storage conditions on nutritional quality and color characteristics of quinoa varieties. *Journal of Stored Products Research*, 91, 101761. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101761>
- Landeo, R. (2019). *Efecto del Tiempo y Temperatura en las Características Fisicoquímicas, sensoriales y capacidad antioxidante de la pulpa concentrada de Sanqui (Corryocactus brevistylus)* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú]. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/d46a2c97-1cf3-48cf-bac7-08fe7f51a680>
- Lazcano, C., Hernández, A., García, L., & Pérez, E. (2023). Extracción de compuestos bioactivos a partir de los subproductos de la tuna (*Opuntia ficus-indica* spp.): Tendencias y aplicaciones recientes en alimentos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 8, 785-794. https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/372315843_Extraccion_de_compuestos_bioactivos_a_partir_de_los_subproductos_de_la_tuna_Opuntia_ficus-indica_spp_Tendencias_y_aplicaciones_recientes_en_alimentos
- Li, X., Huang, F., Zhang, L., & Zhao, L. (2025). Efecto de la temperatura y la duración del almacenamiento poscosecha en la calidad del fruto del tomate. *Alimentos*, 14(6), 1002. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods14061002>
- Llanos, D. (2023). *Efecto de conservantes y temperatura de almacenamiento en el tiempo de vida útil de pulpa de piña (Anana comosus L.) envasada al vacío* [Tesis para Optar el Título Profesional. Universidad Nacional de Cajamarca, Perú]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5550/DIANA%20ELIZABETH%20LLANOS%20TER%C3%81N..pdf?sequence=1>

- Lugo, L. (2018). *Propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y antioxidantes de un yogur líquido adicionado con un liofilizado de jugo de tuna púrpura (Opuntia ficus indica) ultrasonificado* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México]. [http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2188/Propiedades s%20fisicoqu%C3%ADmicas%2C%20microbiol%C3%B3gicas%20y%20antioxidantes %20de%20un%20yogurt%20l%C3%ADquido%20adicionado%20con%20un%20liofiliza do%20de%20jugo%20de%20tuna%20p](http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2188/Propiedades%20fisicoqu%C3%ADmicas%2C%20microbiol%C3%B3gicas%20y%20antioxidantes%20de%20un%20yogurt%20l%C3%ADquido%20adicionado%20con%20un%20liofilizado%20de%20jugo%20de%20tuna%20p)
- Martins, M., Ribeiro, M., & Almeida, C. (2023). Propiedades fisicoquímicas, nutricionales y medicinales de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. y su principal uso agroindustrial: Una revisión. *Plantas*, 12(7), 1512. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12071512>
- Mercado, J., Taron, A., & García, L. (2016). Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en los fenoles totales y la actividad enzimática del níspero (*Achras sapota* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 69(2), 7955-7963. <https://doi.org/https://doi.org/10.15446/rfna.v69n2.59140>
- Medina, M., Hurtado, D., Muñoz, J., Ochoa, D., & Izundegui, G. (2023). *Método mixto de investigación* (Primera edición digital ed.). INUDI PERÚ. <https://doi.org/https://doi.org/10.35622/inudi.b.105>
- Meraz, N., Valle, S., Hernández, J., Anaya, S., Rodríguez, C., & Leyva, G. (2012). Quality of three sizes of prickly pear cactus stems (*Opuntia ficus indica* L. 'ATLIXCO') . *African Journal of Agricultural Research*, 7(32), 4512-4520. <https://doi.org/http://www.academicjournals.org/AJAR>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Análisis de mercado*. Lima - Perú: Sierra y Selva Exportadora. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2848443/An%C3%A1lisis%20de%20Me rcado%20Tuna%202015%20-%202021.pdf.pdf>
- Morejón, B. (2017). *Utilización del mucílago de tuna (Opuntia ficus-indica) en el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano, en la comunidad de pusir grande, provincia del carchi* [Tesis para optar el grado de Magíster, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador]. <https://core.ac.uk/download/pdf/200329776.pdf>

- Mostacero, B. (2018). *Evaluación de la Madurez y Características Físicoquímicas y Sensoriales en Poscosecha de Tuna (Opuntia ficus-indica) Variedad Amarilla Almacenada en Refrigeración* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna].
http://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/3248/1411_2018_mostacero_vargas_b_fcag_alimentarias.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Nieto, M. (2021). *Utilización de Tuna (Opuntia ficus - indica) como Coagulante Orgánico en el Tratamiento de Aguas Turbias* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú].
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5132>
- Nur, M., Wan, S., Hairil, A., & Fatimah, S. (2021). Efecto de las temperaturas de almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas y antioxidantes del jugo de sandía (*Citrullus lanatus*). *Natural Antioxidants to Food Preservation*, 12(1).
<https://doi.org/10.3390/metabo12010075>
- Ochoa, C., & Guerrero, J. (2012). Efecto del Almacenamiento a Diferentes Temperaturas sobre la Calidad de Tuna Roja (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller) . *Información Tecnológica* , 23(1), 117-128. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100013>
- Otero, R., Arrieta, R., Cabrera, B., Illescas, F., & Ortega, A. (2017). Efectos de la refrigeración sobre el contenido de fenoles y actividad antioxidante presente en especies de nopal: *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-dyck y Nopal *Opuntia ficus-indica*. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 12(24).
<https://doi.org/https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/download/2247/3558?inline=1>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Int. J. Morphol*, 5(1), 227-232. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Oviedo, A. (24 de Agosto de 2020). *Food y Wine*. Food y Wine:
<https://foodandwineespanol.com/conoce-los-beneficios-y-propiedades-de-la-tuna/>

- Paucara, C. (2017). *Caracterización Física y Química de la Tuna (Opuntia ficus indica) en el Municipio de Luribay y provincia de Loayza* [Tesis para optar el título profesional. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia]. <https://agrovet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/45>
- Peñarrieta, M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J., & Bravo, J. (2014). Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), 68-81. <https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339682006.pdf>
- Poljsak, B., Kovac, V., & Milisav, I. (2021). Antioxidants, Food Processing and Health. *Antioxidants*, 10(3), 433. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/antiox10030433>
- Raga, J., Ettiene, G., Pérez, E., Sandoval, L., & Casas, J. (2014). Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la capacidad antioxidante del mesocarpio homogeneizado y troceado de lechosa (*Carica papaya* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 15(2), 135-144. <https://doi.org/http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81333269003>
- Ramirez, E., Javier, H., De La Cruz, G., Rodríguez, N., Echevarria, J., & Roja, G. (2025). *Almacenamiento poscosecha: Estudio de frutos nativos en el distrito de Acobamba, Tarma* (1ª edición Digital ed.). UNAAT. https://doi.org/https://fondoeditorial.unaat.edu.pe/publicacion/Libro_7_ESTUDIO_DE_FRUTOS.pdf
- Ramos. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1- 5. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. (11 de Mayo de 2017). *Gobierno de México*. Gobierno de México: <https://www.gob.mx/snics/articulos/nopales-cultivo-emblematico-de-mexico?idiom=es>
- Sheng, Y., Ying, W., Yen, P., Yih, S., Yi, S., You, C., . . . Ling, S. (2020). Efectos del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre los antioxidantes en el jugo de *Momordica charantia* L. y *Momordica charantia* L. var. *abbreviata* Ser. *Moleculas*, 25(16), 3614. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules25163614>

- Shumye, G., Woldetsadik, K., & Fitiwi, I. (2020). Cambios postcosecha en el peso y el contenido de azúcar de la pera de cactus [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] Fruta bajo prácticas integradas de manipulación. *Revista Internacional de Ciencia de la Fruta*, 20(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1834899>
- Sierra y Selva Exportadora. (2021). *Análisis de Mercado*. Lima - Perú: MIDAGRI. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2848443/An%C3%A1lisis%20de%20Mercado%20Tuna%202015%20-%202021.pdf.pdf>
- Solórzano, K. (11 de Julio de 2019). *Kokoméxico*. Kokoméxico: <https://kokomexico.com/es/tuna-la-fruta-que-aparece-en-la-bandera-mexicana>
- Soto, E., & Barraza, G. (2024). Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad criolla roja. *Cientifi-k*, 2(2), 44 - 55. <https://doi.org/https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/cientifi-k/article/download/1365/1220/1335>
- Talens, P. (2016). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*. Valencia - España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Taype, D. (2018). *Diagnostico del mercado externo que demanda tuna industrializada en conserva de almibar* [Tesis para optar el título profesional, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú]. https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/362/Taype%20Olivera%20Danilo%20Laureano_tesis_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vásquez, E. (2022). *Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la concentración de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en el fruto de pushgay (*Vaccinium floribundum* H.B.K)* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d000bddd-1563-471e-9184-b2d755535834/content>

- Vegas, R., Monzón, A., & Zavaleta, A. (2022). Efecto de la temperatura en la cinética de acidez, azúcares reductores y vitamina C en pulpa de ciruela de huesito (*Spondias purpurea* L.). *Revista Científica OGOLL*, 2(2), e23. <https://doi.org/https://doi.org/10.54655/ogoll.v2i2.23>
- Velásquez, F., Rafael, D., & Ramírez, E. (2022). Efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en los parámetros físico-químicos y de color de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*). *Revista de Invest. Agropecuaria Science and Biotechnology*, 02(01), 29-38. <https://doi.org/https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/view/782/1144>
- Vizcarra, B. (2017). *Evaluación de maduración y características sensoriales postcosecha de una variedad amarilla (Opuntia ficus indica) en condiciones de almacenamiento* [Tesis para optar el título profesional, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua]. http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/187/Belinia_Tesis_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yupanqui, F. (2022). *Efecto de la harina de tuna (Opuntia ficus-indica) en la concentración de detergentes en agua residual de lavandería* [Tesis para optar el título profesional. Universidad Continental, Lima - Perú]. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11134/1/IV_FIN_107_TE_Yupanqui_Perez_2022.pdf
- Zhang, W., Wang, C., Shi, B., & Juna, X. (2016). Efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento sobre la calidad nutricional de las inflorescencias masculinas de nogal. *J Alimentos Medicamentos Anal*, 25(2), 374–384. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.05.010>
- Zuloeta, M. (2017). *Efecto de la Temperatura en la Calidad Fisicoquímica de los Frutos de Zarzamora (Rubus robustus C. Presl)* [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1691/EFEECTO%20DE%20LA%20TEMPERATURA%20%28Rubus%20robustus%20C.%20Presl%29.pdf?sequence=1>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Tabla 19

Matriz de consistencia de la investigación

Problema de Investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Metodología	Población y Muestra
¿De qué manera afecta el tiempo y la temperatura de almacenamiento a las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) variedad roja?	Objetivo general: Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) variedad roja. Objetivos Específicos - Determinar el efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento en las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) variedad roja. - Evaluar el efecto del tiempo y la temperatura de almacenamiento en el contenido de compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) variedad roja. - Seleccionar la temperatura y el tiempo de almacenamiento más apropiados para preservar la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) de variedad roja, teniendo en cuenta el mantenimiento de sus propiedades fisicoquímicas y sus compuestos bioactivos.	Hipótesis: Ha: Las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) variedad roja son afectadas significativamente por el tiempo y temperatura de almacenamiento postcosecha. Ho: Las propiedades fisicoquímicas y compuestos bioactivos de la pulpa de tuna (<i>Opuntia ficus indica</i>) variedad roja no son afectadas significativamente por el tiempo y la temperatura de almacenamiento postcosecha.	Independientes : Tiempo de almacenamiento . Temperatura de almacenamiento . Dependientes: Características fisicoquímicas. Compuestos bioactivos.	Tiempo Temperatura % Humedad % Cenizas Color pH % Ac. titulable. °Brix. Fenoles (mg Eq AG/100 g). Capacidad antioxidante (μmol Trolox/100 g)	Tipo: aplicada. Nivel: experimental. Enfoque: cuantitativo	Población: frutos de tuna variedad roja, (caserío de Huayrabamba, distrito Cochabamba, Chota, Cajamarca). Muestra: 10 kg de tuna variedad roja. Muestreo: no probabilístico por conveniencia. Unidad de análisis: cada una de las muestras de pulpa de tuna.

Anexo 2. Registro fotográfico de la ejecución de la investigación

Figura 18

Recepción de los frutos de tuna variedad roja



Figura 19

Acondicionamiento de los frutos de tuna para su almacenamiento



Selección

Pelado

Pulpeado



Envasado



Almacenamiento

Figura 20*Determinación del contenido de humedad***Figura 21***Determinación del contenido de cenizas***Figura 22***Medición del color*

Figura 23*Medición del pH***Figura 24***Determinación de la acidez titulable***Figura 25***Medición de sólidos solubles*

Figura 26

Determinación de los fenoles totales y capacidad antioxidante



Anexo 3. Verificación de los supuestos del análisis de varianza (ANOVA)

Figura 27

Prueba de normalidad de la variable humedad

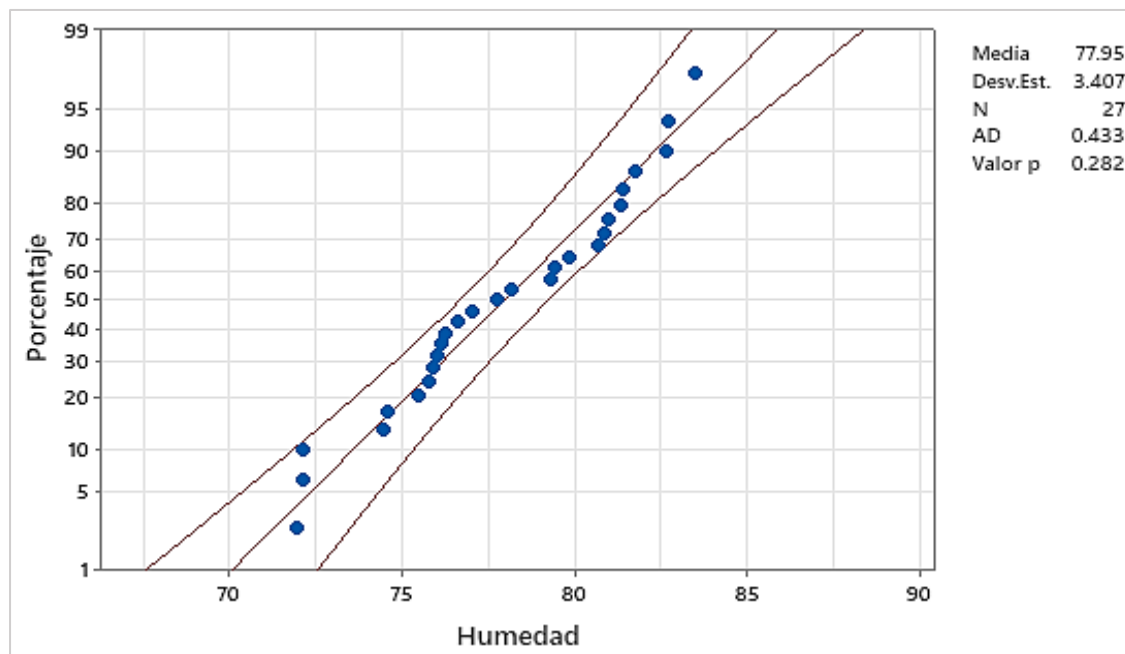


Tabla 19

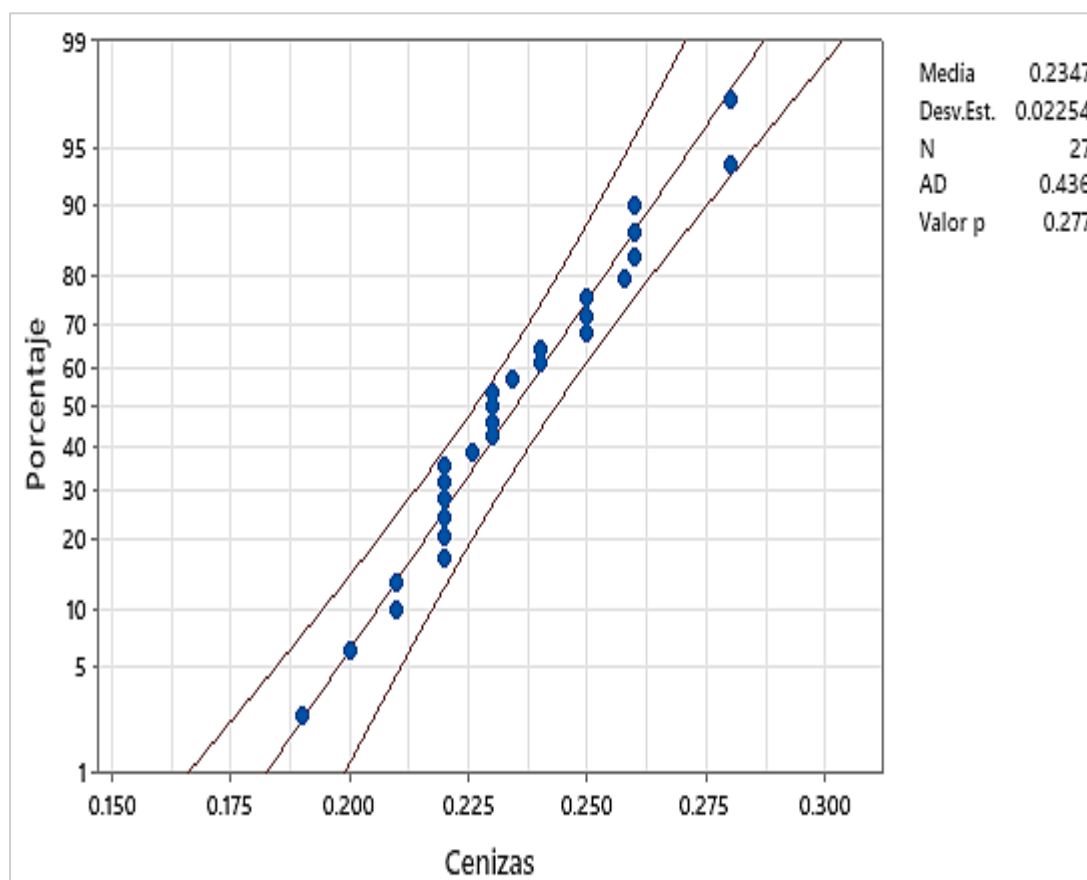
Prueba de homogeneidad de varianzas de la variable humedad

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.065
Levene	0.76	0.645

La prueba de Anderson – Darling presentó un valor $p > 0,05$ indica una distribución normal de datos y la prueba de Levene también presentó un p valor superior a 0,05, motivo por el cual se afirmó que se cumplen los supuestos requeridos para el ANOVA.

Figura 28

Prueba de normalidad de la variable cenizas

**Tabla 20**

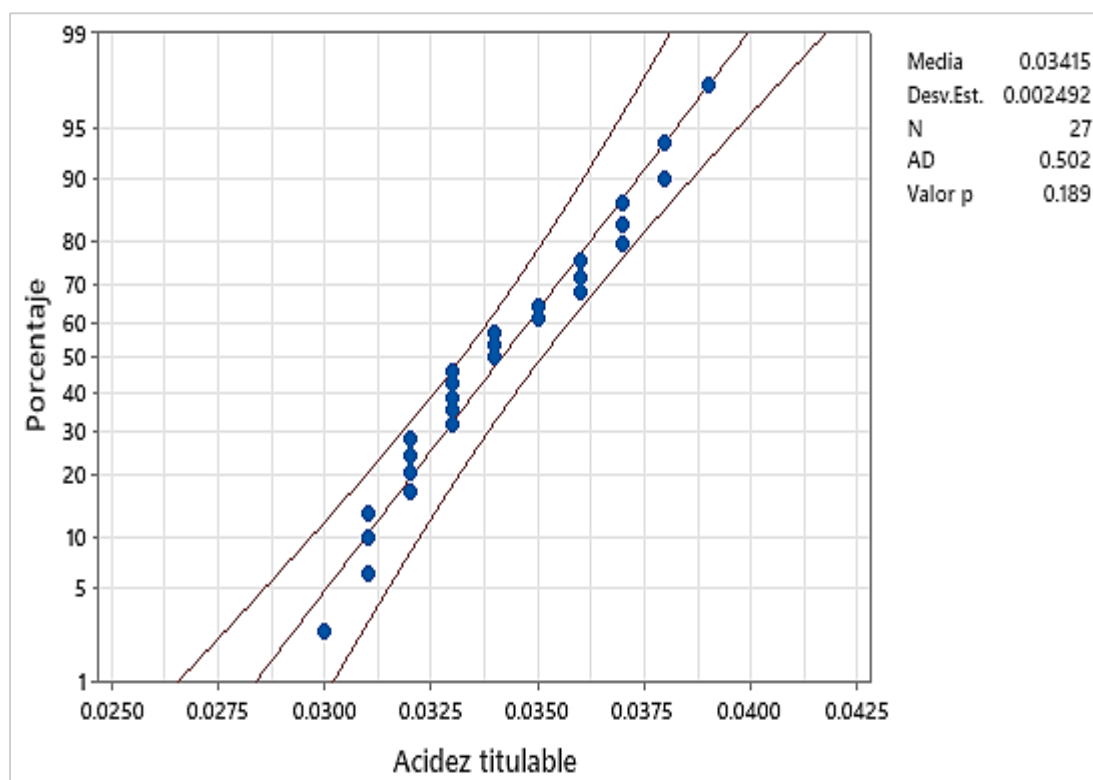
Prueba de homogeneidad de varianzas de la variable cenizas

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.880
Levene	0.18	0.991

La prueba de Anderson – Darling presentó un valor $p > 0,05$ indica una distribución normal de datos y la prueba de Levene también presentó un p valor superior a 0,05, motivo por el cual se afirmó que se cumplen los supuestos requeridos para el ANOVA.

Figura 29

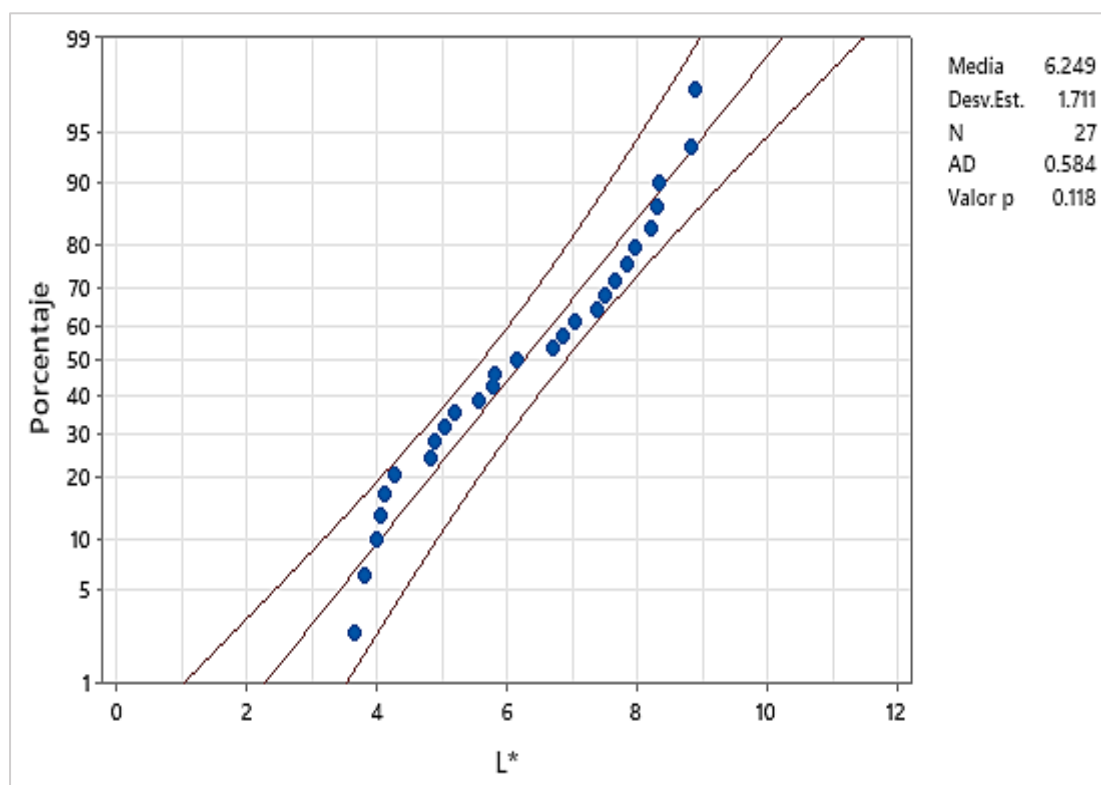
Prueba de normalidad de la variable acidez titulable

**Tabla 21**

Prueba de homogeneidad de varianzas de la acidez titulable

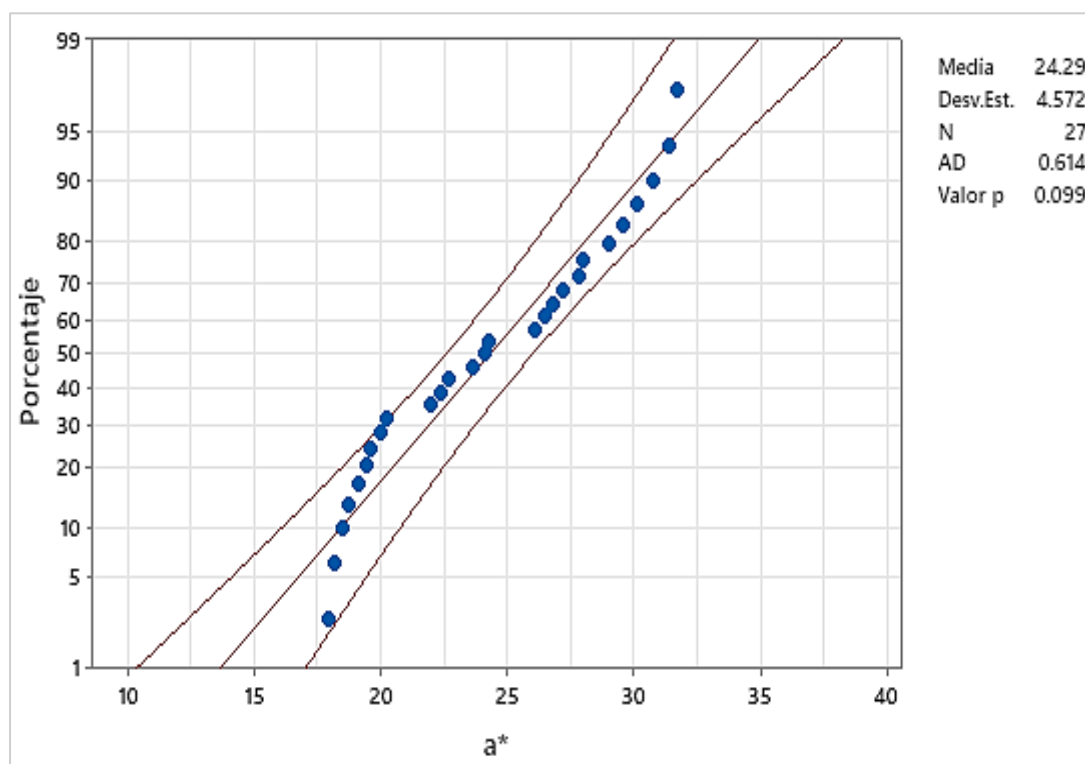
Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.996
Levene	0.25	0.974

La prueba de Anderson – Darling presentó un valor $p > 0,05$ indica una distribución normal de datos y la prueba de Levene también presentó un p valor superior a 0,05, motivo por el cual se afirmó que se cumplen los supuestos requeridos para el ANOVA.

Figura 30*Prueba de normalidad de la variable L^** **Tabla 22***Prueba de homogeneidad de varianzas de L^**

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.286
Levene	0.89	0.545

La prueba de Anderson – Darling presentó un valor $p > 0,05$ indica una distribución normal de datos y la prueba de Levene también presentó un p valor superior a 0,05, motivo por el cual se afirmó que se cumplen los supuestos requeridos para el ANOVA.

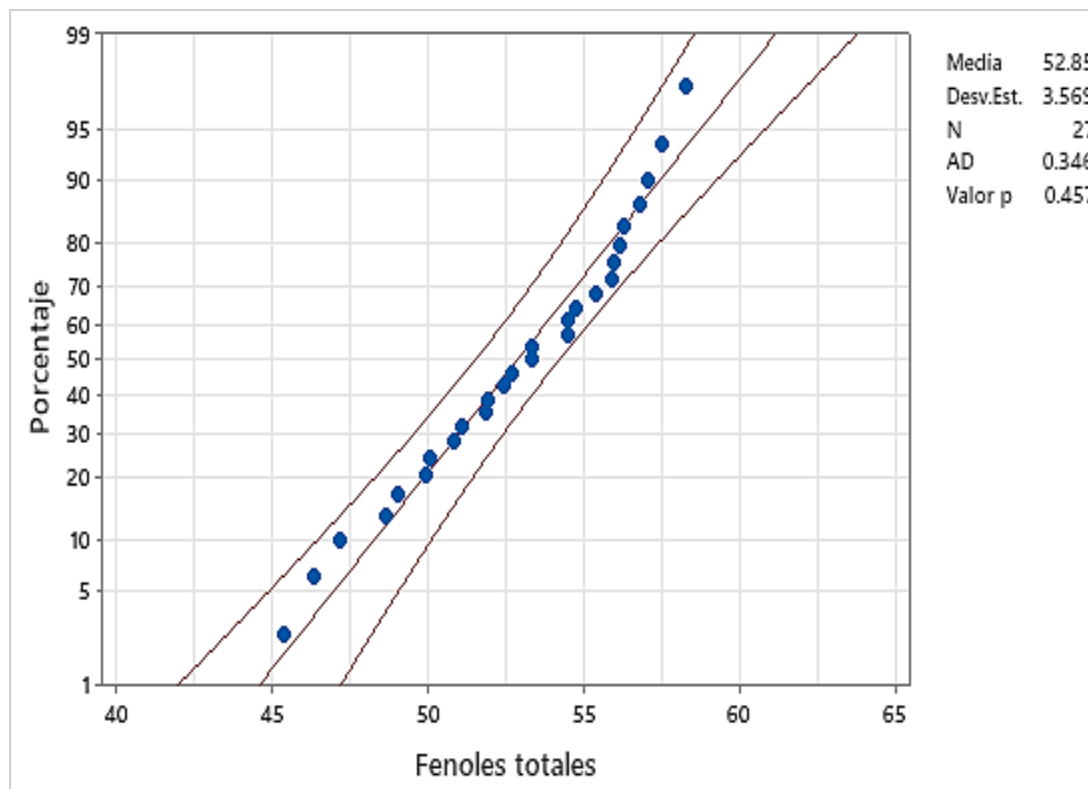
Figura 31*Prueba de normalidad de la variable a^** **Tabla 23***Prueba de homogeneidad de varianzas de a^**

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.993
Levene	0.14	0.996

La prueba de Anderson – Darling presentó un valor $p > 0,05$ indica una distribución normal de datos y la prueba de Levene también presentó un p valor superior a 0,05, motivo por el cual se afirmó que se cumplen los supuestos requeridos para el ANOVA.

Figura 32

Prueba de normalidad de la variable fenoles totales

**Tabla 24**

Prueba de homogeneidad de varianzas de fenoles totales

Método	Estadística de prueba	Valor p
Comparaciones múltiples	—	0.886
Levene	0.23	0.980

La prueba de Anderson – Darling presentó un valor $p > 0,05$ indica una distribución normal de datos y la prueba de Levene también presentó un p valor superior a 0,05, motivo por el cual se afirmó que se cumplen los supuestos requeridos para el ANOVA.

Anexo 4. Análisis estadístico para las características fisicoquímicas**Tabla 25***Análisis de varianza para la Humedad en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	245.067	122.534	221.44	0.000
Temperatura	2	29.136	14.568	26.33	0.000
Tiempo*Temperatura	4	17.593	4.398	7.95	0.001
Error	18	9.960	0.553		
Total	26	301.756			

Tabla 26*Comparaciones de Tukey para la humedad en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
0	9	81.7684	A	5	79.1197	A
4	9	77.6905	B	12	78.1453	B
8	9	74.4029	C	18	76.5968	C

Tabla 27*Análisis de varianza para el contenido de ceniza en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	0.007947	0.003974	37.88	0.000
Temperatura	2	0.002942	0.001471	14.03	0.000
Tiempo*Temperatura	4	0.000431	0.000108	1.03	0.420
Error	18	0.001888	0.000105		
Total	26	0.013209			

Tabla 28

Comparaciones de Tukey para el contenido de cenizas en función del tiempo y temperatura de almacenamiento

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
8	9	0.255333	A	18	0.247778	A
4	9	0.235567	B	12	0.234233	B
0	9	0.213333	C	5	0.222222	B

Tabla 29

Análisis de varianza para el parámetro L en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	67.717	33.8585	221.73	0.000
Temperatura	2	3.924	1.9618	12.85	0.000
Tiempo*Temperatura	4	1.760	0.4401	2.88	0.052
Error	18	2.749	0.1527		
Total	26	76.150			

Tabla 30

Comparaciones de Tukey para el parámetro L en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
0	9	8.17444	A	5	6.75111	A
4	9	6.27778	B	12	6.16889	B
8	9	4.29556	C	18	5.82778	B

Tabla 31

Análisis de varianza para el parámetro a^ en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	490.890	245.445	1612.41	0.000
Temperatura	2	44.883	22.441	147.43	0.000
Tiempo*Temperatura	4	5.001	1.250	8.21	0.001
Error	18	2.740	0.152		
Total	26	543.514			

Tabla 32

Comparaciones de Tukey para el parámetro a^ en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
8	9	29.5111	A	18	25.9000	A
4	9	24.2778	B	12	24.2111	B
0	9	19.0667	C	5	22.7444	C

Tabla 33

Análisis de varianza para el parámetro b^ en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	346.882	173.441	1648.91	0.000
Temperatura	2	53.449	26.724	254.07	0.000
Tiempo*Temperatura	4	27.402	6.851	65.13	0.000
Error	18	1.893	0.105		
Total	26	429.627			

Tabla 34

Comparaciones de Tukey para el parámetro b^ en función al tiempo y temperatura de almacenamiento*

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
0	9	10.1000	A	5	7.97778	A
4	9	7.2778	B	12	6.35556	B
8	9	1.4889	C	18	4.53333	C

Tabla 35

Análisis de varianza para el pH en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	4.13379	2.06689	759.27	0.000
Temperatura	2	0.80625	0.40313	148.09	0.000
Tiempo*Temperatura	4	0.39375	0.09844	36.16	0.000
Error	18	0.04900	0.00272		
Total	26	5.38279			

Tabla 36

Comparaciones de Tukey para el pH en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
0	9	6.01222	A	5	5.74556	A
4	9	5.58444	B	12	5.58111	B
8	9	5.05556	C	18	5.32556	C

Tabla 37

Análisis de varianza para la acidez titulable en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	0.000096	0.000048	61.48	0.000
Temperatura	2	0.000041	0.000020	26.05	0.000
Tiempo*Temperatura	4	0.000011	0.000003	3.62	0.025
Error	18	0.000014	0.000001		
Total	26	0.000161			

Tabla 38

Comparaciones de Tukey para la acidez titulable en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

❖	Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
	8	9	0.0356667	A	18	0.0356667	A
	4	9	0.0341111	B	12	0.0341111	B
	0	9	0.0326667	C	5	0.0326667	C

Tabla 39

Análisis de varianza para los °Brix en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	8.2341	4.11704	383.31	0.000
Temperatura	2	8.0896	4.04481	376.59	0.000
Tiempo*Temperatura	4	5.3748	1.34370	125.10	0.000
Error	18	0.1933	0.01074		
Total	26	21.8919			

Tabla 40

Comparaciones de Tukey para los °Brix en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

❖ Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
0	9	12.6000	A	5	12.4667	A
4	9	12.3111	B	12	12.4556	A
8	9	11.3111	C	18	11.3000	C

Tabla 41

Análisis de varianza para los fenoles totales en función al tiempo y temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	239.66	119.832	115.80	0.000
Temperatura	2	53.96	26.982	26.07	0.000
Tiempo*Temperatura	4	18.92	4.729	4.57	0.010
Error	18	18.63	1.035		
Total	26	331.17			

Tabla 42

Comparaciones de Tukey para fenoles totales en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
0	9	56.5975	A	5	54.4818	A
4	9	52.6583	B	12	53.0466	B
8	9	49.3075	C	18	51.0349	C

Tabla 43

Análisis de varianza para la capacidad antioxidante en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tiempo	2	53914.8	26957.4	5724.80	0.000
Temperatura	2	4735.3	2367.7	502.81	0.000
Tiempo*Temperatura	4	2817.9	704.5	149.60	0.000
Error	18	84.8	4.7		
Total	26	61552.8			

Tabla 42

Comparaciones de Tukey para la capacidad antioxidante en función al tiempo y temperatura de almacenamiento

Tiempo	N	Media	Agrupación	Temperatura	Media	Agrupación
0	9	184.150	A	5	145.519	A
4	9	126.520	B	12	126.666	B
8	9	74.744	C	18	113.231	C