

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE**  
**INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA, CONCENTRACIONES DE ETANOL E ÍNDICE DE MADUREZ, PARA OBTENER LA CONCENTRACION DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE PULPA DE TUNA MORADA (*Opuntia ficus indica*) CULTIVADA EN CARHUAZ

**Tesis para optar el Título Profesional de**  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Elizabeth Pinedo Reyna**

**Asesora:**  
**Ing. María Salomé Gonzales Lizarme**

**HUARAZ-PERU**

**2022**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"  
FACULTAD DE INGENIERIA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

**MODALIDAD: PTP TESIS GUIADA**

Los miembros del Jurado que suscriben, se reunieron en acto público para calificar la Sustentación de la Tesis presentada por la Bachiller:

**Elizabeth Pinedo Reyna**

**TITULADA**

**"EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA, CONCENTRACIONES DE ETANOL E ÍNDICE DE MADUREZ, PARA OBTENER LA CONCENTRACION DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE PULPA DE TUNA MORADA (*Opuntia ficus indica*) CULTIVADA EN CARHUAZ"**

Después de haber escuchado el informe y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declararon APTO para optar el TITULO PROFESIONAL con el calificativo de:


**APROBADO CON LA NOTA DE CATORCE (14)**

En consecuencia, la sustentante de acuerdo a la Ley Universitaria y las normas estatutarias queda en condición de recibir el Título de Profesional de:


**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Huaraz, 19 de junio del 2019

  
Dr. Jorge Antonio Ramírez Rodríguez  
**Presidente**

  
Dr. Angel Noé Quispe Talla  
**Vocal**

  
Dra. Ydania Espinoza Bardales  
**Secretaría**

  
Ing. María Salomé González Lizarme  
**Asesor**

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME FINAL DE TESIS 2.docx**

AUTOR

**eli pinedo**

RECUENTO DE PALABRAS

**16614 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**85713 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**105 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**4.5MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 10, 2023 8:59 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 10, 2023 9:00 AM GMT-5****● 21% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 20% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 13% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

## DEDICATORIA

*A Dios y la Virgen María quienes con su bendición me llevan por el buen camino de la vida, guiando mis pasos día a día para llegar a lograr mis metas y sueños.*

*En memoria de mi mamita Eudosia y mi Mamá Teresa, quienes me brindaron su cariño, amor y apoyo en los años que estuvieron a mi lado y a mi Padre Leoncio, quien con su presencia y consejos me ha impulsado a seguir adelante.*

## AGRADECIMIENTO

- A la Ing. María Salomé Gonzáles Lizarme, por el apoyo brindado como asesor de la presente tesis, a ella mi admiración y respeto.
- A los miembros del jurado de tesis: Mag. Jorge Antonio Ramírez Rodríguez, Mag. Ydania Espinoza Bardales, Ing. Angel Noe Quispe Talla; por sus valiosas sugerencias y acertados aportes durante el desarrollo de este trabajo.
- A la Decana y Directora del PTP-FIIA Mag. Norma Gamarra Ramírez, por incentivar y motivarme a culminar la presente tesis.
- Al Mag. Fredy Alvarado Zambrano por su valioso aporte y apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo de investigación.
- Al auxiliar de laboratorio de Análisis de Alimentos de la FIIA- UNASAM, por brindarme las facilidades para la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Juan Edson Villanueva Tiburcio, por las facilidades brindadas durante la ejecución del trabajo en el Laboratorio de Análisis por instrumentación, de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán-Huanuco.
- A todas las personas que una manera u otra han contribuido a la realización de este trabajo.

Gracias a todos, por hacer posible el logro de mis metas.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
INDICE GENERAL	IV
INDICE DE TABLAS	IX
INDICE DE GRÁFICOS	XIII
INDICE DE ANEXOS	XVI
RESUMEN	
ABSTRACT	
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	4
2.1. LA TUNA	4
2.1.1. Clasificación taxonómica	6
2.1.2. El ciclo de vida de la tuna	7
2.1.3. Fenología y desarrollo de los frutos	8
2.1.4. Maduración del Fruto	10
2.1.4.1. Solidos solubles	13
2.1.4.2. Acidez titulable	13
2.1.4.3. Acidez iónica Ph	14
2.1.4.4. Índice de madurez	15

2.1.4.5. Relación sólidos solubles (°Brix) /acidez titulable	15
2.1.5. Calidad del fruto	16
2.1.6. Variedades de la tuna	17
2.1.7. Características físicas y químicas	22
2.1.8. Composición Nutricional	25
2.1.9. Manejo Post-Cosecha	27
2.1.10. Usos potenciales	28
2.1.11. Datos estadísticos de la producción de la tuna	31
2.1.12. Descripción general de la tuna morada	33
2.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ALIMENTOS FUNCIONALES	34
2.2.1. Compuestos fenólicos	36
2.2.1.1. Estructura y clasificación	38
2.2.2. Estrés oxidativo	46
2.2.3. Antioxidantes	46
2.2.4. Compuestos fenólicos y actividad antioxidante	49
2.3. EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS	50
2.3.1. Antecedentes	50
2.3.2. Tipos de extracción	55
2.3.2.1. Extracción sólido-líquido	55
2.3.2.2. Extracción Líquido – Líquido	57

2.4.	CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS	58
2.4.1.	Técnicas espectrofotométricas	58
III.	MATERIALES Y METODOS	60
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	60
3.2.	MATERIALES Y EQUIPOS	60
3.2.1.	Materia prima	60
3.2.2.	Insumos	61
3.2.2.1.	Reactivos	61
3.2.3.	Equipos y materiales	61
3.3.	METODOLOGÍA	62
3.3.1.	Diseño Experimental	62
3.3.1.1.	Obtención y caracterización de la pulpa de tuna morada	65
3.3.1.2.	Preparación de los extractos etanólicos	67
3.3.1.3.	Determinación del contenido de compuestos fenólicos	60
3.3.2.	Análisis estadístico	70
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
4.1.	OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA PULPA DE TUNA MORADA	71

4.2.	EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ PARA OBTENER CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA	76
4.2.1.	Evaluación en estado Inmaduro	76
4.2.2.	Evaluación en estado Sazón	77
4.2.3.	Evaluación en estado Maduro	79
4.2.4.	Evaluación en estado Sobre-Maduro	80
4.2.5.	Análisis de varianza y gráfico de cajas del índice de madurez	82
4.3.	EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ETANOL PARA OBTENER CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA	84
4.3.1.	Evaluación de la concentración de etanol al 76%	84
4.3.2.	Evaluación de la concentración de etanol al 86%	86
4.3.3.	Evaluación de la concentración de etanol al 96%	88
4.3.4.	Análisis de varianza y gráfico de cajas de la concentración de Etanol	89
4.4.	EVALUACION DE LAS TEMPERATURAS DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA.	92
4.4.1.	Evaluación a la temperatura de extracción de 60°C	92
4.4.2.	Evaluación a la temperatura de extracción de 70°C	94

4.4.3.	Evaluación a la temperatura de extracción de 80°C	96
4.4.4.	Análisis de varianza y gráfico de cajas de la temperatura	98
4.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES PARA LA OBTENCIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA ( $\mu\text{g AGE/ml DE PULPA DE}$ TUNA)	100
V.	CONCLUSIONES	102
VI.	RECOMENDACIONES	103
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRAFICA	104
	<b>ANEXOS</b>	114

## INDICE DE TABLAS

Nro.....	Pag.
01: Características descriptivas de la Tuna.....	18
02: Grado de calidad y tipo comercial de tuna de acuerdo al color.....	20
03: Características de la Tuna por su grado de maduración y su forma.....	22
04: Características físicas y químicas de la pulpa de tuna púrpura.....	23
05: Composición proximal de distintas frutas nativas peruanas (g/100 g de fruta)	24
06: Composición nutricional de la Tuna por variedades.....	25
07: Composición de la Tuna .....	26
08: Producción de Tuna, 2007-2013 (Miles de toneladas métricas) .....	31
09: Producción de Tuna, según departamento 2013 .....	32
10: Producción mensual de tuna en Ancash/Año 2013 .....	33
11: Clasificación de los compuestos fenólicos .....	40
12: Contenido de fotoquímicos fenólicos en algunos alimentos .....	45
13: Mecanismo de acción de los antioxidantes propiamente dichos (Primarios) y de los Secundarios.....	48
14: Análisis de ANOVA de tres vías .....	70

15: Resultados de la caracterización fisicoquímica de la Tuna: en estado Inmaduro, Sazón, Maduro y Sobre maduro .....	71
16: Resultados de la Caracterización fisicoquímica de la Tuna Morada en estado maduro .....	74
17: Concentración de etanol por Temperatura en estado Inmaduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	76
18: Concentración de etanol por Temperatura en estado Sazón para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	77
19: Concentración de etanol por Temperatura en estado Maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	79
20: Concentración de etanol por Temperatura en estado Sobre Maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	80
21: Análisis de Varianza del Índice de madurez para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	82

22: Índice de madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 76% para la obtención de compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	84
23: Índice de madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 86% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	86
24: Índice de madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 96% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	88
25: Análisis de Varianza de la Concentración de etanol para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	89
26: Índice de madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción $60^{\circ}\text{C}$ para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	92
27: Índice de madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción $70^{\circ}\text{C}$ para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	94
28: Índice de madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción $80^{\circ}\text{C}$ para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	96

29: Análisis de Varianza de la Temperatura para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	98
30: ANOVA de los factores de Índice de madurez, Concentración de etanol y Temperatura para para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	100

## INDICE DE GRÁFICOS

Nro.....	Pag.
01: Zonas productoras de tuna .....	6
02: Evolución del desarrollo y maduración de frutos de tuna (Opuntia fícus indica) antes y después de la antesis Estadios de maduración: (V) Fruto verde – (IP) Inicio de la pigmentación amarillo – (VA) Verde amarillado – (AV) Amarillo verde.....	9
03: Estadios más comunes de madurez del fruto de la tuna Estadio 1 (VC) verde claro; Estadio 2 (IP) inicio de la pigmentación; Estadio 3 (AP) amarillo predominante; Estadio 4 (AA) amarillo anaranjado y Estadio 5 (LR) naranja rojizo .....	12
04: Componentes del fruto de tuna .....	16
05: Color comercial de las tunas .....	21
06: Estructura de los ácidos fenólicos .....	41
07: Estructura química del esqueleto básico de los flavonoides .....	42
08: Estructura química de algunos flavonoides .....	43
09: Diseño Experimental .....	64
10: Diagrama de flujo para la preparación de las muestras de pulpa de tuna.....	65
11: Diagrama para la preparación de los extractos etanólicos .....	68

12: Concentración de etanol por Temperatura en estado Inmaduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	76
13: Concentración de etanol por Temperatura en estado Sazón para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	78
14: Concentración de etanol por Temperatura en estado Maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	79
15: Concentración de etanol por Temperatura en estado Sobre maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	81
16: Gráfico de Cajas del Índice de madurez para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	82
17: Índice de madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 76% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	84
18: Índice de madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 86% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	86

19: Índice de madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 96% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	88
20: Gráfico de Cajas de la Concentración de etanol para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	90
21: Índice de madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción $60^{\circ}\text{C}$ para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	92
22: Índice de madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción $70^{\circ}\text{C}$ para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	94
23: Índice de madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción $80^{\circ}\text{C}$ para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	96
24: Gráfico de Cajas de la Temperatura para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	98
25: Cajas de los factores del Índice de madurez, Concentración de etanol y Temperatura para para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$ de pulpa de tuna) .....	101

**INDICE DE ANEXOS**

Nro.....	Pag.
01: Diseño Experimental .....	115
02: Informe Técnico de la tuna en estado maduro .....	116
03: Informe Técnico de la tuna en estado: inmaduro (muestra 1), sazón (muestra 2), maduro (muestra 3) y sobre maduro (muestra 4) .....	117
04: Regresión lineal de los tratamientos para la obtención de los $\mu\text{g}$ de ácido gálico equivalente .....	118
05: Resultado de los tratamientos de estudio .....	119
06: Galería Fotográfica .....	120
07: Hoja de Vida .....	130

## RESUMEN

En la investigación fue evaluada la influencia del Índice de madurez (Inmadura, Sazón, Madura y Sobre madura), la Concentración de etanol (76%,86% y 96%) y la Temperatura (70°C, 80°C y 90°C), en la obtención de la concentración de los Compuestos fenólicos, a través del método de Folin-Ciocalteu, de la pulpa de Tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) de Carhuaz. Y a través de un análisis de varianza (ANOVA) al 5 % de probabilidad y al 95% de nivel de confianza, y determinar el mejor tratamiento.

Las características fisicoquímicas en estado Maduro de la pulpa fueron: cenizas totales =0.18g/100g, humedad = 85.75g/ 100g, sólidos totales = 14.25g/100g, grasas =0.20g/100g. En los estados de madurez de la tuna, la acidez fue de (0,089; 0,089; 0,089; 0,091) de ác. cítrico/100 ml muestra, los sólidos solubles fueron (12,50; 13,20; 15,10; 14.20) °Brix y el Índice de madurez fue de (136,97; 144,65; 165,47; 155,61) % respectivamente. Se determinó EL IM en el estado maduro de la tuna fue la variable más significativa, influyendo en forma directamente proporcional en la extracción de los compuestos fenólicos. La concentración de etanol y la temperatura no fueron significativas, en promedio los 3 niveles de cada uno fueron similares, pero ligeramente superior la concentración al 86% y la temperatura de 70°C. El tratamiento N°23 (70°C, 86% etanol, Maduro IM=165.47%) obtuvo 29.482 µg AGE/ml de pulpa de tuna., seguido del tratamiento N°26 (70°C, 96% etanol, IM=165.47%) obtuvo 27.822 µg AGE/ml de pulpa de tuna.

**Palabras clave:** Tuna Morada (*Opuntia ficus indica*), Compuestos fenólicos, Temperatura, Etanol, índice de madurez, Método de Folin-Ciocalteu

## ABSTRACT

In the investigation, the influence of the maturity index (immature, ripe, ripe and overripe), the ethanol concentration (76%, 86% and 96%) and the temperature (70°C, 80°C and 90°C) were evaluated, in obtaining the concentration of phenolic compounds, through the Folin-Ciocalteu method, from the pulp of Tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) from Carhuaz. And through an analysis of variance (ANOVA) at 5% probability and 95% confidence level, and to be able to determine the best treatment.

The physicochemical characteristics of the pulp in the Mature state were: total ash =0.18g/100g, humidity = 85.75g/100g, total solids = 14.25g/100g, fat =0.20g/100g. In the ripe states of the tuna, the acidity was (0.089; 0.089; 0.089; 0.091) of acid. citrus/100 ml sample, the soluble solids were (12.50; 13.20; 15.10; 14.20) °Brix and the Maturity Index was (136.97; 144.65; 165.47; 155.61) % respectively. It was determined that the IM in the Mature state of the prickly pear was the most significant variable, influencing in a directly proportional way the extraction of phenolic compounds. The ethanol concentration and the temperature were not significant, on average the 3 levels of each one was similar, but the concentration at 86% and the temperature of 70°C were slightly higher. Treatment N°23 (70°C, 86% ethanol, Ripe IM=165.47%) obtained 29.482 µg AGE/ml of prickly pear pulp, followed by treatment N° 26 (70°C, 96% ethanol, IM=165.47 %) obtained 27,822 µg AGE/ml of prickly pear pulp.

**Keywords:** Purple Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*), Phenolic compounds, Temperature, Ethanol, maturity index, Folin-Ciocalteu method

## I. INTRODUCCION

Ante el interés que se tiene por estudiar los cultivos de origen andino, de investigar sus propiedades y de estudiar el beneficio que estos pueden brindar a nuestra salud. Flores *et al.* (1995), mencionan que el Nopal es una planta capaz de crecer y adaptarse en lugares donde se junta un mayor número de factores limitantes que son desfavorables para la mayoría de cultivos, ya que crece en lugares áridos y que su cultivo no necesita un riego continuo. Lo que permitirá que en años futuros debido a la escasez de agua y los cambios climáticos que se pronostica llegue a ser un recurso importante.

La Tuna, fruto del Nopal, aportará valiosa información para generar mayor demanda al sector que cultiva, comercializa e industrializa el fruto de la Tuna en el Callejón de Huaylas, así como para el consumidor por cuanto puede aportar en su salud. Galati *et al.* (2003), mencionan que la tuna posee altas concentraciones de compuestos bioactivos tales como vitamina C, pigmentos betalainas y compuestos fenólicos que le otorgan una alta actividad antioxidante; además, posee altas concentraciones de magnesio y calcio, así como aminoácidos tales como la prolina y taurina, escasos en el reino vegetal, que le brindan la característica de un alimento funcional.

Los compuestos bioactivos y su obtención resultan de gran interés para los profesionales que estudian el campo de los alimentos y demás interesados, ya que gracias a los estudios de investigación se logra saber realmente cual es la composición y se puede optimizar la obtención de los compuestos de los alimentos para otros estudios.

Se justifica la ejecución de este trabajo de investigación por el interés, en aumento, que se viene observando por estudiar aquellos alimentos funcionales, que contribuyen con la salud de las personas, por la asociación que se tiene con la disminución y prevención de enfermedades cardiovasculares, coronarias, diabetes, cáncer y otras enfermedades de carácter inflamatorio, además, que todos estos beneficios lo relacionan a la presencia de antioxidantes, y considerando que Pokorny *et al.* (2005), menciona como ejemplo a los compuestos fenólicos, los cuales dice que son los antioxidantes que inactivan radicales libres lipídicos y los antioxidantes que son estabilizadores de hidroperóxidos, que pueden retrasar y/o impedir la descomposición de hidroperóxidos en radicales libres, los compuestos fenólicos serán materia de esta investigación.

A nivel científico esta investigación permitirá ampliar los conocimientos sobre la obtención de los compuestos fenólicos de la pulpa de Tuna (*Opuntia ficus-indica*), que es un producto de la zona que no están siendo valoradas como tal. Servirá como aporte para otros trabajos relacionados a la industria alimentaria. Ya que resulta importante tener referencias de las óptimas condiciones que deben tener los alimentos, así como la metodología más óptima para la obtención de sus compuestos cuando se evalúan.

A nivel social y económico tendrá relevancia, por emplear una materia prima de la zona como la Tuna, los agricultores, podrán incrementar sus ingresos económicos con el cultivo de esta fruta, de esta forma se contribuye a que mejoren su calidad de vida. Con el tiempo fomentar la industrialización de la Tuna, permitiendo así más puestos de trabajo y el desarrollo y ampliación de la zona productora.

En base las consideraciones mencionadas, el objetivo principal del presente trabajo de tesis fue evaluar la obtención de los compuestos fenólicos de la pulpa de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) morada de Carhuaz que dependió de la temperatura, concentración de etanol e índice de madurez; y se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Obtener y caracterizar la pulpa de Tuna morada.
- Evaluar el índice de madurez para obtener concentraciones de compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada.
- Evaluar la concentración de etanol para obtener concentraciones de compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada.
- Evaluar las temperaturas de extracción para obtener concentraciones de compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. LA TUNA

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es de la familia Cactaceae, las cactáceas son especies autóctonas del continente americano que crecen principalmente en regiones áridas y semiáridas.

La tuna es una planta xerofítica que logra crecer bien en terrenos escasos de agua, cuyas temperaturas estén entre 16°C a 26°C y humedad relativa entre 55% a 85%. Desarrolla bien hasta los 2000 msnm. El exceso de humedad en el suelo hace daño a la planta y disminuye la producción de fruta, por lo que la lluvia o los riegos deben ser moderados. La producción de fruta se favorece con una buena iluminación durante el día y una buena oscilación de temperatura del día a la noche. Requiere de suelos sueltos, con pH alcalino.

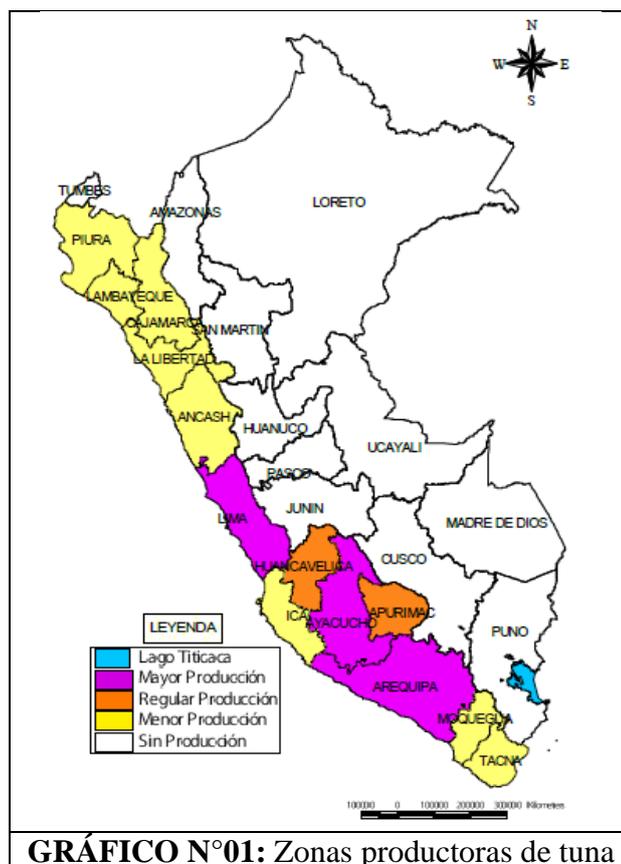
Se propaga por pencas y semillas de forma agámica. Al utilizar semillas se demora la fructificación mayor número de años y presenta una gran variabilidad, y con las pencas, la emisión de raíces empieza generalmente a los 8 días. Para el sembrío de las pencas estas deben ser secadas en la sombra unos diez días. Después son enterradas las dos terceras partes y el distanciamiento usado es de 4 por 3 metros. Durante el año en abril se seleccionan las plantas por su producción de frutas y ausencia de espinas, en setiembre se cortan las pencas y en octubre se siembran. (Flores *et al.*, 1995)

Avendaño (2008), indica que la tuna (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) es un cultivo de gran importancia en los sistemas agroforestales pastoriles de los andes peruanos. Es conocida con diversos nombres en varios lugares del mundo: “nopal”, “tunera”, “tunal”, “higo de india”, “higo español”, “chumbo”, “tuna con espina”, “tuna sin espina”.

El origen de la tuna, según Pulgar (1992), se encuentra en el estribo oeste de los Andes del Perú, en Bolivia y también en la meseta central de México. De estos lugares se ha extendido el cultivo a otros países, especialmente Italia, España, y Australia.

Existen aproximadamente mil variedades en todo el mundo; en el Perú los departamentos con mayor producción de tuna son: Ayacucho, Ancash, Cajamarca, Huánuco, Cusco y Arequipa. En Ayacucho las provincias de Cangallo, Huanta, La Mar, Huamanga y Víctor Fajardo, tienen un rendimiento al año que varía entre 5 a 6 toneladas de fruta por hectárea. En la costa del Perú, se desarrolla la tuna en forma aceptable en Chilca, Ica y Pacasmayo. Por exceso de calor no se pueden cultivar en Piura ni en los valles centrales de la costa, a no ser en las partes altas.

Según el Ministerio de Agricultura (2007), los departamentos con mayor producción son: Lima, Ayacucho y Arequipa, en el gráfico N°01 se puede observar las zonas con mayor, regular, menor y sin producción de la tuna en el Perú:



**GRÁFICO N°01:** Zonas productoras de tuna

**Fuente:** Ministerio de Agricultura (2007)

### 2.1.1. Clasificación taxonómica:

Se conocen aproximadamente 300 especies en todo el mundo, las que son procedentes de México, y las que se pueden encontrar en todo el continente americano, en Sudáfrica y también en países de la cuenca del Mediterráneo. La *Opuntia ficus-indica*, es la especie más común, que se caracteriza por ser de distintos colores (Naranja, rojo, purpura), sus frutos son dulces y jugosos, con abundante pulpa, con incontables semillas y cáscara que generalmente es delgada y que tiene grupos pequeños de espinas. (Sáenz, 2006)

Castro *et al.* (2009), menciona la siguiente clasificación taxonómica:

<b>Reino</b>	: Plantae
<b>División</b>	: Magnoliophyta
<b>Clase</b>	: Magnoliopsida
<b>Orden</b>	: Caryophyllales
<b>Familia</b>	: Cactaceae
<b>Subfamilia</b>	: Opuntioideae
<b>Género</b>	: Opuntia
<b>Especie</b>	: <i>ficus-indica</i>
<b>Nombre binomial</b>	: <i>O. ficus-indica</i> (L.) 1768 Mill.

### 2.1.2. El ciclo de vida de la tuna

Indoagro (1999), menciona que la tuna anualmente presenta dos fases en su ciclo de producción: la fase de actividad vegetativa y la fase de reposo vegetativo.

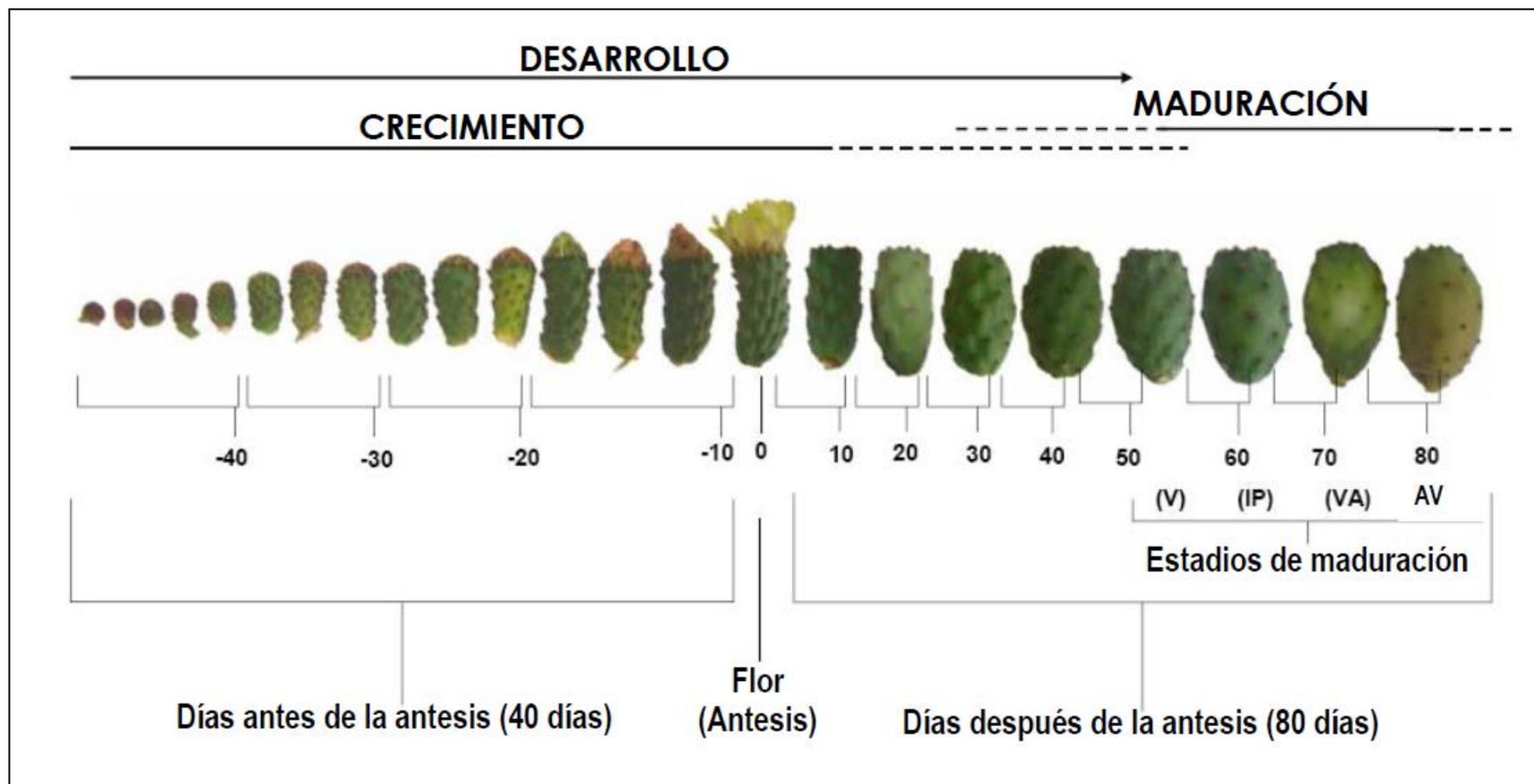
- ✓ **La fase de actividad vegetativa:** Esta fase se presenta entre los meses de setiembre y abril, ya que en esta época las altas temperaturas y las fuertes radiaciones beneficia al brote y crecimiento de los cladodios, a la floración y la madurez, para luego proceder con la cosecha de las frutas.
- ✓ **La fase de reposo vegetativo:** En esta fase la planta de la tuna entra en un periodo de descanso, reduciéndose considerablemente sus actividades metabólicas y fisiológicas. Esta fase se da en los meses de abril a agosto.

### 2.1.3. Fenología y desarrollo de los frutos

La fenología engloba los fenómenos biológicos por los cuales el fruto debe pasar, como la brotación de yemas, el desarrollo de las flores (inflorescencia) y la maduración de los frutos.

Es imprescindible distinguir cada uno de los cambios biológicos, identificar el inicio y fin de la floración, el inicio y fin de la fase de fructificación y la duración del ciclo de desarrollo del fruto. Con el fin de identificar los momentos exactos para la toma de decisiones en cuanto la fertilización, irrigación, poda, control de enfermedades, y todo con relación al manejo del cultivo.

En el gráfico N°02, se observa el desarrollo y maduración de la tuna, antes y después de la antesis (floración de la planta). En el gráfico se puede apreciar que 80 días después de la antesis se logra la completa maduración del fruto, el máximo punto de desarrollo y la madurez biológica de los frutos. (Castro *et al.*, 2009)



**GRÁFICO N° 02:** Evolución del desarrollo y maduración de frutos de tuna (*Opuntia ficus indica*) antes y después de la antesis  
 Estadios de maduración: (V) Fruto verde – (IP) Inicio de la pigmentación amarillo – (VA) Verde amarillado – (AV) Amarillo verde  
**Fuente:** Castro *et al.* (2009)

#### 2.1.4. Maduración del Fruto

Ayala (2008), señala que con la madurez la composición de los frutos cambia, no hay que olvidar que la tuna son frutos no climatéricos. Cosecharlos cuando están en el punto de madurez óptima de consumo y donde está mejor expresado su composición, es de suma importancia. La madurez óptima de consumo está evidenciada en los valores de algunos parámetros específicos. Como no se ha definido un único índice de cosecha, varios autores recomiendan que este se determine por cada tipo de fruto y cada área donde se cultiva.

Después de los 40 a 50 días del cuajo de la flor, cuando la pulpa comienza a crecer, los sólidos totales aumentan rápidamente, al inicio del cambio de color de la cáscara, es del 85% a 90% del que alcanzará un fruto maduro. El contenido de sólidos totales llega a valores de 12% a 15%, cuando la cascara ha llegado a la mitad de su color de lo que alcanzará en la madurez completa, en esta etapa la fruta alcanza la mejor calidad para consumo, ya sea fresco o para almacenamiento. En frutos completamente maduros los sólidos totales aumentan ligeramente, pero para su manejo están muy blandos y ya no son adecuados para el almacenamiento.

Los contenidos de sólidos solubles totales y vitamina C aumentan considerablemente, mientras que la acidez y firmeza se reducen durante el proceso de maduración.

Repo y Encina (2008), mencionan que el contenido de compuestos fenólicos es influenciado de forma directamente proporcional con el estado de madurez en el fruto, lo que a su vez permite en que sea mayor la capacidad antioxidante mientras madura el fruto. Según Barrios (2007), las diferencias en la madurez afectan el contenido de polifenoles, resultando que en los frutos jóvenes es usualmente alto en comparación con los frutos sobre maduros.

Sin embargo, se presenta una disminución significativa de la concentración de polifenoles totales y que continua durante la maduración, perdiendo aproximada el 80% desde la madurez fisiológica hasta la madurez de consumo. Según Arellano *et al.* (2005), esto se debe a que los compuestos fenólicos son sustratos que puede ser oxidados por enzimas, por ejemplo los polifenol oxidasas y peroxidasas.

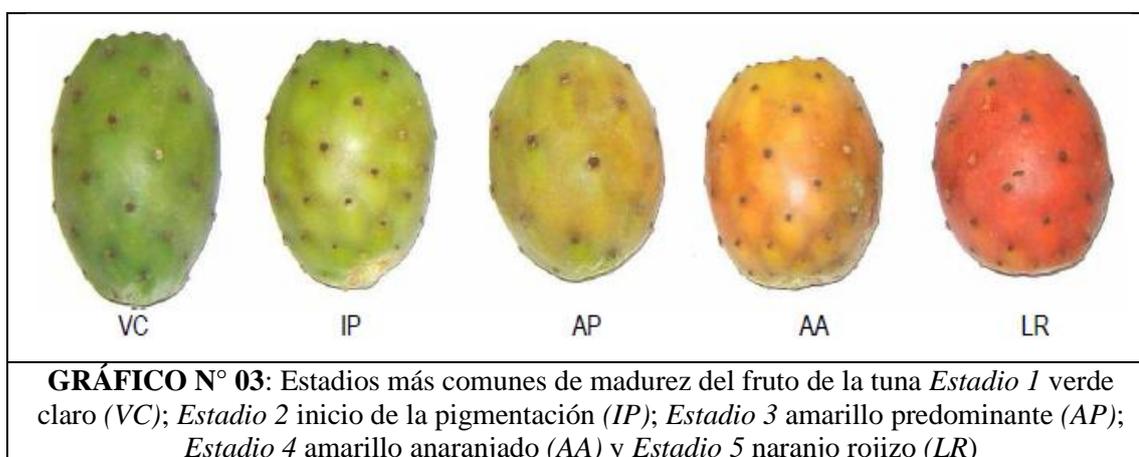
Castro *et al.* (2009), menciona que en la madurez fisiológica es donde el fruto acumula la mayor parte de sus reservas. Para planificar la cosecha es importante conocer y reconocer los estadios de madurez. Uno de los indicadores de madurez es el contenido de azúcares, y uno de los factores que más influyen en el acumulo de azúcares es el clima. Coavoy (2015), menciona en su tesis a Alves *et al.* (2015), que en su estudio de la tuna obtuvieron como resultado  $11.67 \pm 0.47^\circ\text{Brix}$ , además menciona que en los estudios realizados

por Cerezal y Duarte (2005) y Cantwell (1999), los sólidos solubles de la tuna varían entre 11.2°Brix a 14.8°Brix

Castro *et al.* (2009), menciona que los índices de cosecha se determinan por medios visuales y métodos físicos, fisiológicos y químicos.

- ✓ **Los medios visuales:** por medio de la forma y el color.
- ✓ **Los métodos físicos:** a través del volumen, peso, diámetro y de la medida de firmeza en la pulpa.
- ✓ **Los métodos fisiológicos:** por medio de la producción de etileno y de los niveles de respiración.
- ✓ **Los métodos químicos:** a través de la determinación del almidón por el yodo, determinación de almidón, celulosa, pectina y proteínas (sustancias insolubles en alcohol), acidez, sólidos solubles, índice de madurez, etc.

En el Gráfico N°03 se muestra los estadios más comunes del desarrollo de madurez de los frutos de tuna - *Opuntia* sp.



**GRÁFICO N° 03:** Estadios más comunes de madurez del fruto de la tuna *Estadio 1* verde claro (VC); *Estadio 2* inicio de la pigmentación (IP); *Estadio 3* amarillo predominante (AP); *Estadio 4* amarillo anaranjado (AA) y *Estadio 5* naranja rojizo (LR)

**Fuente:** Castro *et al.* (2009)

#### 2.1.4.1. Sólidos solubles

Torres *et al.* (2013), mencionan que, con la maduración de los frutos, tiende a aumentar el contenido de azúcar. Para la interpretación de los resultados de los sólidos solubles, debe ser siempre considerando: la pérdida de peso y agua en frutas durante el almacenamiento.

Herrera (2018), menciona en su tesis a Singh y Rajkumar (1999), quienes dicen que las frutas no climatéricas tales como la naranja, uva, tuna, y otras frutas, durante su conservación, debido a la acción enzimática se pueden presentar cambios graduales en su composición química. Entre los cambios, la producción de ácidos en el sistema y la concentración de iones hidrógeno son la más marcada, a comparación de la acidez titulable, este efecto se debe a que los azúcares como la glucosa y fructosa son usados por las células de la fruta para generar trifosfato de adenosina (ATP).

#### 2.1.4.2. Acidez titulable

Stintzing y Reinhold (2004), al respecto mencionan que durante la conservación de frutas no climatéricas se puede presentar cambios graduales en sus ácidos orgánicos, particularmente en el caso de la tuna (*Opuntia ficus indica*) señalan que el contenido de ácidos estaría entre 60 a 120 mg/100 peso fresco expresado como ácido

cítrico. Recordemos que la acidez titulable se determina por titulación con una base fuerte, se suele utilizar NaOH (0,1N) y se expresa en el porcentaje de ácido orgánico predominante.

Los cambios en la acidez titulable durante el desarrollo del fruto son mayores que otros indicadores y por eso podrían ser más útil para la cosecha. (Mitcham *et al.* 2003)

#### **2.1.4.3. Acidez iónica pH**

Torres *et al.* (2013), afirmaron que el pH está asociado directamente al índice de madurez, lo cual indica que un aumento del pH repercute en un aumento del índice de madurez y viceversa, este hecho se explica por la acción del efecto amortiguador del ácido cítrico (autorregulación del pH). Por otro lado, algunos frutos tienen la propiedad de aumentar el índice de madurez disminuyendo el pH asociado a la degradación del almidón en azúcares reductores o su transformación en ácido pirúvico.

El pH afecta a varias de las propiedades funcionales como: el flavor, el color, y la textura de los alimentos.

#### 2.1.4.4. Índice de madurez

Coavoy (2015), menciona a Cantwell (1999) y a Cerezal y Duarte (2005), en la época de cosecha el índice de madurez de la tuna es de 200 y entre 160 – 384, respectivamente en cada estudio.

Los sólidos solubles aumentan a medida que incrementa el índice de madurez. Este comportamiento se explica por la hidrólisis de distintos polisacáridos estructurales como las pectinas de la pared celular, el almidón y hasta los componentes monoméricos básicos, por lo que se acumulan azúcares, principalmente fructosa, glucosa y sacarosa (Arrieta *et al.* 2006).

#### 2.1.4.5. Relación solidos solubles (°Brix) / acidez titulable

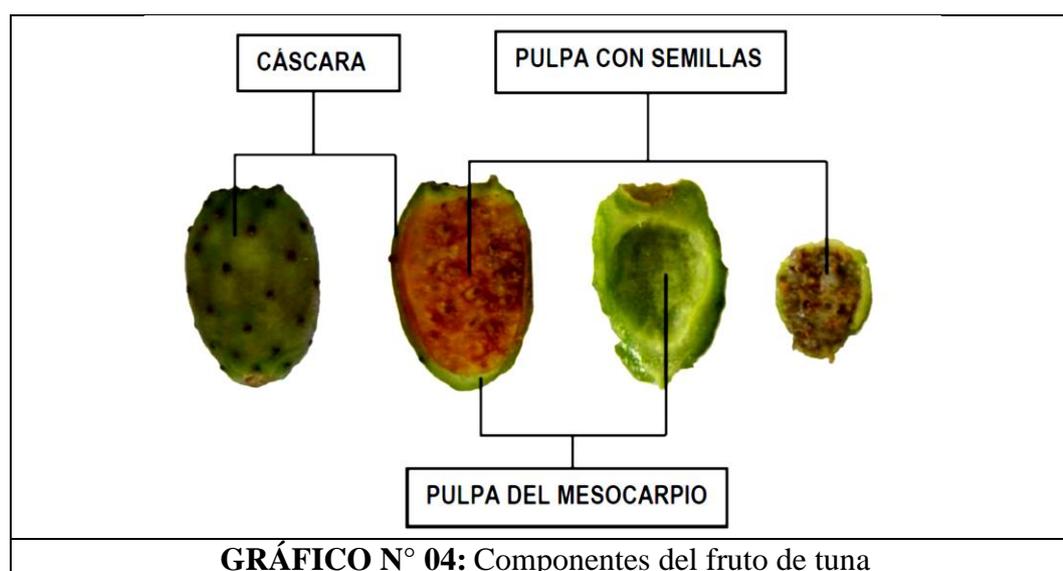
El vínculo de los sólidos solubles (°Brix) entre la acidez titulable va en aumento mientras avanza la maduración y se considera como índice de madurez (IM). Cuando avanza la maduración se presenta un descenso de la acidez, pero el contenido en solidos solubles aumenta al principio, hasta alcanzar un máximo para luego empezar a disminuir. (Pulgar, 1992)

Establecieron que la relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable es un indicador simple de la calidad de la fruta, pues una buena calidad de post-cosecha lo asocian a bajos índices, mientras

que altos índices lo asocian a una mala calidad lo que puede acarrear problemas en el almacenamiento, como la proliferación de hongos. Además, esta relación es útil, ya que el sabor de las frutas se determina por la relación que hay entre la cantidad efectiva de azúcares y ácidos presentes. (Mitcham *et al.* 2003)

### 2.1.5. Calidad del fruto

Sudzuki *et al.* (1993) menciona que la calidad del fruto se puede determinar a través de sus tres estructuras, las cuales se aprecian en el gráfico N°04:



**GRÁFICO N° 04:** Componentes del fruto de tuna

**Fuente:** Sudzuki *et al.* (1993)

- ✓ **La cáscara:** Es la parte no comestible del fruto, que al tener menos peso hará mayor la calidad del fruto. En la primera semana después de la Antesis (floración), el crecimiento de la cáscara es mayor que la del tejido que genera la pulpa, situación que después se revierte especialmente en los

últimos 30 días del desarrollo del fruto, es aquí donde el lóculo empieza a expandirse, y es esencial el aporte de agua en esta etapa.

- ✓ **La pulpa:** Es la parte comestible, cuya envoltura funicular contribuye con 90% y el funículo con el 10%. Los ácidos orgánicos están presentes en rangos muy bajos, de 0,01% a 0,12% de ácido cítrico y 0,02% a 0,06% de ácido málico, y casi no influyen en el sabor. La pulpa esta compuesta de agua en su mayoría (83%). Los sólidos solubles durante la cosecha varían entre 10°Brix a 17°Brix, siendo los óptimo entre 13°Brix y 15°Brix. (Aguilar, 2005)
- ✓ **Las semillas:** Coavoy (2015), menciona que según Cerezal y Duarte (2005), las semillas tienen forma de disco, poseen testa en forma de red y arilo lateral angosto, con diámetro de 3 a 4 mm. Se puede encontrar de cien a cuatrocientas semillas por fruto. Barbera *et al.* (1994), mencionan que entre el contenido (número y peso) de semillas y el peso total de la fruta existen correlaciones positivas, indicando que el tamaño de la fruta es mayor cuando hay mayor número de semillas.

#### 2.1.6. Variedades de la tuna

León (1997), señala que las diferencias entre las variedades de tuna en el Perú, son por la coloración de fruto y por la presencia de espinas. En la tabla N°01 como se puede apreciar estas características.

**TABLA N°01: Características descriptivas de la Tuna**

VARIETADES	ALTURA DE PLANTA	FRUTOS	DIAMETRO DE LA PENCA	FLORES
Blanca*	1.50 a 2.50 m	Consistencia buena, dulce color cristal lino	Grande 20-35 cm. y succulenta	Amarillo claro
Amarilla	2 a 3 m	Son las más preferidas	Mediano y pencas no muy succulentas	Amarillo claro
Morada	2 a 3 m	Grandes, en su interior de color rojo en diversas tonalidades	Mediano	Violáceo con tonalidades que varía del claro al oscuro
Colorada	1.60 a 2.50 m	Presenta Problemas en el transporte	Mediano	Rojo
Forrajera	1.50 a 2.50 m	-----	Mediano y de forma redonda	Amarillo y violáceo

\* Recomendable para la infestación de Cochinilla del Carmín

**Fuente:** León (1997)

- ✓ **Blanca:** El fruto tiene forma oblonga, su pulpa es de muy buena consistencia, aromática, jugosa, de color verde cristalino y tiene pocas semillas; como fruta fresca es más comercial.
- ✓ **Amarilla:** Pertenece a la variedad Verdal o Amarilla, son consideradas las de mejor calidad, con pulpa amarilla, dulce, jugosa y muy sabrosa, con bastantes semillas. Existen tres variedades de esta tuna: En la sierra, la Amarilla de Monte y la Amarilla de Huerta; y en la costa, la Amarilla Costeña. Por sus características adecuadas para el transporte, su buena

calidad y aceptación en el mercado, las preferidas son la amarilla de huerta y la costeña.

- ✓ **Colorada:** El fruto es redondeado y grande, su pulpa es arenosa y de color rojo intenso, con gran cantidad de semillas y su cáscara es delgada lo que la lleva a una acelerada sobre-maduración y lo hace menos comercial. Es una variedad poco extendida.
- ✓ **Morada:** Son de buena calidad, los frutos son de forma alargada; la pulpa es jugosa, dulce y de un color que varía de rojo claro a oscuro; de cáscara delicada con espinas pequeñas. Por sus características se diferencian dos variedades: la morada de huerta y la morada simplemente. De la primera se obtienen frutos de mejor calidad.

Según la norma del Diario oficial de la Federación (2006), la tuna se clasifica en 3 grados de calidad y cada grado en 5 tipos comerciales, tal como se puede apreciar en la Tabla N°02.

**TABLA N°02: Grado de calidad y tipo comercial de tuna de acuerdo al color**

<b>GRADO DE CALIDAD</b>	<b>TIPO COMERCIAL</b>
<b>México Extra</b>	Verde Amarillo Anaranjado Rojo Purpura
<b>México I</b>	Verde Amarillo Anaranjado Rojo Purpura
<b>México II</b>	Verde Amarillo Anaranjado Rojo Purpura

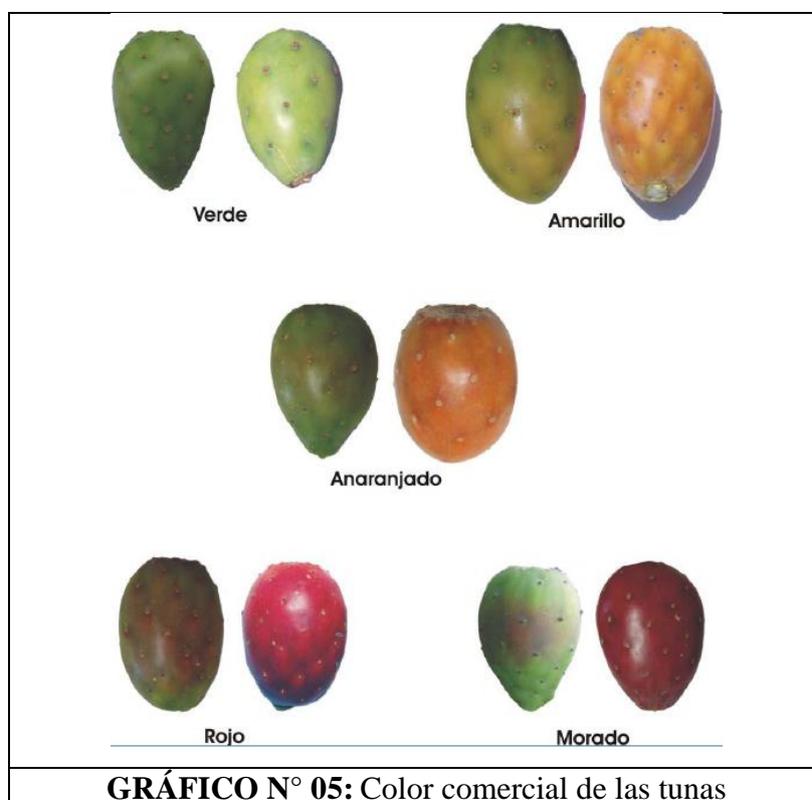
**Fuente:** Diario oficial de la Federación (2006)

El contenido de sólidos solubles totales, es el que determina el grado de madurez, el cual en todos los tipos comerciales debe ser mayor de 10°Brix, y el color debe ser el que corresponde al tipo comercial de la siguiente manera:

- ✓ **Tuna verde:** el fruto, al momento de su cosecha, en su cáscara tiene un color verde amarillo claro que cubre del 10% al 25% de la superficie.
- ✓ **Tuna anaranjada:** el fruto, al momento de su cosecha, en su cáscara tiene un color anaranjado que cubre del 10% al 25% de la superficie.
- ✓ **Tuna amarilla:** el fruto, al momento de su cosecha, tiene en su cáscara un color amarillo que cubre del 10% al 50% de su superficie.

- ✓ **Tuna roja:** el fruto, al momento de su cosecha, tiene en su cáscara un color rojo que cubre del 25% al 75% de su superficie.
- ✓ **Tuna púrpura:** el fruto, al momento de su cosecha, tiene en su cáscara un color morado o púrpura que cubre del 20% al 75% de su superficie.

En el gráfico N°05 se puede visualizar el color característico de cada tipo comercial de las tunas.



**GRÁFICO N° 05:** Color comercial de las tunas

**Fuente:** Diario oficial de la Federación (2006)

Según León (1997), en la tabla N°03 muestra las características de la tuna por su grado de maduración y su forma.

**TABLA N°03: Características de la Tuna por su grado de maduración y su forma**

<b>Grado de Maduración</b>	<b>Color y Apariencia de la Cáscara</b>		
	<b>Tuna Verde Blanca</b>	<b>Tuna de colorada (Amarilla, roja y morada)</b>	
<i>Inmaduro</i>	Verde y con tubérculos	Verde y con tubérculos, ombligo hundido	
<i>En sazón</i>	Brillosa y lisa alrededor del ombligo	Coloreada y lisa alrededor del ombligo	
<i>Maduro</i>	Brillo completo y lisa	Color completo y lisa alrededor del ombligo	
<i>Sobre-Maduro</i>	Brillo completo y arrugada	Color completo y arrugada alrededor del ombligo	
<b>Forma del Fruto</b>	<b>Calidad</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>
<i>Periforme</i>	Extra	Más de 10.0	Más de 6.0
	Primera	10.0 - 8.5	6.0 - 5.0
	Segunda	8.5 - 7.0	5.0 - 4.0
<i>Cilíndrica</i>	Extra	Más de 9.0	Más de 7.0
	Primera	9.0 - 7.5	7.0 - 6.0
	Segunda	7.5 - 6.0	5.0 - 4.0
<i>Esférica</i>	Extra	Más de 8.0	Más de 8.0
	Primera	8.0 - 6.5	8.0 - 6.5
	Segunda	6.5 - 5.0	6.5 - 5.0

**Fuente:** León (1997)

### 2.1.7. Características físicas y químicas:

En la investigación realizada por Castillo (2013), menciona que se estudiaron las tunas púrpuras (*Opuntia ficus-índica*), de la cosecha del año 2012, procedentes del Jardín de variedades - Estación Experimental Antumapu - Universidad de Chile, de donde se obtuvieron algunas características fisicoquímicas, las que se detallan en la tabla N° 04.

**TABLA N° 04: Características físicas y químicas de la pulpa de tuna púrpura**

Sistema/Parámetro	P (X ± DS)
Humedad (%)	84,4 ± 6,38
Ph	5,87 ± 0,03
Sólidos Solubles (° Brix) a 20°C	12,03 ± 0,29
Azúcares Totales (%)	15,7 ± 0,33
Turbidez (NTU)	2453,4 ± 64,2
Betacianinas (mg EB <sup>(1)</sup> /L)	294,9 ± 3,67
Betaxantinas (mg EI <sup>(2)</sup> /L)	94,8 ± 1,19
Polifenoles totales (mg EAG <sup>(3)</sup> /L)	761,3 ± 18,1

P: pulpa de tuna; <sup>(2)</sup>EI: expresado como equivalente a indicaxantina; <sup>(1)</sup>EB: expresado como equivalente a betanina; <sup>(3)</sup>EAG: equivalente de ácido gálico; NTU: unidad de turbidez nefelométrica; X: promedio; DS: desviación estándar (n= 3).

**Fuente:** Castillo (2013)

Coavoy (2015), menciona que Cerezal y Duarte (2005) reportaron que el pH de la tuna varió entre 5.68 a 6.31. En el estudio realizado por Repo y Encina (2008), determinaron los siguientes valores de las frutas nativas estudiadas (Tabla N°05).

**TABLA N° 05: Composición proximal de distintas frutas nativas peruanas (g/100 g de fruta).**

Componente	tuna verde	tuna roja	tuna anaranja	tomate de árbol	aguaymanto	papaya del monte
Humedad (%)	81,7	78,4	80,6	82,9	79,8	93,7
Cenizas (%)	0,4	0,4	0,5	1,0	1,0	0,5
Proteína cruda (%)	1,5	0,9	0,9	1,9	1,9	0,9
Fibra cruda (%)	3,7	3,5	3,9	4,5	3,6	0,6
Grasa cruda (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Carbohidratos (%)	16,3	20,2	17,9	14,1	17,3	4,9
Energía total (kcal/100g de muestra)	72,1	85,3	76,1	64,9	76,8	23,2

**Fuente:** Repo y Encina (2008)

La materia orgánica esta integrada por los nutrientes: Carbohidratos, proteínas y lípidos, esta materia se puede oxidar (quemar) en el organismo para que obtenga energía. Es calculada como la diferencia entre el contenido en materia seca y el contenido en cenizas del alimento.

Las cenizas son el contenido en minerales del alimento; las cuales, por lo general, suponen menos del 5% de la materia seca de los alimentos.

En el caso de los minerales y el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no producen energía para el organismo, ya que no se pueden oxidar. (Holden *et al.* 2003)

### 2.1.8. Composición Nutricional:

Avendaño (2008), menciona que la tuna es una fruta que por su aroma, sabor y nutrientes es muy cotizada. Al consumir la tuna su principal aporte nutricional es en calorías, agua y un considerable contenido de minerales, principalmente calcio y fósforo. En la tabla N° 06 se muestra a detalle la composición de la tuna por variedad.

**TABLA N° 06: Composición nutricional de la Tuna por variedades**

Composición	Variedades de Tuna		
	Blanca	Morada	Amarilla
<b><u>Química:</u></b>			
Calorías	58.00	58.00	53.00
Humedad	82.30	83.50	83.50
Proteínas	0.90	0.60	0.60
Grasas	0.00	0.00	0.00
Carbohidratos	15.30	15.50	15.50
Fibra	3.80	3.70	3.70
<b><u>Minerales (mg):</u></b>			
Calcio	16.00	40.00	38.00
Fósforo	26.00	39.00	39.00
Hierro	0.30	0.20	0.30
<b><u>Vitaminas (mg):</u></b>			
Caroteno	0.01	0.01	0.01
Riboflavina	0.03	0.04	1.04
Ácido ascórbico	13.00	25.50	25.00

**Fuente:** INIA (1998), Citado por Avendaño (2008).

León (1997), en base a otras bibliografías, nos muestra las composiciones de la tuna. (Tabla N°07)

**TABLA N°07: Composición de la Tuna**

ANALISIS	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>CALORIAS</b>	55.60	-	57.00	47.30
<b>PROXIMAL (g%)</b>				
Humedad	81.40	83.40	82.30	85.10
Proteínas	1.05	1.30	0.80	0.80
Grasa	0.43	00.30	0.00	0.70
Fibra	3.10	2.60	3.80	0.10
Cenizas	0.52	0.30	1.60	0.40
Carbohidratos	13.40	14.70	15.40	12.90
<b>VITAMINAS (mg%)</b>		-	0.01	-
Caroteno (A)	-			
Niacina (B)	0.26	0.34	0.36	-
Tiamina (B1)	0.01	0.01	0.01	-
Riboflavina (B2)	0.02	0.03	0.04	-
Ácido ascórbico (C)	18.40	17.60	19.50	22.00
<b>MINERALES (mg%)</b>				
Calcio	57.30	14.00	16.00	24.40
Fósforo	32.00	21.00	26.00	28.20
Hierro	1.23	0.30	0.30	-

**Fuentes:** (1)Mella (1989), (2)INCAP (1989), (3)Collazos *et al.* (1993), (4)Corfo (1986): Citado por León (1997)

León (1997), menciona que la tuna desde un punto de vista nutricional, es un fruto de fácil digestión, además que la pulpa constituye el 54% de parte comestible. También menciona que de acuerdo a las practicas agronómicas, varia la composición del fruto.

La tuna puede proporcionar una alta cantidad de calorías, de 56 a 66 cal/100g., ya que posee un alto % de azúcares reductores aprovechables. Por otro lado, tiene bajos niveles de proteína, grasa y fibra. En cuanto a las vitaminas tiene un alto valor nutricional. De entre ellas las que más destacan son la Riboflavina y Vitamina C; seguidas de la Niacina y Tiamina.

En cuanto a los minerales; predomina el contenido de calcio y fósforo, en cantidades menores, pero aceptables, están el contenido de magnesio, potasio y sodio.

En las tunas amarillas y rojas, se conoce que aproximadamente comprenden un 6.75% de materiales orgánicas y colorantes.

En relación con el fruto de la tuna y sus componentes volátiles, destacan de forma cuantitativa: aldehídos, alcoholes, cetonas, hidrocarburos y ésteres.

#### **2.1.9. Manejo Post-Cosecha**

León (1997), menciona que la velocidad de respiración de la tuna es de 10 mg. CO<sub>2</sub> / Kg.h.. Considerando que es una fruta no climatérica.

Con respecto a la cosecha: En los meses de enero a abril la cosecha es mayor, mientras que entre los meses de agosto y setiembre la cosecha es menor y debe incluirse el riego suplementario a los tunales.

En el manejo de la cosecha: Se debe realizar cuando hay rocío. Se corta el fruto justamente en la inserción de este con la penca, con la finalidad de evitar que se dañen, y se proliferen hongos y levaduras. Después se realiza la remoción de espinas y se continua con la selección y clasificación.

El almacenamiento de la tuna: Esta se puede realizar como también no, ya que habitualmente el producto se comercializa una vez que ha sido empacado, pero en caso de almacenarlas debe ser en bodegas a temperaturas ambiente por un corto periodo, la mejor temperatura que se encontró fue de 8 a 10°C y en caso la fruta se tenga que almacenar por un tiempo un poco más prolongado y lograr que se mantenga en buenas condiciones, la temperatura que se recomienda es de 0 a 2°C.

#### **2.1.10. Usos potenciales**

En México existe una gran tecnología para el procesamiento de la tuna, es por ello que, es bien aprovechada, tal es así que Rojas (2015), cita al Instituto Nacional de Ecología de México (2006), donde mencionan algunos de los procesos tradicionales para la elaboración de derivados como melcocha colonche, y queso de tuna. También indican algunos usos potenciales y otros subproductos derivados a partir de la tuna, considerando sus características y propiedades químicas, permitiendo una amplia gama de posibilidades de transformación, Además se siguen haciendo estudios los que permitirán el desarrollo de nuevas alternativas de procesamiento para la tuna.

El procesamiento de la tuna, viene a solucionar ciertas limitaciones actuales teniendo como resultado el aprovechamiento completo, darle un valor a agregado y reducir las pérdidas por la estacionalidad del producto

Entre algunas opciones agroindustriales de la tuna se tienen:

- ✓ Extracción de azúcares como la fructuosa y la glucosa, así como la extracción de pectina y ácido ascórbico.
- ✓ De las semillas se puede extraer aceite, este es comestible y de buena calidad, aunque económicamente no es factible a menos que sea parte de un proyecto donde se considera la industrialización de la pulpa y la cascara de la tuna. Se ha llegado a calcular que por cada hectárea de tuna Tapona se logra producir 16 kg de aceite.
- ✓ La cascara se puede aprovechar en la alimentación del ganado.
- ✓ Entre algunos de los productos con la pulpa de tuna se puede mencionar: Queso de tuna, vinos a base de tuna, mermeladas, fruto en almíbar, néctar, tunas cristalizadas y hasta harina de tuna.
- ✓ La obtención de colorantes naturales, los cuales podrán ser usados como adictivos en los alimentos, así como en la medicina y la industria cosmética. Existe un estudio donde han extraído un colorante del tipo de las betacianinas. Las tunas que usaron fue la tuna tapona (*O. robusta*) y la cardona (*O. streptacantha*), presentando mayor rendición esta última.
- ✓ Además, existe un tipo de tuna que proviene del nopal denominado Xoconostlel, con un sabor muy ácido, la cual es muy usada como aditivo en sopas y guisados.

Según Sáenz (2000), sólo se conocen algunas tecnologías de transformación de la tuna, sin embargo, presenta gran interés para productos de uso médico, para la elaboración de productos de consumo humano, así como otras áreas, ya que este fruto tiene en su composición química, elementos de gran interés. Generando gran valor para los productores y para la agroindustria en general.

Además, señala alternativas para el aprovechamiento de la tuna, tales como:

En zonas áridas y rurales, la tuna cumple un rol importante para la alimentación humana, al contar pocos recursos naturales, las pencas tiernas son utilizadas en ensaladas, mientras que los frutos son consumidos en estado fresco y en jugos, aprovechando su contenido en proteínas y minerales.

Con respecto al lado industrial tiene buenas posibilidades:

- ✓ Para clarificar el agua enturbiada, como floculante.
- ✓ Elaboración de vinos artesanales
- ✓ La planta de la tuna alberga a la cochinilla del carmín, de donde se obtienen tintes y colorantes que son de alto valor en el mercado extranjero.

En cuanto a la aplicación terapéutica de la tuna y su valor medicinal, sabiendo que es un arte viejo de los pueblos y que los conocimientos han sido heredados de su antepasado, partes de la tuna eran utilizadas como medicina, a continuación, se detalla algunas aplicaciones:

- ✓ La cáscara de tuna usada parara curar los riñones.
- ✓ El Fruto de la tuna: utilizada como infusión asada de 3 tunas en ayunas, para curar la tos convulsiva.

#### 2.1.11. Datos estadísticos de la producción de la tuna

La producción de la tuna entre los años 2007 y 2013 según los datos que nos brinda el INEI (2014), se muestra en la tabla N° 08 y la producción por regiones en el 2013, en la tabla N°09.

**TABLA N°08: Producción de Tuna, 2007-2013** (Miles de toneladas métricas)

Producto	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
TUNA	66,8	68,9	77,6	89,5	84,6	82,0	85,9

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Riego - INEI (2014)

**TABLA N°09: Producción de Tuna, según departamento 2013**

DEPARTAMENTO	TUNA (Toneladas Métricas)
Tumbes	-
Piura	-
Lambayeque	-
La Libertad	1 304
Cajamarca	1 069
Amazonas	-
Ancash	2 589
Lima	11 548
Ica	225
Huanuco	271
Pasco	55
Junin	300
Huancavelica	12 229
Arequipa	7 105
Moquegua	1 928
Tacna	547
Ayacucho	15 008
Apurimac	6 912
Cuzco	24 798
Puno	-
San Martin	-
Loreto	-
Ucayali	-
Madre de Dios	-

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Riego - INEI (2014)

La producción de tuna en Ancash durante los años 2013 fue de 16.7 toneladas, en la tabla N°10 se muestra la producción mensual según datos del MINAG (2014).

**TABLA 10: Producción mensual de tuna en Ancash/Año 2013**

Mes	Producción (t)
Enero	2.4
Febrero	3.6
Marzo	2.5
Abril	3.7
Mayo	4.5
Junio	-
Julio	-
Agosto	-
Setiembre	-
Octubre	-
Noviembre	-
Diciembre	4.5
<b>TOTAL</b>	<b>16.7</b>

Fuente: MINAG (2014)

#### 2.1.12. Descripción general de la tuna morada

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es una gran alternativa como fuente para la obtención de colorantes naturales, pues es una de las pocas frutas en la naturaleza que tiene betalainas, pigmento beneficioso para la salud por su capacidad antioxidante. La pulpa tiene un delicado aroma, contiene una baja acidez, pero un alto pH y contenido de azúcar. (Sáenz, 2006)

Castellar *et al.* (2003), menciona que las betalainas están conformadas por dos grupos por sus estructuras: Las Betacianinas, son las que presentan el grupo 3,4 dihidroxifenilalanina, conocida también como DOPA, y que puede estar o no glicosilado. Las Betaxantinas tienen una conjugación con aminoácidos o con sus derivados.

Sáenz (2006), dice que las Betalaínas vienen a ser compuestos hidrosolubles que derivan del ácido betalámico y también los ha clasificado en 2 grupos, las responsables de los colores rojo y púrpura son las Betacianinas, y las responsables de los colores amarillo y naranja son las Betaxantinas.

Stintzing y Carle (2004), mencionan que, en la tuna se obtuvieron 28.09 mg y 41.05 mg de betacianinas y betaxantinas respectivamente. Llegaron también a la conclusión que las Betalaínas son afectadas por la variedad del fruto, el clima, dónde fueron cultivadas y su estado de madurez.

Sáenz (2006), dice que la tuna morada en su composición presenta polifenoles con propiedades antioxidantes, cuyos valores se encuentran entre 660 y 909 mg/L de pulpa.

## **2.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ALIMENTOS FUNCIONALES**

Palencia (2000), hace referencia sobre las sustancias de los alimentos que no tiene una función nutricional definida y no son consideradas esenciales para la salud del ser humano, en cambio para el propio alimento son beneficiosas pues intervienen en su metabolismo secundario. Algunas de estas sustancias son los pigmentos y/o colorantes, reguladores del crecimiento, sustancias responsables del aroma y protectores naturales contra parásitos. Pero a pesar de no aportar nutrientes, estas sustancias son fitoquímicos, conocidas como sustancias bioactivas las cuales pueden tener un impacto importante en el curso de ciertas enfermedades.

En frutas y vegetales, se ha identificado superior a una docena de fitoquímicos, entre las cuales destacan los siguientes: Los polifenoles, isotiocianatos, flavonoides, sulfuros tioles, monoterpenos, vitaminas, lignanos, isoflavonas, saponinas, glucosinolatos, carotenoides, ácidos grasos, esteroides de plantas, fibra dietética y los probióticos. (Palencia, 2002)

Al igual que se puede encontrar en frutas y hortalizas de manera abundante las sustancias bioactivas, en los productos lácteos producidos por fermentación ácido láctica, como es el caso de la leche cortada y el yogurt. Las sustancias bioactivas se encuentran en las bacterias "ácido lácticas". (Palencia, 2000)

El contenido de sustancias bioactivas, en el tejido de las frutas, se ve influenciado por varios factores precosecha, como la genética de la planta, portainjerto, condiciones del clima, madurez, y prácticas culturales; y también por factores postcosecha, como el almacenamiento y el procesado. (Feippe *et al*, 2009)

Leyva (2009), menciona que actualmente estas sustancias bioactivas, llamados también quimiopreventores, están siendo de gran interés para los laboratorios de investigación relacionados con la industria alimentaria y farmacéutica. En el campo de la investigación toman el nombre de alimentos funcionales o Functional Foods.

Este término “alimento funcional” se refiere a alimentos y/o ingredientes que reducen el riesgo de enfermedad y colaboran con la salud, también se considera que deben consumirse dentro del régimen alimenticio.

Palencia (2000), menciona que, estas sustancias no pueden ser consideradas como esenciales para el metabolismo, pero a largo plazo son indispensables para la salud del ser humano, ya que participan como protectores para el sistema cardiovascular y circulatorio, reducen la presión sanguínea, regulan la glucosa y el colesterol, son reductores del riesgo a contraer cáncer y mejoran el sistema inmunológico del cuerpo.

La Asociación Estadounidense de Diabetes (ADA) cataloga como funcionales, en algún nivel fisiológico a todos los alimentos. Ya que al utilizar la denominación “alimento funcional” no tiene que dar la idea errónea de existen alimentos buenos y malos; sino que todos los alimentos pueden ser integrados en un plan de nutrición saludable, teniendo en cuenta que la clave es variar y alimentarse con moderación. (Palencia, 2002)

### **2.2.1. Compuestos fenólicos**

Paladino (2008), menciona que las plantas superiores o cormófitas sintetizan moléculas orgánicas en gran cantidad, esto como consecuencia de su metabolismo secundario.

Los fenoles se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, en todas las partes de las plantas. La concentración de estos metabolitos secundarios es variable a lo largo del ciclo vegetativo, participando de diversas funciones, tales como: la actividad enzimática, la formación de componentes estructurales, la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la alelopatía, la fotosíntesis y como defensa ante los factores desfavorables del ambiente.

Los compuestos fenólicos están relacionados con las propiedades antioxidantes de los alimentos de origen vegetal, a las características nutritivas y también a características como el color, textura y sabor (Robbins, 2003)

Estos compuestos, para proteger a los tejidos inferiores de la oxidación, se les ubica especialmente en las capas más superficiales de los alimentos. En su mayoría son fuertes antioxidantes con la capacidad de reducir la degradación oxidativa de los lípidos, proceso necesario para que funcionen las células vegetales y animales. Es por ello que consumir frecuentemente frutas y vegetales frescos es asociado con el descenso en casos de cáncer en humanos y en carcinogénesis experimental. Son incluso anticoagulantes, inmunoestimulantes, antimicrobianos, y reguladores de la presión arterial y de la concentración de glucosa libre en la sangre. (Palencia, 2000)

Paladino (2008), cita a Proestos *et al.* (2005) y Velioglu *et al.* (1998), quienes mencionan que los polifenoles tienen acciones plaguicidas utilizados para controlar los moluscos; actúa contra la presencia de gusanos parásitos; son antihepatotóxicas, antidiarreicas, antiinflamatorias y antiúlceras; además son antialérgicas, antivirales, y dilatadores de los vasos sanguíneos. Con referencia al virus de la inmunodeficiencia Humana (HIV) y del virus simplex humano (HSV), se ha comprobado que inhiben la replicación de estos virus. Para el caso de la caries dental, inhiben las glucosil transferasas del *Streptococcus mutans*. También mencionan que inhiben la autooxidación del ascorbato. La actividad antioxidante que tienen los fenoles son el principio de funciones biológicas, como el antienvjecimiento, evitar el desarrollo y la reproducción indiscriminada de las células neoplásicas y la prevención o el retraso de la aparición del cáncer.

#### 2.2.1.1. Estructura y clasificación

Químicamente los fenoles Martínez *et al.* (2000), los definen como sustancias con un anillo aromático, un anillo benceno, con uno o más grupos hidróxidos incluyendo derivados funcionales como ésteres, glicósidos, metil ésteres y otros. Los fenoles se pueden clasificar en monofenoles y polifenoles, según a los grupos hidróxidos que se encuentren ligados.

Los monofenoles tienen un solo grupo OH en el anillo aromático de benceno, algunos ejemplos de estos son el para-cresol, que se puede encontrar en las zarzamoras y las frambuesas; el 3-etilfenol y el 3,4-dimetilfenol las cuales responsables del gusto ahumado en algunas semillas de cacao, también están presentes en muchas frutas y semillas (Palencia, 2000)

Los polifenoles cuentan con 2 a más grupos OH en el anillo aromático de benceno, estos varían desde moléculas simples, como los ácidos fenólicos a compuestos altamente polimerizados, como los taninos. En la naturaleza, la manera más común de encontrarlos es en forma de glicósidos, caracterizando por ser solventes orgánicos y solubles en agua. Los azúcares que se asocian a los polifenoles, con mayor frecuencia: los monosacáridos, entre los cuales están la glucosa, galactosa, arabinosa, D-xilosa, ramnosa, ácidos galacturónico y glucurónico; también los disacáridos y hasta los oligosacáridos. Además, los polifenoles se pueden encontrar unidos a ácidos carboxílico, aminas, ácidos orgánicos, lípidos y a otros compuestos fenólicos. (Martínez *et al.*, 2000)

Valls (2000), cita a Brunet (1999) quien clasifica a los compuestos fenólicos según su estructura química, dicha clasificación se presenta en la tabla N° 11.

**TABLA N°11: Clasificación de los compuestos fenólicos**

<b>Compuestos no flavonoides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Ácidos Fenólicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ácidos Benzoicos</li> <li>- Ácidos Cinámicos</li> </ul> </li> <li>➤ <b>Estilbenos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resveratrol</li> </ul> </li> </ul>
<b>Compuestos flavonoides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Flavonoles</b></li> <li>➤ <b>Flavanoles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Taninos o Proantocianidinas</li> <li>Antocianinas y Antocianos</li> </ul> </li> </ul>

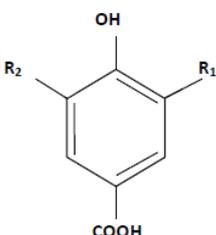
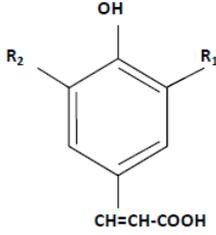
**FUENTE:** Brunet (1999), citado por Valls (2000)

Aproximadamente 8000 compuestos, que están en la naturaleza, comprenden el termino fenoles. Se menciona 2 grupos de polifenoles: Los Ácidos fenólicos y los Flavonoides. En el primer grupo se encuentran los ácidos benzoicos y cinámico, mientras que el segundo grupo están los flavonoides, antocianinas y taninos. Este último es un polímero que resulta de la reacción de los flavonoides y las antocianinas. (Badui, 2006)

Los ácidos fenólicos según Pokorny *et al.* (2005), en los alimentos son abundantes y se hallan divididos en dos grupos, como se observa en el gráfico N°06: Ácidos Cinámicos y Ácidos Benzoicos. Manach *et al.* (2004), menciona al ácido cafeico y ferúlico entre el grupo de los Ácidos Cinámicos. El ácido cafeico es uno de los más abundante entre los ácidos fenólicos y se encuentra en la mayoría de hortalizas y frutas pero que junto con el ácido quínico, forman al ácido

clorogénico, el cual se encuentra en muy altas concentraciones en el café. En los taninos hidrosolubles un componente esencial es el ácido gálico, los contenidos de estos ácidos son normalmente bajos a excepción de las frutas rojas, un ejemplo son los elagitaninos compuestos que se puede encontrar en frambuesa, fresa y zarzamoras.

Los ácidos benzoicos según Fennema (2002), en la naturaleza se pueden encontrar en ciruelas, arándanos, canela y clavo de olor, son un gran agente antimicrobiano de los alimentos. El ácido gálico y salicílico son los principales compuestos en este grupo.

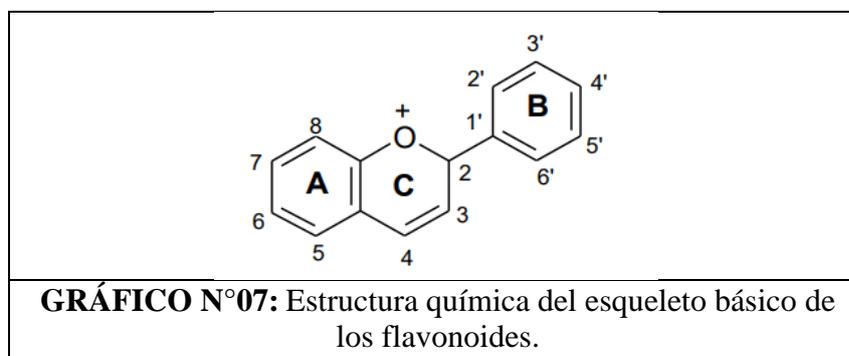
					
Derivados del ácido benzoico			Derivados del ácido cinámico		
Compuesto	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	Compuesto	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
Ácido hidroxibenzoico	<i>p</i> -	H	Ácido cumárico	<i>p</i> -	H
Ácido vanílico	H	OCH <sub>3</sub>	Ácido ferúlico	H	OCH <sub>3</sub>
Ácido siríngico	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	Ácido sinápico	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>
Ácido dihidrobenzoico	OH	H	Ácido cafeico	OH	H
Ácido gálico	OH	OH			

**GRÁFICO N°06:** Estructura de los ácidos fenólicos

**Fuente:** Pokorny *et al.* 2005

Los derivados del del ácido benzoico son antioxidantes menos activos que los derivados del ácido cinámico. (Pokorny *et al.* 2005)

Según Shahidi y Naczk (1995), mencionan que hay entre los flavonoides al alrededor de 4000 compuestos identificados y que son el grupo más diversos de compuestos polifenólicos, que están ampliamente distribuidos en las plantas. En el grafico N°07 se visualiza el esqueleto básico C6-C3-C6 (difencilpropano), consta de dos grupos fenilo (A y B) unidos al heterocíclico oxigenado-anillo (C), por un puente de tres carbonos que forma un anillo.

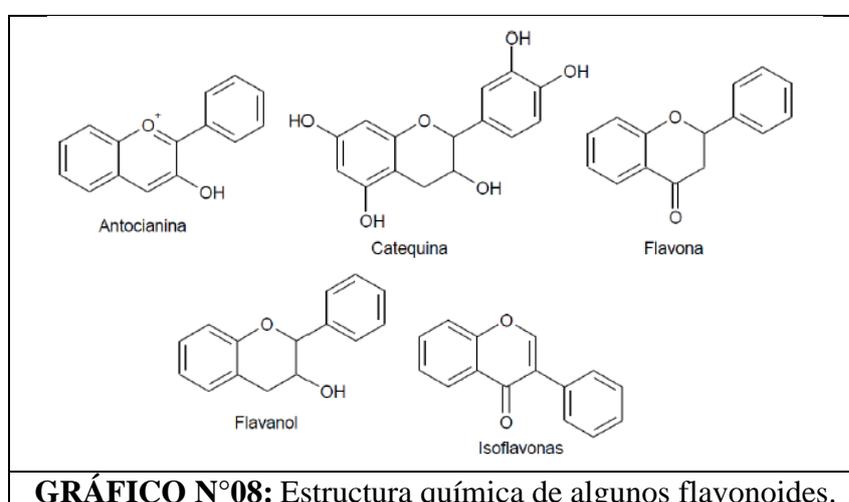


**Fuente:** Shahidi y Naczk, 1995

García (2005), En la posición, la ausencia o presencia de un grupo hidroxilo unido, provoca la subdivisión de los flavonoides dos clases principales

- ✓ Los 3-hidroxi flavonoides: entre las cuales encontramos a los flavonoles, flavanoles, flavonoles, leucoantocianidinas, antocianidinas y proantocianidinas.
- ✓ Los flavonoides no hidroxilados: en esta clase encontramos a las flavonas, isoflavonas y flavanonas.

Los flavonoides según Palencia (2000), También se pueden clasificar en antocianinas y antoxantinas, esta clasificación se da por la presencia de coloración. Las antocianinas son moléculas con pigmentos azules, rojos, púrpuras, mientras que las antoxantinas, son moléculas incoloras o pueden ser de colores que oscilan del blanco al amarillo. En el gráfico N°08 se plasma los principales flavonoides que están presentes en los alimentos.



**GRÁFICO N°08:** Estructura química de algunos flavonoides.

**Fuente:** Shahidi y Naczk, 1995

Robbins (2003), Los taninos son compuestos que tienen tres o más subunidades fenólicas. Ojeda (2003), menciona que son compuestos con un alto peso molecular y los clasifica en taninos hidrolizables y taninos condensados, estos últimos su núcleo central es un alcohol polihídrico como la glucosa y tiene grupos hidroxilos esterificados bien con el ácido gálico o el ácido hexahidrodifénico. En el caso de los taninos hidrolizables Pokorny *et al.* (2005), mencionan que se

componen de una glucosa unida por un enlace éster a un número de unidades de ácido gálico y/o ácido hexahidrodifénico, las cuales en condiciones ácidas y alcalinas se degradan, liberando glucosa y fenoles. Los taninos en condiciones adecuadas pueden actuar como antioxidante, ya que al tener un gran número de grupos hidroxilo proporcionan una mayor actividad antioxidante.

Las fuentes principales de fenoles según Palencia (2000), son:

- ✓ **Monofenoles:** En la zarzamora y la frambuesa.
- ✓ **Polifenoles:** En las manzanas, peras y en el té, en este último más específico fuente de ácido clorogénico
- ✓ **Flavonoides, específicamente catequinas:** En las hojas de té verde.
- ✓ **Antocianinas:** En los vegetales cuyo color es naranja brillante, rosado, rojo malva, escarlata, violeta y/o azul; frutas de plantas superiores y pétalos de flores.
- ✓ **Flavonoles:** como la quercetina y el glucósido rutósido, que se encuentran en muchos vegetales y frutas.
- ✓ **Polifenoles:** como el ácido elágico, ubicable en nueces, frambuesa y otras frutas.

En la tabla N°12, se detalla los fitoquímicos fenólicos de mayor importancia y cuáles son sus fuentes.

**TABLA N°12: Contenido de fotoquímicos fenólicos en algunos alimentos**

CLASE Y SUBCLASE	EJEMPLOS DE FITOQUÍMICOS	ALIMENTOS CON SU CONTENIDO <sup>b</sup>
<b>FLAVONOIDES</b>		
Flavonoles	Quercetina, kaempferol, Myricetina	Olivas (270-830), Cebolla (347), Col rizada (321), Lechuga (308), Arándanos (249), Tomate cereza (17-203), Brécol (102), Manzana (21-72), judías verdes/amarillas (49), Hojas de nabo (48), Endivias (46), Té hojas verdes (30-45 g/kg PSc), Jugo de manzana (6-52), Té negro infusión (20)
Flavonas	Luteolina	Apio celery (130), Olivas (6-29)
Flavanoles	Catequina, epicatequina	Pera (70-420), Vino tinto (274); Té hojas verdes (128-226 g/kg PS); Vino blanco (35), Manzana (23-30)
Isoflavonas	Genisteina, Daidzeina	Granos de soja maduros secos (888-2407), Nueces de soja (1437-2363), Proteína vegetal texturizada (1175-1191), Harina de soja (1036-1778), Tofú (280-499), Miso (256-540), Granos de soja maduros frescos (182-205), Leche de soja (105-251), Tofú yogurt (151), Perro caliente de soja (116), Queso de soja (7-14), Salsa de soja (13-23)
<b>ÁCIDOS FENÓLICOS</b>		
Hidroxicinámicos	Ácidos cafeicos, clorogénico, ferúlico y neoclorogénico	Blueberry (1881-2112), Cerezas dulces (290-1280), Pera (44-1270), Manzana (2-258), Naranja (21-182), Patata blanca (100-190), Pomelo (25-60), Jugo de Cerezas (124), Jugo de Manzana (9-114), Granos de café (56 g/kg PS)
Hidroxibenzoicos	ácidos elágico y gálico	Raspberry (19-102), Fresa (21-89), Jugo de Uva negra (79), Jugo de uva verde (110)
<b>TANINOS</b>		
Condensados	Catequina, Polímero de epicatequina	Lentejas (3800), Frijoles de ojo negro (141-1774), Uva oscura (43-64), Uva clara (39-53), Vino tinto (2567), Vino blanco (239), Jugo de manzana (8-87)
<p><b>a:</b> Contenido total de todos los fitoquímicos incluidos en la Subclase, no es de fitoquímicos individuales. Para fines comparativos solo desde 1985 se reportan estudios donde los compuestos fenólicos se expresan como porcentaje del peso fresco del alimento.</p> <p><b>b:</b> Miligramos por kilogramo de alimento o por litro de jugo.</p> <p><b>c:</b> PS = Peso seco.</p>		

**Fuente:** King y Young (1999), citado por Palencia (2000)

### 2.2.2. Estrés oxidativo

Se denomina estrés oxidativo, cuando el equilibrio entre los antioxidantes y radicales libres se rompe en contra de los primeros, esto desencadena procesos dañinos que se relacionan al desarrollo de innumerables enfermedades para el ser humano. Las causas de este desequilibrio pueden deberse al aumento de las especies prooxidantes, a la disminución de los sistemas antioxidantes, o también a que ambas sucedan al mismo tiempo. (Muñoz y Soto, 2005).

### 2.2.3. Antioxidantes

Leyva (2009), menciona que el término “antioxidante” se le adjudica a cualquier sustancia que, es capaz de prevenir o retrasar la oxidación, a pesar que su concentración es más baja que la del sustrato oxidable. Los antioxidantes son sintéticos o naturales. Estos últimos suele asumirse que son más seguros, eficaces y potentes que los sintéticos; además al ser de origen natural (alimentos), tienen un valor agregado para que los consumidores los acepten.

Pokorny *et al.* (2005) menciona que los antioxidantes presentes en los alimentos incluyen sustancias como: La vitamina E (tocoferoles), vitamina C (ácido ascórbico), flavonoides, glucosinolatos, carotenos, folatos y minerales como ejemplo el selenio entre otros.

Sobre la importancia de los antioxidantes y los alimentos en los se encuentran Martínez (2007), menciona que son capaces de preservarlos además de brindarles antioxidantes esenciales. Por otro lado, la muestra de efectos beneficiosos por medio de datos experimentales, clínicos y epidemiológicos de los antioxidantes frente a las enfermedades degenerativas causadas por el estrés oxidativo, como el cáncer, y las enfermedades relacionadas con la edad, como el envejecimiento, demuestran el gran interés hacia la acción que ejercen los antioxidantes.

Según el mecanismo de acción, los antioxidantes pueden clasificarse en dos tipos principales:

- ✓ El "Primario": Causan la ruptura de la reacción en cadena, y son secuestradores de radicales libres.
- ✓ El "Secundario": Llamado también "preventivo". Pueden interrumpir la producción de volátiles indeseables, inhibiendo los hidroperóxidos lipídicos; pueden lograr la desactivación de metales; la eliminación del oxígeno singulete y la regeneración de antioxidantes "primarios".

Pokorny *et al.* (2005), mencionan que normalmente, los antioxidantes "Secundarios" deben encontrarse en presencia de un segundo componente minoritario para poseer actividad antioxidante, esto puede observarse en el caso del ácido cítrico, un agente secuestrante, que solo es efectivo en presencia de iones metálicos y en caso del ácido ascórbico, un agente

reductor, que su efectividad se muestra con la presencia de tocoferoles u otros antioxidantes primarios. En la tabla N°13 se muestra el mecanismo de acción de los antioxidantes propiamente dichos (primarios) y de los secundarios.

**TABLA N°13: Mecanismo de acción de los antioxidantes propiamente dichos (Primarios) y de los Secundarios**

<b>TIPO DE ANTIOXIDANTE</b>	<b>MECANISMO DE ACCION</b>	<b>EJEMPLOS DE ANTIOXIDANTES</b>
Antioxidantes propiamente dichos	Inactivando radicales libres lipídicos	Compuestos fenólicos
Estabilizadores de hidroperóxidos	Previniendo la descomposición de hidroperóxidos en radicales libres	Compuestos fenólicos
Sinergistas	Promoviendo la actividad de los antioxidantes propiamente dichos	Ácido cítrico, ácido ascórbico
Quelantes de metales	Ligando metales pesados a compuestos inactivos	Ácido fosfórico, compuestos de Maillard, ácido cítrico
Extinguidores de oxígeno singulete	Transformando oxígeno singulete en oxígeno triplete	Carotenos
Sustancias que reducen hidroperóxido	Reduciendo hidroperóxidos por vías no radicalarias	Proteínas, aminoácidos

**Fuente:** Pokorny *et al.* (2005)

Castillo (2012), cita a Kuskoski *et al.* (2005), quien menciona que la capacidad antioxidante de una sustancia también depende del microambiente en que se encuentra el compuesto. Depende de la composición lipídica, su concentración, la presión de oxígeno, la temperatura, la presencia de otros antioxidantes, componentes como las

proteínas y el agua. Los compuestos al interactuar entre sí producen efectos inhibitorios o sinérgicos

#### 2.2.4. Compuestos fenólicos y actividad antioxidante.

Shahidi y Naczk (1995), mencionan que principalmente entre los antioxidantes naturales están los compuestos fenólicos y estos pueden encontrarse en todas las partes de una planta.

Los compuestos fenólicos según Pokorny *et al.* (2005), participan en dos reacciones: En la captación de radicales libres y como quelantes de metales.

- a) **Captadores de radicales libres:** En reacciones en que se rompen el ciclo de generación de nuevos radicales libres, pueden actuar los compuestos fenólicos, como donantes de hidrógeno o electrones, deteniendo las reacciones en cadena en la que están implicados los radicales libres.
- b) **Quelantes de metales.** Esta acción requiere de grupos hidroxilos de la configuración 3,4-dihidroxi y sobre todo de una quinona en C-4 y un OH en C-3 o C-5. que estén cercanos al anillo aromático. De esta manera, los o-dihidroxifenoles son efectivos secuestradores de iones metálicos e inhiben la gestación de radicales libres por la reacción de Fenton.

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se ve afectada por otros factores, como la presencia de azúcares unidos, el número y posición de grupos hidroxilo y el grado de polimerización. Estos factores pueden determinar ciertas propiedades de los compuestos fenólicos tales como la solubilidad y la tendencia a ceder átomos de hidrógeno o electrones. (García, 2005)

Los compuestos poliméricos, como los taninos o polifenoles poliméricos son más fuertes como antioxidantes que los monómeros, ejemplo los fenoles monoméricos simples. (Paladino, 2008)

## 2.3. EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS

### 2.3.1. Antecedentes

Algunos de los estudios realizados en los compuestos fenólicos se detallan a continuación:

En el estudio de Matos *et al.* (2004), se determinó la capacidad antioxidante de los compuestos polifenólicos del aguaymanto (*Physalis peruviana*), usando el diseño Box Behnken con la finalidad de determinar los mejores factores para la extracción de los compuestos polifenólicos, tuvo como variables: la concentración de etanol, la temperatura de extracción, y la variedad del fruto; entre las variables mencionadas la

primera fue la de mayor interés. Obtuvieron como mejor resultado la concentración de 0.174 mg ac. gálico/ml de polifenoles. Mencionaron que los compuestos polifenólicos del aguaymanto tienen una fuerte capacidad antioxidante. También determinaron que la aplicación de temperaturas elevadas de 85 a 95°C degradaban los compuesto polifenoles, reduciendo en un 50 % la concentración inicial que pudiera tener el fruto fresco.

El objetivo del estudio realizado por Ramirez *et al.* (2015) fue evaluar la variación del contenido de compuestos fenólicos, betacianinas, betaxantinas, flavonoides y vitamina C en 11 variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia sp.*), en 10 días antes de madurez hortícola (IH); en su madurez hortícola (MH) y 10 días después de la madurez hortícola (PC). El método Folin-Ciocalteu fue el utilizado para cuantificar el contenido de fenoles totales. Durante el PC aumentaron los contenidos de compuestos fenólicos de 106.60 a 165.56 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> pf, las betacianinas de 0.46 a 49.15 mg 100 g<sup>-1</sup> pf y las betaxantinas de 0.57 a 19.91 mg 100 g<sup>-1</sup> pf. Solamente en las variedades de color púrpura, durante la maduración del fruto, observaron una acumulación de fenoles totales; mientras que los niveles de fenoles totales disminuyeron en las variedades de color rojo, verde, amarillo y anaranjado, durante la maduración del fruto. En almacenamiento postcosecha a temperatura ambiente (PC), en la mayoría de las variedades aumentó el contenido de estos metabolitos,

principalmente en las variedades de color púrpura y en la mayoría de variedades pigmentas. Los niveles superiores de vitamina C se determinaron en la mayoría de las variedades en inmadurez hortícola. El almacenamiento postcosecha de los frutos de algunas variedades contribuyó a la pérdida de vitamina C.

Jimenez *et al.* (2011), realizaron una investigación donde el principal objetivo fue evaluar las propiedades antioxidantes del extracto etanólico acuoso, acetónico, y metanólico del fruto de Capulí. El extracto etanólico tuvo un alto contenido de polifenoles (1732 43.40 mg GAE/100 g extracto) y antocianinas (102 7.70 mg Cyd-3-glu/100 g extracto), así como una alta actividad antioxidante (73.47 0.01%), también determinaron que el extracto etanólico podría ser usado como un aditivo en alimentos.

En la tesis realizado por Escobar (2010), los objetivos fueron extraer y cuantificar el contenido fenólico y su actividad antioxidante de las cáscaras de 7 cítricos procedentes de México, los resultados lo obtuvieron evaluando el mejor sistema de extracción de los compuestos, tuvieron como variables: la concentración del disolvente (etanol), la temperatura y el tiempo de extracción. La identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos lo realizaron mediante la técnica de HPLC. La determinación de la actividad antioxidante lo realizaron mediante el método de blanqueamiento del  $\beta$ -caroteno, utilizando BHT como

antioxidante de referencia. El mejor modelo de extracción de los compuestos fenólicos mayoritarios fue con la concentración del etanol al 96%, utilizando la temperatura de reflujo a 76°C y realizando tres extracciones de una hora. El valor más alto de la actividad antioxidante fue en los extractos de limón mexicano y naranja valencia.

Escobar (2010), cita a Li *et al.* (2006), ellos estudiaron el contenido fenólico de cáscaras de cítricos de Nueva Zelanda. En su estudio utilizaron metanol, etanol y agua para las extracciones, determinando que el agua es menos efectiva en comparación a los otros disolventes usados, también en la extracción de fenoles con metanol o etanol no observaron diferencias significativas. Analizaron el efecto de utilizar un pretratamiento de secando en un horno y la cáscara fresca, obtuvieron como resultado, mayor contenido fenólico en las cáscaras fresca. El pretratamiento causo la degradación de los polifenoles, esto se debió a la influencia de la temperatura y el tiempo del proceso, además, el agua de las células en los frutos ayuda en la extracción de los fenoles y con su ausencia, todos los componentes se adhieren en las células, lo que probablemente causa que sea más difícil la extracción. Reportaron 0.31 g/100g b.s. de fenólicos en la cáscara de limón usando etanol al 80%. Utilizando etanol al 72% los resultados en forma descendente fueron: La toronja presentó  $161.6 \pm 17.36$  mg/100g, la mandarina  $121.14 \pm 11.89$  mg 100g, el limón Yen Ben  $118.95 \pm 9.35$  mg /100g, la naranja dulce  $73.59 \pm 5.43$  mg /100g y el limón Meyer

$59.77 \pm 4.31$  mg /100g. Los datos fueron expresados en 100gr de cáscara fresca, con una humedad promedio del 80%.

Olaya (2012), estudió tres variedades de guayaba de Colombia en diversos estados de madurez del fruto y también su contenido de compuestos fenólicos, su actividad antioxidante y su contenido de vitamina C. trabajaron con la regional roja (RR), la regional blanca (RB) y la guavatá victoria (GV), todas provenientes de la región de la hoya del río Suárez. Se hizo uso de los métodos ABTS y DPPH, FRAP y HPLC para la vitamina C. La guayaba RB en estado maduro tuvo el mayor valor de contenido de fenoles libres y actividad antioxidante fue la variedad que mostró.

Coavoy (2015), hizo una investigación, donde evaluó la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada (*Opuntia ficus-indica*) en distrito de San Bartolomé, Huarochirí, Lima, tomo como variables: la concentración de etanol al 40% y 80% y la temperatura a 30°C y 60°C . Se realizó según el diseño factorial  $2^2$  con 3 puntos centrales. Se utilizó el método espectrofotométrico Folin-Ciocalteu para la cuantificación de fenoles totales. En los resultados que obtuvieron el contenido de compuestos fenólicos mayor fue de 1002.47 mg ácido gálico/L de muestra y con una capacidad antioxidante del 40.18% a la concentración de etanol del 80%, y la temperatura de 60°C.

Coavoy (2015), cita a Alves *et al* (2015), quienes realizaron una investigación sobre las características físico-químicas, bioactivas y funcionales de la tuna naranja procedente de la sabana brasileña, hicieron uso de distintos disolventes: agua, etanol al 70%, 80% y 100%. Concluyeron que los extractos en agua tenían mayor contenido de fenoles totales ( $123.4 \pm 0.1$  mg/L) en comparación con los extractos etanólicos ( $102.5 \pm 0.1$  mg/L), pero en el extracto etanólicos donde se usó el etanol al 70% se reportó mayor actividad de captación de DPPH.

### 2.3.2. Tipos de extracción

#### 2.3.2.1. Extracción sólido-líquido

Geankoplis (1998), menciona que, para eliminar un soluto indeseable de la fase sólida o separar el soluto deseado, ésta se pone en contacto con un líquido. Ambas entran en contacto y los solutos o el soluto se difunden a la fase líquida, lo que permite una separación de los componentes iniciales del sólido. Este proceso se llama también lixiviación y cuando tiene por objetivo eliminar con agua un componente no deseado del sólido, al proceso se le da el nombre de lavado.

Los pasos a seguir en la lixiviación de materiales solubles del interior de una partícula por medio de un disolvente, son: El disolvente es transferido a la superficie del sólido, con la finalidad de penetra y/o

difundirse en el sólido, mientras que el soluto se disuelve en el disolvente. Entonces, el soluto se difunde hasta la superficie de la partícula, a través de la mezcla de sólido y disolvente. Finalmente, el soluto se transfiere a la solución general. En cuanto la velocidad de transferencia del disolvente hacia el interior del sólido puede ser rápida o lenta, pero del disolvente de la solución general hasta la superficie del sólido es bastante rápida.

La resistencia que controla el proceso global de lixiviación es la velocidad de difusión del disolvente hasta la superficie del sólido y del soluto a través del sólido, también dependen de diversos factores, como la concentración del disolvente, el tamaño de partícula del sólido, la temperatura del medio, el número de extracciones, el tiempo de contacto, la proporción sólido-disolvente, entre otros.

Paladino (2008), mencionan que al aumentar temperatura esta favorece la extracción, ya que aumenta la solubilidad del soluto y el coeficiente de difusión del disolvente pues hay mayor movimiento de partículas que chocan entre sí.

### 2.3.2.2. Extracción Líquido – Líquido

Según Cela *et al.* (2002), es la extracción más utilizada para la extracción de analitos de muestras acuosas. El fundamento de esta técnica se basa en la distribución o reparto de la muestra entre dos fases inmiscibles en las cuales el analito y la matriz tienen solubilidades diferentes. En la mayoría de los casos, una de las fases es un medio acuoso y la otra un disolvente orgánico. Esta técnica permite llevar a cabo extracciones rápidas y generalmente aplicables tanto en la separación de trazas como de macro componentes. La selectividad y eficacia del proceso de este tipo de extracción depende de la elección de los dos disolventes inmiscibles. Cuando se utiliza una fase acuosa y un disolvente orgánico, los analitos más hidrofílicos quedarán en la fase acuosa y los más hidrofóbicos pasarán al disolvente orgánico.

La selectividad depende también de otros factores que pueden afectar al proceso de equilibrio como: el pH, la adición de un agente complejante, la utilización de un reactivo formador de pares iónicos o la adición de sales neutras a la fase acuosa para reducir la solubilidad del analito.

## 2.4. CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS:

Martínez *et al.* (2000), menciona que la identificación y cuantificación de los compuestos fenólicos de la dieta han despertado un gran interés. También, la gran variedad de compuestos fenólicos distribuidos en los tejidos vegetales, y sus diferentes estructuras químicas, ha traído consigo la necesidad de desarrollar un sin número de técnicas analíticas para su cuantificación e identificación. Las técnicas espectrofotométricas fueron las primeras técnicas desarrolladas, las cuales tienen interés para el control de calidad. Desde el punto de vista nutricional, es necesario recurrir a técnicas que deben ser más precisas, como la cromatografía.

### 2.4.1. Técnicas espectrofotométricas:

Hernández (2007), cita a Naczki *et al.* (1992), ellos mencionan que los métodos existentes han sido desarrollados para determinar la cantidad de compuestos fenólicos en materiales vegetales. Estos métodos pueden determinar una sustancia fenólica específica como el ácido sinápico o la sinapina, pueden cuantificar todos los compuestos fenólicos extraíbles en grupo como los ácidos fenólicos.

Entre este tipo de técnicas, los métodos usados comúnmente para la identificación de polifenoles totales en alimentos vegetales y en bebidas son los ensayos de Folin-Denis y Folin-Ciocalteu. (Brune *et al.*, 1991; Singleton *et al.*, 1985) citados por Hernández (2007).

- ✓ **Método de Folin-Ciocalteu (F-C):** Según Prior *et al.* (2005), citado por Chordi (2013), este método utilizado regularmente para predecir el contenido total de compuestos fenólicos en una gran variedad de frutas y verduras. Folin y Ciocalteu en el año 1927 crearon y desarrollaron el método de F-C espectrofotométrico original y más tarde fue modificado en el año 1965 por Singleton y Rossi. Este último método F-C utiliza el heteropolianión molibdotungstosfosfórico, específico para la reducción los compuestos fenólicos.

Cuando se utiliza el método de Folin-Ciocalteu los pasos en el análisis deben seguir rigurosamente el ensayo modificado de Singleton y Rossi en 1965, debido a las sustancias que interfieren la corrección tiene que ser la adecuada, y utilizarse ácido gálico como estándar de referencia.

El reactivo Folin- Ciocalteu es una mezcla de ácidos de coloración amarilla (fosfowolframico y fosfomolibdico). Estos compuestos se reducen al interaccionar con los compuestos fenólicos dando origen a óxidos de coloración azul (óxidos de wolframio y molibdeno), los cuales exhiben una amplia absorción de luz, con un máximo a 765nm. La intensidad de la absorción de luz a esa longitud de onda, es proporcional a la concentración de compuestos fenólicos.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de “Análisis de alimentos” de la facultad de Ingeniería de Industrias alimentarias de la UNASAM, y en el laboratorio de de Análisis por instrumentación, de la E.P. de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán-Huanuco.

#### **3.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

##### **3.2.1. Materia prima**

La pulpa de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) morada se obtuvo de la fruta cosechada en las cuatro etapas de maduración: inmaduro, sazón, maduro y sobremaduro, seleccionados de acuerdo a las características brindadas por León (1997). La tuna morada fue recolectada en el distrito de Toma, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash, en el mes de diciembre.

### 3.2.2. Insumos

#### 3.2.2.1 Reactivos

- ✓ Reactivo de Folin – Ciocalteu 1N
- ✓ Carbonato de sodio (75 g/l).
- ✓ Etanol
- ✓ Ácido sulfúrico( $H_2SO_4$ ) incoloro y límpido
- ✓ Ácido clorhídrico (HCL)
- ✓ Solución valorada de 0.1 N de Hidróxido de Sodio (NaOH), libre de carbonatos
- ✓ Solución alcohólica de Fenolftaleína al 1%
- ✓ Ácido Bórico ( $H_3BO_3$ )
- ✓ Mezcla Catalítica

#### 3.2.3. Equipos y materiales

- ✓ Bureta Graduada de 50 ml.
- ✓ Papel filtro
- ✓ Tubos de ensayo de 15 ml con tapón
- ✓ Probeta 100 ml
- ✓ Pipetas de 1ml,5ml y 10 ml
- ✓ Micro pipetas
- ✓ Filtro de papel
- ✓ Papel aluminio
- ✓ Equipo SOXHLET

- ✓ Cubetas para espectrofotometría visible.
- ✓ Potenciómetro digital marca SCHOTT INSTRUMENTS modelo Handylab phil/set, serie 13080860
- ✓ Refractómetro
- ✓ Mufla, marca NABER INDUSTRIEOFENBAU, modelo L51/S
- ✓ Balanza Analítica, marca PRECISA, modelo XT120A
- ✓ Estufa, marca BINDER
- ✓ Equipo Baño maría, marca MEMMERT modelo W350
- ✓ Campana extractora, marca LABCONCO
- ✓ Centrifuga, marca BOECO GERMANY modelo C-28
- ✓ Espectrofotómetro visible
- ✓ Cronómetro

### 3.3. METODOLOGÍA

#### 3.3.1 Diseño Experimental

##### - **Diseño Factorial**

Para la ejecución se siguió el diseño factorial donde se emplearon tres variables  $A \times B \times C$  con tres repeticiones por tratamientos.

- **Etapas del diseño experimental**

- **Primera etapa:**

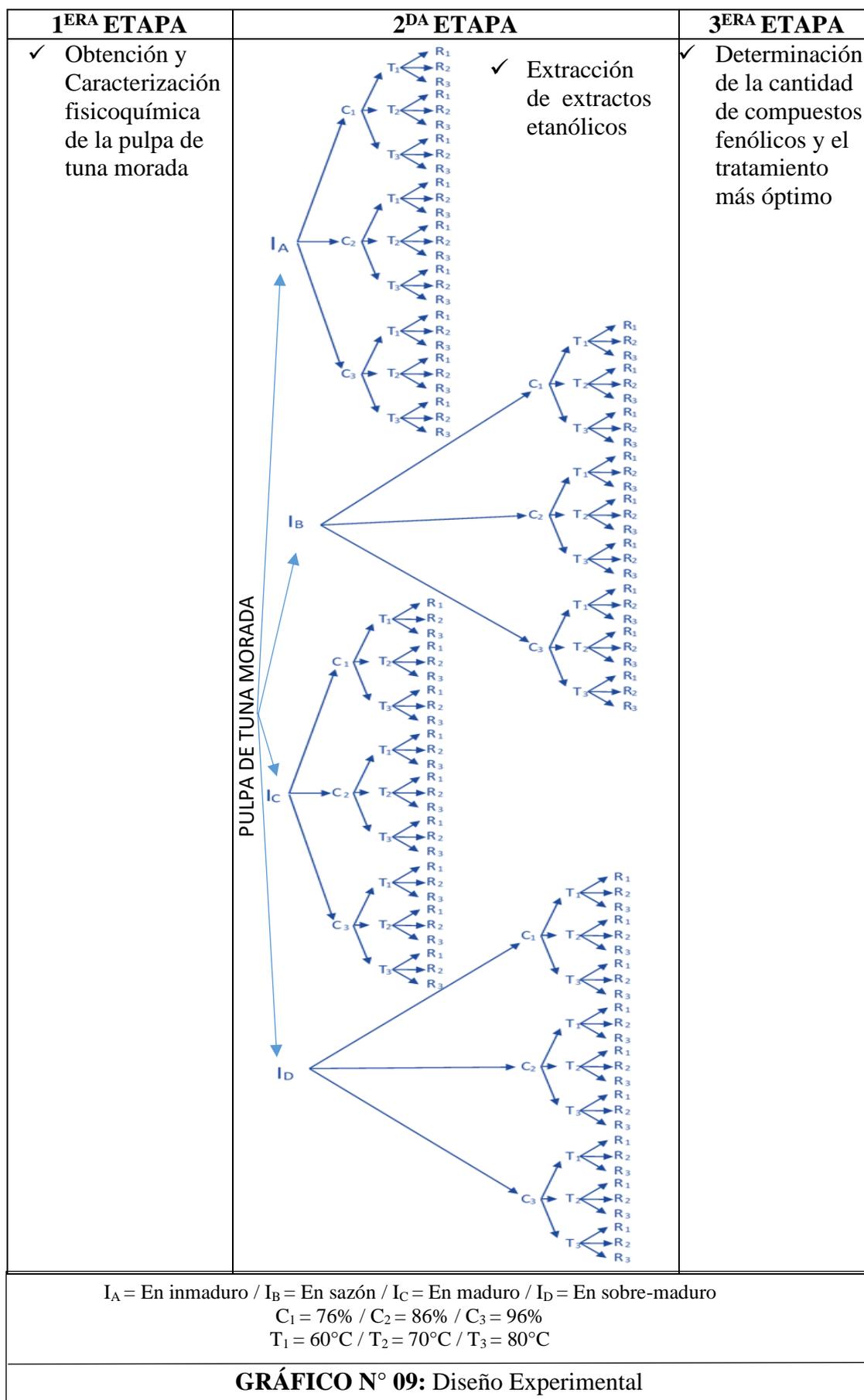
En esta etapa se realizó la obtención de pulpa de tuna y se realizó la caracterización fisicoquímica de la pulpa obtenida.

- **Segunda etapa:**

Se realizó la obtención de los extractos etanólicos en los 4 estados de madurez a las 3 concentraciones de etanol, y las temperaturas de acuerdo a los tratamientos en estudio.

- **Tercera etapa:**

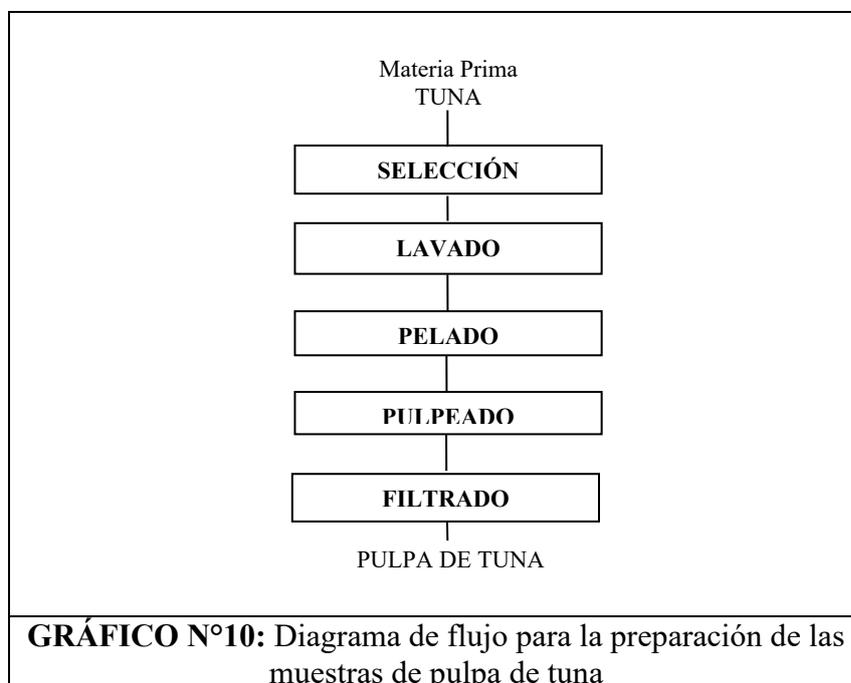
En esta etapa se determinó la cantidad de compuestos fenólicos de la pulpa de tuna, y el tratamiento óptimo para obtener la mayor cantidad de compuestos fenólicos de la pulpa de tuna en estudio.



### 3.3.1.1 Obtención y caracterización de la pulpa de tuna morada

#### a) Preparación de la muestra- Obtención de la pulpa:

Se siguió el diagrama descrito en el Grafico N°10. Se trabajó con frutas sanas y firmes de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) morada, en sus cuatro etapas de maduración: inmaduro, sazón, maduro y sobremaduro, siguiendo las características de tuna de la tabla N°03. Fueron lavadas con agua destilada, peladas, la pulpa junto con las pepas fue pulpeada durante 30 segundos, después se filtró las pepas. Se obtuvo una muestra de pulpa en cada una de sus etapas de maduración la de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) morada.



## b) Caracterización de la Materia Prima-Pulpa de Tuna

- ✓ **Determinación del pH:** Se determinó utilizando el potenciómetro medidor de pH, según método (A.O.A.C. 981.12/90.1990)
- ✓ **Determinación de la acidez titulable:** Se determinó por titulación con Hidroxido de sodio al 0.1 N, expresado en ácido cítrico, según (A.O.A.C. 942.15.1990). Se tomó nota el gasto total de la titulación y se substituyó en la ecuación:

$$\% \text{ acidez } \left( \frac{\text{g ác. cítrico}}{100 \text{ mL}} \right) = \frac{V * C * f * 100}{N * v}$$

Donde:

V = El Volumen de la solución de NaOH estandarizada gastada.

C = La Concentración de la solución de NaOH estandarizada.

f = El factor de conversión de equivalencia ácido cítrico anhidro (0.006404).

N = (0.1N) Concentración ideal de la solución de NaOH

v = El volumen de la muestra (ml)

- ✓ **Determinación de Sólidos solubles:** Se determinó por refractometría, según método AOAC 932.14. Se tomó 1 ml de muestra de tuna, se colocó en la placa del refractómetro, se observó por el ocular y el resultado se expresó en °Brix.
- ✓ **Determinación del índice de madurez:** Se determinó en base a la relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable obtenida.

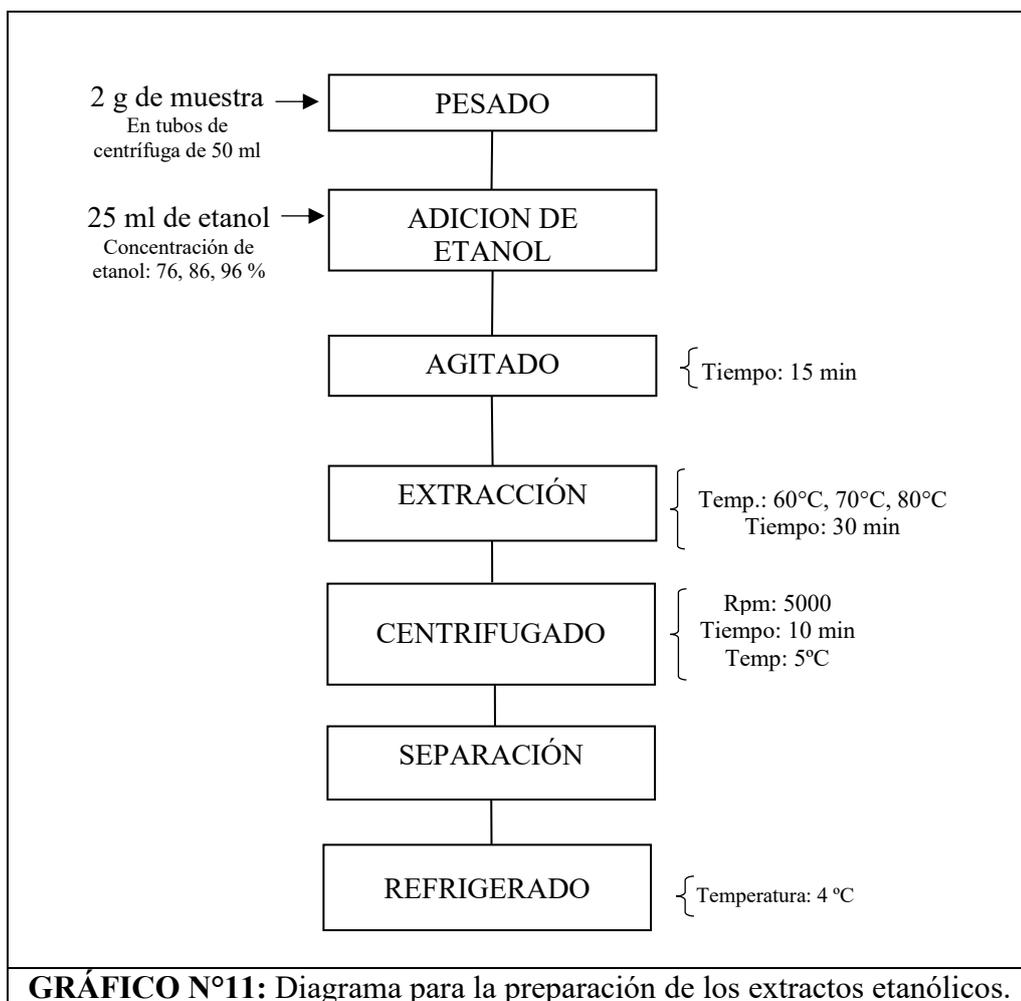
$$\text{Índice de madurez}(IM) = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\text{Acidez}}$$

- ✓ **Determinación de humedad y sólidos totales:** Se realizó por el método indirecto por secado en estufa a 100°C (CCA; 13.21, 1989)
- ✓ **Determinación de cenizas totales:** Se obtuvo por el método directo (A.O.A.C., 923.03, 1990)

### 3.3.1.2 Preparación de los extractos etanólicos:

Se siguió el diagrama descrito en el Gráfico N°11, se preparó 36 muestras de pulpa de Tuna (*Opuntia ficus-indica*) morada en los 4 estados de maduración (inmaduro, sazón, maduro y sobremaduro), obteniendo en total 108 muestras por 2 gramos, y se añadió 25 ml de etanol (76, 86, 96 %), según los tratamientos descritos en el anexo 01, se homogenizó las 108

muestras durante 15 minutos con un agitador magnético, se colocaron las muestras a las temperaturas de 60, 70 y 80°C por 30 min. según los tratamientos descritos en el anexo 01, posteriormente se centrifugó el homogenizado de cada muestra durante 10 minutos a 5000 rpm a 5°C y el sobrenadante se trasladó en tubos con tapón de rosca de 50 ml forrados en papel aluminio y se refrigeró a 4°C en oscuridad para los análisis posteriores y el precipitado fue eliminado.



### 3.3.1.3 Determinación del contenido de compuestos fenólicos.

Se determinó según el método de Folin Ciocalteu reportado por Singleton y Rossi (1965).

Se tomó 500  $\mu$ l de extracto de muestra diluida y se llenaron en un tubo de ensayo, seguidamente se agregó 250  $\mu$ l del reactivo de Folin – Ciocalteu 1N y 1250  $\mu$ l de carbonato de sodio (75 g/l). Los tubos se agitaron y luego se dejaron reposar por 30 minutos en oscuridad a temperatura ambiente; al finalizar la etapa de reposo se procedió a la lectura de las muestras en un espectrofotómetro a 725 nm. También se hizo la preparación de un blanco, el cual fue agua destilada en remplazo de la muestra, siguiendo el mismo procedimiento mencionado para las muestras.

El contenido de compuestos fenólicos fue calculado a partir de la curva estándar, la cual se puede observar en el Anexo 4. utilizando al ácido gálico como estándar. Los resultados fueron expresados como  $\mu$ g de ácido gálico equivalente (AGE)/ml de muestra.

### 3.3.2 Análisis estadístico

Los resultados de los datos registrados de los rendimientos obtenidos fueron analizados para evaluar el efecto estadístico de la temperatura, la concentración de etanol e índice de madurez en la concentración de compuestos fenólicos, a través de un análisis de varianza (ANOVA), teniendo en cuenta el cuadro de los tratamientos, para poder elegir el mejor tratamiento. Considerando el análisis de varianza al 5 % de probabilidad y al 95% de nivel de confianza (Tabla N°14).

Análisis de superficie de respuesta

**TABLA N°14: Análisis de ANOVA de tres vías**

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	$F_{exp}$
Factor <i>A</i>	<i>SCA</i>	$a - 1$	<i>CMA</i>	$CMA/CMR$
Factor <i>B</i>	<i>SCB</i>	$b - 1$	<i>CMB</i>	$CMB/CMR$
Factor <i>C</i>	<i>SCC</i>	$c - 1$	<i>CMC</i>	$CMC/CMR$
$A \times B$	<i>SC(AB)</i>	$(a - 1)(b - 1)$	<i>CM(AB)</i>	$CM(AB)/CMR$
$A \times C$	<i>SC(AC)</i>	$(a - 1)(c - 1)$	<i>CM(AC)</i>	$CM(AC)/CMR$
$B \times C$	<i>SC(BC)</i>	$(b - 1)(c - 1)$	<i>CM(BC)</i>	$CM(BC)/CMR$
$A \times B \times C$	<i>SC(ABC)</i>	$(a - 1)(b - 1)(c - 1)$	<i>CMR</i>	$CM(ABC)/CMR$
TOTAL	<i>SCT</i>	$abc - 1$	<i>CMT</i>	

**Fuente:** Asnate Salazar (2014)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente capítulo se contrastaron los resultados en base a los objetivos de investigación

### 4.1. OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA PULPA DE TUNA MORADA.

**TABLA N°15: Resultados de la caracterización fisicoquímica de la Tuna: en estado Inmaduro, Sazón, Maduro y Sobre maduro**

Ensayo	Inmaduro	Sazón	Maduro	Sobre maduro
Sólidos Solubles (°Brix)	12.50	13.20	15.10	14.20
Acidez titulable (g. de ácido cítrico/100 ml)	0.089	0.089	0.089	0.091
Índice de madurez (IM)	136.97	144.65	165.47	155.61
Forma del fruto	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica	Periforme
Longitud (cm)	8.66	8.96	9.11	9.97
Diámetro (cm)	6.25	6.13	6.24	5.99

En la tabla N°15 se observa que en estado Inmaduro: La acidez titulable resultó 0.089 g de ácido cítrico por cada 100g de muestra, los sólidos solubles fueron de 12.50 ° Brix y el IM fue de 136.97, tenían forma cilíndrica con longitud de 8.66 cm y diámetro de 6.25 cm. En estado Sazón: La acidez titulable resultó 0.089g de ácido cítrico por cada 100g de muestra, los sólidos solubles fueron de 13.50 ° Brix y el IM fue de 144.65, tenían forma cilíndrica

con longitud de 8.96 cm y diámetro de 6.13 cm. En estado Maduro: La acidez titulable resultó 0.089g de ácido cítrico por cada 100g de muestra, los sólidos solubles fueron de 15.10 ° Brix y el IM fue de 165.47, tenían forma cilíndrica con longitud de 9.11 cm y diámetro de 6.24 cm. En estado Sobre maduro: La acidez titulable resultó 0.091g de ácido cítrico por cada 100g de muestra, los sólidos solubles fueron de 14.20 ° Brix y el IM fue de 155.61, tenían forma periforme con longitud de 9.97 cm y diámetro de 5.99 cm.

La tuna en estudio resultó la acidez = 0.089g. de ác. cítrico/100 ml muestra, en los tres estados: inmaduro, sazón y maduro mientras que en el estado sobre maduro se dio un incremento, donde se obtuvo 0.091 de ác. cítrico/100 ml muestra, el estudio por Cerezal y Duarte (2005), citado por Coavoy (2015), indica que la acidez de la tuna varía entre 0.03 a 0.07 g. de ác. cítrico/100 ml muestra, y el estudio realizado por Aguirre y Aguirre (2010), la acidez de la tuna varía entre 0.06 y 0.09 g. de ác. cítrico/100 ml muestra. Lo que nos muestra que la acidez de la tuna en estudio está dentro del rango.

Los sólidos solubles de la muestra de tuna en estudio fueron de forma ascendente hasta el estado maduro donde se tuvo un resultado de 15.10 ° Brix. Mientras que en el estado sobre maduro se vio un descenso.

Otros estudios indican que los °Brix de la tuna varían entre 11.2 – 14.8 (Cerezal y Duarte, 2005) y (Cantwell, 1999) citados por Coavoy (2015), mientras que la tuna morada en estudio está por encima del resultado de otros autores.

Cantwell (1999), citado por Coavoy (2015), menciona que durante la época de cosecha el índice de madurez de la tuna fue de 200 y en el trabajo de Cerezal y Duarte (2005), citado por Coavoy (2015), el índice de madurez de frutos de tuna fue entre 160 – 384. El índice de madurez varió en forma ascendente del estado inmaduro, seguido por el estado en sazón y estado maduro, observando que en el estado maduro los resultados estuvieron dentro del intervalo indicado en la teoría. Mientras que en el estado inmaduro se muestra un descenso.

Las características fisicoquímicas de la tuna morada de esta investigación, son muy parecidos al de otros estudios, las diferencias que se observan con los resultados del índice de madurez, pueden deberse a la variedad del fruto, el clima y la zona en que se cultivó, como también el tiempo en que se realizó la cosecha.

**TABLA N°16: Resultados de la Caracterización fisicoquímica de la Tuna Morada en estado maduro.**

ENSAYO	RESULTADO	Repo y Encina	Cereala y Duarte	Castillo	Leon
Cenizas totales	0.18g/100g de muestra	-	-	-	0.30g 1.60g
Humedad	85.75 g/100g de muestra	78.4	-	84.4±6.38	-
Grasas	0.20 g/100g de muestra	-	-	-	0.00g a 0.70g
pH	6.29	-	5.68 – 6.31	5.87± 0,03	-

La caracterización fisicoquímica de la pulpa de Tuna de Carhuaz en estado maduro resulto con cenizas totales a 0.18g por 100g de muestra, la humedad resulto a 85.75g por 100g de muestra, los sólidos totales resultaron 14.25g por cada 100g de muestra, las grasas resultaron a 0.20g por cada 100g de muestra.

En la investigación realizada por Repo y Encina (2008), se observó que la tuna verde, roja y anaranjada tienen humedad 81.7-78.4-80.6 % respectivamente, con el que se pudo observar que la tuna morada presenta mayor % de humedad a comparación de otras variedades de tuna. Castillo (2013), menciona que el porcentaje de humedad de la tuna es de 84.4±6.38 lo que nos indica que la tuna en estudio está dentro de los parámetros establecidos.

León (1997), presenta una tabla comparativa (Cuadro N°07) de cuatro autores, de la composición de la tuna, donde los resultados están dentro de los siguientes intervalos: grasa  $>0.00\text{g} <0.70\text{g}$  y cenizas  $> 0.30\text{g} < 1.60\text{g}$ . La cantidad de grasa obtenida de la muestra de pulpa de tuna en estado maduro se encontró dentro de los datos mencionados, mientras que el resultado obtenido de cenizas estuvo por encima de los reportados por otros autores. Holden *et al.* (2003), menciona que las cenizas, en general, representan menos del 5% de la materia seca de los alimentos. Al calcular el 5% del 14.25 g/100g de muestra reportados en este estudio, se obtiene 0.71 g/100g de muestra, con este resultado se puede afirmar que la cantidad de ceniza reportada de la muestra en estudio cumple con lo mencionado por Holden *et al.* (2003).

En cuanto al pH Castillo (2013), reporta que la tuna purpura registra  $5.87 \pm 0.03$ , el pH de la tuna en otro estudio muestra que varía entre 5.68 y 6.31 (Cerezal y Duarte, 2005), citado por Coavoy (2015). El pH de la tuna estudiada fue de 6.29, con lo cual se observa que el pH se encuentra dentro del intervalo mencionado en el estudio.

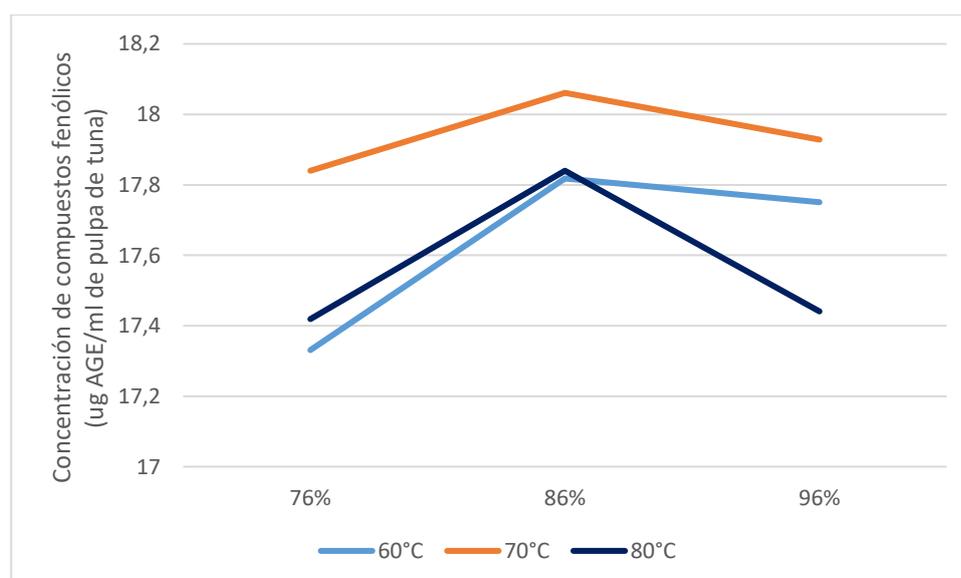
## 4.2. EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ PARA OBTENER CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA.

### 4.2.1. Evaluación en estado Inmaduro

**TABLA N°17: Concentración de Etanol por Temperatura en estado Inmaduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

TEMPERATURA (°C)	CONCENTRACIÓN DE ETANOL (%)		
	76	86	96
60	17.331	17.818	17.751
70	17.840	18.061	17.928
80	17.419	17.840	17.441

**GRÁFICO N°12: Concentración de Etanol por Temperatura en estado Inmaduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla anterior se observa que, en la etapa Inmadura cuando el IM está al 136.97%., a la temperatura de 70°C y a la concentración del 86% de etanol, se logra conseguir mayor contenido de compuestos fenólicos, un 18.061 µg AGE/ml de pulpa de tuna.

Olaya (2012), en su estudio de tres variedades de guayabas colombianas en diferentes estados de madurez y su contenido de compuestos fenólicos, la actividad antioxidante y el contenido de vitamina C, del fruto. La guayaba que mostró mayor contenido de fenoles libre fue la que estaba en estado maduro

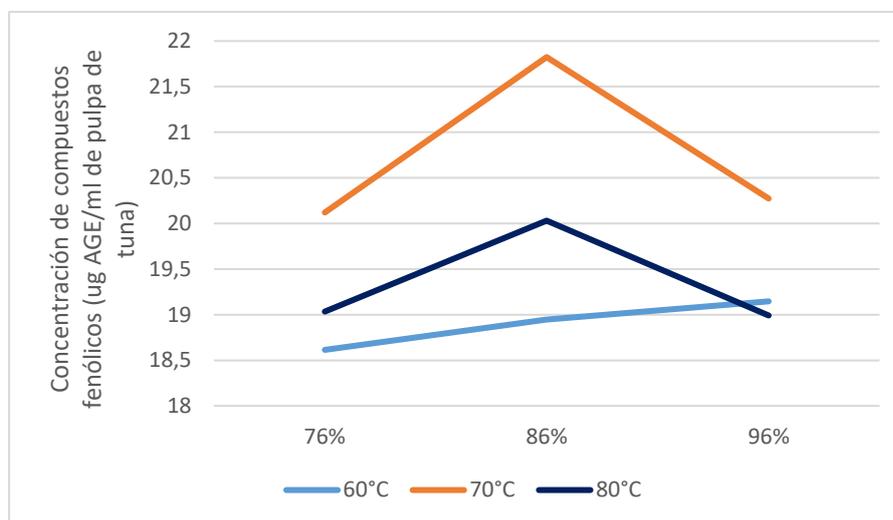
La teoría nos muestra que la mayor cantidad de compuestos fenólicos lo encontraron en el estado maduro de la fruta, la muestra en estudio en el estado inmaduro con un IM de 136.97%., se logró obtener 18.061 µg AGE/ml de pulpa de tuna, lo que la teoría nos muestra es que la cantidad será mayor al acercarnos más al estado maduro de la fruta.

#### 4.2.2. Evaluación en estado Sazón

**TABLA N°18: Concentración de Etanol por Temperatura en estado Sazón para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada (µg AGE/ml de pulpa de tuna)**

TEMPERATURA (°C)	CONCENTRACIÓN DE ETANOL (%)		
	76	86	96
60	18.614	18.946	19.146
70	20.120	21.824	20.274
80	19.035	20.031	18.991

**GRÁFICO N°13: Concentración de Etanol por Temperatura en estado Sazón para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°18 y gráfico N°13 se observa que, en el estado de maduración en Sazón, cuando el IM es de 144.65%, a una temperatura de 70°C y a una concentración del 86% de etanol, se logra obtener un 21.824  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna. Resultado más alto al evaluar en esta etapa de maduración.

El contenido de compuestos fenólicos es influenciado de forma directamente proporcional con el estado de madurez en el fruto. (Repo y Encina, 2008)

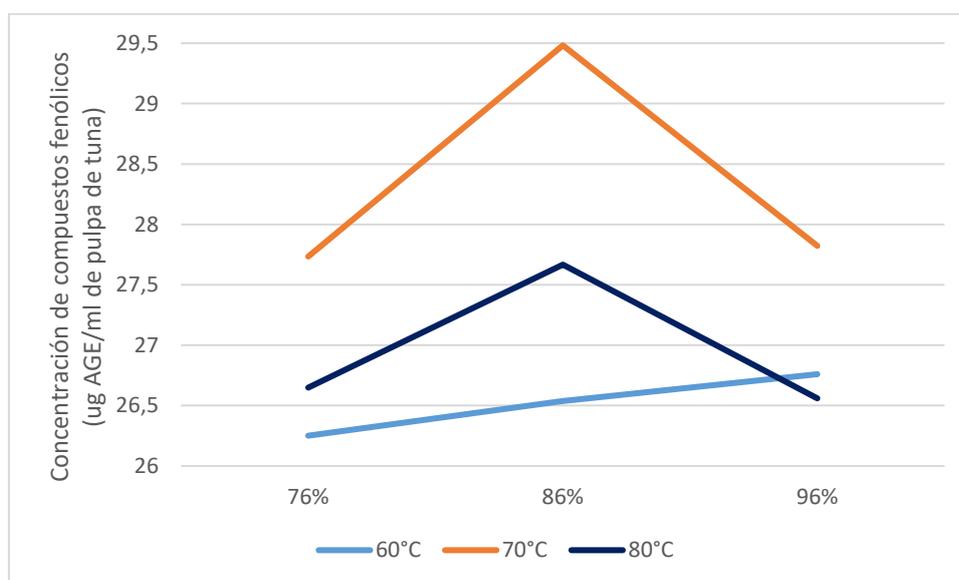
la muestra en estudio en el estado en sazón con un IM de 144.65%, se logró obtener 21.824  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna. Guardando relación con la teoría encontrada, que nos menciona que a medida que el fruto se acerca al estado maduro, mayor es la concentración de compuestos fenólicos.

#### 4.2.3. Evaluación en estado Maduro

**TABLA N°19 Concentración de Etanol por Temperatura en estado Maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

TEMPERATURA (°C)	CONCENTRACIÓN DE ETANOL (%)		
	76	86	96
60	26.251	26.538	26.760
70	27.734	29.482	27.822
80	26.649	27.667	26.560

**GRÁFICO N°14: Concentración de Etanol por Temperatura en estado Maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°19 y gráfico N°14 se observa que, en el estado de maduración en Maduro, cuando el IM es de 165.47%, a una temperatura de 70°C y a una concentración del 86% de etanol, se logra obtener un 29.482 µg AGE/ml de pulpa de tuna. Resultado más alto del estudio.

La guayaba que mostró mejores capacidades antioxidantes y mayor contenido de fenoles libre fue la que estaba en estado maduro. (Olaya, 2012)

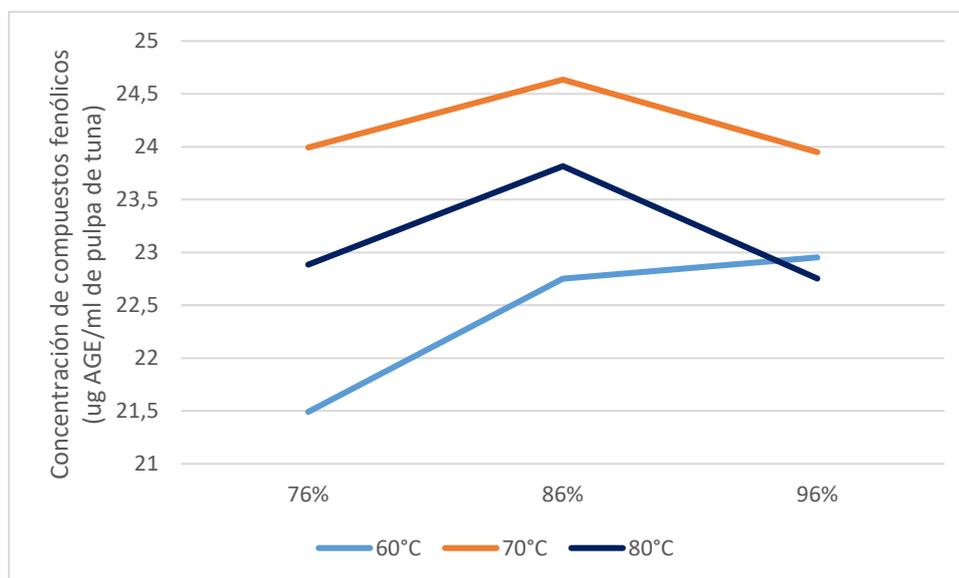
Los resultados obtenidos guardan estrecha relación con la teoría mencionada, demostrando que el índice de madurez influye directamente en la concentración de los compuestos fenólicos.

#### 4.2.4. Evaluación en estado Sobre Maduro

**TABLA N°20: Concentración de Etanol por Temperatura en estado Sobre Maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada (µg AGE/ml de pulpa de tuna)**

TEMPERATURA (°C)	CONCENTRACIÓN DE ETANOL (%)		
	76	86	96
60	21.492	22.753	22.953
70	23.993	24.635	23.949
80	22.886	23.816	22.753

**GRÁFICO N°15: Concentración de Etanol por Temperatura en estado Sobre Maduro para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°20 y gráfico N°15 se observa que, en el estado de maduración en sobre maduro, cuando el IM es de 145.40%, a una temperatura de 70°C y a una concentración del 86% de etanol, se logra obtener un 21.824  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna.

Según Barrios (2007), las diferencias en la madurez afectan el contenido de polifenoles, resultando que en los frutos jóvenes es usualmente alto en comparación con los frutos sobre maduros.

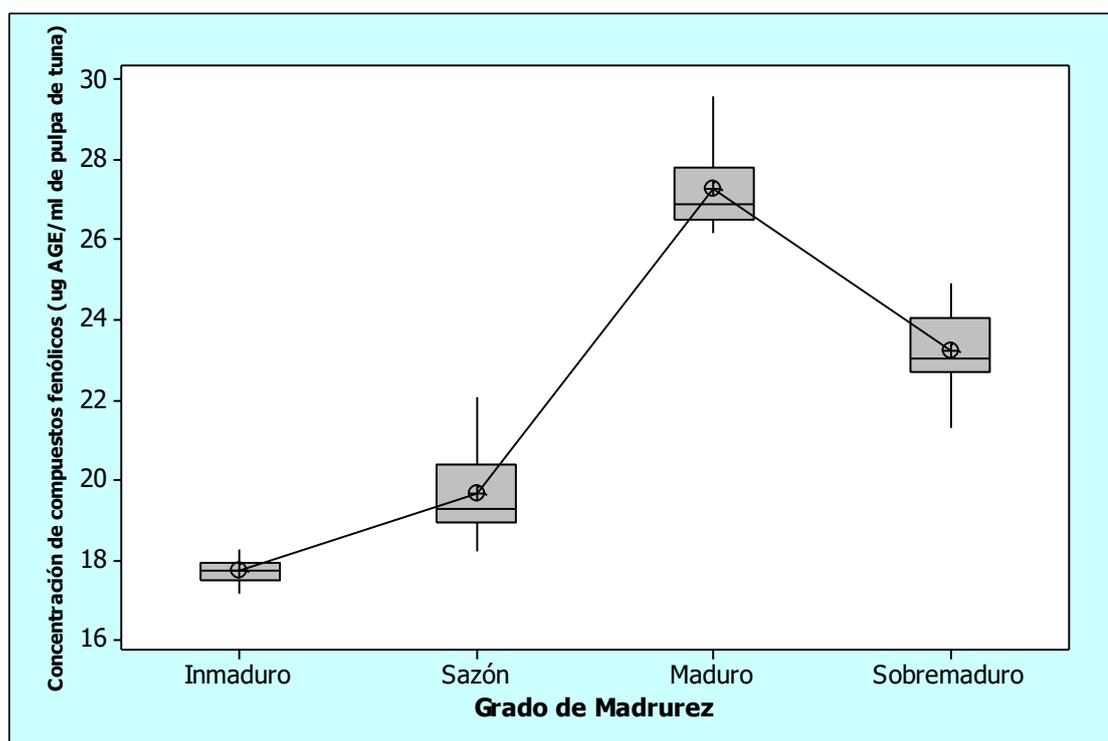
Los mencionado por Barrios (2007), se cumple en la muestra en estudio, pues los resultados conseguidos nos muestran que la concentración de compuestos fenólicos disminuyó a 21.824  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna a comparación del obtenido en el estado maduro.

#### 4.2.5. Análisis de varianza y gráfico de cajas del índice de madurez

**TABLA N°21: Análisis de Varianza del Índice de madurez para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
<b>Índice de Madurez</b>	2	1434.854	478.285	645.23	0.000
<b>Error</b>	104	77.091	0.741		
<b>Total</b>	107	1511.945			

**GRÁFICO N°16: Gráfico de Cajas del Índice de madurez para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°21 y gráfico N°16 se observa que, según el análisis de varianza, la prueba F indica que a un 95% de confianza (p-valor de 0.000 es menor al 0.05), existe diferencia significativa entre los promedios de polifenoles, en el cual el estado Maduro cuenta con una mayor cantidad.

Olaya (2012), en su estudio de tres variedades de guayabas colombianas en diferentes estados de madurez y su contenido de compuestos fenólicos, la actividad antioxidante y el contenido de vitamina C, del fruto. La guayaba que mostró mayor contenido de fenoles libre fue la que estaba en estado maduro

El contenido de compuestos fenólicos se ve directamente proporcional influenciado con el estado de madurez en el fruto, al mismo tiempo repercute en que la capacidad antioxidante sea mayor a medida que el fruto va madurando. (Repo y Encina, 2008).

En la madurez según Barrios (2007), las diferencias afectan el contenido de polifenoles, resultando que en los frutos jóvenes es usualmente alto en comparación con los frutos sobre maduros.

El Análisis de Varianza del estado de madurez guarda relacionan con los estudios de otros autores encontrados, determinando que el mejor estado de madurez es la madura para este estudio cuando el IM es de 165.47%, para obtener la mayor concentración de compuestos fenólicos de la tuna morada a un 95% de confianza (p-valor de 0.000 es menor al 0.05).

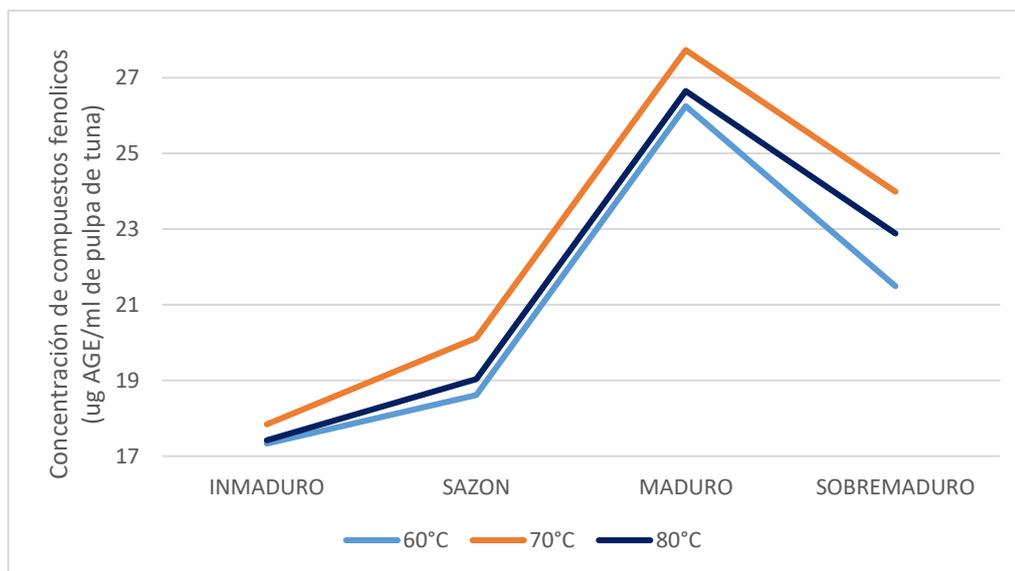
### 4.3. EVALUACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE ETANOL PARA OBTENER CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA.

#### 4.3.1. Evaluación de la concentración de etanol al 76%

**TABLA N°22: Índice de Madurez por Temperatura a la Concentración de etanol al 76% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

TEMPERATURA (°C)	ESTADO DE MADUREZ - IM			
	INMADURO (IM=136.97)	SAZON (IM=144.65)	MADURO (IM=136.97)	SOBRE MADURO (IM=136.97)
60	17.331	18.614	26.251	21.492
70	17.840	20.120	27.734	23.993
80	17.419	19.035	26.649	22.886

**GRÁFICO N°17: Índice de Madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 76% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°22 y el gráfico N°17 se puede observar que a la concentración de etanol al 76% los mayores resultados fueron: En el estado Inmaduro a 70°C generó 17.840  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna; en el estado sazón a 70°C generó 20.120  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna; en estado maduro a 70°C generó 27.734  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna y en el estado sobremaduro a 70°C generó 23.993  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna.

La mayor concentración de compuestos fenólicos ( $\mu\text{g AGE/ml}$ ) que se logró a concentración de etanol al 76%: Fue con la temperatura a 70°C y en estado maduro de la fruta (IM=136.97).

En el trabajo realizado por Escobar (2010), en la cuantificación y extracción del contenido fenólico de las cáscaras de 7 cítricos de procedencia mexicana, la mayor concentración de compuestos fenólicos se obtuvo al usar como disolvente el etanol al 96%.

Diferentes estudios demuestran que cuando mayor es la concentración de etanol, se obtiene un mayor contenido de fenoles (Ojeda 2003). El etanol, al ser un compuesto polar, beneficia a la disolución de los compuestos fenólicos.

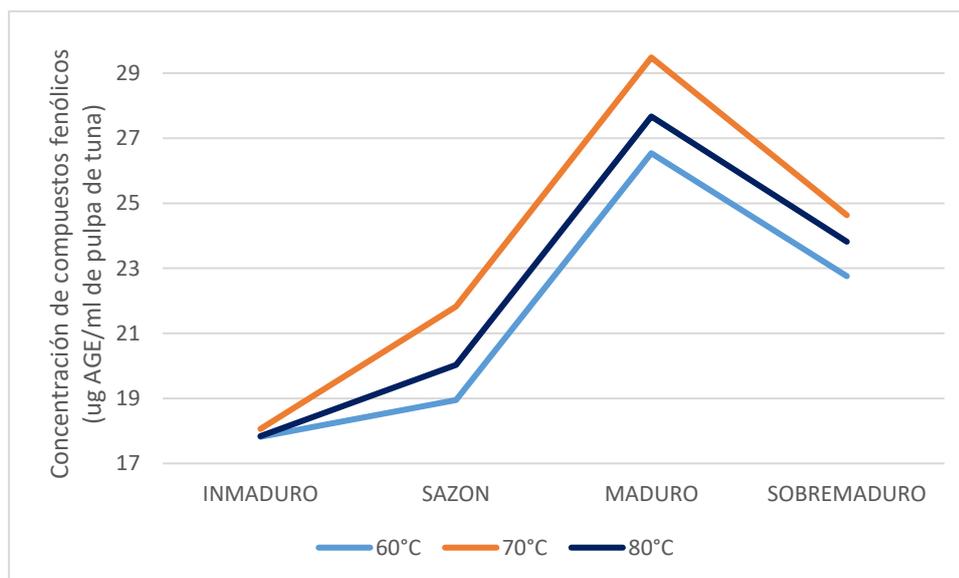
Se obtuvo una cantidad significativa de compuestos fenólicos, pero no la más óptima, pues la teoría nos demuestra que, al someter el extracto a concentraciones de etanol mayores, se obtendrá mejores resultados.

#### 4.3.2. Evaluación de la concentración de etanol al 86%

**TABLA N°23: Índice de Madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 86% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

TEMPERATURA (°C)	ÍNDICE DE MADUREZ			
	INMADURO (IM=136.97)	SAZON (IM=144.65)	MADURO (IM=136.97)	SOBRE MADURO (IM=136.97)
60	17.818	18.946	26.538	22.753
70	18.061	21.824	29.482	24.635
80	17.840	20.031	27.667	23.816

**GRÁFICO N°18: Índice de Madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 86% para la Obtención de compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°23 y el gráfico N°18 se observa que a la concentración de etanol al 86% los mayores resultados fueron: En estado inmaduro generó 18.061  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna a los 70°C; en estado sazón generó 21.824  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna a los 70°C; en estado maduro generó 29.482  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa

de tuna a los 70°C y en estado sobre maduro generó un 24.635 µg AGE/ml de pulpa de tuna a los 70°C.

La mayor concentración de compuestos fenólicos (µg AGE/ml) que se logró a concentración de etanol al 86%: A temperatura de 70°C y al nivel de maduración madura (IM=136.97).

Diferentes estudios demuestran que cuando mayor es la concentración de etanol, se obtiene un mayor contenido de fenoles. (Ojeda 2003)

En el trabajo realizado por Escobar (2010), la mayor concentración de compuestos fenólicos se obtuvo al usar como disolvente el etanol al 96%.

Coavoy (2015), en la investigación que realizó en San Bartolomé, en la evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada, obtuvo un mayor contenido de compuestos fenólicos con el etanol al 80% de concentración.

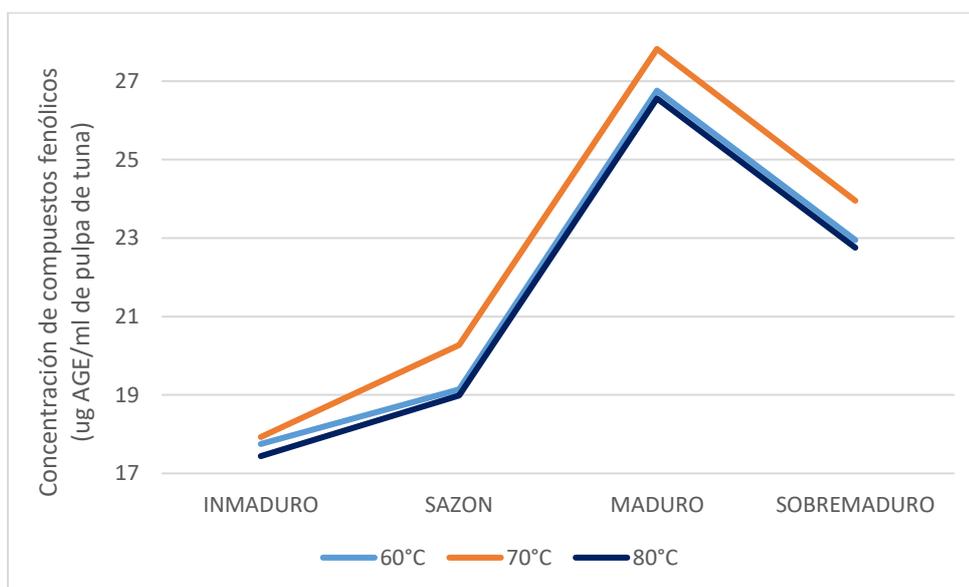
El resultado obtenido a la concentración de etanol al 86% es el que más se acerca según el estudio realizado por Coavoy (2015).

### 4.3.3. Evaluación de la concentración de etanol al 96%

**TABLA N°24: Índice de Madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 96% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

TEMPERATURA (°C)	ÍNDICE DE MADUREZ			
	INMADURO (IM=136.97)	SAZON (IM=144.65)	MADURO (IM=136.97)	SOBRE MADURO (IM=136.97)
60	17.751	19.146	26.760	22.953
70	17.928	20.274	27.822	23.949
80	17.441	18.991	26.560	22.753

**GRÁFICO N°19: Índice de Madurez por Temperatura a la Concentración de etanol de 96% para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°24 y el gráfico N°19 se observa que a la concentración de etanol al 96% los mayores resultados fueron: En estado inmaduro a 70°C generó 17.928  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna; en estado sazón a 70°C generó 20.274  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna; en estado maduro a 70°C generó 27.822  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa

de tuna y en estado sobre maduro a 70°C generó 23.949  $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna.

La mayor concentración de compuestos fenólicos ( $\mu\text{g AGE/ml}$ ) que se logró a concentración de etanol al 96%: fue con temperatura a 70°C y al nivel de maduración madura (IM=136.97).

En el trabajo realizado por Escobar (2010), para la cuantificación del contenido fenólico de las cáscaras de 7 cítricos, la mayor concentración se obtuvo al usar como disolvente el etanol al 96%.

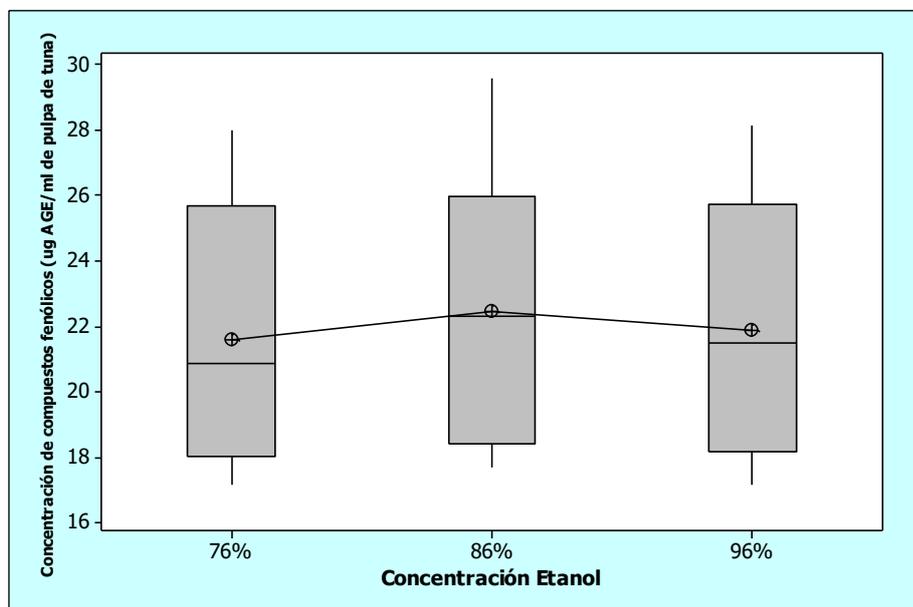
La teoría refiere que a mayor concentración de etanol que se utilice para extraer los compuestos fenólicos, será mayor su obtención de estos. La muestra de estudio cumple con la teoría mencionada, pero el resultado no es el más óptimo, esto puede deberse a otro factor, la temperatura.

#### 4.3.4. Análisis de varianza y gráfico de cajas de la concentración de Etanol

**TABLA N°25: Análisis de Varianza de la Concentración de etanol para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Concentración de etanol	2	13.6	6.8	0.48	0.622
Error	105	1498.3	14.3		
Total	107	1511.9			

**GRÁFICO N°20: Gráfico de Cajas de la Concentración de etanol para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada (µg AGE/ml de pulpa de tuna)**



En la tabla N°25 y gráfico N°20 se observa que, según el análisis de varianza, la prueba F indica que a un 95% de confianza (p-valor de 0.622 es mayor al 0.05), no existe diferencia significativa entre la concentración de alcohol de los promedios de polifenoles, son similares las concentraciones del 86% y 96%, Aunque la concentración al 86% es ligeramente superior.

Ojeda (2003), en su estudio demuestra que a una concentración mayor de etanol habrá un contenido mayor de fenoles totales. El etanol, al ser un compuesto polar, beneficia a la disolución de los compuestos fenólicos.

Coavoy (2015), en el estudio que realizó en San Bartolomé, en la evaluación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos de la tuna morada, obtuvo un mayor contenido de compuestos fenólicos a una temperatura de 60°C y una concentración de etanol de 80%.

En el trabajo realizado para la cuantificación del contenido fenólico de las cáscaras de 7 cítricos por Escobar (2010), la mayor concentración se obtuvo al usar como disolvente el etanol al 96%. Comparando con los resultados obtenidos, la diferencia puede deberse al tipo de muestra en estudio.

El Análisis de Varianza de la concentración de Etanol en estudio es cercana a la teoría mencionada, determinando que la mejor concentración de etanol para obtener la mayor concentración de compuestos fenólicos de la tuna morada es al 86% a un 95% de confianza (p-valor de 0.622 es mayor al 0.05), encontrando también que entre los promedios de los compuestos fenólicos son similares las concentraciones del 86% y 96%.

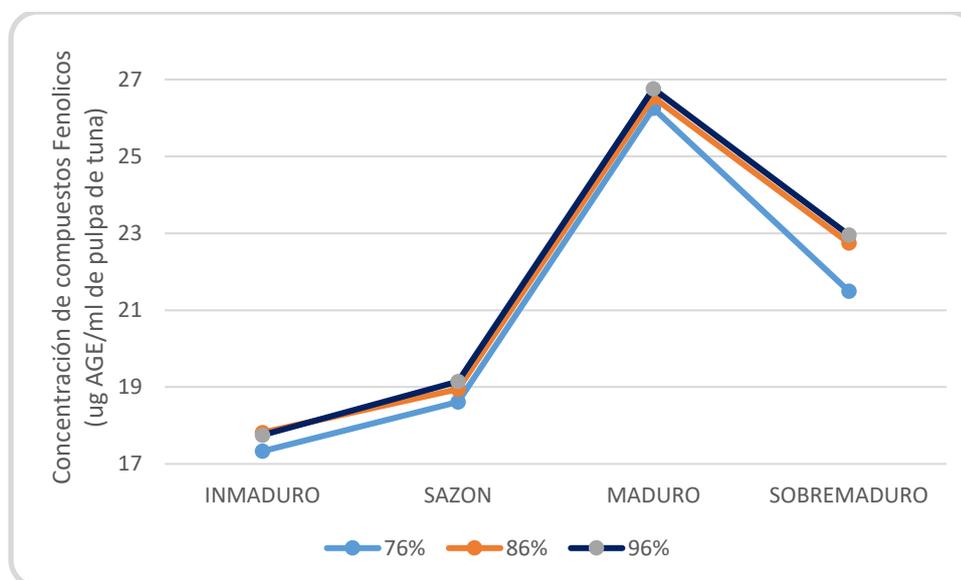
#### 4.4. EVALUACION DE LAS TEMPERATURAS DE EXTRACCIÓN PARA OBTENER CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA.

##### 4.4.1. Evaluación a la temperatura de extracción de 60°C

**TABLA N°26: Índice de Madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción 60°C para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

ESTADO DE MADURACIÓN	ÍNDICE DE MADUREZ	CONCENTRACIÓN DE ETANOL		
		76%	86%	96%
INMADURO	136.97	17.331	17.818	17.751
SAZON	144.65	18.614	18.946	19.146
MADURO	165.47	26.251	26.538	26.760
SOBRE MADURO	145.40	21.492	22.753	22.953

**GRÁFICO N°21: Índice de Madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción 60°C para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°26 y el gráfico N°21 se observa que los mayores resultados a una temperatura de 60°C fueron: En el nivel de inmadurez (IM=136.97), a la concentración de etanol al 86% generó un 17.818 µg AGE/ml de pulpa de tuna; en el nivel de sazón (IM=144.65) a la concentración de etanol al 96% generó un 19.146 µg AGE/ml de pulpa de tuna; en el nivel maduro (IM=165.47) al 96% de concentración de etanol generó un 26.760 µg AGE/ml de pulpa de tuna y en el nivel sobre maduro (IM=136.97) al 96% de concentración de etanol generó un 22.953 µg AGE/ml de pulpa de tuna.

La mayor concentración de compuestos fenólicos (µg AGE/ml) que se logró a temperatura de 60°C fue en el estado maduro de la tuna a una concentración de etanol al 96%

En el trabajo realizado por Escobar (2010), el mejor resultado de extracción de los compuestos fenólicos fue a la temperatura de 76°C, efectuando tres extracciones de una hora.

En el estudio de Matos *et al.* (2004), del aguaymanto y sus compuestos fenólicos, tuvieron como resultado que someter las muestras a temperaturas elevadas de entre 85 a 95°C degrada los compuesto polifenoles, disminuyendo en un 50% de la concentración inicial del fruto fresco.

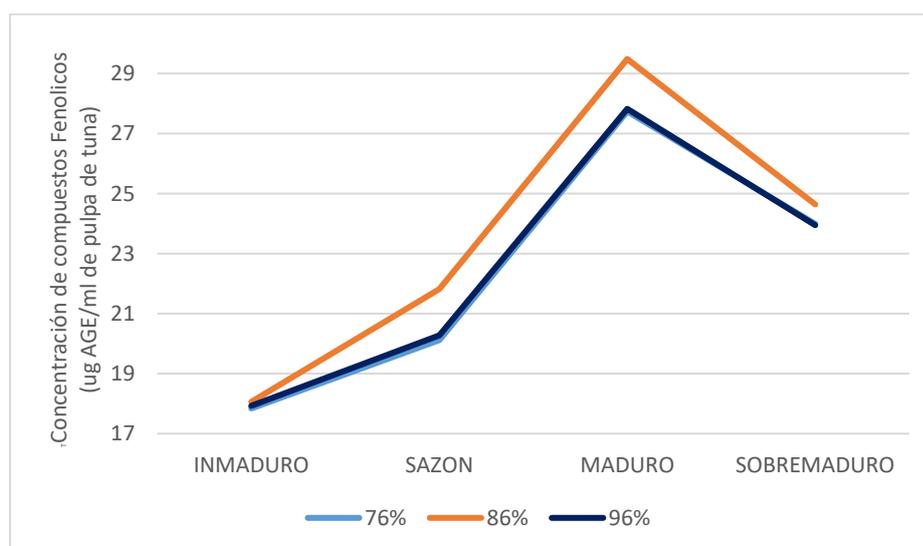
Los resultados obtenidos con respecto a la teoría descrita, muestra que se obtuvo una cantidad significativa de compuestos fenólicos, pero no la más óptima pues la teoría nos muestra que al someter el extracto a temperaturas más altas, se obtendrá mejores resultados.

#### 4.4.2. Evaluación a la temperatura de extracción de 70°C

**TABLA N°27: Índice de Madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción 70°C para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

ESTADO DE MADURACIÓN	ÍNDICE DE MADUREZ	CONCENTRACIÓN DE ETANOL		
		76%	86%	96%
INMADURO	136.97	17.840	18.061	17.928
SAZON	144.65	20.120	21.824	20.274
MADURO	165.47	27.734	<b>29.482</b>	27.822
SOBRE MADURO	145.4	23.993	24.635	23.949

**GRÁFICO N°22: Índice de Madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción 70°C para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°27 y el gráfico N°22 se observa que a la temperatura de 70°C los mayores resultados fueron: En el estado de inmadurez (IM=136.97) con la concentración de etanol al 86% generó un 18.061 µg AGE/ml de pulpa de tuna; en el estado de sazón (IM=144.65) con la concentración de etanol al 86% generó un 21.824 µg AGE/ml de pulpa de tuna; en el estado maduro (IM=136.97) al 86% de concentración de etanol generó 29.482 µg AGE/ml de pulpa de tuna y en el estado sobre maduro (IM=136.97) con el 86% de concentración de etanol generó un 24.635 µg AGE/ml de pulpa de tuna.

La mayor concentración de compuestos fenólicos (µg AGE/ml) que se logró a temperatura de 70°C: Fue en el estado maduro y a una concentración de etanol al 86%.

Paladino (2008), menciona que la extracción se ve favorecida con el aumento de temperatura, ya que logra incrementar la solubilidad del soluto y el coeficiente de difusión del disolvente.

En el trabajo realizado por Escobar (2010), El mejor resultado de extracción de los compuestos fenólicos fue a la temperatura de 76°C, efectuando tres extracciones de una hora.

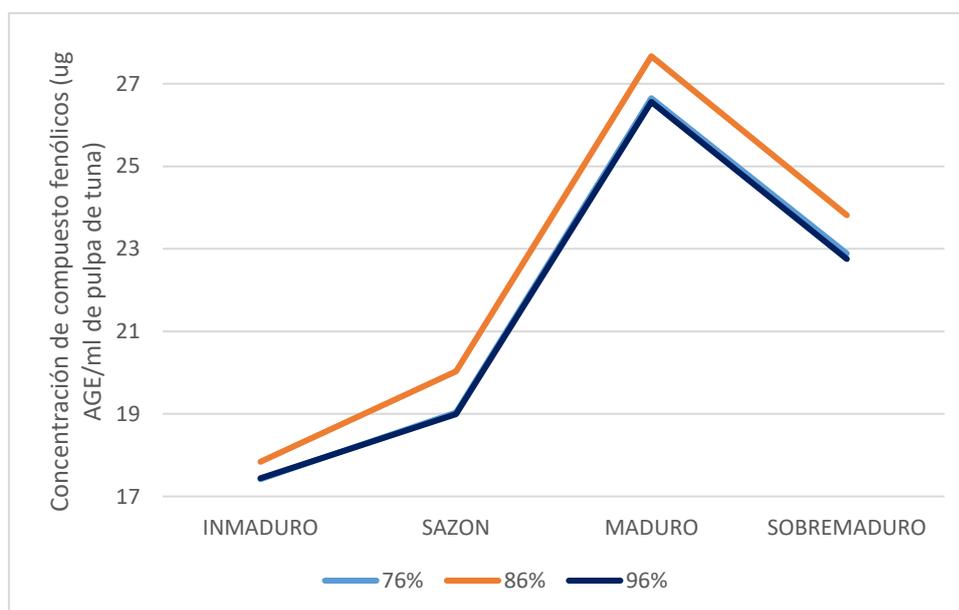
La temperatura de 70°C se encuentra cercana a la mencionada por Escobar (2010), por tanto, el resultando coincide con la teoría, consiguiendo así el más óptimo resultado en cuanto a la cantidad de compuestos fenólicos de la tuna en estudio.

#### 4.4.3. Evaluación a la temperatura de extracción de 80°C

**TABLA N°28: Índice de Madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción 80°C para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

ESTADO DE MADURACIÓN	ÍNDICE DE MADUREZ	CONCENTRACIÓN DE ETANOL (%)		
		76	86	96
INMADURO	136.97	17.419	17.840	17.441
SAZON	144.65	19.035	20.031	18.991
MADURO	165.47	26.649	27.667	26.560
SOBRE MADURO	145.4	22.886	23.816	22.753

**GRÁFICO N°23: Índice de Madurez por Concentración de etanol a la Temperatura de extracción 80°C para la obtención de Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°28 y el gráfico N°23, se puede observar que a la temperatura de 80°C los mayores resultados fueron: en el estado de inmadurez (IM=136.97) con la concentración de etanol al 86% generó 17.840 µg AGE/ml de pulpa de tuna; en el estado sazón (IM=144.65) con una concentración de etanol al 86% generó 20.031 µg AGE/ml de pulpa de tuna; en el estado maduro (IM=136.97) con etanol al 86% de concentración se obtuvo 27.667 µg AGE/ml de pulpa de tuna y en el estado sobre maduro (IM=145.4) con etanol al 86% generó 23.816 µg AGE/ml de pulpa de tuna.

La mayor concentración de compuestos fenólicos (µg AGE/ml) que se logró a temperatura de 80°C: Resultó en el estado maduro y a una concentración de etanol al 86%.

En el estudio de Matos *et al.* (2004), del aguaymanto y sus compuestos fenólicos, tuvieron como resultado que someter las muestras a temperaturas elevadas de entre 85 a 95°C degrada los compuesto polifenoles, disminuyendo en un 50% de la concentración inicial del fruto fresco.

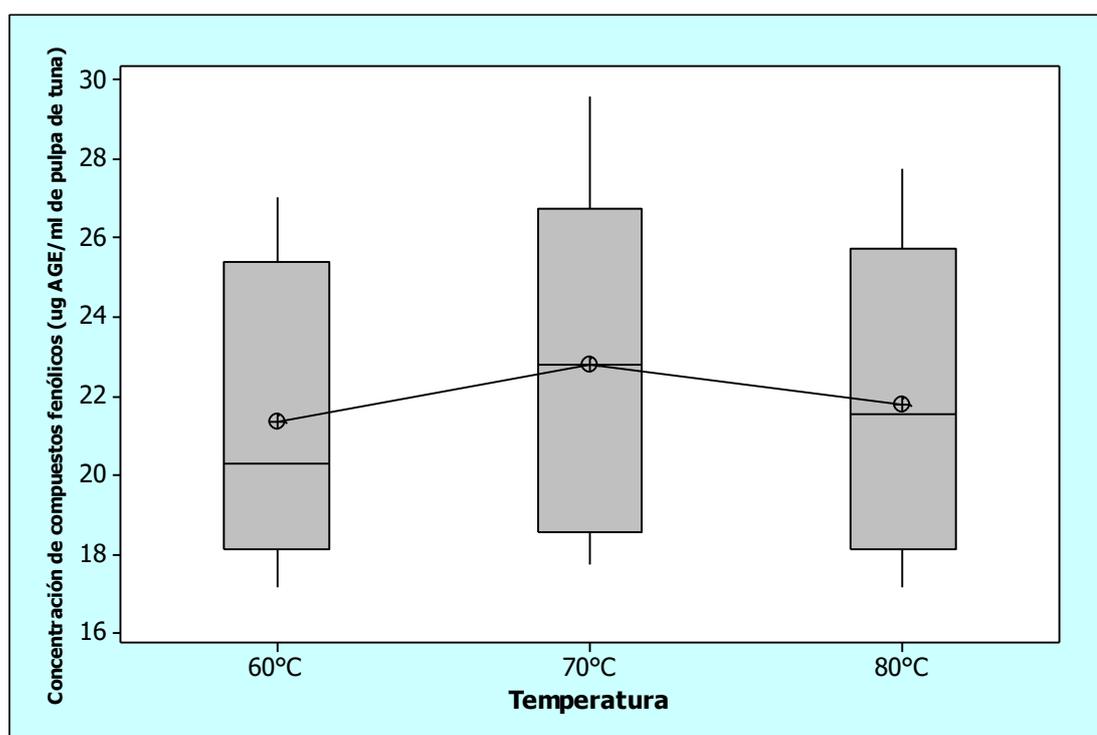
Los resultados logrados nos muestran que a la temperatura de 80°C disminuyó la cantidad de compuestos fenólicos. A comparación de los resultados que muestra Matos *et al.* (2004), en el aguaymanto, los compuestos fenólicos de la tuna morada se degradan a partir de los 80°C. Siendo los compuestos fenólicos de la tuna morada más susceptibles al calor.

#### 4.4.4. Análisis de varianza y gráfico de cajas de la temperatura

**TABLA N°29: Análisis de Varianza de la Temperatura para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Temperatura	2	38.2	19.1	1.36	0.261
Error	105	1473.8	14.0		
Total	107	1511.9			

**GRÁFICO N°24: Gráfico de Cajas de la Temperatura para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml}$  de pulpa de tuna)**



En la tabla N°29 y el gráfico N°24 se observa que, según el análisis de varianza, la prueba F indica que a un 95% de confianza (p-valor de 0.261 no es menor al 0.05), por lo que no existe diferencia significativa entre los promedios de

compuestos fenólicos a 70°C y 80°C, Aunque la temperatura de 70°C genera mejor resultado.

Paladino (2008), menciona que la extracción se ve favorecida con el aumento de temperatura, ya que incrementa la solubilidad del soluto y el coeficiente de difusión del disolvente, pero Matos *et al.* (2004), determino que la degeneración de los compuestos fenólicos se da al aplicar temperaturas elevadas entre 85°C a 95°C, en su estudio realizado del aguaymanto.

En el trabajo realizado por Escobar (2010), en las cascaras de 7 cítricos de procedencia mexicana, considero las variables de estudio: a la concentración del disolvente (etanol), la temperatura y el tiempo de extracción. El mejor modelo de extracción de los compuestos fenólicos fue a una temperatura de reflujo (76°C).

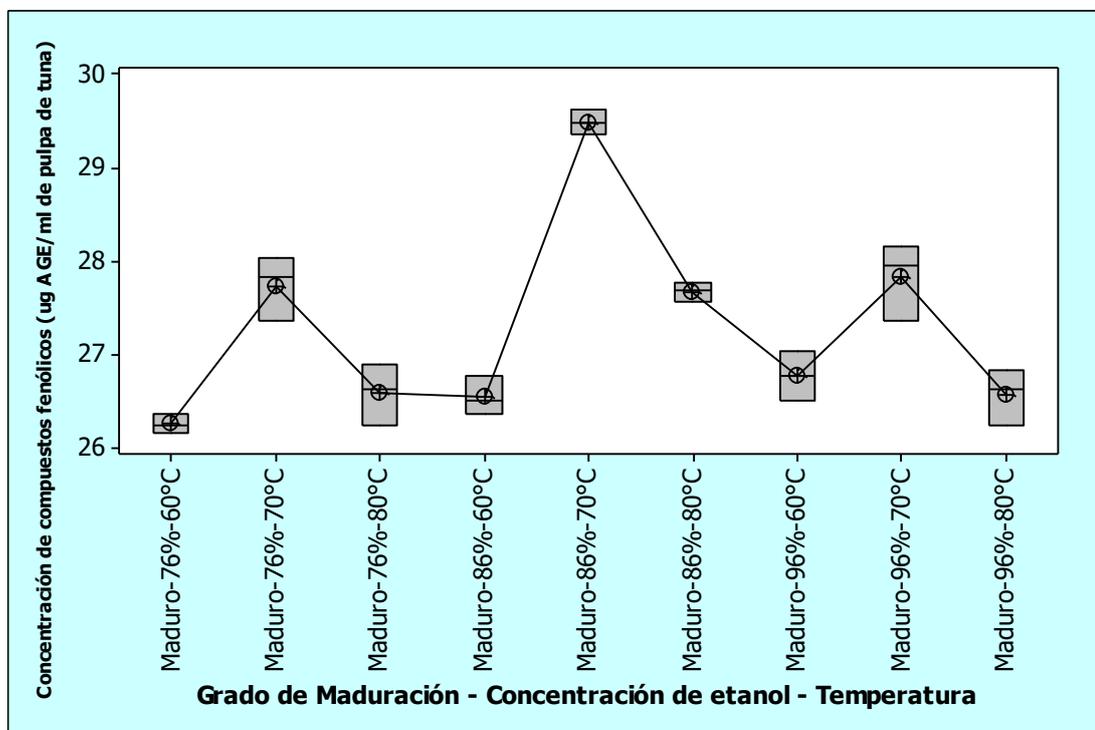
El Análisis de Varianza de la temperatura en estudio concuerda con la teoría encontrada, determinando que la mejor temperatura para alcanzar la mayor concentración de compuestos fenólicos de la tuna morada es a los 70°C a un 95% de confianza (p-valor de 0.261 no es menor al 0.05), encontrando también que entre los promedios de los compuestos fenólicos no existe diferencia significativa entre la temperatura de 70°C y 80°C, pero a la temperatura de 80°C se observó que el resultado disminuyó en comparación con la obtenida a los 70°C. Determinando que a los 80°C se observa la degradación de los compuestos fenólicos de la tuna estudiada.

**4.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS FACTORES PARA LA OBTENCIÓN DE LOS COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA PULPA DE TUNA MORADA ( $\mu\text{g AGE/ml DE PULPA DE TUNA}$ )**

**TABLA N°30: ANOVA de los factores de Índice de madurez, Concentración de etanol y Temperatura para para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada ( $\mu\text{g AGE/ml de pulpa de tuna}$ )**

Factor de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F Tabular	P
IM	1434.854	3	478.285	5814.14	2.74	0.00
Concentración de Etanol	13.619	2	6.810	82.78	3.13	
Temperatura	38.162	2	19.081	231.96	3.13	
IM y Concentración de Etanol	1.833	6	0.305	3.71	2.24	
IM y Temperatura	7.798	6	1.300	15.80	2.24	
Concentración de Etanol y Temperatura	5.475	4	1.369	16.64	2.51	
IM - Concentración de Etanol - Temperatura	4.281	12	0.357	4.34	1.90	
Error	5.923	72	0.082			
TOTAL	1511.945	107				

**GRÁFICO N°25: Cajas de los factores de Índice de madurez, Concentración de etanol y Temperatura para para la obtención de los Compuestos fenólicos de la pulpa de tuna morada (µg AGE/ml de pulpa de tuna)**



En la tabla anterior se observa que, según el análisis de varianza de 3 factores, (p-valor de 0.00 es menor al 0.05) por lo que existe diferencia significativa entre los promedios de las concentraciones de polifenoles, siendo las que tiene mayor concentración la interacción de estado Maduro (IM=165.47%), a 86% de concentración de etanol y a la temperatura de 70 °C, a un 95% de confianza.

Finalmente se puede decir que el nivel de grado de maduración óptimo fue el Maduro (IM=165.47%), la concentración de etanol óptima fue la de 86% y la temperatura óptima fue la de 70°C ya que proporcionó una mayor concentración de compuesto fenólicos de la pulpa de Tuna.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ Las características fisicoquímicas de la tuna morada en estado maduro del distrito de Carhuaz son similares a los mencionados por otros autores, con las cenizas totales de 0.18g/100g, la humedad a 85.75g/ 100g, los sólidos totales de 14.25g/100g, las grasas de 0.20g/100g. En los estados de madurez de la tuna: inmadura, sazón, madura y sobre madura, la acidez fue de (0,089; 0,089; 0,089; 0,091) de ác. cítrico/100 ml muestra, los sólidos solubles fueron (12,50; 13,20; 15,10; 14.20) °Brix y el Índice de madurez fue de (136,97; 144,65; 165,47; 155,61) % respectivamente.
- ✓ EL IM en el estado maduro de la tuna (IM=165.47%), fue la variable más significativa, influyendo de forma directamente proporcional en la extracción de los compuestos fenólicos.
- ✓ La concentración de etanol para la extracción de compuestos fenólicos no resultó significativa, en promedio los 3 niveles fueron similares, pero ligeramente superior la concentración al 86%.
- ✓ La temperatura en la extracción de compuestos fenólicos no fue significativa, en promedio las 3 temperaturas fueron similares, pero ligeramente superior la de 70°C.
- ✓ La interacción de las variables independientes (índice de Madurez, concentración de Etanol y la Temperatura) permitió extraer mayor cantidad de compuestos fenólicos. El tratamiento N°23 (70°C, 86% etanol, Maduro IM=165.47%) obtuvo 29.482 µg AGE/ml de pulpa de tuna., seguido del tratamiento °N 26 (70°C, 96% etanol, IM=165.47%) obtuvo 27.822 µg AGE/ml de pulpa de tuna.

## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ En estado maduro, comparar las concentraciones de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante con otros índices de madurez del fruto.
- ✓ Hacer estudios de la tuna en diferentes condiciones de almacenamiento y determinar y comparar sus compuestos fenólicos y su capacidad antioxidante.
- ✓ Estudiar la cascara del fruto, ya durante el estudio se visualizó una coloración densa, de esta forma se puede reutilizar los residuos sólidos y se podrá contribuir al medio ambiente.
- ✓ Evaluar productos elaborados con la tuna morada, determinado la capacidad antioxidante y la concentración de compuestos fenólicos.

## VII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- ✓ Aguilar, G. 2005. *Producción forzada de nopal (Opuntia ficus-indica, cv.) Tlaconopal mediante anillado parcial*. Revista Fitotecnia Mexicana 28 (3): 295-298. Mexico. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61028314.pdf> (accesado el 30 de junio, 2016).
- ✓ Aguirre, H. y R. Aguirre. 2010. *Caracterización fisicoquímica del fruto de la tuna*. Amazonas-Perú.
- ✓ Arellano, L., C. Saucedo y L. Arévalo. 2005. Cambios bioquímicos y fisiológicos durante la maduración del zapote negro (*Diospyros Digyna Jacq.*). *Revista Agrociencia* 39(2): 173-181. México. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239205.pdf> (accesado el 18 de mayo, 2016).
- ✓ Arrieta, A., U. Baquero y J. Barrera. 2006. *Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano "Papocho" (Musa ABB Simmonds)*. Colombia. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/20001/21136> (accesado el 10 de enero, 2022).
- ✓ Ayala, T. 2008. *Proyecto de instalación de una planta de procesamiento de tuna en el distrito de Chincho provincia de Angares departamento de Huancavelica*. [Tesis de Ingeniería Química], Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Perú.

- ✓ Avendaño, T. 2008. *Conociendo la Cadena Productiva de Tuna y Cochinilla en Ayacucho*. Perú. <https://es.scribd.com/doc/76524497/Conociendo-La-Cadena-Productiva-de-La-Tuna-y-Cochinilla-en-Ayacucho> (accesado el 22 de febrero, 2016).
- ✓ Barbera, G., P. Inglese y T. La Mantia. 1994. Seed content and fruit characteristic in cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill). *Revista Fitotecnia Mexicana* 58. México.
- ✓ Badui, D. 2006. *Química de los alimentos*. Editorial Pearson, 4ta edición. México.
- ✓ Barrios, J. 2007. *Efectos sobre las características físicas y químicas de frutos de arándano cv. Eliot (Vaccinium corymbosum L.) bajo mallaje de sombra para el control de la madurez*. [Tesis de Magister en Ciencias Vegetales Mención Producción Vegetal]. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/egb275e/doc/egb275e.pdf> (accesado el 10 de mayo, 2016).
- ✓ Castellar, R., J. Obon., M. Alacid y J. Fernández. 2003. Propiedades de color y estabilidad de betacianinas de frutos de *Opuntia*. *Revista de química agrícola y alimentaria*. 51 (9): 2772-2776.
- ✓ Castillo, F. 2012. *Influencia de 27 cultivares de Papa Nativa (Solanum sp.) sobre el contenido de Componentes Bioactivos y Capacidad Antioxidante*. [Tesis para optar al título de Ingeniero en Industrias alimentarias]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. Perú.
- ✓ Castillo, I. 2013. *Estabilidad de betalaínas en una mezcla seca para bebidas refrescantes, a base de pulpa y extracto de tuna púrpura (opuntia ficus-indica) microencapsuladas*. [Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos].

- Departamento de ciencia de los alimentos y tecnología química: Universidad de Chile. Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/113994> (accesado el 07 de Setiembre, 2018).
- ✓ Castro M., C. Paredes y D. Muñoz. 2009. *Cultivo de Tuna (Opuntia ficus indica)*. Gerencia Regional Agraria La Libertad. Perú: Trujillo.
  - ✓ Cela, R., R. Lorenzo, y M. Del Carmen. (2002). *Técnicas de Separación en Química Analítica*. Editorial Síntesis. España.
  - ✓ Chordi, S. 2013. *Contenido fenólico y capacidad antioxidante de fresa mínimamente procesada sometida a tratamientos de conservación por pulsos de luz de alta intensidad*. [Tesis para optar el grado en Nutrición humana y dietética]. Universitat de Lleida. Facultad de Medicina. España. <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/f20b600a-b520-41ee-927d-4efe1e096267/content>. (accesado el 25 de junio, 2016).
  - ✓ Coavoy, I. 2015. *Evaluación de la Capacidad Antioxidante de los compuestos fenólicos de la Tuna morada (opuntia ficus-indica) del distrito de San Bartolomé, Huarochirí, Lima*. [Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos]. Universidad Peruana Unión. Lima. Peru. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/232> (accesado el 10 de junio, 2016).
  - ✓ Diario oficial de la Federación. 2006. *Norma Mexicana NMX-FF-030-SCFI-2006. Productos alimenticios no industrializados para uso humano- fruta fresca- Tuna (Opuntia spp.)*. 23 de octubre de 2006.

- ✓ Escobar, M. 2010. *Extracción de compuestos fenólicos de las cáscaras de cítricos producidos en México*. [Tesis para optar el Título de Maestra en Ciencia de los Alimentos]. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Mexico. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/9612/34.pdf> (accesado el 16 de Julio, 2022).
- ✓ Feippe A., F. Ibañez, P. Calistro, B. Vignale, D. Cabrera y R. Zoppolo. 2009. Evaluación del potencial nutracéutico en selecciones de frutos del Uruguay. 5° *Encuentro Nacional sobre frutos nativos - Salto. INIA – FAGRO: 25-33*. Uruguay. <http://www.guayubira.org.uy/monte/bibliografia/potencialnutraceutico.pdf> (accesado el 26 de mayo, 2017)
- ✓ Fennema, O. 2002. *Química de los alimentos*. Segunda edición. Edit. Acribia, Zaragoza. España.
- ✓ Flores, C., J. de Luna y P. Ramírez. 1995. *El mercado mundial de la tuna. Informe final*. Programa Nopal del CIESTAAM de la Universidad de Chapingo, México.
- ✓ Galati, E., M. Mondello, D. Giuffrida, G. Dugo, N. Miecli, S. Pergolizzi y M. Taviano. 2003. *Chemical characterization and biological effects of sicilian Opuntia ficus indica (L.) Mili. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12903943/> (accesado el 3 de Mayo, 2016).
- ✓ García A. 2005. *Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes*. [Tesis doctoral europea]. Facultad de Veterinaria y Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Murcia. España.

- ✓ Geankoplis, J. 1998. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*, 3ª ed., editorial CECSA. México.
- ✓ Hernández, V. 2007. *Determinación de Fenoles y la Actividad Antioxidante de 39 Genotipos de Maíz*. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Agrobiología]. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6364/59936%20HERNANDEZ%20LOPEZ,%20VICTOR%20MANUEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1>. (accesado el 10 de agosto, 2018)
- ✓ Herrera, Y. 2018. *Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características físicas y químicas de tuna (Opuntia ficus indica) en la Región Moquegua*. [Tesis para optar al título de Ingeniero Agroindustrial]. Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua. Perú.
- ✓ Holden, J., J. Harnly, C y Beecher CR. 2003. Composición de los alimentos. *Conocimientos actuales sobre nutrición*. 8ta Edición:645-657.
- ✓ Indoagro.1999. *Tuna y cochinilla una gran alternativa de producción; en tuna, cochinilla, carmin. producción, manejo, mercado, costos*. Lima
- ✓ INEI.2014. Compendio Estadístico Perú 2014. Perú
- ✓ Jimenez, M., I. Castillo, E. Azuara y C. Beristain. 2011. Actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de capulín (*Prunus serotina subsp capuli*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Vol.10:29-37. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382011000100004&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-27382011000100004&script=sci_abstract) (accesado el 21 de julio, 2020).

- ✓ León, O. 1997. *Obtención de Zumo de Tuna (Opuntia ficus – indica Miller) Clarificado por Vía Enzimática*. [Tesis para optar al título de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- ✓ Leiva, D. 2009. *Determinación de antocianinas, fenoles totales y actividad antioxidante en licores y fruto de mora*. [Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos]. Universidad Tecnológica de la Mixteca. Oaxaca, México.
- ✓ Manach C., A. Scalbert, C. Morand, C. Rémésy y L. Jiménez. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition* Vol. 79(5):727-747. [https://academic.oup.com/ajcn/article-pdf/79/5/727/23713284/znu00504\\_000727.pdf](https://academic.oup.com/ajcn/article-pdf/79/5/727/23713284/znu00504_000727.pdf) (accesado el 20 de julio, 2017).
- ✓ Martínez I., G. Ros y M. Periago. 2000. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* Vol 50: 5-18. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2000/1/art-1/> (accesado el 18 de julio, 2017).
- ✓ Matos, A., J. Paredes, y B. Reategui. 2004. *Determinación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenolicos del aguaymanto*. [Trabajo de investigacion]. Universidad Peruana Unión. Lima, Perú.
- ✓ MINAG 2014. *La frutícola en el Perú*. Oficina de información estadística agraria. Lima-Perú.
- ✓ Ministerio de Agricultura – Dirección de Gestión de la Innovación Agraria (DGIA). 2007. *Mapeo regional*. Perú.
- ✓ Mitcham, E., C. Crisosto y A. Kader. 2003. *Bushberry: blueberry, cranberry, raspberry*. In *recommendations for maintaining postharvest quality*. Department of

- Pomology, University of California. <http://rics.ucdavis.edu/postharves2/produce/producefacts/fruit/berry.htm1> (accesado el 10 de junio, 2016).
- ✓ Muñoz I. y V. Soto. 2005. *Determinación de la capacidad protectora de antocianinas de un extracto de vitis vinífera en aortas de rata sometida a estrés oxidativo*. [Tesis para optar el título de Licenciado en Kinesiología]. Universidad de Chile, Facultad de Medicina. Chile. [https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2005/munoz\\_i/sources/munoz\\_i.pdf](https://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2005/munoz_i/sources/munoz_i.pdf). (accesado el 30 de noviembre, 2017).
  - ✓ Ojeda D. 2003. *Antocianinas totales, fenólicos totales y actividad antioxidante de las cáscaras de tres variedades de camote morado (Ipomoea batatas (L.) Lam)*. [Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. UNALM. Lima, Perú.
  - ✓ Olaya, J. 2009. *Estudio del contenido de fenoles y actividad antioxidante en 3 variedades de guayaba (Psidium guajava L) colombiana en diferentes estados de madurez*. [Tesis presentada para acceder al grado académico de Magister en Química]. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/78439/TESIS%20MAESTRIA%20%20JULIO%20OLAYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accesado el 22 de enero, 2019)
  - ✓ Paladino, S. 2008. *Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (Vitis vinífera I.)*. [Tesis presentada para acceder al grado académico de Magister en Alimentos]. Universidades Nacionales de Cuyo, La Rioja,

- San Juan y San Luis. Argentina. [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/2627/tesispaladino.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/2627/tesispaladino.pdf) (accesado el 26 de mayo, 2017)
- ✓ Palencia Y. 2000. *Sustancias bioactivas en los alimentos*. Universidad de Zaragoza, España. [http://www.unizar.es/med\\_naturista/bioctivos%20en%20alimentos.pdf](http://www.unizar.es/med_naturista/bioctivos%20en%20alimentos.pdf) (accesado el 26 de mayo, 2017)
  - ✓ Palencia Y. 2002. *Que son los alimentos funcionales*, Universidad de Zaragoza, España. [http://www.unizar.es/med\\_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf](http://www.unizar.es/med_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf) (accesado el 26 de mayo, 2017)
  - ✓ Pokorny J., N. Yanishlieva y M. Gordon. 2005. *Antioxidantes de los alimentos*. Editorial Acribia S.A. España: Zaragoza.
  - ✓ Pulgar, J. 1992. *123 Frutales Nativos*. Publicación de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Perú: Lima.
  - ✓ Ramirez M., M. Garcia, J. Corrales, C. Ybarra y A. Castillo. 2015. Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp.). *Revista fitotecnia mexicana publ. por la Sociedad Mexicana de Fitogenética* 38(4):349 – 357 [https://www.researchgate.net/publication/288004444\\_Compuestos\\_antioxidantes\\_e\\_n\\_variedades\\_pigmentadas\\_de\\_tuna\\_Opuntia\\_sp](https://www.researchgate.net/publication/288004444_Compuestos_antioxidantes_e_n_variedades_pigmentadas_de_tuna_Opuntia_sp). (accesado el 05 de diciembre, 2021).
  - ✓ Repo, R. y C. Encina. 2008. *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas*. *Rev Soc Quím Perú.*, 74, N° 2: 108-124. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2008000200004](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2008000200004) (accesado el 25 de mayo, 2016).

- ✓ Rojas, F. 2015. *Formulación y Evaluación de la Estabilidad de Betalainas y Vitamina C en Almacenamiento de bebida a base de Tumbo (Passiflora mollisima) y Tuna (Opuntia sp.) Edulcorada con Stevia*. [Tesis para optar al título de Ingeniero en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú.
- ✓ Robbins, R. 2003. Ácidos fenólicos en los alimentos: una descripción general de la metodología analítica. *Revista de química agrícola y alimentaria*. Vol. 51: 2866-2867.
- ✓ Sáenz, C. 2000. Tecnologías de procesamiento: Una alternativa para frutos y cladodios de tuna (*Opuntia spp.*). *Diario de ambientes áridos* Vol. 46 N° 3: 209 – 225.
- ✓ Sáenz C. 2006. *Utilización agroindustrial del nopal*, Boletín de servicios agrícolas de la FAO N°162. Roma. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120301/Utilizacion-agroindustrial-del-nopal.pdf?sequence=1> (accesado el 5 de abril, 2016).
- ✓ Shahidi F. y M. Naczk. 1995. Food phenolics: Sources, Chemistry, Effects and Applications. *Technomic Publishing*: 247-260.
- ✓ Stintzing F. y C. Reinhold. 2004. *Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition*. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 19-38.
- ✓ Sudzuki, F., C. Muñoz y H. Berger. 1993. *El cultivo de la tuna (Cactus Pear)*. PRODAG. 1er Edición. Chile.

- ✓ Torres, R., E.Montes, O. Pérez y R. Andrade. 2013. *Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Fisicoquímicas de Frutas Tropicales*. Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería de Alimentos, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación GIPPAL. Colombia. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642013000300007](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000300007) (accesado el 8 de marzo, 2020).
- ✓ Valls, J., M. Lampreave, M. Nadal y L. Arola. 2000. Importancia de los compuestos fenólicos en la calidad de los vinos tintos de crianza. *Alimentación Equipos y Tecnología*. Unidad de Enología. Universidad Rovira i Virgili. España:119-124 <https://docplayer.es/63561899-Importancia-de-los-compuestos-fenolicos-en-la-calidad-de-los-vinos-tintos-de-crianza.html> (accesado el 10 de marzo, 2018).

# ANEXOS

**ANEXO 01:**  
**DISEÑO EXPERIMENTAL**

ETAPA I	ETAPA II					ETAPA III
Obtención y caracterización de la pulpa de tuna roja.	Pruebas preliminares Estudio de los tratamientos					Contenido de compuestos fenólicos de la tuna
	<b>Preparación de los extractos etanólicos</b>					
<b>Análisis físico - químico</b> - pH - Acidez titulable - °brix <b>- Índice de madurez</b> - Humedad y sólidos totales - Cenizas totales - Grasas	TRATAMIENTOS	FACTOR A ÍNDICE DE MADUREZ	FACTOR B CONCENTRACIÓN DE ETANOL (%)	FACTOR C TEMPERATURA °C	COMBINACIONES	Método de Folin Ciocalteu
	t1	I <sub>A</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	
	t2	I <sub>A</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	
	t3	I <sub>A</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	
	t4	I <sub>A</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	
	t5	I <sub>A</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	
	t6	I <sub>A</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	
	t7	I <sub>A</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	
	t8	I <sub>A</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	
	t9	I <sub>A</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>A</sub> C <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	
	t10	I <sub>B</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	
	t11	I <sub>B</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	
	t12	I <sub>B</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	
	t13	I <sub>B</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	
	t14	I <sub>B</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	
	t15	I <sub>B</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	
	t16	I <sub>B</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	
	t17	I <sub>B</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	
	t18	I <sub>B</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>B</sub> C <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	
	t19	I <sub>C</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	
	t20	I <sub>C</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	
	t21	I <sub>C</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	
	t22	I <sub>C</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	
	t23	I <sub>C</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	
	t24	I <sub>C</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	
	t25	I <sub>C</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	
	t26	I <sub>C</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	
	t27	I <sub>C</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>C</sub> C <sub>3</sub> T <sub>3</sub>	
	t28	I <sub>D</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	
	t29	I <sub>D</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	
	t30	I <sub>D</sub>	C <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>1</sub> T <sub>3</sub>	
	t31	I <sub>D</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	
	t32	I <sub>D</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	
	t33	I <sub>D</sub>	C <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	
	t34	I <sub>D</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	
	t35	I <sub>D</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	
t36	I <sub>D</sub>	C <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	I <sub>D</sub> C <sub>3</sub> T <sub>3</sub>		

I<sub>A</sub>= En inmaduro, I<sub>B</sub>= En sazón, I<sub>C</sub>=En maduro, I<sub>D</sub>=En sobre-maduro,  
 C<sub>1</sub>= 76%, C<sub>2</sub>= 86%, C<sub>3</sub>= 96%,  
 T<sub>1</sub>= 60°C, T<sub>2</sub>= 70°C, T<sub>3</sub>= 80°C,

## ANEXO 02: INFORME TÉCNICO DE LA TUNA EN ESTADO MADURO



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**  
*"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"*  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS  
HUARAZ - ANCASH - PERÚ**



### INFORME TECNICO N°015

#### I. DATOS GENERALES

SOLICITANTE : ELIZABETH PINEDO REYNA  
MUESTRA : TUNA  
PRESENTACIÓN : BOLSA DE POLIETILENO  
MUESTREADO POR : EL SOLICITANTE  
FECHA DE RECEPCIÓN : 28 DE DICIEMBRE DE 2017  
N° DE RECIBO : 01132

#### II. DATOS DE LA ETIQUETA DE LA MUESTRA

PRODUCTO : TUNA MORADA  
CANTIDAD DE MUESTRA : 146g

#### III. RESULTADOS

FECHA DE ANÁLISIS : 28 DE DICIEMBRE DE 2017

ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS	RESULTADO 1	RESULTADO 2	PROMEDIO
1. Humedad (g/100g de muestra original)	85.82	85.68	85.75
2. Grasa (g/100g de muestra original)	0.19	0.20	0.20
3. Cenizas (g/100g de muestra original)	0.18	0.19	0.18
4. Acidez (g ácido cítrico/100g de muestra original)	0.088	0.090	0.089
5. Grados Brix	15.10	15.10	15.10
6. pH	6.30	6.28	6.29
7. Índice de Madurez	165.61	165.33	165.47



Ing. SALOMÉ GONZALES LIZARME  
JEFE DE LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE ALIMENTOS DE LA FIIA- UNASAM



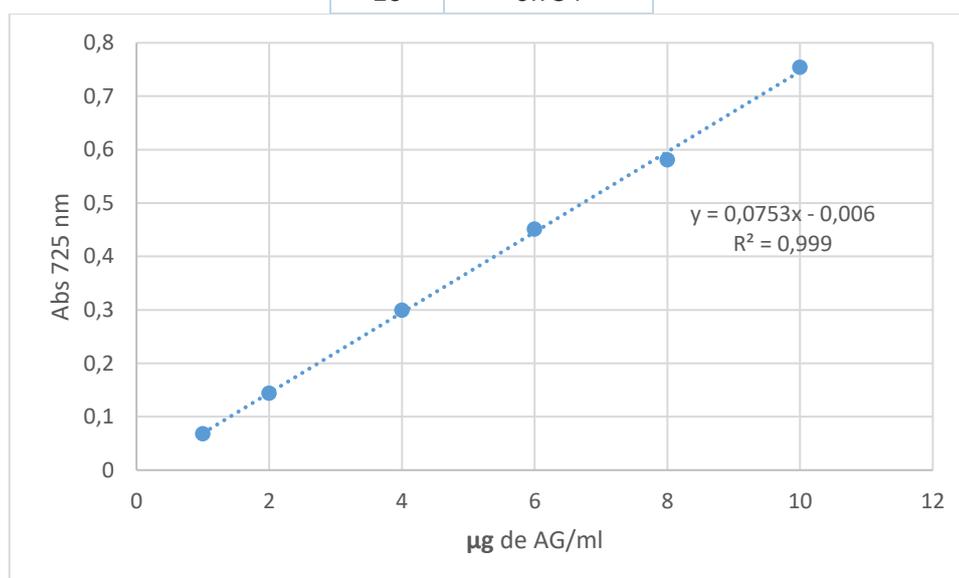
Dra. NORMA GAMARRA RAMIREZ  
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS - UNASAM

**ANEXO 03:**  
**INFORME TÉCNICO DE LA TUNA EN ESTADO: INMADURO (MUESTRA 1),**  
**SAZÓN (MUESTRA 2), MADURO (MUESTRA 3) Y SOBRE MADURO**  
**(MUESTRA 4)**

	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL</b>  <b>“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”</b>  <i>“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”</i></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS</b>  <b>LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS</b>          HUARAZ – ANCASH - PERÚ</p>																					
<p><b>INFORME TECNICO N°016</b></p>																						
<b>I. DATOS GENERALES</b>																						
SOLICITANTE	: ELIZABETH PINEDO REYNA																					
MUESTRA	: TUNA																					
PRESENTACIÓN	: BOLSA DE POLIETILENO																					
MUESTREADO POR	: EL SOLICITANTE																					
FECHA DE RECEPCIÓN	: 28 DE DICIEMBRE DE 2017																					
N° DE RÉCIBO	: 01133																					
<b>II. DATOS DE LA ETIQUETA DE LA MUESTRA</b>																						
PRODUCTO	: TUNA MORADA																					
CANTIDAD DE MUESTRA	: 4 x 146g																					
<b>III. RESULTADOS</b>																						
FECHA DE ANÁLISIS	: 28 DE DICIEMBRE DE 2017																					
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 40%;">ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS</th> <th style="text-align: center; width: 10%;">MUESTRA 1</th> <th style="text-align: center; width: 10%;">MUESTRA 2</th> <th style="text-align: center; width: 10%;">MUESTRA 3</th> <th style="text-align: center; width: 10%;">MUESTRA 4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Acidez (g ácido cítrico/100g de muestra original)</td> <td style="text-align: center;">0.089</td> <td style="text-align: center;">0.089</td> <td style="text-align: center;">0.089</td> <td style="text-align: center;">0.091</td> </tr> <tr> <td>2. Grados Brix</td> <td style="text-align: center;">12.50</td> <td style="text-align: center;">13.20</td> <td style="text-align: center;">15.10</td> <td style="text-align: center;">14.20</td> </tr> <tr> <td>3. Índice de Madurez</td> <td style="text-align: center;">136.97</td> <td style="text-align: center;">144.65</td> <td style="text-align: center;">165.47</td> <td style="text-align: center;">155.61</td> </tr> </tbody> </table>			ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	1. Acidez (g ácido cítrico/100g de muestra original)	0.089	0.089	0.089	0.091	2. Grados Brix	12.50	13.20	15.10	14.20	3. Índice de Madurez	136.97	144.65	165.47	155.61
ENSAYOS FÍSICO/QUÍMICOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4																		
1. Acidez (g ácido cítrico/100g de muestra original)	0.089	0.089	0.089	0.091																		
2. Grados Brix	12.50	13.20	15.10	14.20																		
3. Índice de Madurez	136.97	144.65	165.47	155.61																		
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 45%; text-align: center; vertical-align: bottom;">                   _____                  Ing. SALOMÉ GONZALES LIZARME                  JEFE DE LABORATORIO DE ANÁLISIS                  DE ALIMENTOS DE LA FIIA- UNASAM             </td> <td style="width: 5%;"></td> <td style="width: 50%; text-align: center; vertical-align: bottom;">                   _____                  Dra. NORMA GAMARRA RAMIREZ                  DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA                  DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS - UNASAM             </td> </tr> </table>			 _____ Ing. SALOMÉ GONZALES LIZARME JEFE DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS DE LA FIIA- UNASAM		 _____ Dra. NORMA GAMARRA RAMIREZ DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS - UNASAM																	
 _____ Ing. SALOMÉ GONZALES LIZARME JEFE DE LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS DE LA FIIA- UNASAM		 _____ Dra. NORMA GAMARRA RAMIREZ DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS - UNASAM																				

**ANEXO 04:**  
**REGRESION LINEAL DE LOS TRATAMIENTOS PARA LA OBTENCION DE**  
**LOS  $\mu\text{g}$  DE ÁCIDO GÁLICO EQUIVALENTE**

$\mu\text{g/ml}$ Ácido Gálico	Abs (725 nm)
1	0.068
2	0.144
4	0.299
6	0.451
8	0.581
10	0.754



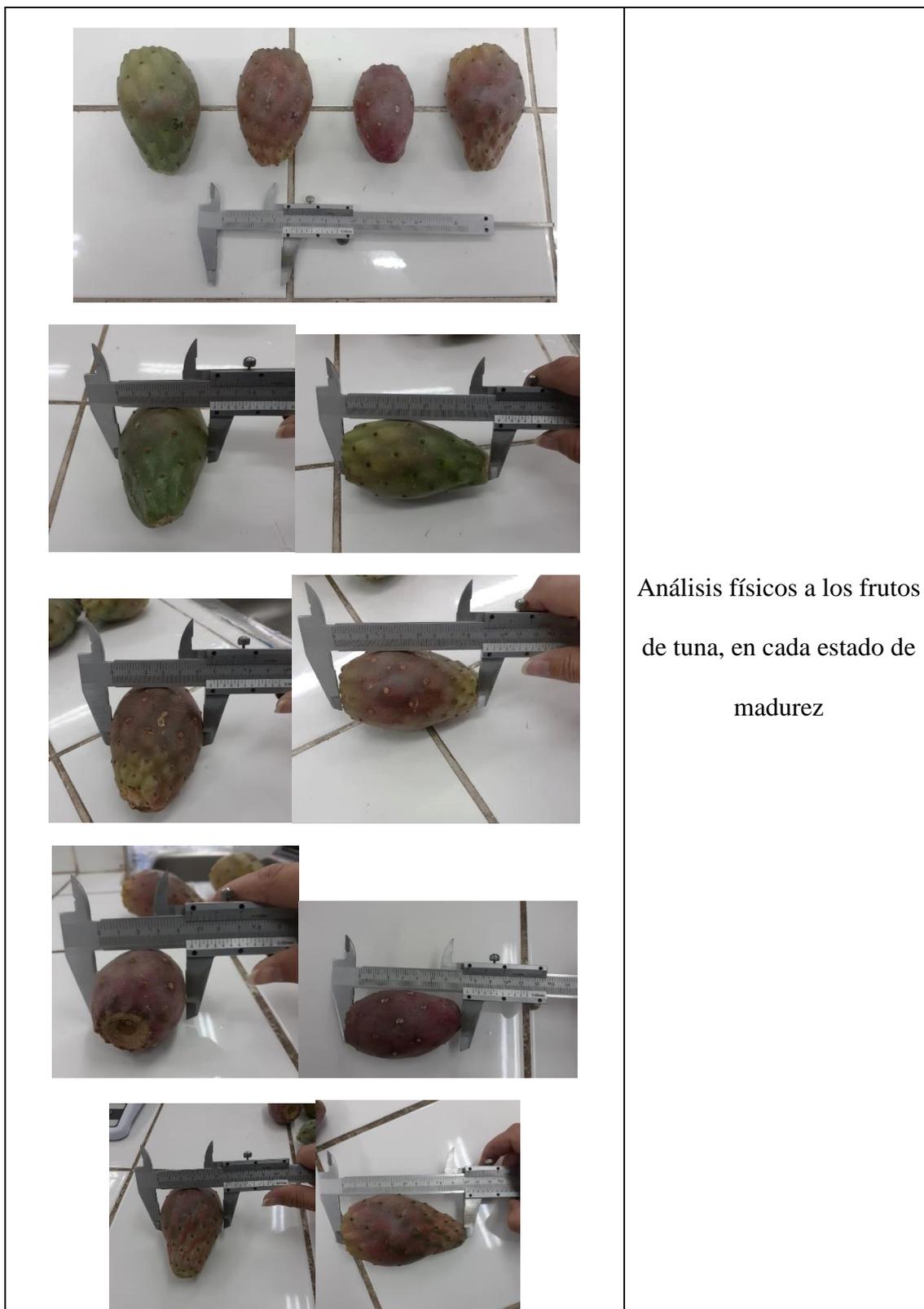
**ANEXO 05:**  
**RESULTADO DE LOS TRATAMIENTOS DE ESTUDIO**

Tratamientos	Estado de Madurez	Resultados Abs			Compuestos Fenólicos (ug AGE/mL)			Media	SD
		725 nm							
T1	Inmaduro	0.252	0.255	0.258	17.131	17.331	17.530	17.331	0.199
T2	Inmaduro	0.263	0.261	0.264	17.862	17.729	17.928	17.840	0.101
T3	Inmaduro	0.256	0.257	0.256	17.397	17.463	17.397	17.419	0.038
T4	Inmaduro	0.261	0.266	0.26	17.729	18.061	17.663	17.818	0.213
T5	Inmaduro	0.265	0.269	0.264	17.995	18.260	17.928	18.061	0.176
T6	Inmaduro	0.264	0.263	0.261	17.928	17.862	17.729	17.840	0.101
T7	Inmaduro	0.259	0.262	0.263	17.596	17.795	17.862	17.751	0.138
T8	Inmaduro	0.264	0.263	0.265	17.928	17.862	17.995	17.928	0.066
T9	Inmaduro	0.261	0.257	0.252	17.729	17.463	17.131	17.441	0.299
T10	Sazón	0.268	0.274	0.281	18.194	18.592	19.057	18.614	0.432
T11	Sazón	0.291	0.299	0.301	19.721	20.252	20.385	20.120	0.351
T12	Sazón	0.278	0.285	0.279	18.858	19.323	18.924	19.035	0.251
T13	Sazón	0.281	0.278	0.279	19.057	18.858	18.924	18.946	0.101
T14	Sazón	0.319	0.323	0.326	21.580	21.846	22.045	21.824	0.233
T15	Sazón	0.289	0.295	0.303	19.588	19.987	20.518	20.031	0.466
T16	Sazón	0.282	0.284	0.281	19.124	19.256	19.057	19.146	0.101
T17	Sazón	0.301	0.302	0.295	20.385	20.452	19.987	20.274	0.251
T18	Sazón	0.283	0.276	0.281	19.190	18.725	19.057	18.991	0.239
T19	Maduro	0.388	0.391	0.389	26.162	26.361	26.228	26.251	0.101
T20	Maduro	0.413	0.416	0.406	27.822	28.021	27.357	27.734	0.341
T21	Maduro	0.395	0.392	0.399	26.627	26.428	26.892	26.649	0.233
T22	Maduro	0.393	0.397	0.391	26.494	26.760	26.361	26.538	0.203
T23	Maduro	0.438	0.436	0.440	29.482	29.349	29.615	29.482	0.133
T24	Maduro	0.411	0.409	0.412	27.689	27.556	27.756	27.667	0.101
T25	Maduro	0.393	0.401	0.397	26.494	27.025	26.760	26.760	0.266
T26	Maduro	0.415	0.406	0.418	27.955	27.357	28.154	27.822	0.415
T27	Maduro	0.398	0.395	0.389	26.826	26.627	26.228	26.560	0.304
T28	Sobre-maduro	0.315	0.317	0.321	21.315	21.448	21.713	21.492	0.203
T29	Sobre-maduro	0.351	0.359	0.356	23.705	24.236	24.037	23.993	0.268
T30	Sobre-maduro	0.336	0.339	0.341	22.709	22.908	23.041	22.886	0.167
T31	Sobre-maduro	0.339	0.337	0.334	22.908	22.776	22.576	22.753	0.167
T32	Sobre-maduro	0.361	0.369	0.365	24.369	24.900	24.635	24.635	0.266
T33	Sobre-maduro	0.348	0.358	0.352	23.506	24.170	23.772	23.816	0.334
T34	Sobre-maduro	0.337	0.339	0.343	22.776	22.908	23.174	22.953	0.203
T35	Sobre-maduro	0.349	0.356	0.359	23.572	24.037	24.236	23.949	0.341
T36	Sobre-maduro	0.341	0.333	0.336	23.041	22.510	22.709	22.753	0.268

**ANEXO 06:  
GALERÍA FOTOGRÁFICA**

	<p>Cultivos de tuna en el distrito de Toma, provincia de Carhuaz, departamento de Ancash</p>
	<p>Fruto de tuna en las 4 etapas de maduración en estudio (inmaduro, sazón, maduro y sobre maduro)</p>
	<p>Fruto de tuna en etapa de <b>inmaduro</b></p>

	<p>Fruto de tuna en etapa de <b>sazón</b></p>
	<p>Fruto de tuna en etapa de <b>maduro</b></p>
	<p>Fruto de tuna en etapa de <b>sobre maduro</b></p>





Obtención de la pulpa de  
tuna en estudio



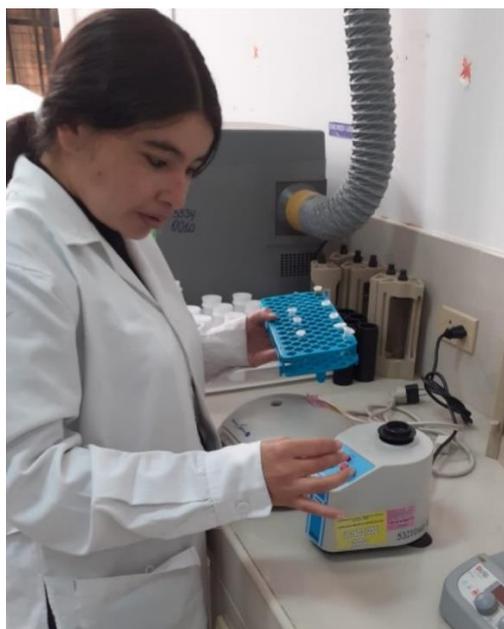
En la facultad de Ciencias  
Agrarias - E. P. de  
Ingeniería Agroindustrial  
de la Universidad  
Nacional Hermilio  
Valdizan - Huánuco



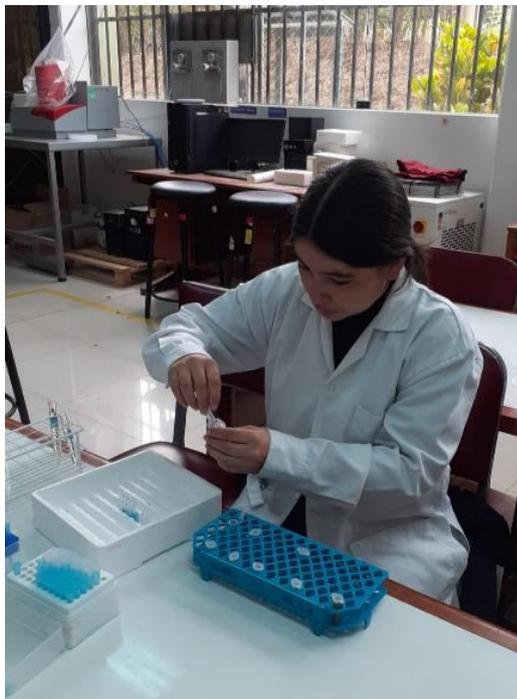
En el laboratorio de  
Análisis por  
instrumentación, de la E.P.  
de Ingeniería  
Agroindustrial.



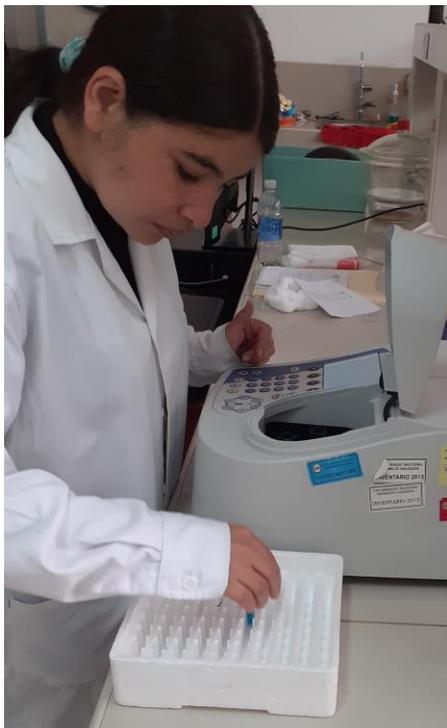
Extractos de muestras  
Adicionando el reactivo de  
Folin – Ciocalteu 1N



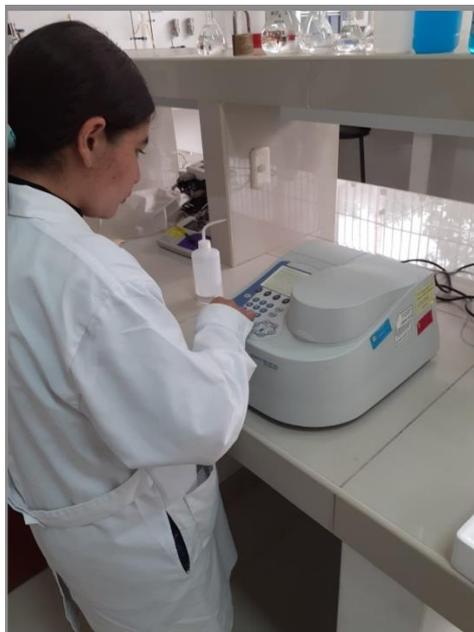
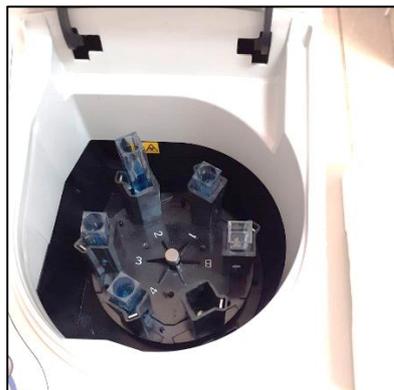
Colocando los extractos de muestras en capsulas para llevarlos a agitación.



Colocando las muestras a  
las cubetas del  
espectrofotómetro



Colocando las cubetas con  
las muestras en el  
espectrofotómetro



Programando el equipo



Esperando la obtención de  
los resultados



**Elizabeth  
Pinedo  
Reyna**

30 años

Nº DNI  
45468709

Dirección  
Jr. Federico Sal y Rosas Nº  
728 /Huaraz

Teléfono Móvil  
(#) 995862589

Email  
elita25.9@gmail.com

## ELIZABETH PINEDO REYNA

**Bachiller de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo"- Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias –Huaraz**, con conocimientos en inglés y computación, capacidad de trabajar en equipo, empleando los conocimientos adquiridos para el beneficio de la institución.

Mi objetivo es ser una eficiente y eficaz profesional y desempeñarme con gran capacidad y destreza en mis actividades laborales, asumiendo el compromiso de mejorar continuamente, practicando en todo momento los valores morales.

### Formación académica

- |                    |                                                                                                                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1995 – 2000</b> | <b>Primaria</b><br>Colegio Nacional Parroquial "SANTA ROSA DE VITERBO"<br>– Huaraz                                                               |
| <b>2001 - 2005</b> | <b>Secundaria</b><br>Colegio Nacional Parroquial "SANTA ROSA DE VITERBO"<br>– Huaraz                                                             |
| <b>2006 - 2011</b> | <b>Superior</b><br>Universidad Nacional "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"–Huaraz<br>Bachiller de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias |

### Experiencia Laboral

- |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2017-2018</b> | <b>Corporación de Bienes y Servicios V &amp; V SAC</b><br>Periodo: 01 de Setiembre del 2017 a 30 de Abril del 2018<br>Cargo: Supervisora<br>Funciones: Labores realizadas por horas. Estando a mí cargo la supervisión de los ingresos y egresos económicos y existencias de los medicamentos formulados por la empresa y que se vende dentro de las instalaciones del Policlínico Municipal de Huaraz. Supervisión de los documentos del policlínico municipal de Huaraz de acuerdo a las disposiciones de gerencia. |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Elizabeth  
Pinedo  
Reyna**

Teléfono Móvil  
(#)95862589

Email  
elita25.9@gmail.com

## Experiencia Laboral

- 2016- 2017 MISTR SA- TRUJILLO MARK**  
 Periodo: 01 de Setiembre del 2016 al 31 de Enero del 2017  
 Cargo: Encargada de Envasado y Empaquetado  
 Funciones: Supervisar el proceso de envasado y empaquetado, tanto personal como el flujo de operaciones. Elaborar e implementar el plan HACCP, Manual de BPM Y POES., capacitación al personal de planta.
- 2014-2016 Corporación de Bienes y Servicios V & V SAC**  
 Periodo: 04 de Abril del 2014 al 31 de Agosto del 2016  
 Cargo: Administradora  
 A cargo la responsabilidad de la ejecución de cada operación, del proceso y la actividad comercial relacionada con el policlínico municipal de Huaraz Encargada de las necesidades de suministros médicos y equipos de calidad y asegurar que los profesionales sean capaces de cumplir con sus obligaciones hacia los pacientes con diligencia, profesionalidad y ética.
- 2012– 2013 Servicios y Alimentos LA MERCED E.I.R.L.**  
 Periodo: 01 de Julio del 2012 al 09 de Setiembre del 2013  
 Cargo: Supervisora de Control de Calidad  
 Funciones: Supervisar la recepción de la materia prima, preparación, cocción y servicio de comidas.  
 Elaborar el menú cíclico mensualmente  
 Supervisar y entrenar a los empleados del servicio de alimentos y llevar a cabo algunas tareas administrativas y de gestión.
- 2011 laboratorios Especializados de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias – UNASAM**  
 Periodo: 13 de Junio del 2011 al 31 de Diciembre del 2011  
 Cargo: Practicante – Área de Producción y Control de calidad en el área de Frutas y Hortalizas  
 Producción y Control de calidad en el área de Lácteos  
 Funciones: Elaboración de Néctares, Chicha Morada, y Mermeladas los cuales se expiden en los puntos de ventas ubicados dentro de la Ciudad Universitaria - UNASAM.



**Elizabeth  
Pinedo  
Reyna**

Teléfono Móvil  
(#)95862589

Email  
elita25.9@gmail.com



## Experiencia Laboral

### 2010 – 2011 Laboratorio de Microbiología de Alimentos- UNASAM

Beneficiaria de la bolsa de trabajo, brindado por la universidad a los alumnos pertenecientes al tercio superior.

Funciones: Análisis microbiológicos, preparación de materiales y medios de cultivos a utilizarse en las clases y para los respectivos análisis.

## Formación Complementaria, Cursos

### 2010 “X Congreso Nacional de Industrias Alimentarias- X CONIA” /Piura

Fecha: 22 al 27 de Noviembre

Función: Asistente

### 2010 “Alimentos Funcionales, resistencia a la Insulina y la Diabetes”

Fecha: 15 de Julio

Función: Asistente

### 2011 Curso Internacional: “Cinética de Vida Útil y Pruebas Aceleradas”

Fecha: 17 al 21 de Enero

Función: Asistente

### 2011 “Taller de Elaboración de Yogurt – Helados, Conserva de Frutas – Leches Vegetales”

Fecha: 04 al 15 de Febrero

Función: Asistente

### 2011 “Higiene y Sanidad en Plantas Agroindustriales - Alimentarias”

Fecha: 08 y 22 de Julio

Función: Asistente

### 2011 “Alimentos Funcionales, resistencia a la Insulina y la Diabetes”

Fecha: 15 de Julio

Función: Asistente

### 2009 “Conserva de Alimentos – Tratamiento Térmico” (Tecnología de Obstáculos)

Fecha: 03,04 y 05 de marzo

Función: Asistente

**Elizabeth  
Pinedo  
Reyna**

Teléfono Móvil  
(#)95862589

Email  
elita25.9@gmail.com



## Formación Complementaria, Cursos

**2009** "IX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos" - IX CONACYTA /Tingo María

Fecha: 24 al 28 de Agosto

Función: Asistente

**2009** "Investigación Científica Aplicada a la Industria Alimentaria"

Fecha: 22 y 23 de Julio

Función: Asistente

**2009** "Panadería y Pastelería"

Fecha: 23 de Setiembre al 29 de Octubre

Función: Asistente

## Otros datos

**Idiomas:**

**Inglés:**

Nivel Básico

**Informática:**

**Microsoft Office:**

Nivel Básico