

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA
DE LOS RECURSOS NATURALES

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniera en
Biotecnología de los Recursos Naturales*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE
EXTRACTOS DE LA CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus*), FRENTE A
UN PRODUCTO COMERCIAL”**

AUTORA:

JOSELIN ESTEFANÍA TRUJILLO ORELLANA

TUTORA:

Bqf. SILVIA MONSERRATH TORRES SEGARRA, MGS.

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Joselin Estefanía Trujillo Orellana con documento de identificación N° 1400850952, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de soy autora del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE LA CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus*), FRENTE A UN PRODUCTO COMERCIAL”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021



Joselin Estefanía Trujillo Orellana

C.I. 1400850952

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE LA CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus*), FRENTE A UN PRODUCTO COMERCIAL”**, realizado por Joselin Estefanía Trujillo Orellana, obteniendo el *Trabajo Experimental*, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, enero del 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'S. Torres Segarra', written in a cursive style.

Bqf. Silvia Monserrath Torres Segarra, MGS.

C.I. 0103597225

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Joselin Estefanía Trujillo Orellana con documento de identificación N° 1400850952, autora del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE LA CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus*), FRENTE A UN PRODUCTO COMERCIAL”**, certifico que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, enero del 2021



Joselin Estefanía Trujillo Orellana

C.I. 1400850952

DEDICATORIA

Al creador todopoderoso, que me ha dado sabiduría, protección y fortaleza a lo largo de mi vida y en mi etapa de formación profesional por ello, dedico primeramente mi trabajo a Dios por iluminarme y guiarme en cada paso.

A mi padre Enrique, por ser el pilar más importante de nuestra familia, por su apoyo incondicional, por sus consejos, por inculcarme valores que a largo de la vida han sido el mejor regalo para formarme como persona y profesional.

A mi madre Narcisa, que con su gran carisma, dedicación, esfuerzo, trabajo y amor de madre me brindó su apoyo de principio a fin, que a pesar de la distancia me ayudó a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Luis y Stiven, que siempre han estado junto a mí y me han apoyado en esta etapa de mi vida, en los buenos y malos momentos.

A mi abuelito Néstor, que para culminar con esta etapa educativa me supo cuidar y guiar desde el cielo con su bendición y protección.

A mi compañero de aventuras Edwin, quien me brindó su apoyo incondicional, palabras de aliento en los momentos más difíciles, paciencia, amor, inteligencia, compañía, tiempo y dedicación.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por darme la vida, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades.

A mis padres, quienes me otorgaron el mejor regalo y herencia más preciada que considero es la educación y su amor incondicional, me han enseñado a no rendirme que con esfuerzo, dedicación y constancia lo más difícil se vuelve fácil.

A mi hermano Luis, por su compañía, consejos, amor y apoyo incondicional tanto en buenas como en malas situaciones que atravesamos juntos.

A mis abuelitas, tíos y familia, por sus gestos, apoyo y palabras de motivación en cada momento.

A mis profesores y compañeros de la carrera quienes me brindaron su amistad, apoyo y conocimiento en el transcurso de mi carrera universitaria.

A mi tutora Bqf. Silvia Torres, por la orientación, dedicación, esfuerzo, tiempo y responsabilidad que me brindó para poder culminar el presente trabajo investigativo, con gran profesionalismo y carisma.

A mis amigos, quienes hicieron que esta etapa en la universidad sea más amena por compartir cada baile, viajes, presentaciones, escenarios, sonrisas y experiencias inolvidables.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Pregunta de Investigación	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Limitaciones	4
1.6 Objetivos	4
1.6.1 Objetivo General	4
1.6.2 Objetivos Específicos	4
1.7 Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II	5
2.1 Marco Referencial	5
2.2 Marco Conceptual	6
2.3 Bases Teóricas.....	8
2.3.1 Origen de la piña	8
2.3.2 Descripción de la piña	9
2.3.3 Taxonomía de la piña	9
2.3.4 Características botánicas	9

2.3.5	Composición de la piña (<i>Ananas comosus</i>).....	10
2.3.6	Composición de la cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>)	12
2.3.7	Usos de la piña (<i>Ananas comosus</i>	12
2.3.8	Maceración	12
2.3.9	Extracto alcohólico.....	13
2.3.10	<i>Screening</i> fitoquímico	13
2.3.11	Actividad Antioxidante	14
2.3.12	Actividad antioxidante en alimentos	16
2.3.13	Radicales Libres	16
2.3.14	Compuestos fenólicos	17
2.3.15	Ácido Ascórbico o “Vitamina C”	18
2.3.16	Estrés Oxidativo	19
2.3.17	Método DPPH-2,2-difenil-1-picril hidrazilo-.....	19
2.3.18	Uso de antioxidantes en la industria cosmética.....	20
CAPÍTULO III.....		21
MARCO METODOLÓGICO		21
3.1	Nivel de investigación.....	21
3.1.1	Diseño de Investigación	21
3.1.2	Población y muestra	21
3.1.3	Variables.....	21
3.1.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	22
3.1.5	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	22
3.2	Procedimiento	22

3.2.1	Etapa 1: Recolección de la muestra vegetal	22
3.2.2	Etapa 2: Obtención del extracto alcohólico.....	23
3.2.3	Etapa 3: Caracterización cualitativa	23
3.2.4	Etapa 4: Medición de la capacidad antioxidante	25
CAPÍTULO IV		31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		31
4.1	Etapa 1: Recolección de muestra vegetal	31
4.1.2	Tratamiento de la materia prima	31
4.2	Etapa 2: Obtención del extracto alcohólico.....	31
4.3	Etapa 3: Caracterización cualitativa	31
4.4	Etapa 4: Medición de la capacidad antioxidante	34
4.4.1	Determinación de la capacidad antioxidante del ácido ascórbico puro.....	34
4.4.2	Determinación de la capacidad antioxidante del ácido ascórbico comercial	35
4.4.3	Determinación de la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>).....	37
4.4.4	Resumen de los valores IC50 obtenidos del ácido ascórbico puro, ácido ascórbico comercial y extracto alcohólico de cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>)	39
4.5	Etapa 5: Análisis estadístico.....	40
4.5.1	Comparación de la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>) frente al ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500)	40
4.5.2	Planteamiento de las Hipótesis.....	42
4.5.3	Método estadístico “Análisis de dos muestras”	42
CAPÍTULO V		45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		45

CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	54
ANEXO 1: LISTADO DE ABREVIATURAS.....	54
ANEXO 2: MOLINO ELÉCTRICO.....	56
ANEXO 3: ELABORACIÓN DEL EXTRACTO	57
ANEXO 4: FILTRACIÓN DEL EXTRACTO	58
ANEXO 5: <i>SCREENING</i> FITOQUÍMICO.....	59
ANEXO 6: MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	60
ANEXO 7: ANÁLISIS DE DOS MUESTRAS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de <i>Ananas comosus</i> . Fuente: (Pac, 2005).....	9
Tabla 2. Características botánicas de <i>Ananas comosus</i> . Fuente: (Lucero, 2014).....	10
Tabla 3. Composición nutricional en 100 g de piña. Fuente: (FEN, 2013).....	11
Tabla 4. Clasificación de los antioxidantes. Fuente: (Alomar, 2007).	15
Tabla 5. Mecanismos de acción de los antioxidantes. Fuente: (Barbosa et al., 2008).	15
Tabla 6. Fuentes de los antioxidantes en alimentos. Fuente:(Contreras et al., 2016).....	16
Tabla 7. Clasificación de los radicales libres de oxígeno. Fuente: (V. Gutiérrez, 2014).	17
Tabla 8. Compuestos fenólicos presentes en frutos. Fuente: (Martínez et al., 2000).....	18
Tabla 9. Caracterización de la prueba de Saponinas. Fuente: (Elaboración del autor).	24
Tabla 10. Caracterización de la prueba de Fenoles. Fuente: (Elaboración del autor).	24
Tabla 11. Caracterización de la prueba de Taninos. Fuente: (Elaboración del autor).....	24
Tabla 12. Caracterización de la prueba de Flavonoides. Fuente: (Elaboración del autor).....	25
Tabla 13. Tabla referencial para la preparación de fracciones. Fuente: (Noriega et al., 2014)...	28
Tabla 14. Datos de la materia prima. Fuente: (Elaboración del Autor).	31
Tabla 15. Datos de la elaboración del extracto alcohólico. Fuente: (Elaboración del Autor)....	31
Tabla 16. Resultados de la prueba de Saponinas. Fuente: (Elaboración del Autor).....	32
Tabla 17. Resultados de la prueba de Fenoles. Fuente: (Elaboración del Autor).	32
Tabla 18. Resultados de la prueba de Taninos. Fuente: (Elaboración del Autor).	33
Tabla 19. Resultados de la prueba de Flavonoides. Fuente: (Elaboración del Autor).	33
Tabla 20. Resumen del screening fitoquímico. Fuente: (Elaboración del Autor).	33
Tabla 21. Resultado del porcentaje de inhibición del ácido ascórbico puro. Fuente: (Elaboración del Autor).	34
Tabla 22. Resultado del porcentaje de inhibición de la vitamina C (KIOVIT 500). Fuente: (Elaboración del Autor).....	36
Tabla 23. Resultado del porcentaje de inhibición del extracto alcohólico de la cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>). Fuente:(Elaboración del Autor).	38
Tabla 24. Comparación de datos. Fuente: (Elaboración del Autor).	41

Tabla 25. Planteamiento de la hipótesis. Fuente: (Elaboración del Autor).....	42
Tabla 26. Análisis de Varianza. Fuente: (Microsoft 365 "Excel" 2018).....	43
Tabla 27. Comparación e interpretación de resultados. Fuente: (Elaboración del Autor).	44
Tabla 28. Estadísticas de la regresión. (Microsoft 365 "Excel" 2018).....	62
Tabla 29. Análisis de varianza. (Microsoft 365 "Excel" 2018).....	62
Tabla 30. Análisis estadístico. (Microsoft 365 "Excel" 2018).	62

ÍNDICE DE IMAGEN

Imagen 1. Proceso de secado natural. Fuente: (Autor).....	22
Imagen 2. Filtración al vacío. Fuente: (Autor).....	23
Imagen 3. Solución 0.5 mM DPPH en etanol al 96 %. Fuente: (Autor).	26
Imagen 4. Ácido ascórbico puro. Fuente: (Autor).....	26
Imagen 5. Preparación del ácido ascórbico sintético. Fuente: (Autor).....	27
Imagen 6. Preparación del extracto alcohólico. Fuente: (Autor).....	27
Imagen 7. Preparación de soluciones en distintas fracciones. Fuente: (Autor).....	28
Imagen 8. Agitación a 200 rpm. Fuente: (Autor).	29
Imagen 9. Medición de la absorbancia. Fuente: (Autor).	29
Imagen 10. Uso del molino eléctrico. Fuente: (Autor).....	56
Imagen 11. Materia prima molida. Fuente: (Autor).	56
Imagen 12. Peso de la materia prima. Fuente: (Autor).	57
Imagen 13. Elaboración del extracto alcohólico. Fuente: (Autor).	57
Imagen 14. Extracto posterior a la maceración. Fuente: (Autor).	58
Imagen 15. Filtración al vacío. Fuente: (Autor).....	58
Imagen 16. Prueba de saponinas. Fuente: (Autor).	59
Imagen 17. Prueba de flavonoides. Fuente: (Autor).	59
Imagen 18. Preparación de soluciones en distintas fracciones. Fuente: (Autor).....	60
Imagen 19. Celda con la muestra a analizar. Fuente: (Autor).....	60
Imagen 20. Espectrofotómetro UV-VIS (Jasco 630). Fuente: (Autor).	61

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1. Porcentaje de inhibición y concentración del ácido ascórbico puro. Fuente: (Elaboración del Autor).....	35
Gráfico 2. Porcentaje de inhibición y concentración de la Vitamina C (KIOVIT 500). Fuente: (Elaboración del Autor).....	37
Gráfico 3. Porcentaje de inhibición y concentración del extracto alcohólico de la cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>). Fuente: (Elaboración del Autor).	39
Gráfico 4. Resumen de los valores del IC50. Fuente: (Elaboración del Autor).	39
Gráfico 5. Comparación de los % de inhibición de las muestras. Fuente: (Elaboración del Autor).	42
Gráfico 6. Porcentaje de inhibición y concentración. Fuente: (Elaboración del Autor).	44
Gráfico 7. Porcentaje de inhibición y concentración. Fuente: (Elaboración del Autor).	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. Estructura del Etanol. Fuente: (Núñez, 2008).	13
Ilustración 2. Estructura química del radical libre DPPH. Fuente: (Londoño, 2012).	19
Ilustración 3. Estructura del método DPPH. Fuente: (Bohorquez, 2016).	19

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña *Ananas comosus* frente a un producto comercial, aprovechando los desperdicios orgánicos y de esta manera disminuir el impacto en el medio ambiente, mediante las técnicas el *screening* fitoquímico, método DPPH y el análisis estadístico de datos. La utilización de productos comerciales en la actualidad afecta al medio ambiente y principalmente la salud de los seres humanos, por este motivo se tiene como finalidad el uso de los productos naturales los cuales están enfocados en el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos, como es la cáscara de piña. En el desarrollo de la parte experimental del presente estudio se preparó el extracto alcohólico en una relación 3:1 con alcohol al 96 %, a través del *screening* fitoquímico se determinó la presencia de saponinas y fenoles. Posteriormente se evaluó la capacidad antioxidante del extracto a diferentes concentraciones mediante el método DPPH, se utilizó como patrón de referencia el ácido ascórbico puro con un valor de IC_{50} de 21.74 $\mu\text{l}/\text{mL}$ y con un porcentaje de inhibición de 70.2123 %, el ácido ascórbico comercial presentó un IC_{50} de 113.03 $\mu\text{l}/\text{mL}$ y 15.5808 %, finalmente el extracto alcohólico presentó un IC_{50} de 35.96 $\mu\text{l}/\text{mL}$ y 46.8510 %, se evidenció mayor capacidad antioxidante en el extracto alcohólico a comparación del ácido ascórbico comercial. Al obtener los resultados de las muestras analizadas se aplicó el método estadístico “Análisis de dos muestras” dando un valor p de 0.0001 por lo que resulta un nivel de significancia menor, a lo que se acepta la hipótesis alternativa, el extracto alcohólico de la cáscara de piña presentó un porcentaje mayor y se evidenció mayor capacidad antioxidante que el producto comercial.

Palabras clave: antioxidante, *Ananas comosus*, *screening* fitoquímico, IC_{50} .

ABSTRACT

The present research work aims to evaluate the antioxidant capacity of the alcoholic extract of *Ananas comosus* pineapple peel against a commercial product, taking advantage of the organic wastes and thus reducing the impact on the environment, through the techniques of phytochemical screening, DPPH method and statistical data analysis. The use of commercial products currently affects the environment and mainly the health of human beings, for this reason the aim is to use natural products which are focused on the use of organic waste, such as pineapple peel. In the development of the experimental part of this study, the alcoholic extract was prepared in a 3:1 relation with 96% alcohol, through phytochemical screening the presence of saponins and phenols was determined. Afterwards, the antioxidant capacity of the extract was evaluated at different concentrations through DPPH method, it was used as reference standard pure ascorbic acid with a value of IC_{50} of 21.74 $\mu\text{l/mL}$ and with an inhibition percentage of 70. 2123 %, the commercial ascorbic acid presented an IC_{50} of 113.03 $\mu\text{l/mL}$ and 15.5808 %, finally the alcoholic extract presented an IC_{50} of 35.96 $\mu\text{l/mL}$ and 46.8510 %, it was evidenced greater antioxidant capacity in the alcoholic extract compared to the commercial ascorbic acid. When obtaining the results of the analyzed samples, the statistical method "Analysis of two samples" was applied, giving a p value of 0.0001, resulting in a lower level of significance, to which the alternative hypothesis is accepted, the alcoholic extract of pineapple peel presented a higher percentage and greater antioxidant capacity than the commercial product was evidenced.

Keywords: antioxidant, *Ananas comosus*, phytochemical screening, IC_{50} .

CAPÍTULO I

1.1 Introducción

Ecuador es un país latinoamericano que posee gran diversidad de flora y fauna, debido a las características propicias de suelo, clima y ubicación geográfica, siendo las regiones de Costa y la Sierra con un alto nivel de producción. La superficie total es de 260 mil kilómetros cuadrados, donde la región Costa cuenta con un porcentaje de 67.12 % de cultivos permanentes, en segundo lugar, con un 23.94 % correspondiente a la región Sierra y finalmente el Oriente con 8.94 %. Entre los principales productos cultivados son: maíz, arroz, trigo, cebada, papas, yuca, cebolla, tomate, naranja, mandarina, naranjilla, piña entre otros (Alvarado & Sánchez, 2010).

El cultivo de la piña (*Ananas comosus*) es uno de los principales productos en Ecuador, debido a que posee particularidades geográficas aptas para su producción, en la región Litoral específicamente en las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Los Ríos, Guayas, El Oro, Manabí y Esmeraldas, su producción es favorable debido a las características del clima, altitud y suelo, los cuales son propicios y benéficos para su desarrollo (Pinto, 2012).

Ananas comosus, es una fruta muy tropical conocida por sus cualidades sensoriales, estudios recientes han demostrado su alto contenido de compuestos bioactivos como: compuestos fenólicos, β -caroteno y vitamina C. En la actualidad se ha evidenciado mediante investigaciones científicas que los compuestos fenólicos poseen una alta capacidad antioxidante en comparación con los carotenoides y la vitamina C. La variedad y el estado de madurez del fruto influye en las concentraciones de estos compuestos, así también como su facultad de antioxidante (Rosas, 2011).

Por otro lado, a nivel mundial el rendimiento de jugo de frutas representa la mitad del peso de la fruta, y por lo tanto hay una gran cantidad de desecho de pulpa y cáscara es producido cada año. En la agricultura, estos residuos tienen valor bajo o nulo y aún pueden constituir un problema ambiental debido a su acumulación. La preocupación por el aprovechamiento de residuos ha tomado gran fuerza entre la comunidad científica, sobre todo a nivel industrial, puesto que la

adecuada disposición final de residuos agroindustriales es apremiante debido a los grandes volúmenes generados (Benavente, 2012).

1.2 Planteamiento del problema

La piña (*Ananas comosus*) cuenta con grandes propiedades nutricionales que tiene un alto grado de producción y demanda en el Ecuador. La producción de piña ha evolucionado de una manera favorable, actualmente existe un área aproximada de 600 hectáreas de cultivos, con la cual registra un incremento del 5.3 % en la superficie cosechada. Por otra parte, la producción de la fruta fresca medida en toneladas métricas ha tenido un crecimiento del 3.94% (G. Mejía & Torres, 2015).

De acuerdo con el MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca), las principales zonas de cultivo son: Guayas (65.59%), Santo Domingo de los Tsáchilas (14 %), Los Ríos (8.10%), Pichincha (3.42%), Manabí (3.35%) y Esmeraldas (2.33%) (G. Mejía & Torres, 2015). El destino de la fruta lo constituye principalmente los mercados nacionales de Costa, Sierra y Oriente (Moreira & Uguña, 2012).

La FAO (Organización de las Naciones Unida para la Agricultura y la Alimentación), indica que un tercio de los alimentos consumidos por el hombre termina como desperdicio o se pudre.

En el Ecuador el consumo de piña es regularmente, en los hogares o empresas dedicados a comercializar productos a base de piña. El mayor desperdicio de esta fruta se presenta en la cáscara y el tallo que son desechos orgánicos, los cuales no tienen una debida reutilización debido a la falta de conocimiento de las propiedades benéficas que esta presenta. La cáscara pasa directamente a los botaderos de basura causando contaminación ambiental (Mora & Ventura, 2018). En el proceso de pelado de la piña, los residuos de la cáscara representan el 22 % de la fruta (Montenegro & Vicuña, 2008).

Por otro lado, en la actualidad los antioxidantes son sustancias utilizadas por un gran número de industrias dedicadas a la producción de cosméticos, medicamentos y alimentos. La

utilización de productos comerciales en la actualidad afecta al ambiente y principalmente la salud de los seres humanos, por este motivo se tiene como finalidad el uso de los productos naturales los cuales están enfocados en el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos, como es la cáscara de piña y de esta manera disminuir el impacto en el ambiente.

1.3 Pregunta de Investigación

¿Cuál de los dos compuestos presenta mayor capacidad antioxidante, la cáscara de piña (*Ananas comosus*) o el producto comercial?

1.4 Justificación

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de un sustrato oxidable, actuando como donador de electrones (agente reductor). A estas defensas se las denomina antioxidantes (Alomar, 2007). Al adicionar antioxidantes en la elaboración de productos cosméticos actualmente ha alcanzado su auge con la finalidad de aprovechar su capacidad antioxidante para minimizar el efecto del estrés oxidativo y retrasar la muerte celular de la piel (Castaño & Hernández, 2018).

El uso excesivo de antioxidantes comerciales como, por ejemplo: el BHA (butilhidroxianisol) puede causar toxicidad al sistema inmunológico, así como: hígado, pulmones y piel. Además pueden presentar efectos secundarios como reacciones alérgicas, generar crecimiento de tumores e interrumpir en las funciones hormonales (Cartaya, 2001).

Se han implementado medidas de prevención y a pesar de ello, está prohibido y restringido el uso excesivo debido a su alto grado de carcinogenicidad; promoviendo favorablemente el interés por los antioxidantes naturales ya que su capacidad de captar radicales libres se ha evidenciado en los laboratorios e investigaciones científicas (Muñoz & Gutiérrez, 2004).

Además, el reutilizar los residuos de diferentes productos naturales consumidos por el hombre nos presenta grandes beneficios para el ambiente. El impacto ambiental de generar nuevos productos se reduce si las materias primas provienen de la reutilización. Así mismo, la contaminación del agua, el suelo o el aire generado por la extracción de nuevas materias primas

se reduce. Cuanta más diversidad de materiales reutilicemos, cuidaremos mejor el ambiente. Al introducir nuevas formas de obtener antioxidantes naturales que presenten las mismas propiedades que los antioxidantes comerciales, se puede reducir problemas de salud, disminuyendo el uso de productos que pueden ser propensos a enfermedades cancerígenas en los seres humanos.

1.5 Limitaciones

Espacios físicos como los laboratorios ocupados en otras actividades del período académico, reactivos necesarios para la investigación y el tiempo.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Evaluar la capacidad antioxidante de los extractos de la cáscara de piña (*Ananas comosus*), frente a un producto comercial, para uso en la industria cosmética.

1.6.2 Objetivos Específicos

Interpretar de manera cualitativa los extractos de la cáscara de piña (*Ananas comosus*), a través de pruebas físico- químicas para la identificación de los metabolitos presentes.

Determinar la capacidad antioxidante de los extractos presentes en la cáscara de piña (*Ananas comosus*), a través de metodología DPPH-2,2-difenil-1-picril hidrazilo- para uso de los extractos como materia prima dentro de la industria.

Analizar la capacidad antioxidante de los extractos de la cáscara de piña (*Ananas comosus*), frente a un producto comercial, a través de un análisis estadístico para la evaluación del compuesto que presente mayor capacidad antioxidante.

1.7 Hipótesis

Si el extracto de la cáscara de piña presenta mayor capacidad antioxidante que el producto comercial, este podría ser utilizado como un antioxidante natural en la industria cosmética.

CAPÍTULO II

2.1 Marco Referencial

Salas, (2016) determinó el factor de protección solar y la capacidad antioxidante por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), dando como resultado 1,35 para la piña blanca y 1,47 para piña amarilla utilizando extractos liofilizados para su respectivo análisis. Concluyendo así que menor es la actividad antioxidante cuando existe mayor contenido de compuestos fenólicos del extracto liofilizado de *Ananas comosus* (L) Merrill.

Santander et al., (2017) estudiaron la capacidad antioxidante a través del método de 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), carotenoides y el ácido ascórbico, los cuales se analizaron por cromatografía líquida. Para determinar los fenoles totales en la bebida de leche con jugos de frutas se utilizó el método de Folin-Ciocalteu. Como resultado se observó una reducción en fenoles totales, en el de β -caroteno y ácido ascórbico, lo cual se evidenció en la disminución de la capacidad antioxidante de la bebida analizada.

Márquez et al., (2014) determinaron la actividad antioxidante por el método de ABTS (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico, A-1888) de los siete frutos más producidos en Brasil, obteniendo como resultado a la mora (*Morus nigra*), uva (*Vitis vinifera*), açai (*Euterpe oleracea* M.), guayaba (*Psidium guajaba*), piña (*Ananas comosus* L.), graviola (*Annona muricata*) y maracuyá (*Passiflora* sp) un poder antioxidante de 7.1; 9.2; 9.4; 3.4; 4.8; 2.0 y 2.7 μ moles de Equivalentes Trolox/g de fruta fresca, respectivamente.

Kukoski et al., (2009) se aplicó el método de Folin Ciocalteu para determinar el contenido de fenoles totales a las frutas de mayor consumo en Brasil; los resultados fueron expresados en mg de ácido gálico/100 g de fruta fresca, dando como resultado para la guayaba (*Psidium guajaba*), la piña (*Ananas comosus* L.), el cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) y el maracuyá (*Passiflora* sp), contenido de fenoles totales de 83; 21.7; 20.5 y 20 mg, respectivamente.

Rosas, (2011) evaluó los cambios fisicoquímicos y fisiológicos de la piña en cuatro estados de madurez (EM), incluyendo producción de CO_2 , color, jugosidad, sólidos solubles totales

(SST), pH y acidez titulable (AT). Las concentraciones de β -caroteno y compuestos fenólicos, aumentaron con la maduración y el contenido de vitamina C aumentó durante las primeras tres etapas de la maduración. La capacidad antioxidante mostró un incremento con la maduración, hasta inhibir en un 40 % aproximadamente al radical DPPH en el EM4. Los compuestos fenólicos, aportaron más del 40% en todos los estados de madurez, seguidos de la vitamina C (27-38 %) y β -caroteno (7-10 %) y contribuyeron en mayor proporción a la capacidad antioxidante.

Contreras & Tamani, (2016) realizaron análisis microbiológicos, bromatológicos, β -carotenos, retinol y evaluación de antioxidantes en cáscara y pulpa en las dos variedades de piña. Determinaron el contenido de antioxidantes en cáscara y pulpa en las dos variedades Cayena Liza y Lorenza, al extracto obtenido por maceración en etanol con el 1% de ácido fórmico, se realizaron pruebas de la Actividad Antioxidante (AA) y con los datos obtenidos por espectrofotómetro UV-Vis se determinó la presencia de fenoles totales, antocianinas, flavonoides y taninos de la cáscara y pulpa de piña en Cayena Liza y Lorenza. La actividad antioxidante de la pulpa de Cayena Liza se debe a los flavonoides y fenoles totales, mientras que en la Cayena Lorenza se debe a los fenoles totales, por otro lado, en la cáscara se debe a la presencia de fenoles totales en las dos variedades de piña.

2.2 Marco Conceptual

Metabolismo Vegetal: Conjunto de reacciones químicas dentro de las células de los organismos vivos, reacciones que conservan su identidad, se reproducen y transforman energía. La realización simultánea de centenares de reacciones metabólicas, desde el nacimiento y la maduración hasta la muerte es propio de todas las formas de vida, desde las algas unicelulares hasta los mamíferos (Muñoz, 2016).

Metabolitos Primarios: Producidos durante el crecimiento normal del microorganismo, parte del metabolismo. Primarios o esenciales, son imprescindibles para mantener las funciones vitales de los seres vivos, su crecimiento y reproducción. Incluyen: carbohidratos, lípidos, péptidos, vitaminas, ácidos nucleicos entre otros (Gstalter et al., 2015).

Metabolitos Secundarios: Los metabolitos secundarios los encontramos en la naturaleza, descritos como sustancias orgánicas que se encuentran en las plantas, pero cada estructura básica varía acorde con el Phylum (García, 2004). Los cuales no desempeñan una función propia en los procesos de asimilación, transporte y respiración (García et al., 2016).

Su presencia no está influenciada por las funciones vitales de cada individuo, se vinculan a la relación con el medio ambiente y sus exigencias ecológicas. Compuestos no esenciales para el crecimiento (Gstalter et al., 2015).

Antioxidante: Son compuestos que pueden inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas inhibiendo la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres. La división de los antioxidantes se presenta en dos grandes grupos: sintéticos y naturales. Los antioxidantes naturales pueden ser compuestos nitrogenados, carotenoides y compuestos fenólicos. Por otra parte los sintéticos presentan estructuras fenólicas con varios grados de sustitución alquílica (Muñoz & Gutiérrez, 2004).

Flavonoides: Grupo de compuestos poli fenólicos que presentan una estructura benzo- γ -pirano característica, se encuentran distribuidos en el reino vegetal y de forma universal en las plantas vasculares, en forma de glicósidos. Son de vital importancia para el desarrollo y funcionamiento de las plantas. Estos compuestos presentan propiedades relacionadas directamente con la salud humana, y está basado en su capacidad antioxidante (Cartaya, 2001).

Compuestos fenólicos: Estos compuestos constituyen un amplio grupo de sustancias, presentes en las plantas con diferentes estructuras químicas y actividades metabólicas. Se usan en la industria alimentaria como antioxidantes naturales, la preparación y obtención de productos con un alto contenido de estos compuestos da una reducción en la utilización de aditivos (Porras, 2009).

Terpenos: Grupo de componentes vegetales que tienen un origen biosintético, también conocidos como isoprenoides, estos forman parte del grupo de los aceites vegetales, los terpenos

son los encargados de los aromas y sabores específicos de las plantas, existe mayor capacidad de aroma mientras exista mayor cantidad de oxígeno en la molécula (González et al., 2016).

Taninos: Compuestos polifenólicos complejos, son de origen vegetal, sabor astringente, masa molecular elevada y son empleados desde la antigüedad por su propiedad de ser capaces de curtir las pieles. Esto gracias a su capacidad para unirse a macromoléculas como hidratos de carbono y proteínas (Burgos & Rengifo, 2015).

Saponinas: Compuestos presentes en variedades de plantas, su nombre es característico debido a la formación de espuma. Son glucósidos con un aglicona policíclica que ocurre en forma de un esteroide a través de carbono C3 por un enlace etéreo a una cadena lateral de azúcares (Bazile et al., 2014).

Radicales libres: Toda especie química capaz de una existencia independiente, que contenga en su capa electrónica más externa uno o más electrones no apareados, es decir que se encuentren solo en un orbital. La mayoría de los compuestos biológicos no son radicales, siendo denominados no-radicales- (Gutiérrez, 2014).

Extracto: Es una mezcla compleja de consistencia sólida, líquida o intermedia que se puede obtener por procesos físicos, químicos o microbiológicos a partir de una fuente natural que puede ser utilizado en el campo de la tecnología (Carrión et al., 2010).

Extracto alcohólico: Es aquel extracto que se obtiene al macerar la materia prima en alcohol, por lo que se extrae los compuestos solubles en el alcohol (Duarte et al., 2005).

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Origen de la piña

Es de origen guaraní que significa *ananá*, motivo por el cual se deriva su nombre científico, a la llegada de los españoles en época de conquista, la piña fue hallada ya en tiempo de domesticación es decir ya existían cultivos de dicha fruta realizada por los aborígenes en esa época. La piña es una fruta que formó parte primordial en la alimentación de los nativos de

América antes del descubrimiento del continente, por lo que este fruto es oriundo de América de Sur, específicamente en Brasil o Paraguay (Contreras et al., 2016).

2.3.2 Descripción de la piña

Forma parte de la familia de las Bromeliáceas. Los tipos cultivados pertenecen al género Ananas que reagrupa varias especies, entre ellas, *Ananas comosus*, que es la que se explota con fines comerciales (alta demanda comercial) (Rodríguez et al., 2016).

Ananas comosus es de tipo herbáceo y perenne, esta planta presenta raíces que salen de la parte inferior de su tallo muy superficiales normalmente se desarrollan en los primeros 15 centímetros del horizonte del suelo, las hojas son de color verde oscuro, se encuentran en forma de espiral, larga y delgada, las cuales se encuentran insertadas en el tallo que es de corto tamaño. El fruto es carnoso y termina en una agrupación de hojas y es de forma cilíndrica. La parte comestible del fruto es la pulpa, de color amarillo en diferentes tonalidades que varían de acuerdo a la variedad y poseen un aroma agradable, el cual está rodeado de brácteas de tonalidad verde (DANE, 2016).

2.3.3 Taxonomía de la piña

Tabla 1. Taxonomía de *Ananas comosus*. Fuente: (Pac, 2005).

Nombre científico	<i>Ananas comosus</i>
Reino	Vegetal
Clase	Magnoliopsida
Orden	Bromeliales
Familia	Bromeliaceae
Género	<i>Ananas</i>
Especie	<i>A. comosus</i>

2.3.4 Características botánicas

Ananas comosus, planta herbácea y monocotiledónea presenta raíces muy superficiales, tallo cubierto por hojas lanceoladas en forma espiral, la inflorescencia varía de 100 a 200 flores

espiralmente dando origen a un fruto partenocárpico, la cáscara es conformada por brácteas y sépalos de la flor (Contreras et al., 2016).

La piña (*Ananas comosus*) presenta las siguientes características botánicas:

Tabla 2. Características botánicas de *Ananas comosus*. Fuente: (Lucero, 2014).

Planta	Hierba perenne con una altura desde 90 cm hasta 1.5 m.
Tallo	Tallo cubierto por hojas, que al ser removidas se pueden apreciar pequeñas cicatrices (yemas), las cuales pueden formar brotes.
Hojas	Ubicadas a lo largo del tallo en forma de un espiral y presenta espinas en forma uniforme en las hojas.
Pedúnculo	Presenta entrenudos largos, une al fruto con el tallo.
Raíz	Formado por raíces secundarias cortas, debido a que su sistema de propagación es por brotes.
Corona	Se presenta en el momento de la inflorescencia, es la yema terminal de la planta.
Inflorescencia - Fruto	Sobre la propagación del tallo se forma una inflorescencia donde se da el fruto. El fruto es una sorosis y no climatérico.
Flor	Es de forma espiral conformada de 150 a 200 flores alrededor del eje central.

2.3.5 Composición de la piña (*Ananas comosus*)

Fruta rica en vitaminas, minerales y carbohidratos. Su alto contenido de azúcar y principios activos van aumentando de acuerdo con la maduración del fruto. Al completar su nivel total de maduración contiene 11 % de hidratos de carbono. La piña contiene vitamina C, yodo, ácidos orgánicos, cítricos, málicos, bromelina o bromelaína (FEN, 2013).

La piña es una fruta que aporta fibra a la dieta humana, contienen la enzima Bromelina que cumple función de proteína (Contreras et al., 2016). Presenta propiedades nutritivas debido a su

alto contenido en agua, carbohidratos resalta su contenido de potasio, yodo y vitamina C (Contreras et al., 2016).

Tabla 3. Composición nutricional en 100 g de piña. Fuente: (FEN, 2013).

Composición nutricional	Por 100 g de porción comestible
Energía (Kcal)	50
Proteínas (g)	0.5
Hidratos de carbono (g)	11.5
Fibra (g)	1.2
Agua (g)	86.8
Calcio (mg)	12
Hierro (mg)	0.5
Yodo (µg)	30
Magnesio (mg)	14
Zinc (mg)	0.15
Sodio (mg)	2
Potasio (mg)	250
Fósforo (mg)	11
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.02
Equivalentes niacina (mg)	0.3
Vitamina B₆ (mg)	0.09
Folatos (µg)	11
Vitamina C (mg)	20
Vitamina A (µg)	13
Vitamina E (mg)	0.1

2.3.6 Composición de la cáscara de piña (*Ananas comosus*)

Este residuo se conforma por lignina, celulosa y hemicelulosa que son polímeros vegetales, la cáscara representa el 19 % de la fruta fresca (Contreras et al., 2016). Han sido encontrados valores de 70.6 % de fibra dietética y un alto contenido de miricetina que es el principal antioxidante encontrado en este residuo (Ramirez & Pacheco, 2009).

Al realizar el tamizaje fitoquímico de la cáscara de piña se detectó la presencia de los siguientes metabolitos secundarios: carotenos, hidrocarburos, azúcares reductores, triterpenos – esteroides, saponinas, taninos, aminoácidos y flavonoides (Payrol & Miranda, 2000).

2.3.7 Usos de la piña (*Ananas comosus*)

Ananas comosus, es una fuente de yodo, magnesio, calcio, fósforo y vitamina C. Tiene alto contenido de vitamina B1, que favorece a la producción de energía, azufre, hierro y potasio. La vitamina C es un antioxidante soluble en agua que combate los resfriados y gripe. La piña ayuda a contrarrestar la hipertensión, al consumir gran cantidad de calcio y potasio en la dieta diaria. Por otro lado la piña es muy eficiente para el estreñimiento y movimiento de intestino irregular debido a su alto contenido en fibra (Mahecha, 2016).

En el campo de la cosmética, las enzimas de la piña ayuda a mantener la piel más elástica, mejora la hidratación de la piel y elimina las células muertas dando como resultado una tez brillante y clara. La piña posee una enzima denominada bromelina que fortalece el sistema inmune al ser un anticoagulante natural (Mahecha, 2016).

2.3.8 Maceración

Proceso de extracción sólido – líquido, la materia prima posee compuestos solubles en el líquido de extracción que son los que se van a extraer. La maceración se fundamenta en el reposo por varios días -17 a 14 días- a la materia prima juntamente con el solvente a temperatura ambiente con ausencia de luz; de esta manera se extraen los principios activos presentes en la droga vegetal (Metcalf & Eddy, 2004).

Con respecto a la polaridad de una molécula, está relacionada directamente con el hecho de que existen moléculas asimétricas que, por la concentración de electrones en sus átomos constituyentes, hay un alto nivel de posibilidad estadística que exista más en un lado que en otro en un momento dado. Y así (debido a que los electrones tienen carga positiva y negativa), se forma un dipolo conocido como imán químicamente. Por lo tanto las sustancias formadas no son polares, debido a que las moléculas con simetría espacial no lo forman (Núñez, 2008).

La solubilidad corresponde con las siguientes reglas prácticas corresponden a:

- Una sustancia es soluble de acuerdo con su menor o mayor igualdad de funciones químicas en un solvente.
- Una sustancia es menor o más soluble en la medida que son similares sus polaridades en un solvente.
- Una molécula es más soluble mientras más pequeña sea.

2.3.9 Extracto alcohólico

El etanol es uno de los solventes más comunes, se identificó que la estructura de este solvente presenta moléculas pequeñas y que presentan cierta polaridad, a fines a compuestos polares. Es así como las moléculas pequeñas tienen la capacidad de disolver gran cantidad de sustancias de polaridad intermedia (Núñez, 2008)

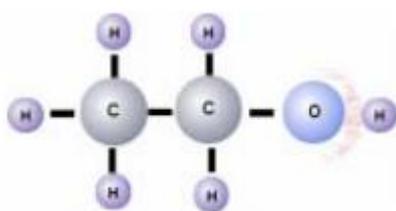


Ilustración 1. Estructura del Etanol. Fuente: (Núñez, 2008).

2.3.10 Screening fitoquímico

El *Sreening* es una etapa inicial en la investigación fitoquímica, tiene como fundamento establecer de manera cualitativa los grupos químicos presentes en una planta, esta etapa está

constituido por obtención del extracto de la materia prima con solventes adecuados, generando reacciones de color y precipitación (Palacios, 2013).

- **Prueba para determinación de presencia de flavonoides.**

Los flavonoides poseen mejor solubilidad en el medio alcohólico, lo cual se caracteriza al dar positivo en la prueba de Shinoda, ocasionando una variación de color de rojo profundo a magenta que depende de la estructura que determina sus grupos fenólicos. La prueba se realiza en un tubo de ensayo con el extracto en dilución, se añade unas gotas de ácido clorhídrico concentrado y un trocito de viruta de magnesio amalgamado (Palacios, 2013).

- **Prueba para determinación de presencia de saponinas**

Denominada como prueba de índice de espuma, la cual consiste en destinar el extracto de la planta en el tubo de ensayo, agregar agua destilada y, por último, agitar fuertemente. Se considera prueba positiva cuando en la superficie del extracto se da la formación de espuma. Este método provoca la presencia de espuma por la acción de la agitación por lo que disminuye la tensión superficial de los líquidos (Mena et al., 2015).

- **Prueba para determinación de presencia de taninos**

Prueba de cloruro férrico, esta prueba se fundamenta en añadir gota a gota dicha solución, dando como resultado positivo cuando se observa la precipitación de la sustancia debido a la unión del grupo fenóxido al hierro y ruptura del enlace (Casanova, 2015).

- **Prueba para determinación de presencia de fenoles**

Se determina al dar positivo en presencia de una solución de cloruro férrico, al observar un cambio de coloración de amarillo - naranja a verde violeta o pardo (Muñoz, 2016).

2.3.11 Actividad Antioxidante

Es la medición analítica en un sistema oxidativo controlado de concentraciones de radicales de diferente origen. La actividad antioxidante de los flavonoides proviene de una combinación de las propiedades capturadoras de radicales libres y quelantes del hierro. En los alimentos de origen

vegetal, se atribuye esta capacidad a la presencia de compuestos fenólicos, especialmente a los flavonoides (Ciappini et al., 2013).

Un antioxidante es una molécula que al estar presente tiene la capacidad de prevenir o retrasar la oxidación de un sustrato. Actualmente son utilizados en la industria para retardar procesos de oxidación y así prevenir efectos secundarios en los productos. Los niveles bajos de los mismos, o la inhibición de las enzimas antioxidantes causan estrés oxidativo y pueden dañar o matar las células (Alomar, 2007).

Se clasifican en:

- Endógenos: son bio-sintetizados por el organismo.
- Exógenos: son bio-sintetizados por la dieta (Palacios, 2013).

Tabla 4. Clasificación de los antioxidantes. Fuente: (Alomar, 2007).

Endógenos	Enzimas: catalasa, glutatión peroxidasa, tioredoxina- reductasas, sulfoci-metionina- reductasas
------------------	--

Exógenos	Vitamina E, vitamina C, betacarotenos, flavonoides, licopenos, ácido úrico, melatonina
-----------------	--

Los antioxidantes presentan una semejanza a un radical libre o varios radicales, estos actúan en distintos procesos de la secuencia oxidativa y de esta forma poseer diferentes mecanismos de acción, unos inhiben la acción de los radicales, otros impiden formación de los radicales y algunos favorecen la reparación (Barbosa et al., 2008).

Tabla 5. Mecanismos de acción de los antioxidantes. Fuente: (Barbosa et al., 2008).

Sistema de prevención	Impide la formación de los radicales libres
Sistema barredor	Inhibe la operación de los radicales libres
Sistema de reparación	Favorece la reparación de estructuras biológicas

2.3.12 Actividad antioxidante en alimentos

En la Tabla 6 se evidencia las fuentes de antioxidantes en distintas variedades de frutos.

Tabla 6. Fuentes de los antioxidantes en alimentos. Fuente:(Contreras et al., 2016).

Antioxidantes	Fuentes	Alimentos
Vitamina E	Fuentes	Girasol, maní, germen de trigo, almendras, aguacate, repollo, apio
Vitamina C	Fuentes	Limón, lima, naranja, mora, guayaba, piña, fresa, papaya, mango
Carotenoides	Fuentes	Frutas amarillas, frutas cítricas, tomate, verduras.
Selenio	Fuentes	Espárragos, champiñones, carnes, pescados, mariscos.
Zinc	Fuentes	Carnes, moluscos, almendras, nuez, lácteos, legumbres.
Hierro	Fuentes	Legumbres, germen de trigo, cereales, almendras
Magnesio	Fuentes	Almendras, nuez, avellanas, cereales y legumbres.
Cobre	Fuentes	Salmón, cerdo, pato, nuez y frutos del mar.

2.3.13 Radicales Libres

Los radicales libres son moléculas pequeñas y difusibles producidos por mecanismos como: la cadena respiratoria mitocondrial, transporte de electrones y reacciones de oxidación. Desde el punto de vista químico son estructuras químicas que presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo generando gran inestabilidad, posee una estructura birradicálica y son muy reactivos (Gutiérrez, 2014).

En la Tabla 7 se presenta la clasificación de los radicales libres del oxígeno.

Tabla 7. Clasificación de los radicales libres de oxígeno. Fuente: (V. Gutiérrez, 2014).

Radicales libres primarios o inorgánicos Originados por transferencia de electrones sobre el átomo de Oxígeno, estos son: anión superóxido, radical hidróxilo y el óxido nítrico.

Radicales libres secundarios y/o orgánicos	Originados por transferencia de un electrón de un radical primario a un átomo de una molécula orgánica, estos son: C, N, O y S.
Intermediarios estables	Sin ser radicales libres son generadores de estas sustancias, estos son: peróxido de hidrógeno, Ác. hipocloroso, peroxinitrito, hidroperóxidos orgánicos.

2.3.14 Compuestos fenólicos

Forman parte de un grupo de sustancias químicas considerados como metabolitos secundarios de las plantas con actividad y estructura química distintos. Son sustancias químicas, tienen un anillo aromático, anillo benceno, con uno o más grupos hidróxidos incluyendo ésteres, metil ésteres, glicósidos (Martínez et al., 2000).

Según Martínez et al. (2000), los polifenoles se pueden agrupar de acuerdo a la estructura química básica descritos a continuación:

- Fenoles, ácidos fenólicos y ácidos fenil acéticos
- Ácidos cinámicos, cumarinas, isocumarinas y cromonoles
- Lignanos y neolignanos
- Flavonoides
- Taninos

En la Tabla 8 se describe la variedad de compuestos fenólicos presentes en frutos.

Tabla 8. Compuestos fenólicos presentes en frutos. Fuente: (Martínez et al., 2000).

Átomos de Carbono	Estructura Básica	Clase	Ejemplo	Fruto
7	$C_6 - C_1$	Ácido hidroxibenzoico	p-hidroxibenzoico	Fresa
9	$C_6 - C_3$	Ácido hidroxicinámico Cumarinas	Cafeico Scopolina	Manzana Cítricos
10	$C_6 - C_4$	Nafloquinonas	Juqlona	Nuez
13	$C_6 - C_1 - C_6$	Xantonas	Mangiferina	Mango
14	$C_6 - C_2 - C_6$	Estilbenos	Resveratrol	Uva
15	$C_6 - C_3 - C_6$	Flavonoides Isoflavonoides Ligninas Taninos	Quercetina Cianidina Daidzeina	Cereza Frijol de soya Frutos con hueso

2.3.15 Ácido Ascórbico o “Vitamina C”

El ácido ascórbico es un nutriente de vital importancia para los humanos, una deficiencia causa una enfermedad denominada escorbuto. Se encuentra presente en variedades de frutas y verduras, estos alimentos tienen gran cantidad de vitaminas antioxidantes, compuestos fenólicos y carotenos (Gutiérrez et al., 2016).

El ácido ascórbico o vitamina C, es uno de los más potentes agentes antioxidantes del organismo, se concentra en ciertos órganos como: hígado, ojo, cerebro, bazo, glándulas suprarrenales y tiroideas. Es un ácido hidrosoluble el cual se sintetiza a partir de la glucosa a través de reacciones catalizadas por enzimas, la L-glulono- γ -lactona oxidasa (GLO) es la enzima involucrada en su síntesis (Serra & Cafaro, 2007).

2.3.16 Estrés Oxidativo

Está vinculado a la acción de un radical libre y a las células, en condiciones normales genera un equilibrio entre mecanismos antioxidantes -endógeno y exógeno- con la producción de radicales libres, el cual permite que la oxidación sea menor y con un daño celular leve. La ausencia de este equilibrio está directamente relacionado con un déficit en el sistema antioxidante (Coronado et al., 2015).

2.3.17 Método DPPH-2,2-difenil-1-picril hidrazilo-

Este método fue propuesto originalmente por Brand-Williams. El DPPH es uno de los pocos radicales orgánicos estable, presenta una fuerte coloración violeta, es comercialmente disponible.

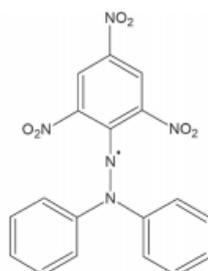


Ilustración 2. Estructura química del radical libre DPPH. Fuente: (Londoño, 2012).

El ensayo se fundamenta en la medición de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH, esta medición puede hacerse espectrofotométricamente siguiendo el decaimiento de la absorbancia a 517 nm.

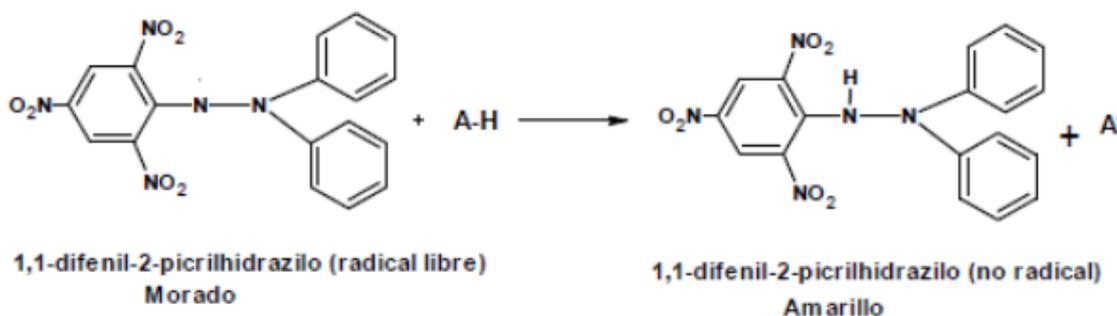


Ilustración 3. Estructura del método DPPH. Fuente: (Bohorquez, 2016).

Se basa en que, el radical posee un electrón desapareado, el cual se presenta de tonalidad azul – violeta, degradándose a color amarillo pálido por la reacción de la presencia de una sustancia antioxidante, a una medida de 517 nm. Se determina el porcentaje de captación de radical libre DPPH a una concentración de 20 mg/L por diferencia de absorbancia (Poma, 2015).

Lo cual corresponde a la cantidad de radical DPPH por el extracto a una determinada concentración, de acuerdo con la siguiente ecuación: (Muñoz & Gutiérrez, 2004).

$$\% \text{ Inhibición} = \% I = \frac{A - A_1}{A} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde:

A = Absorbancia del blanco

A_1 = Absorbancia de la muestra

2.3.18 Uso de antioxidantes en la industria cosmética

La inclusión de antioxidantes en cosméticos es la principal estrategia que es utilizada en la actualidad para prevenir el envejecimiento de la piel. Estos presentan la capacidad de inhibir la síntesis acelerada de las metaloproteinasas, degradadoras de colágeno, y neutralizar los radicales libres. Entre los principales antioxidantes que son más utilizados en la industria cosmética son: retinoides y derivados, vitamina C, vitamina E, carotenoides y polifenoles (Castaño & Hernández, 2018).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Enfoque cuantitativo: Se utiliza la recolección de datos para realizar el análisis estadístico de los resultados.

3.1 Nivel de investigación

Este estudio está dentro del tipo de investigación explicativa, ya que se realizó con base a la evaluación de la capacidad antioxidante de los extractos de la cáscara de piña, y consiste en la caracterización de un hecho con la finalidad de establecer su comportamiento.

3.1.1 Diseño de Investigación

3.1.2 Población y muestra

Para el presente trabajo se tomó en cuenta como población a cinco kilogramos de cáscara de piña, recolectados en el cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago.

Se seleccionó de la población una muestra homogénea donde se eliminará cualquier residuo que puede inferir en la obtención de los resultados.

3.1.3 Variables

Variables según su función:

- **Variable Independiente**

El solvente (extracto)

- **Variable Dependiente**

Capacidad antioxidante de la cáscara

- **Variables Intervinientes**

Temperatura, tiempo de maceración, estado de madurez de la fruta

3.1.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Revisión bibliográfica, para la recolección de datos y resultados de las pruebas se utilizaron fichas de análisis, donde se evidencia las características de cada procedimiento. Los instrumentos utilizados en la investigación son: cámara fotográfica y computadora.

3.1.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Clasificación, tabulación y comparación de datos
- Histogramas, gráfico de barras
- Método estadístico

3.2 Procedimiento

3.2.1 Etapa 1: Recolección de la muestra vegetal

Se toma una muestra de cuatro kilogramos de cáscara de piña *Ananas comosus* del cantón Sucúa, provincia de Morona Santiago.

3.2.1.1 Tratamiento de la materia prima

Se selecciona la cáscara de piña (*Ananas comosus*) de acuerdo con su estado, se coloca sobre una superficie plana para el secado de forma natural durante ocho días a temperatura ambiente, como se observa en la Imagen 1. Al finalizar el proceso de secado se procede a moler la materia prima con un molino eléctrico, con la finalidad de obtener partículas finas.



Imagen 1. Proceso de secado natural. Fuente: (Autor).

3.2.2 Etapa 2: Obtención del extracto alcohólico

Para la obtención del extracto alcohólico se prepara la muestra vegetal con etanol al 96%. Se procede a pesar 100 g de materia prima previamente molida en la balanza analítica y se coloca en el frasco ámbar, agregando 300 mL de etanol al 96 %, relación 3:1 hasta cubrir totalmente la muestra vegetal. Agitar periódicamente el frasco por un período de tiempo de 15 días de maceración, debe permanecer en un lugar totalmente oscuro.

Al culminar el tiempo de maceración se procede a filtrar al vacío con papel filtro sobre el matraz conectado directamente a la bomba de vacío como se observa en la Imagen 2, finalmente se coloca al extracto en el rotavapor a 75 °C para obtener mayor pureza en el producto.



Imagen 2. Filtración al vacío. Fuente: (Autor).

3.2.3 Etapa 3: Caracterización cualitativa

En esta etapa inicial de la investigación fitoquímica del extracto de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se realiza todos los procesos de *screening* fitoquímico para la identificación de los metabolitos presentes.

3.2.3.1 *Screening* fitoquímico

Para la caracterización de manera cualitativa de los metabolitos presentes en el extracto alcohólico se procede a describir su procedimiento y técnicas aplicadas.

Prueba de Saponinas

Índice de espuma, se coloca 1 mL de extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) en un tubo de ensayo y se diluye en 5 mL de agua destilada, agitar vigorosamente durante 30 segundos.

Tabla 9. Caracterización de la prueba de Saponinas. Fuente: (Elaboración del autor).

Características	Resultado
Se forma 2 mm de espuma y es constantes por 2 minutos	Positivo

Prueba de Fenoles

Se coloca 1 mL del extracto de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) en un tubo de ensayo y se agrega 1 mL de cloruro férrico al 1 %.

Tabla 10. Caracterización de la prueba de Fenoles. Fuente: (Elaboración del autor).

Características	Resultado
Presenta una coloración verde, azul violeta o negro	Positivo

Prueba de Taninos

Prueba de Cloruro Férrico, se coloca 1 mL de extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) en un tubo de ensayo, se adiciona 1 mL de cloruro férrico al 5 % y 1 mL de solución salina acuosa. Es considerada una prueba positiva cuando:

Tabla 11. Caracterización de la prueba de Taninos. Fuente: (Elaboración del autor).

Características	Resultado
Presenta una coloración verde – marrón intenso	Taninos pirocatecólicos
Presenta una coloración azul	Taninos pirogalotánicos

Prueba de Flavonoides

Ensayo de Shinoda, se coloca 1 mL de extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) en un tubo de ensayo, se diluye 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y adicionalmente un pedazo de cinta de magnesio (1 cm), esperar 5 minutos.

Tabla 12. Caracterización de la prueba de Flavonoides. Fuente: (Elaboración del autor)

Características	Resultado
Presenta una coloración rojiza, amarilla, naranja.	Positivo

3.2.4 Etapa 4: Medición de la capacidad antioxidante

Se determinó la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) mediante el método DPPH.

3.2.4.1 Preparación del reactivo para la curva de calibración

Se preparó una solución 0.5 mM de DPPH en etanol al 96 %, para lo cual se procedió a pesar 49 mg de reactivo DPPH en la balanza analítica y se aforó a 250 mL como se observa en la Imagen 3, el producto final se lo colocó en un frasco ámbar en un lugar completamente oscuro y envuelto con papel aluminio, hasta el momento del ensayo. La solución de DPPH se realiza con minutos de anticipación previo al análisis, debido a que se tiende a degradar por efectos de la luz y temperatura.



Imagen 3. Solución 0.5 mM DPPH en etanol al 96 %. Fuente: (Autor).

Para preparar la curva de calibración se utilizó como base al ácido ascórbico puro como se observa en la Imagen 4, se prepara una solución de 1000 ppm, se pesó 25 mg de ácido ascórbico en la balanza analítica y se aforó con etanol al 96 % en un balón de 25 mL y se procede a envolver con papel aluminio hasta el momento del ensayo.

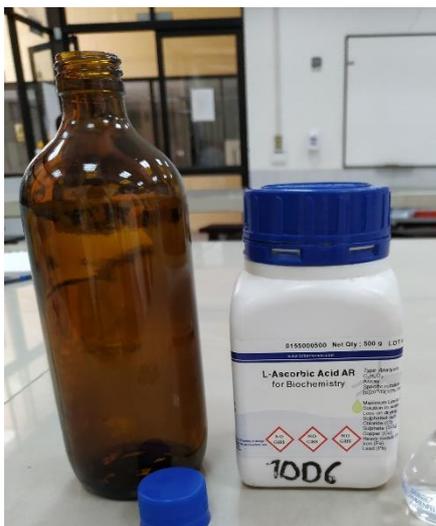


Imagen 4. Ácido ascórbico puro. Fuente: (Autor).

3.2.4.2 Preparación del ácido ascórbico comercial

Para la preparación del ácido ascórbico comercial se utilizó el comprimido masticable de ascorbato de sodio de ácido ascórbico (KIOVIT 500), se pesó 25 mg del comprimido y se aforó con etanol al 96 % en un balón de 25 mL como se observa en la Imagen 5 y finalmente se procede a envolver con papel aluminio hasta el momento del ensayo.



Imagen 5. Preparación del ácido ascórbico sintético. Fuente: (Autor).

3.2.4.3 Preparación de extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*)

Se preparó 1 mL del extracto de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) y se afora con etanol al 96 % en un balón de 10 mL, finalmente se procede a envolver con papel aluminio hasta el momento del ensayo.



Imagen 6. Preparación del extracto alcohólico. Fuente: (Autor).

Se procede a encender el espectrofotómetro UV-VIS (Jasco 630) y se programa a una longitud de onda de 517 nm, finalmente se procede a encerrar el equipo con etanol al 96 % antes de leer las muestras.

3.2.4.4 Preparación de soluciones en distintas fracciones

Se preparó las disoluciones en distintas fracciones a partir de la solución ya preparada en siete frascos ámbar con los datos que indica la Tabla 13, como se observa en la Imagen 7.

Tabla 13. Tabla referencial para la preparación de fracciones. Fuente: (Noriega et al., 2014).

Frascos	Muestra	DPPH (mL)	Etanol 96 %
Blanco	-	2.9 mL	100 μ l
1	1 μ l	2.9 mL	99 μ l
2	5 μ l	2.9 mL	95 μ l
3	10 μ l	2.9 mL	90 μ l
4	20 μ l	2.9 mL	80 μ l
5	50 μ l	2.9 mL	50 μ l
6	80 μ l	2.9 mL	20 μ l
7	100 μ l	2.9 mL	0 μ l



Imagen 7. Preparación de soluciones en distintas fracciones. Fuente: (Autor).

Se procede a envolver los frascos con papel aluminio y se agita a 200 rpm por una hora a temperatura ambiente en el equipo Roto Mix (Type 48200), como se observa en la Imagen 8.



Imagen 8. Agitación a 200 rpm. Fuente: (Autor).

Se mide la absorbancia de los frascos ámbar de forma ascendente, comenzando por el blanco y así sucesivamente hasta el frasco número siete, como se observa en la Imagen 9.

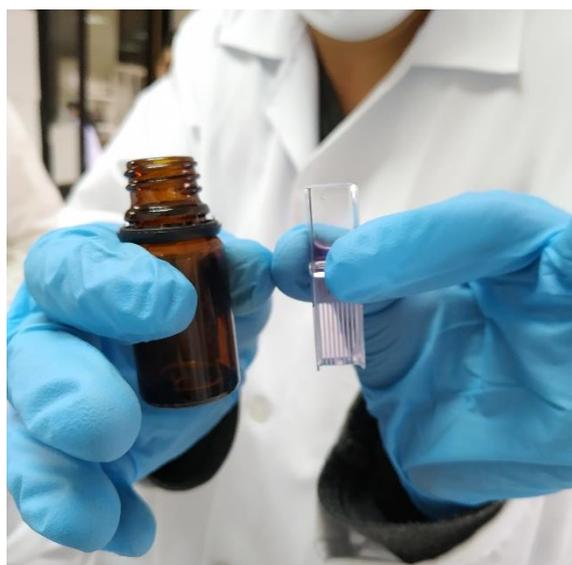


Imagen 9. Medición de la absorbancia. Fuente: (Autor).

En el estudio realizado por Muñoz & Gutiérrez (2004), indican que para determinar el porcentaje de inhibición se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Inhibición} = \% I = \frac{A - A_1}{A} \cdot 100 \quad (2)$$

Donde:

A = Absorbancia del blanco

A_1 = Absorbancia de la muestra

La capacidad antioxidante se interpreta como una concentración, IC_{50} , en $\mu\text{l/mL}$, que se necesita para el 50 % de inhibición de la formación del radical DPPH (Noriega et al., 2014).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Etapa 1: Recolección de muestra vegetal

4.1.2 Tratamiento de la materia prima

De 4 kg de cáscara de piña (*Ananas comosus*) fresca, se obtuvo 500 g de materia prima molida con el uso del molino eléctrico, de los cuales se utilizó 100 g para la elaboración del extracto alcohólico.

Tabla 14. Datos de la materia prima. Fuente: (Elaboración del Autor).

Especie Vegetal	Peso Inicial	Peso Final
<i>Ananas comosus</i>	4 kg	500 g

4.2 Etapa 2: Obtención del extracto alcohólico

De 500 g de cáscara de piña (*Ananas comosus*) molida, se utilizó 100 g para la maceración del extracto con etanol al 96 % en relación 3:1, después del proceso de filtración al vacío y colocación en el rotavapor se obtuvo un volumen final del 25 mL de color amarillento y ausencia de viscosidad.

Tabla 15. Datos de la elaboración del extracto alcohólico. Fuente: (Elaboración del Autor).

Especie Vegetal	Peso Inicial	Peso de Uso	Coloración	Volumen final
<i>Ananas comosus</i>	500 g	100 g	Amarillenta	25 mL

4.3 Etapa 3: Caracterización cualitativa

En esta etapa se realiza todos los procesos de *screening* fitoquímico para la identificación de los metabolitos presentes en el extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*), posteriormente se observan los resultados.

Prueba de Saponinas

La presencia de saponinas en el extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se determinó mediante el método índice de espuma, el extracto al ser diluido en 5 mL de agua destilada y al finalizar el proceso de agitación, se observó la presencia de espuma con más de 2 mm de altura por un tiempo constante y extenso, considerada la prueba como positiva (Bergesse et al., 2019).

Tabla 16. Resultados de la prueba de Saponinas. Fuente: (Elaboración del Autor).

Metabolito Secundario	Extracto Alcohólico
Saponinas	+

Presencia del metabolito secundario (+) Ausencia del metabolito secundario (-)

Prueba de Fenoles

La prueba de fenoles se determinó al reaccionar con cloruro férrico al 1 %, la misma que se considera como positiva ya que se observa el cambio de coloración a verde, este resultado concuerda con el estudio realizado por los autores Contreras et al., (2016), que evidencia la presencia de fenoles.

Tabla 17. Resultados de la prueba de Fenoles. Fuente: (Elaboración del Autor).

Metabolito Secundario	Extracto Alcohólico
Fenoles	+

Presencia del metabolito secundario (+) Ausencia del metabolito secundario (-)

Prueba de Taninos

El extracto de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) dió como resultado negativo a la presencia de taninos, debido a que no se evidenció un cambio notorio en la coloración en la precipitación del extracto, no existe la ruptura del enlace y la unión del grupo fenóxido al hierro como lo menciona el autor en su investigación (Casanova, 2015).

Tabla 18. Resultados de la prueba de Taninos. Fuente: (Elaboración del Autor).

Metabolito Secundario	Extracto Alcohólico
Taninos	-
Presencia de metabolito secundario (+) Ausencia de metabolito secundario (-)	

Prueba de Flavonoides

La ausencia de flavonoides en el extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se evidenció mediante la prueba de Shinoda debido a la ausencia de variación de color de rojo profundo a magenta cuando se diluye el extracto con unas gotas de ácido clorhídrico concentrado y un trocito de viruta de magnesio amalgado (Palacios, 2013), dando como resultado una coloración verdosa consecuentemente el resultado es negativo.

Tabla 19. Resultados de la prueba de Flavonoides. Fuente: (Elaboración del Autor).

Metabolito Secundario	Extracto Alcohólico
Flavonoides	-
Presencia de metabolito secundario (+) Ausencia de metabolito secundario (-)	

En la Tabla 20 se describe el resumen del *screening fitoquímico* del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*).

Tabla 20. Resumen del *screening fitoquímico*. Fuente: (Elaboración del Autor).

Metabolito Secundario	Resultado	Interpretación
Saponinas	Positivo	En extracto alcohólico de cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>): espuma de 2 mm de altura.
Fenoles	Positivo	En extracto alcohólico de cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>): coloración verde.
Taninos	Negativo	En extracto alcohólico de cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>): ausencia de cambio de color.
Flavonoides	Negativo	En extracto alcohólico de cáscara de piña (<i>Ananas comosus</i>): coloración verdosa.

4.4 Etapa 4: Medición de la capacidad antioxidante

Para la evaluación de la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se utilizó como patrón de referencia el ácido ascórbico puro. Para la comparación del extracto se analizó con el comprimido de ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500), para cada uno de los productos a analizar se obtuvo un triplicado de datos, es decir se realizó tres veces el procedimiento para obtener exactitud en los datos, en las Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23 se observa los resultados.

4.4.1 Determinación de la capacidad antioxidante del ácido ascórbico puro

Para determinar la capacidad antioxidante a través de la metodología DPPH, se tomó como patrón de referencia el ácido ascórbico puro, en la Tabla 21 se observa que se obtienen como resultado un porcentaje de inhibición de 70.2123 % en la concentración de 100 ppm.

Tabla 21. Resultado del porcentaje de inhibición del ácido ascórbico puro. Fuente: (Elaboración del Autor).

μl Extracto	Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbancia a 517 nm			Promedio	% Inhibición
Blanco		3.3650	3.3651	3.3650	3.3650	
1	0.33	3.3663	3.3634	3.3621	3.3639	0.0327
5	1.66	3.2323	3.2336	3.2459	3.2373	3.7969
10	3.33	3.1435	3.1436	3.1436	3.1436	6.5814
20	6.66	2.9989	2.9980	2.9900	2.9956	10.9776
50	16.66	2.1766	2.1766	2.1768	2.1774	35.2924
80	26.66	1.2229	1.2242	1.1238	1.1903	64.6274
100	33.33	1.0021	1.0023	1.0027	1.0024	70.2123
					IC₅₀ ($\mu\text{l/mL}$)	21.74

En la evaluación del ácido ascórbico puro se obtiene un IC₅₀ de 21.74 que se expresa en microgramos sobre mililitro como se evidencia en la Tabla 21, según la investigación realizada

por Mejía & Torres (2019), estudio denominado como: “ Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos alcohólico y acuoso de romero (*Rosmarinus officinalis*) frente a un compuesto comercial” tienen como resultado un valor del IC₅₀ de 20.7889 µl/mL, esto evidencia que los valores tienen alto grado de similitud y están en el rango de normalidad con los valores obtenidos en el presente trabajo investigativo. En el Gráfico 1 se observa el porcentaje de inhibición, concentración y la ecuación de la recta del ácido ascórbico puro.

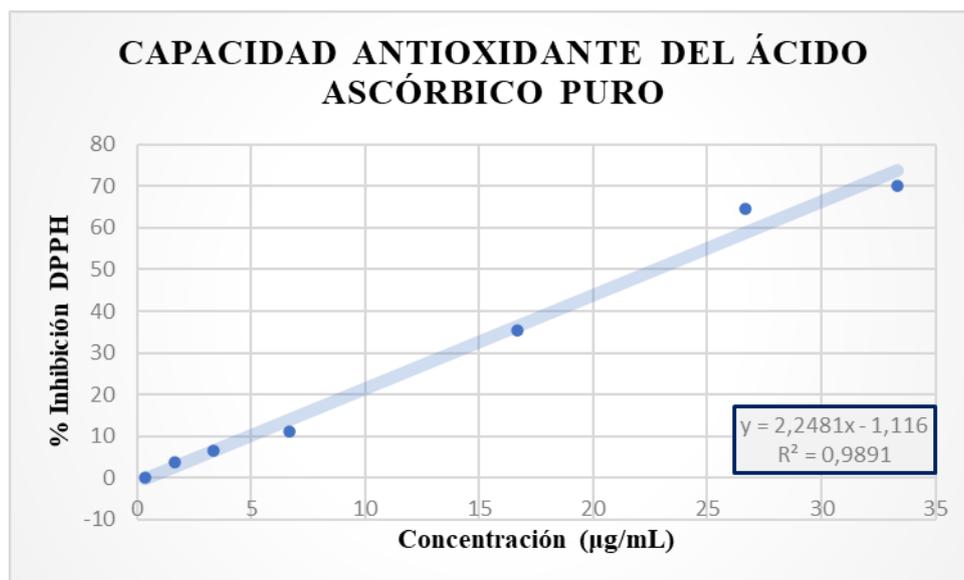


Gráfico 1. Porcentaje de inhibición y concentración del ácido ascórbico puro. Fuente: (Elaboración del Autor).

4.4.2 Determinación de la capacidad antioxidante del ácido ascórbico comercial

El presente trabajo investigativo tiene como fundamento analizar el extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) frente a un compuesto comercial, en este punto se utilizó el ácido ascórbico comercial denominada KIOVIT 500, en la Tabla 22 se observa como resultado final un porcentaje de inhibición de 15.5808 % en la concentración de 100 ppm.

Tabla 22. Resultado del porcentaje de inhibición de la vitamina C (KIOVIT 500). Fuente: (Elaboración del Autor).

µl	Concentración	Absorbancia a 517 nm			Promedio	%
Extracto	(µg/mL)					Inhibición
Blanco		3.6898	3.6899	3.6898	3.6898	
1	0.33	3.6624	3.6903	3.6905	3.6811	0.2367
5	1.66	3.6522	3.6526	3.6525	3.6524	1.0127
10	3.33	3.4522	3.6526	3.6525	3.5858	2.8195
20	6.66	3.5615	3.5611	3.5612	3.5613	3.4835
50	16.66	3.4825	3.4345	3.4626	3.4599	6.2316
80	26.66	3.2400	3.2467	3.2458	3.2442	12.0774
100	33.33	3.1122	3.1167	3.1158	3.1149	15.5808
					IC₅₀	113.03
					(µl/mL)	

En la evaluación de la capacidad antioxidante del KIOVIT 500 se obtiene como valor un IC₅₀ de 113.03 µl/mL tal como se observa en la Tabla 22, esto quiere decir que el ácido ascórbico comercial analizado presenta un valor mínimo de capacidad antioxidante, debido a que a menor IC₅₀, existe mayor capacidad antioxidante. En el Gráfico 2 se observa el porcentaje de inhibición del ácido ascórbico comercial analizado.

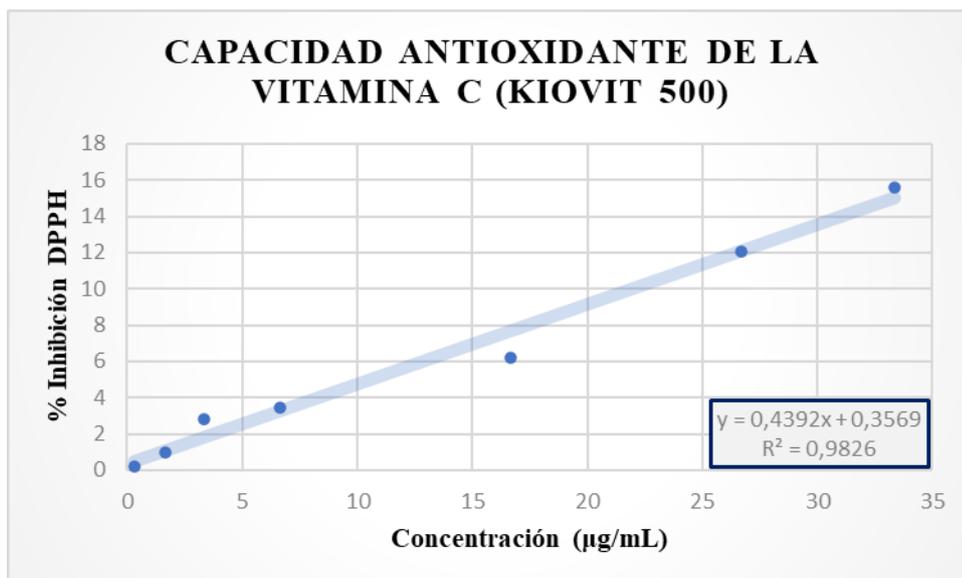


Gráfico 2. Porcentaje de inhibición y concentración de la Vitamina C (KIOVIT 500). Fuente: (Elaboración del Autor).

4.4.3 Determinación de la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*)

Para determinar la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se analizó por el método de DPPH, se determinó que la mayor concentración de porcentaje de inhibición del extracto es de 46.8510 % tomando en cuenta el blanco de 3.5290, como se observa en la Tabla 23.

Tabla 23. Resultado del porcentaje de inhibición del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*).
Fuente:(Elaboración del Autor).

MI	Concentración	Absorbancia a 517 nm			Promedio	%
Extracto	($\mu\text{g/mL}$)					Inhibición
Blanco		3.5280	3.5299	3.5290	3.5290	
1	0.33	3.4903	3.4900	3.4902	3.4902	1.0995
5	1.66	3.4835	3.4824	3.4830	3.4830	1.3035
10	3.33	3.2306	3.2301	3.2304	3.2304	8.4614
20	6.66	3.0690	3.0688	3.0689	3.0689	13.0365
50	16.66	2.6835	2.6832	2.6834	2.6834	23.9618
80	26.66	2.2405	2.2456	2.2431	2.2431	36.4386
100	33.33	1.8723	1.8789	1.8756	1.8756	46.8510
					IC₅₀	35.96
					($\mu\text{l/mL}$)	

Al evaluar el extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se obtiene un valor de IC₅₀ de 35.96 $\mu\text{l/mL}$ tal como se evidencia en la Tabla 23, es decir el presente extracto alcohólico posee un alto valor de capacidad antioxidante debido a que menor valor de IC₅₀, mayor capacidad antioxidante presenta. Según el estudio realizado por los autores Contreras et al. (2016), evidencia mayor capacidad existente en la cáscara de *Ananas comosus* de Cayena Liza. Es decir, estas dos variedades de *Ananas comosus* evidencia un alto grado de capacidad antioxidante. En el Gráfico 3 se observa el porcentaje de inhibición, concentración y ecuación de la recta del extracto alcohólico de la cáscara de piña.

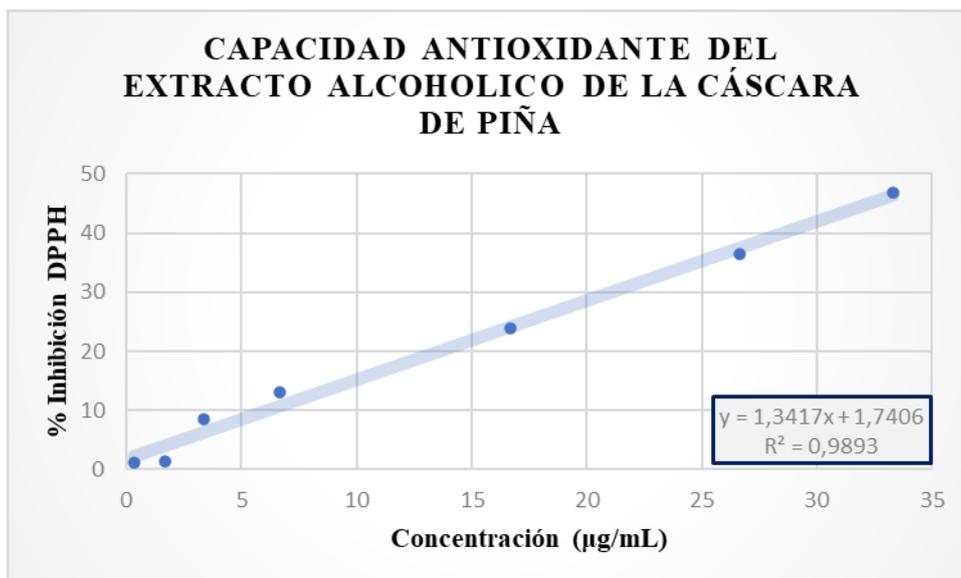


Gráfico 3. Porcentaje de inhibición y concentración del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*). Fuente: (Elaboración del Autor).

4.4.4 Resumen de los valores IC₅₀ obtenidos del ácido ascórbico puro, ácido ascórbico comercial y extracto alcohólico de cáscara de piña (*Ananas comosus*)

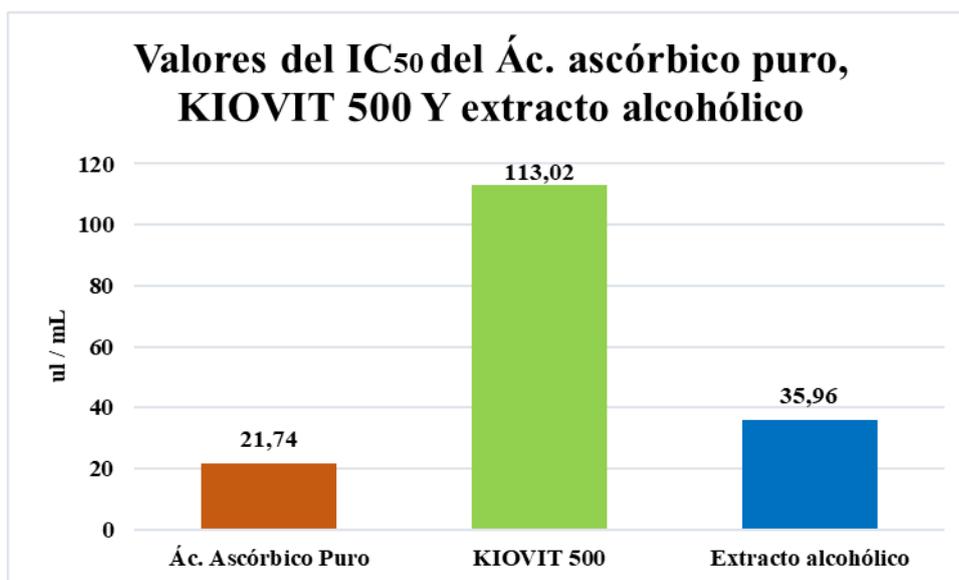


Gráfico 4. Resumen de los valores del IC₅₀. Fuente: (Elaboración del Autor).

Como se observa en el Gráfico 4, el valor del IC₅₀ del ácido ascórbico puro es de 21.74 µL/mL, el valor del ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500) es de 113.03 µL/mL, finalmente el valor del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) es de 35.96 µL/mL. Estos valores dan como resultado la evidencia que el extracto alcohólico presenta mayor capacidad antioxidante que el ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500).

4.5 Etapa 5: Análisis estadístico

Para cumplir con el fundamento del tercer objetivo del presente trabajo investigativo, se aplica un análisis estadístico para la evaluación del compuesto que presente mayor capacidad antioxidante, se utilizó el método de “Análisis de dos muestras” por medio del programa de Microsoft 365 “Excel” 2018.

4.5.1 Comparación de la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) frente al ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500)

4.5.1.1 Análisis de datos

En la Tabla 24 se encuentra establecido los valores específicos de la muestra de KIOVIT 500 y del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) del porcentaje de inhibición. En el caso N.º 7 se obtiene un valor de 15.5808 % de la muestra de KIOVIT 500, mientras que el caso N.º 14 se obtiene un valor de 46.8510 %, estos resultados evidencian que la muestra de extracto alcohólico presenta mayor actividad antioxidante que el ácido ascórbico comercial, por este motivo dicho extracto puede ser utilizado como un antioxidante natural en la industria cosmética.

Tabla 24. Comparación de datos. Fuente: (Elaboración del Autor).

Caso	Muestra	% Inhibición
1	KIOVIT 500	0.2367
2	KIOVIT 500	1.0127
3	KIOVIT 500	2.8195
4	KIOVIT 500	3.4835
5	KIOVIT 500	6.2316
6	KIOVIT 500	12.0774
7	KIOVIT 500	15.5808
8	Extracto alcohólico	1.0995
9	Extracto alcohólico	1.3035
10	Extracto alcohólico	8.4614
11	Extracto alcohólico	13.0365
12	Extracto alcohólico	23.9618
13	Extracto alcohólico	36.4386
14	Extracto alcohólico	46.8510

En el Gráfico 5 se observa la comparación de los porcentajes de inhibición del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) frente a KIOVIT 500.

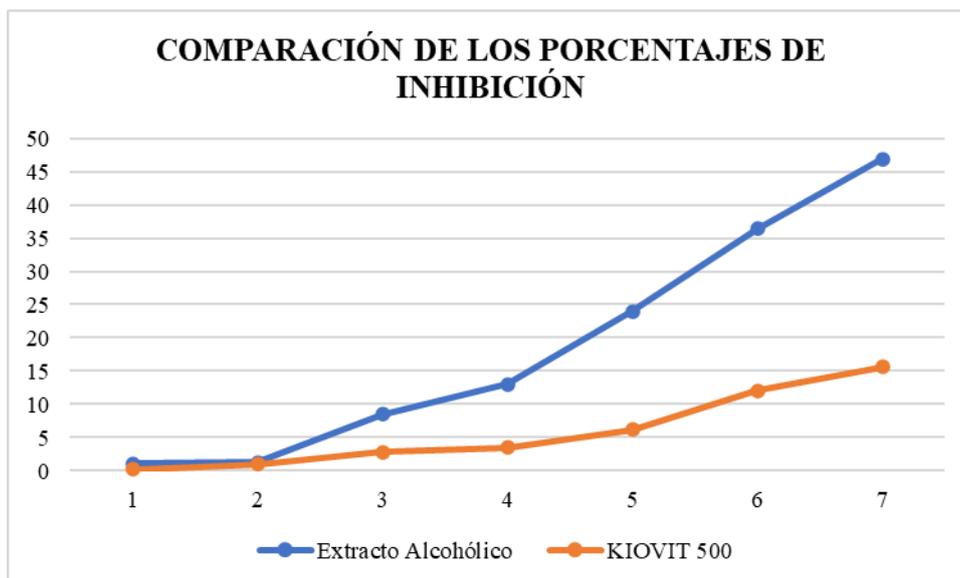


Gráfico 5. Comparación de los % de inhibición de las muestras. Fuente: (Elaboración del Autor).

4.5.2 Planteamiento de las Hipótesis

En la Tabla 25 se observa el planteamiento de la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.

Tabla 25. Planteamiento de la hipótesis. Fuente: (Elaboración del Autor).

HIPÓTESIS

Hipótesis Nula (H_0)	El extracto de la cáscara de piña no presenta mayor capacidad antioxidante que el producto comercial
Hipótesis alternativa (H_1)	El extracto de la cáscara de piña presenta mayor capacidad antioxidante que el producto comercial

4.5.3 Método estadístico “Análisis de dos muestras”

En la Tabla 26 se observa el análisis realizado en el programa de Microsoft 365 “Excel” 2018 obteniendo los siguientes datos.

Tabla 26. Análisis de Varianza. Fuente: (Microsoft 365 "Excel" 2018).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor p</i>
Regresión	1	162.2560511	162.2560511	194.9363705	0.000152636
Residuos	4	3.329415658	0.832353914		
Total	5	165.5854667			

4.5.3.1 Interpretación de los resultados

Al finalizar el análisis estadístico, se puede observar que el valor de p es de 0.0001 es decir que el valor obtenido es menor que el valor de significancia de 0.05 por tal motivo se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula. Concluyendo que el extracto de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) presenta mayor capacidad antioxidante que el ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500), dicho extracto puede ser utilizado como un antioxidante natural en la industria cosmética.

En la Tabla 27 se observa el Gráfico 6 y el Gráfico 7, donde se evidencia los resultados obtenidos por medio del método estadístico de “Análisis de dos muestras”.

Tabla 27. Comparación e interpretación de resultados. Fuente: (Elaboración del Autor).

Ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500)

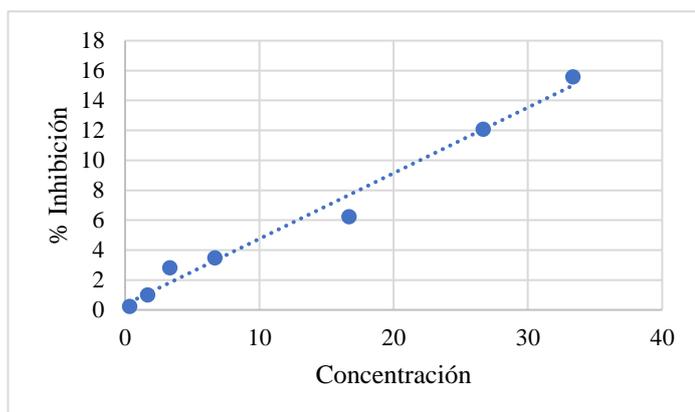


Gráfico 6. Porcentaje de inhibición y concentración. Fuente: (Elaboración del Autor).

Extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*)

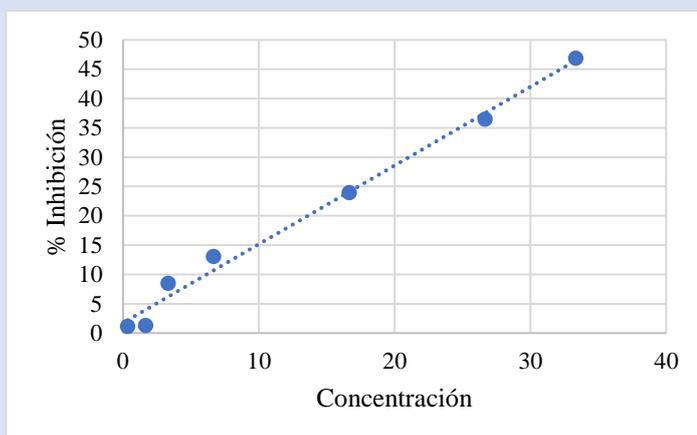


Gráfico 7. Porcentaje de inhibición y concentración. Fuente: (Elaboración del Autor).

El valor de p es de 0.0001, por lo que es menor al nivel de significancia de 0.05, por tal motivo se acepta la (H_1) y se rechaza la (H_0)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el procedimiento práctico, experimental y teórico para alcanzar los objetivos planteados y análisis de resultados, se obtienen las siguientes conclusiones:

Al analizar el extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) se determinó la presencia de dos metabolitos fundamentales; saponinas y fenoles, los cuales son primordiales para determinar la capacidad antioxidante.

Al evaluar la capacidad antioxidante del extracto se determinó por el método DPPH, obteniendo un valor del IC_{50} de 35.96 $\mu\text{L}/\text{mL}$, evidenciando así mayor capacidad antioxidante que el producto comercial KIOVIT 500 que fué de 113.03 $\mu\text{L}/\text{mL}$.

El método estadístico aplicado demostró y confirmó el análisis experimental, ya que se aceptó la hipótesis alternativa, es decir, el extracto de la cáscara de piña presentó mayor capacidad antioxidante que el producto comercial.

Por medio del presente trabajo investigativo se analizó y comprobó que el extracto de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) presentó mayor capacidad antioxidante que el ácido ascórbico comercial (KIOVIT 500), siendo así una opción como antioxidante natural en la industria cosmética.

RECOMENDACIONES

Es de vital importancia cumplir y acatar todas las normas de bioseguridad fomentadas por el laboratorio y se recomienda trabajar con total asepsia para evitar desechos y contaminación en el área de trabajo.

Durante la parte experimental se recomienda total exactitud con las cantidades a medir o pesar, para evitar variedad o alteración en los resultados.

Para la evaluación de la capacidad antioxidantes por el método de DPPH, la solución se debe preparar en un cuarto oscuro en la cual exista ausencia de luz para evitar la degradación de los reactivos, por lo que se recomienda envolver con papel aluminio de principio a fin.

Incentivar el uso, análisis y aprovechamiento de los desechos orgánicos ya que en nuestro país estos residuos tienen valor bajo o nulo y pueden constituir un problema ambiental debido a su acumulación.

Se recomienda la evaluación de la capacidad antioxidante del extracto acuoso de la cáscara de piña mediante del método DPPH-2,2-difenil-1-picril hidrazilo.

Se recomienda la evaluación de la capacidad antioxidante del extracto alcohólico de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) mediante otros métodos como ABTS.

BIBLIOGRAFÍA

- Alomar, M. (2007). *Antioxidante: captadores de radicales libres ó sinónimo de salud?*
<https://www.soarme.com/archivos/1324143195.pdf>
- Alvarado, C. V., & Sánchez, C. S. (2010). *Universidad Estatal de Milagro*. 1–166.
<https://doi.org/10.1242/dev.066993>
- Barbosa, K., Bressan, J., Zulet, M., & Martínez, J. (2008). Influence of dietary intake on plasma biomarkers of oxidative stress in humans. In *Anales del Sistema Sanitario de Navarra* (Vol. 31, Issue 3, pp. 259–280). An Sist Sanit Navar. <https://doi.org/10.4321/s1137-66272008000500006>
- Bazile, D., Troisi, J., Fiore, R., Pulvento, C., D'Andria, R., Vega-Galvez, A., Miranda, M., Martínez, E., & Lavini, A. (2014). “Estado del arte de la quinua en el mundo del 2013.” *Estado Del Arte de La Quinua En El Mundo En 2013, October*, pp.317-330.
<https://doi.org/10.13140/2.1.1568.5129>
- Benavente, M. (2012). *Actividad Antioxidante De Extractos Obtenidos a Partir De La Cáscara De Limón De Pica Citrus Aurantifolia (Cristhm.) Swingle*. 119.
https://www.researchgate.net/publication/305440769_Evaluacion_de_la_actividad_antioxi-dante_de_extractos_obtenidos_a_partir_de_la_cascara_de_naranja_valencia_Citrus_sinen-sis_L
- Bergesse, A. E., Miranda-Villa, P., Mufari, J. R., Albrecht, C., & Cervilla, N. S. (2019). Evaluation of wet de-bittering conditions of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*, 39(1), 107–114. <https://doi.org/10.12873/391bergesse>
- Bohorquez, R. (2016). DETERMINACION DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE HOJAS DE *Diplostphium phylicoides* (Kunth) Wedd. *Facultad de Ciencia Tecnología*, 2002(1), 35–40. <https://doi.org/10.1109/ciced.2018.8592188>
- Burgos, W., & Rengifo, R. (2015). *CUANTIFICACION DE TANINOS EN LA HOJA DE Psidium*

guajava L. GUAYABA, PROCEDENTE DEL JARDIN BOTANICO "ROSA ELENA DE LOS RIOS MARTINEZ" DE LA FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUIMICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.

Carrión, A., García, C., & Wilches, I. (2010). "Preparación De Extractos Vegetales: Determinación De Eficiencia De Metódica. *Universidad De Cuenca, Tesis previa a la obtención del título de Bioquímica y Farmecéutica*, 27–31. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2483/1/tq1005.pdf>

Cartaya, O. (2001). *How can Societies be Defended against Hybrid Threats ? by Aapo Cederberg and Pasi Eronen How can Societies be Defended against.* 9. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215009001>

Casanova, E. V. (2015). Cuantificación de flavonoides totales y taninos presentes en el extracto acuoso de hojas de *Thea sinensis L.* y su capacidad antioxidante. *Ucv-Scientia*, 4(2), 161–174.

Castaño, C., & Hernández, J. (2018). Activos antioxidantes en la formulación de productos cosméticos antienvjecimiento. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 59(2), 77–84. <https://doi.org/10.30827/ars.v59i2.7218>

Ciappini, M. C., Stoppani, F. S., Martinet, R., & Alvarez, M. B. (2013). *Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos y favonoides en mieles de tréboles, eucalipto y alfalfa* *Antioxidant activity and content of phenolic and flavonoids compounds in clovers, eucalyptus and lúcame honeys.* <https://doi.org/10.1533/9780857097736.2.263>

Contreras, J., Tamani, L., & Días, S. (2016). "EVALUACION DE LA COMPOSICION BROMATOLOGICA Y SU CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA *Ananas comosus (PIÑA)* EN LAS VARIETADES DE CAYENA LIZA Y LORENZA." 143.

Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutricion*, 42(2), 206–212.

<https://doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>

DANE. (2016). *PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE LA PIÑA (Ananas comosus L.)*.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuaria/sipsa/Bol_Insumos_dic_2016.pdf

Duarte, M., Figueira, G., Sartoratto, A., Rehder, V., & Delarmelina, C. (2005). *Aceite esencial y extracto alcohólico*. <https://aromatraining.com/aceite-esencial-y-extracto-alcoholico-tienen-las-mismas-propiedades/>

FEN. (2013). *Piña (Ananas Comosus)*. <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/pina.pdf>

García, Aguilar, A., Gutiérrez, M., Rodríguez, F., Morales, J. A., Guerrero, P. J., Madrigal, J. A., & Del-toro-sánchez, C. (2016). Y DETERMINACIÓN DE LA CITOTOXICIDAD DE EXTRACTOS DE TEMPISQUE (*Sideroxylum capiri PITTIER*). *Biotecnia*, XVIII(3), 3–8.

García, D. (2004). Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. *Pastos y Forrajes*, 27(1), 1–12.

González, CIATEJ, García, E., García, J., Torres, L., Gastélum, E., Sánchez, M., Pacheco, N., Ayora, T., González, A., Castillo, A., Espinosa, H., Quiñones, E., Enríquez, E., & Urias, J. (2016). *LOS COMPUESTOS BIOACTIVOS Y TECNOLOGÍAS DE EXTRACCIÓN*. https://www.researchgate.net/publication/328262044_2016_Gonzalez_et_al_terpenos

Gstalter, M., Börzsönyi, A., & Osvay, K. (2015). *Comparison of Linear Methods for Angular Dispersion Measurement*. 263(2002), 7475.

Gutiérrez, T., Hoyos, O., & Páez, M. (2016). DETERMINACION DEL CONTENIDO DE ACIDO ASCORBICO EN UCHUVA (*Physalis peruviana L.*), POR CROMATOGRAFIA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCION (CLAR). *Vietnam's Ethnic and Religious Minorities*: <https://doi.org/10.3726/978-3-653-05334-0>

Gutiérrez, V. (2014). DAÑO OXIDATIVO, RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES. In

- Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition* (Vol. 31, Issue 2).
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00046-X>
- Kukoski, M., Asuero, A., & Troncoso, A. (2009). APLICACION DE DIVERSOS METODOS QUIMICOS PARA DETERMINAR ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN PULPA DE FRUTOS. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 23(3), 181–183.
<https://doi.org/10.1007/s10877-009-9165-0>
- Londoño, J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. *Grupo de Investigacion En Ing. Alimentaria-GRIAL*, 129–162.
- Lucero, A. (2014). *Periodos fenológicos del cultivo de piña cv. md2 con nutrición mineral Zona Machala*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/1032>
- Mahecha, R. (2016). “Aprovechamiento de la cáscara de piña (*Ananas comosus*) para el desarrollo de una bebida endulzada con stevia.” 88.
- Márquez, C., Otero, C., Rojano, B., & Osorio, J. (2014). ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DEL TOMATE DE ÁRBOL (*Cyphomandra betacea* S.) EN POSCOSECHA. 19(2).
- Martínez, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 50(1), 5–18.
- Mejía, G., & Torres, C. (2015). Proyecto De Factibilidad Para La Creación De Una Empresa De Acopio Y Exportación De Piña Cayena Lisa Hacia El Mercado Chileno, Ubicada En El Canton Mira En La Provincia Del Carchi". *Trabajo de Titulación*.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8805/1/UPS-QT06550.pdf>
- Mejía, P., & Torres, S. (2019). *Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos alcohólico y acuoso de romero (Rosmarinus officinalis), frente a un compuesto sintético*.
- Mena, L., Tamargo, B., Salas, E., Plaza, L., Blanco, Y., Otero, A., & Sierra, G. (2015). *Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de*

Sapindus saponaria L. (jaboncillo).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000100010

Metcalf, & Eddy. (2004). *1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 1.1 Métodos de Extracción. 1.1.1.*

<https://studylib.es/doc/4635827/1.-revisión-bibliográfica-1.1-métodos-de-extracción.-1.1.1>

Montenegro, A., & Vicuña, J. (2008). “ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE MERMELADAS DE TOMATE DE ÁRBOL, MANGO Y PIÑA.” 1–122.

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8805/1/UPS-QT06550.pdf>

Mora, L., & Ventura, C. (2018). Propuesta para la elaboración de una harina a base de cáscara de piña (*Ananas comosus*) y su aplicación en la pastelería. *Ingeniería Química*, 10(2), 1–15.

Moreira, R., & Uguña, F. (2012). DIAGNÓSTICO BASE DE CULTIVO DE PIÑA EN ECUADOR CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE PIÑAS "CRIOLLA O MILAGREÑA" *Biotemas*, 25(4). <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n4p121>

Muñoz, F. (2016). IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES Y TANINOS NATURALES. *IOSR Journal of Economics and Finance*, 3(1), 56. <https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>

Muñoz, & Gutiérrez. (2004). Plasma Lipoproteins in Hyperlipaemic States in Man and in the Rabbit. *Australasian Annals of Medicine*, 14(2), 102–110. <https://doi.org/10.1111/imj.1965.14.2.102>

Muñoz, W. (2016). Texto básico para profesional en Ingeniería forestal en el área de Fisiología Vegetal. In *Textos*. <https://www.unapiquitos.edu.pe/pregrado/facultades/forestales/descargas/publicaciones/FISIO-TEX.pdf>

Noriega, P., Aldana, C., & Guayasamín, L. (2014). *Evaluación de la Capacidad Antioxidante de los extractos (alcohólico y acuoso) de las hojas de ficus citrifolia y caracterización química de los polifenoles.*

- Núñez, C. E. (2008). Comentarios Sobre Solventes Y Solubilidades De Sustancias Orgánicas. *Notas*. <http://www.cenunez.com.ar/archivos/51-Comentariossobresolventesysolubilidades.pdf>
- Pac, P. (2005). *EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO DE PIÑA (Annanas comosus L. Merr.) con el híbrido MD" en finca La Plata, Coatepeque, Quetzaltenango. L, 61.*
- Palacios, M. (2013). *Texto Digital de Farmacognosia y fitoquímica*. https://issuu.com/leono/docs/farmacognosia_y_fitoqu__mica_tf
- Payrol, J., & Miranda, M. (2000). *Estudio farmacognóstico de bromelia pinguin l. (Piña de Ratón)*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152000000300005
- Pinto, M. (2012). *EL CULTIVO DE LA PIÑA Y EL CLIMA EN EL ECUADOR*. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El cultivo de la piña y el clima en el Ecuador.pdf>
- Poma, E. (2015). *Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioídante*. <http://www.scielo.org.pe/pdf/hm/v15n1/a08v15n1.pdf>
- Porras, A. P. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 3(1), 13. <https://doi.org/10.1145/300520.300522>
- Ramirez, A., & Pacheco, E. (2009). Dietética Obtenidas De Piña , Guayaba Y Guanábana. *Interciencia*, 34, 293–298. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911575012>
- Rodríguez, R., Becquer, R., Pino, Y., López, D., Rodríguez, R., Lorente, G., Izquierdo, R., & González, J. (2016). *PRODUCCIÓN DE FRUTOS DE PIÑA (Ananas comosus) MD-2 A PARTIR DE VITROPLANTAS*. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37s1/ctr06s116.pdf>
- Rosas, C. (2011). *CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y SU CONTRIBUCION A LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE LA MADURACION DE PIÑA CV. "ESMERALDA."*
- Salas, A. (2016). *Actividad antioxidante y factor de protección solar de cáscara de Ananas*

comosus (L.) Merrill “piña.”

Santander, M., Osorio, O., & Mejía, D. (2017). *Evaluación de propiedades antioxidantes y fisicoquímicas de una bebida mixta durante almacenamiento refrigerado*. 34(1), 84–97.

Serra, H. M., & Cafaro, T. A. (2007). *Ácido ascórbico : desde la química hasta su crucial función protectora en ojo* Ascorbic acid : from chemistry to its crucial R esumen. *Acta Bioquímica Clinica Latinoamericana*, 41(4), 525–532.
<http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v41n4/v41n4a10.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: LISTADO DE ABREVIATURAS

%	Porcentaje
AA	Actividad Antioxidante
ABTS	Ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico, A-1888
AT	Acidez titulable
BHA	Butilhidroxianisol
C	Carbono
DPPH	2,2-difenil-1-picril hidrazilo
EM	Estado de madurez
FAO	Organización de las Naciones Unida para la Agricultura y la Alimentación
GLO	L-glulono- γ -lactona oxidasa
g	Gramo
ha	Hectárea
Kcal	Kilocalorías
m	Metros
mm	Milímetros
mL	Mililitros
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
mg	Miligramos
N	Nitrógeno
O	Oxígeno
pH	Potencial de hidrógeno
S	Azufre
SST	Sólidos solubles totales
β	Beta
γ	Gamma

μg

Microgramo

μmoles

Micromol

ANEXO 2: MOLINO ELÉCTRICO



Imagen 10. Uso del molino eléctrico. Fuente: (Autor).



Imagen 11. Materia prima molida. Fuente: (Autor).

ANEXO 3: ELABORACIÓN DEL EXTRACTO



Imagen 12. Peso de la materia prima. Fuente: (Autor).



Imagen 13. Elaboración del extracto alcohólico. Fuente: (Autor).

ANEXO 4: FILTRACIÓN DEL EXTRACTO

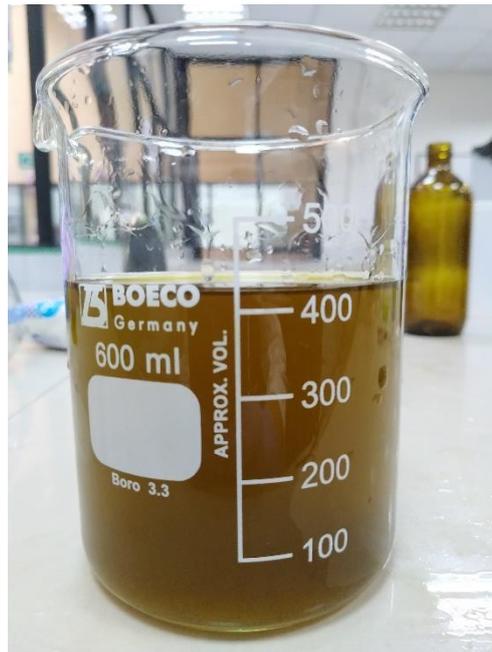


Imagen 14. Extracto posterior a la maceración. Fuente: (Autor).



Imagen 15. Filtración al vacío. Fuente: (Autor).

ANEXO 5: SCREENING FITOQUÍMICO



Imagen 16. Prueba de saponinas. Fuente: (Autor).

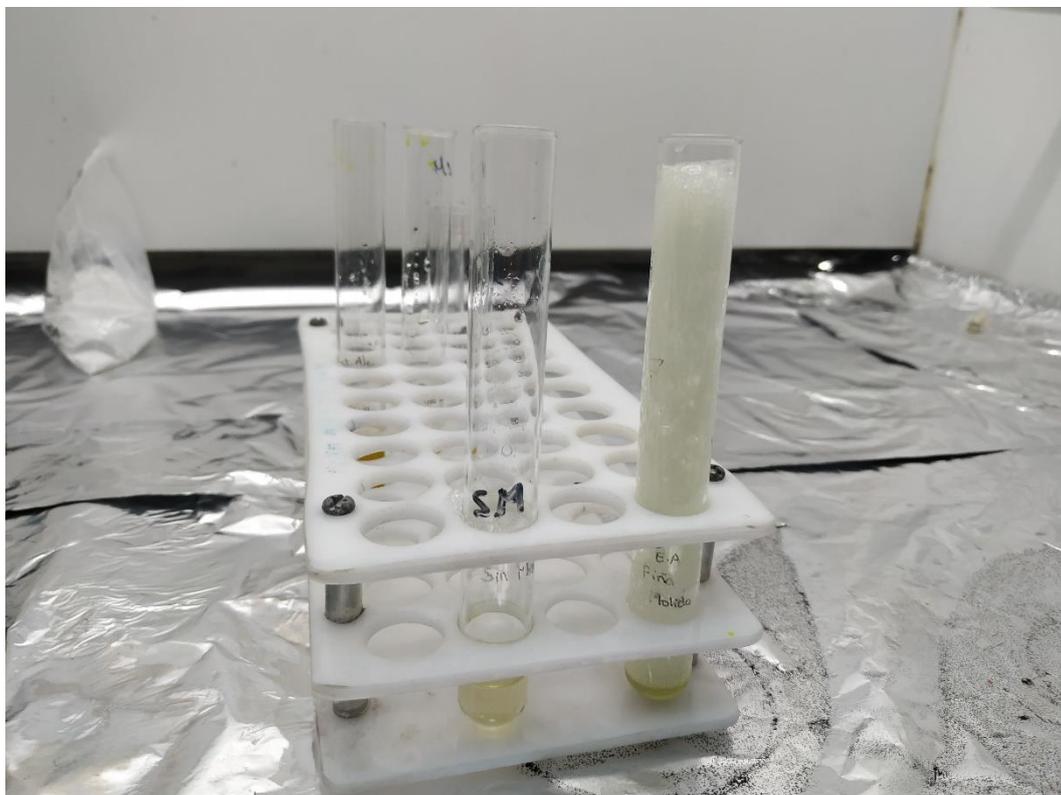


Imagen 17. Prueba de flavonoides. Fuente: (Autor).

ANEXO 6: MEDICIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE



Imagen 18. Preparación de soluciones en distintas fracciones. Fuente: (Autor).



Imagen 19. Celda con la muestra a analizar. Fuente: (Autor).



Imagen 20. Espectrofotómetro UV-VIS (Jasco 630). Fuente: (Autor).

ANEXO 7: ANÁLISIS DE DOS MUESTRAS

Tabla 28. Estadísticas de la regresión. (Microsoft 365 "Excel" 2018).

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,98989548
Coefficiente de determinación R ²	0,97989307
R ² ajustado	0,97486634
Error típico	0,91233432
Observaciones	6

Tabla 29. Análisis de varianza. (Microsoft 365 "Excel" 2018).

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor p</i>
Regresión	1	162,2560511	162,2560511	194,9363705	0,000152636
Residuos	4	3,329415658	0,832353914		
Total	5	165,5854667			

Tabla 30. Análisis estadístico. (Microsoft 365 "Excel" 2018).

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	-0,21137396	0,629120247	-	0,75376816	-1,95809179	1,53534387	-1,95809179	1,5353439
1,0995	0,326588461	0,023391302	13,96196156	0,000152636	0,261643794	0,391533127	0,261643794	0,3915331