

# **UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA**

**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 ANTIBACTERIANA DE LOS TANINOS  
EXTRAIDOS DEL BANANO VERDE (*Musa sp.*), RECHAZO DE LAS BANANERAS,  
FRENTE A LA BACTERIA *Staphylococcus aureus* ATCC: 12600”**

## **Autora:**

Thalía Lisseth Noles Romero

## **Tutora:**

Dra. Myriam Ximena Mancheno Cárdenas

Cuenca – Ecuador

2018

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo THALIA LISSETH NOLES ROMERO con documento de identificación N° 0105312177, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIBACTERIANA DE LOS TANINOS EXTRAIDOS DEL BANANO VERDE (*Musa sp.*), RECHAZO DE LAS BANANERAS, FRENTE A LA BACTERIA *Staphylococcus aureus* ATCC: 12600”, 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 en 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 impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Noviembre de 2018



Thalía Lisseth Noles Romero

CI. 0105312177

## CERTIFICACIÓN

Yo, Myriam Ximena Mancheno Cárdenas, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIBACTERIANA DE LOS TANINOS EXTRAIDOS DEL BANANO VERDE (*Musa sp.*), RECHAZO DE LAS BANANERAS, FRENTE A LA BACTERIA *Staphylococcus aureus* ATCC: 12600” realizado por THALIA LISSETH NOLES ROMERO obteniendo el Trabajo Experimental, que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, Noviembre de 2018



Dra. Myriam Ximena Mancheno Cárdenas

C.I. 0602018160

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, THALIA LISSETH NOLES ROMERO con documento de identificación N° 0105312177, autora del trabajo de titulación: “EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIBACTERIANA DE LOS TANINOS EXTRAIDOS DEL BANANO VERDE (*Musa sp.*), RECHAZO DE LAS BANANERAS, FRENTE A LA BACTERIA *Staphylococcus aureus* ATCC: 12600”, certifico que el total contenido del Trabajo Experimental es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, Noviembre de 2018

A handwritten signature in blue ink that reads "Thalia Noles". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Thalía Lisseth Noles Romero

C.I. 0105312177

## DEDICATORIA

IV

Dedico este trabajo de investigación principalmente a Dios por todas sus bendiciones, además de su infinita bondad y amor recibido durante mi vida estudiantil. A pesar de los infortunios que se han presentado, gracias a su manto protector me ha permitido seguir adelante y no desfallecer.

A mis amados padres Harry Noles y Mónica Romero, por otorgarme el mejor regalo de darme la vida, por su apoyo y amor incondicional, por ser mis guías y enseñarme en cada batalla a superarme y no darme por vencida, siempre partiendo de su ejemplo de trabajo y dedicación para convertirme en una persona de bien. De manera especial a mi madre, por siempre alentarme a ser mejor persona y encaminarme bajo sus valores.

A mi hermana Maddie, por su apoyo incondicional, por sus consejos sabios a pesar de su corta edad, por compartir buenos y malos momentos, siempre inspirándome a seguir adelante.

## AGRADECIMIENTOS

V

Primero a Dios por otorgarme la sabiduría, fortaleza para luchar día a día contras las adversidades, y su protección durante todo mi camino.

A mi padre, por las palabras de aliento que me impulsaban a seguir adelante, siempre teniendo presente “Nada es fácil de conseguir, todo implica su esfuerzo”, y sobre todo su ejemplo que día a día me transmite.

A mi madre, por siempre confiar en mí, por ser una madre ejemplar, amiga y consejera, por nunca permitir que desfallezca, siempre encontrando las palabras perfectas para cada situación.

A mi hermana, por motivarme a seguir luchando por mis metas.

A Christian, por impulsarme con su amor, consejos y apoyo para cumplir este trabajo, demostrándome que siempre podré contar con él.

A mi gran amiga Christel, por demostrarme que con perseverancia y a pesar de las adversidades que se presentan en el camino se puede lograr nuestras metas, haciendo de esta experiencia una de las más especiales.

A mi tutora de tesis la Dra. Myriam Mancheno, por su valiosa guía y asesoramiento durante la elaboración de este proyecto.

A la Dra. Inés Malo e Ing. Jhison Romero por brindarme su conocimiento y amistad durante esta etapa.

Gracias, a todas las personas que indistintamente ayudaron en la realización de este proyecto.

## Abreviaturas y símbolos

VI

MCE: maceración corteza etanólico

MPE: maceración pulpa etanólico

MCA: maceración corteza acuoso

MPA: maceración pulpa acuoso

ACE: agitación corteza etanólico

APE: agitación pulpa etanólico

ACA: agitación corteza acuoso

APA: agitación pulpa acuoso

mL: mililitro

°C: grados Celsius

ppm: partes por millón

mm: milímetro

µm: micrómetro

mg: miligramo

g: gramo

mg/ g: miligramo por gramo

lb: libra

VII

## Tabla de contenido

1.Introducción .....	1
1.1.Planteamiento del problema .....	4
1.2.Pregunta de investigación .....	5
1.3.Justificación.....	5
1.4.Objetivos .....	7
1.4.1.Objetivo General .....	7
1.4.2.Objetivos Específicos.....	7
1.5.Hipótesis.....	8
2.Marco Teórico .....	8
2.1.Banano.....	8
2.1.1.Origen .....	8
2.1.2.Descripción Botánica .....	9
2.1.3.Composición y valor nutricional.....	10
2.1.4.Producción a nivel de Ecuador .....	12
2.2. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	16
2.2.1.Características microbiológicas .....	16
2.2.2.Propagación y transmisión bacteriana .....	17
2.2.3.Patogenia.....	18
2.2.4.Resistencia antibiótica de <i>S. aureus</i> .....	19
2.3.Taninos .....	20
2.3.1.Definición .....	20
2.3.2.Clasificación .....	20
2.3.3.Propiedades .....	22
2.4.Métodos de cuantificación .....	22
2.4.1.Método de Lowenthal .....	23
2.4.2.Método de Folín- Ciocalteu .....	23
2.5.Métodos utilizados para evaluar actividad antibacteriana .....	24
2.5.1.Dilución en agar .....	24
2.5.2.Difusión en agar .....	25
3.Materiales y Métodos .....	26
3.1.Determinación de la técnica fisicoquímica que proporcione mayor rendimiento de taninos.....	26
3.1.1.Obtención de materia prima.....	26
3.1.2.Secado de materia prima .....	27
3.1.3.Pulverización y Tamizado de materia prima .....	28
3.1.4.Obtención de extractos etanólicos y acuosos.....	29



3.1.5. Pruebas cualitativas para corroborar presencia de taninos .....	38
3.2. Análisis cuantitativo de taninos mediante el método colorimétrico Folin-Ciocalteu..	40
3.2.1. Preparación de curva de calibración con ácido gálico .....	41
3.2.2. Cuantificación de extractos acuosos y etanólicos .....	42
3.3. Evaluación de capacidad antibacteriana por prueba de sensibilidad por discos .....	43
3.3.1. Prueba de confirmación del género bacteriano <i>Staphylococcus aureus</i> .....	44
3.3.2. Preparación del inóculo.....	44
3.3.3. Estandarización del inóculo .....	44
3.3.4. Preparación e inoculación de placa.....	46
3.3.5. Aplicación de discos con extractos .....	47
3.3.6. Medición de halos de inhibición .....	48
4. Resultados y Discusión .....	49
4.1. Determinación de la técnica fisicoquímica que proporcione mayor rendimiento de taninos.....	49
4.1.1. Secado de materia prima .....	49
4.1.2. Tamizado de materia prima .....	50
4.1.3. Obtención de extractos acuosos y etanólicos.....	50
4.1.4. Cualificación de extractos.....	56
4.2. Análisis cuantitativo de taninos mediante el método colorimétrico Folin-Ciocalteu .....	59
4.2.1. Preparación de curva de calibración con ácido gálico .....	59
4.2.2. Cuantificación de extractos acuosos y etanólicos .....	60
4.3. Evaluación de capacidad antibacteriana por prueba de sensibilidad por discos .....	64
4.3.1. Prueba de confirmación del género bacteriano <i>Staphylococcus aureus</i> .....	64
4.3.2. Lectura e interpretación de halos de inhibición de cada extracto .....	65
5. Conclusiones .....	70
6. Recomendaciones.....	71
7. Bibliografía .....	72
8. Anexos.....	86

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Composición bromatológica del Banano verde .....	10	IX
<b>Tabla 2.</b> Cantidad de taninos activos en el transcurso de la maduración de las bananas .....	11	
<b>Tabla 3.</b> Antibióticos y diámetros críticos para <i>Staphylococcus</i> sp. ....	48	
<b>Tabla 4.</b> Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por maceración de la corteza.....	50	
<b>Tabla 5.</b> Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por maceración de la pulpa .....	50	
<b>Tabla 6.</b> Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por maceración de la corteza .....	51	
<b>Tabla 7.</b> Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por maceración de la pulpa.....	51	
<b>Tabla 8.</b> Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por agitación de la corteza .....	51	
<b>Tabla 9.</b> Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por agitación de la pulpa .....	52	
<b>Tabla 10.</b> Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por agitación de la corteza.....	52	
<b>Tabla 11.</b> Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por agitación de la pulpa.....	52	
<b>Tabla 12.</b> Media de rendimientos de extractos.....	53	
<b>Tabla 13.</b> Estadística descriptiva de tipos de extractos .....	54	
<b>Tabla 14.</b> Prueba de Kruskal Wallis.....	55	
<b>Tabla 15.</b> Cualificación con cloruro férrico .....	56	
<b>Tabla 16.</b> Cualificación con agua de bromo.....	58	
<b>Tabla 17.</b> Curva de calibración con ácido gálico a diferentes concentraciones .....	59	
<b>Tabla 18.</b> Cantidad de ácido gálico por miligramo de cada extracto .....	61	
<b>Tabla 19.</b> Estadística descriptiva de extractos cuantificados .....	63	
<b>Tabla 20.</b> Prueba de Kruskal-Wallis .....	63	
<b>Tabla 21.</b> Halos de inhibición en los distintos extractos .....	66	
<b>Tabla 22.</b> Porcentajes de inhibición .....	68	
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza para porcentajes de inhibición .....	69	
<b>Tabla 24.</b> Medias de porcentajes de inhibición .....	69	

<b>Figura 1.</b> Fruto de Banano.....	9
<b>Figura 2.</b> Planta de Banano .....	10
<b>Figura 3.</b> Producción de Banano en la Hacienda Guarumal 1 .....	13
<b>Figura 4.</b> Tinajas de limpieza y desinfección.....	14
<b>Figura 5.</b> Banano de primera calidad .....	15
<b>Figura 6.</b> Clasificación del Banano .....	16
<b>Figura 7.</b> <i>Staphylococcus aureus</i> sobre la piel 3D.....	17
<b>Figura 8.</b> Penetración de <i>S. aureus</i> en la garganta.....	18
<b>Figura 9.</b> Resistencia antimicrobiana .....	19
<b>Figura 10.</b> Componentes de un tanino hidrolizable .....	21
<b>Figura 11.</b> Componentes de un tanino no hidrolizable .....	22
<b>Figura 12.</b> Mecanismo de acción del reactivo Folín-Ciocalteu .....	23
<b>Figura 13.</b> Prueba de dilución en agar en <i>Helicobacter pylori</i> .....	24
<b>Figura 14.</b> Resultados de antibiograma.....	25
<b>Figura 15.</b> Hacienda Guarumal 1 .....	27
<b>Figura 16.</b> Muestras de corteza deshidratada .....	28
<b>Figura 17.</b> Pulverizado de materia prima .....	29
<b>Figura 18.</b> Filtrado al vacío de extracto macerado de la corteza.....	30
<b>Figura 19.</b> Extracto macerado de la pulpa en el Rotavapor .....	31
<b>Figura 20.</b> Extracto acuoso de corteza de banano .....	32
<b>Figura 21.</b> Filtrado al vacío de extracto acuoso de la pulpa de banano .....	33
<b>Figura 22.</b> Agitación de extracto etanólico de la corteza.....	35
<b>Figura 23.</b> Extracto etanólico de la pulpa .....	35
<b>Figura 24.</b> Extracto etanólico de la corteza.....	37
<b>Figura 25.</b> Agitación de extracto acuoso de pulpa .....	38
<b>Figura 26.</b> Prueba de agua de bromo en extractos acuosos y etanólicos.....	39
<b>Figura 27.</b> Prueba con cloruro férrico en extractos acuosos y etanólicos .....	40
<b>Figura 28.</b> Celdas de cuarzo, con soluciones a diferentes concentraciones .....	42
<b>Figura 29.</b> Cepa de <i>S. aureus</i> ATCC 12600.....	44
<b>Figura 30.</b> Medición de absorbancia en equipo GENESYS 20 .....	45
<b>Figura 31.</b> Patrón 0.5 de Mc Farland en <i>S. aureus</i> en solución salina al 0.9 % .....	46
<b>Figura 32.</b> Acondicionamiento de placas .....	47
<b>Figura 33.</b> Distribución de discos en caja Petri.....	48

<b>Figura 34.</b> Siembra de <i>S. aureus</i> en medio manitol salado .....	65
<b>Figura 35.</b> Crecimiento bacteriano posterior a las 48 horas .....	65
<b>Figura 36.</b> Extracto MPE sin presencia de halos de inhibición .....	67
<b>Figura 37.</b> Extracto ACA con halos de inhibición .....	67

## **Índice de Anexos**

XII

<b>Anexo 1.</b> Peso del polvo de corteza y pulpa posterior a la pulverización .....	86
<b>Anexo 2.</b> Maceración de extractos acuosos y etanólicos .....	86
<b>Anexo 3.</b> Ficha técnica de <i>S. aureus</i> ATCC 12600.....	87

## **Índice de Gráficas**

<b>Gráfica 1.</b> Prueba de Normalidad para el Rendimiento de los extractos .....	54
<b>Gráfica 2.</b> Diagrama de cajas de rendimientos vs extractos.....	55
<b>Gráfica 3.</b> Curva de calibración a 750 nm a diferentes concentraciones .....	60
<b>Gráfica 4.</b> Cuantificación de extractos acuosos y etanólicos .....	63
<b>Gráfica 5.</b> Diagrama de cajas de cuantificación de extractos acuosos y etanólicos.....	64
<b>Gráfica 6.</b> Prueba de normalidad del porcentaje de inhibición de extractos.....	69
<b>Gráfica 7.</b> Porcentajes de inhibición de extractos acuosos y etanólicos .....	70

El banano verde a nivel mundial es considerado como uno de los frutos más consumidos, figurando nuestro país como uno de los principales exportadores del producto, pese a ello semanalmente se desecha aproximadamente un 25 % de la producción, debido a las grandes exigencias de los países importadores, siendo abandonados en ríos, quebradas y fuera de las haciendas, ocasionando daños al medio ambiente por la putrefacción de estos residuos, como respuesta ante este problema se ha buscado aprovecharlos, encontrándose sustancias polifenólicas presentes en la corteza y fruto como son los taninos que tienen propiedades antimicrobianas, pudiendo ser utilizados como inhibidores del crecimiento de bacterias agresivas como *Staphylococcus aureus*, que durante los últimos años ha ocasionado altas tasas de contaminación en la población causando afecciones a la piel, bacteriemia, intoxicaciones alimentarias, entre otras.

El objetivo de este trabajo experimental es evaluar la capacidad antibacteriana de los taninos del banano verde, frente a *Staphylococcus aureus*. Para el desarrollo de la mencionada investigación, se trabajó con muestras obtenidas en la provincia de El Oro, la extracción de taninos se realizó mediante dos tecnologías maceración y agitación utilizando dos solventes agua destilada y etanol tanto en la cáscara como en el fruto, los extractos ACE y MCE presentaron los mayores rendimientos de 56.93 % y 38.30 %, con una concentración de 162.70 y 160.32 mg de ácido gálico por 100 gramos de muestra seca. La inhibición del género bacteriano *S. aureus* se realizó con extractos puros, obteniéndose los porcentajes de inhibición más altos para el extracto ACE con 34.31 % y 27.45 % en el extracto MCE.

**Palabras claves:** Taninos, banano verde, extractos, inhibición, *Staphylococcus aureus*.

The green banana is considered as one of the fruits more consumed in the world, figuring our country as one of the most important exporters of the product, but on the other hand, weekly discards approximately 25 % of the production due to the higher requirements of the importer countries, being abandoned in rivers, water flows and outside of the farms, causing damage to the environment by the rotting of the banana fruit residuals. As an answer for this problem, a use for these residuals has been found. The green banana has in its peel and fruit polyphenol substances like the tannins. These tannins have antimicrobial properties and can be use as inhibitors of the growing of aggressive bacteria like *Staphylococcus aureus*. This bacteria in the last years occasioned high rates of contamination in the population causing skin diseases, bacteremia and food intoxication among others.

The objective of this experimental work is to evaluate the antibacterial capacity of the green banana tannins against *Staphylococcus aureus*. For the development of the investigation has been used samples obtained from El Oro province, the tannins extraction has been obtained using two maceration technologies and agitation, using two solvents in this case distilled water and ethanol both in the peel and the fruit. The APE and MPE extracts showed the higher performance being of 56.93 % and 38.30 % with a concentration of 162.70 and 162.32 mg of gallic acid per 100 grams of dry samples. The inhibition of the bacterial genre *S. aureus* has been made with pure extracts getting the high inhibition percentages for the APE extract with 34.31% and 27.45 % with the MPE extract.

**Keywords:** Tannins, green banana, extracts, inhibition, *Staphylococcus aureus*.

## **1. Introducción**

Actualmente Ecuador figura como uno de los principales y mayores países exportadores de banano en el mundo (Rodríguez Cadena, 2009), siendo este el segundo producto de exportación luego del petróleo (Rogg, 2001), se considera un monto de ingresos que supera los 900 millones de dólares y alrededor del 5 % del producto interno bruto ecuatoriano (PIB). Según Food & Agriculture Org. (FAO, 2004) “La presencia de Ecuador en el comercio mundial va en aumento, las exportaciones crecieron de un millón de toneladas en 1985 a 3.6 millones de toneladas en 2000”. Existiendo un aumento progresivo para el año 2016 en el cual hubieron exportaciones de 6 176269.16 toneladas métricas. En su totalidad las exportaciones se destinan fundamentalmente a Estados Unidos y a los países que conforman la Unión Europea (Watch, 2002). Los principales productores mundiales son India, China, Filipinas, Brasil y Ecuador. En el año 2017 el país exportó 325 millones de cajas a diversos países del mundo (Agrocalidad, 2018).

Según la documentación del Ministerio de Agricultura, Acuacultura, Ganadería y Pesca (MAGAP), Ecuador registra un área de 162 234 hectáreas sembradas de banano y cuenta con 4 473 productores de la fruta distribuidos en pequeños, medianos y grandes productores. Considerando una actividad que se sustenta en la economía de los hogares del sector rural, contribuyendo a la generación de empleo y reducción de la pobreza. La concentración de producción de banano se enfoca en la Región Litoral, en las provincias de Los Ríos y Guayas se sitúan los grandes productores, encontrándose en la provincia de El Oro una zona con una producción del 42 % de pequeños productores (COMEX, 2017).

El banano es considerado una de las frutas más consumidas en el mundo, tanto por sus características organolépticas como benéficas para la salud, debido a su alto valor nutricional



en carbohidratos, nutrientes como: potasio, fósforo, calcio, magnesio, sodio, hierro, cobre, zinc y manganeso, vitamina B6 y ácido fólico (SALUD, 2018). El banano verde (*Musa sp.*), se originó por medio de una serie de mutaciones a partir de especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*, en las regiones boscosas tropicales con alta precipitación del sureste asiático y archipiélago, pero este cultivo se ha diseminado en todas las zonas tropicales de Asia, África y América (SIPSA, 2014).

En lo que concierne a la exportación del banano, Ecuador tiene algunas desventajas en relación con otros países productores como Filipinas, Costa Rica, Colombia, debido a que estos países exportan el 100% de su productividad a diferencia de nuestro país que lo realiza solo un 75 % y el 25 % restante lo desechan en ríos, quebradas o en las vías junto a las haciendas como rechazo, ocasionando daños irreversibles al ambiente por la sobreproducción de gas metano (Espinoza , 2013). La causa de rechazo del banano se da principalmente por daños en la fruta durante el proceso de cosecha, y disposiciones de normas internacionales previas a la exportación tales como: tiempo de maduración en la mata, tamaño y número de manos del racimo, grosor del fruto. Una alternativa de volver a utilizar estos desechos durante mucho tiempo ha sido el emplearlo como alimento de ganado bovino, ocasionando daños en la salud de los mismos, debido al alto contenido de polifenoles, especialmente taninos, formando complejos insolubles con las proteínas ocasionando bajo nivel de crecimiento y baja digestibilidad proteica (Velásquez Valderrama, 2004).

Un estudio realizado por Mokbel & Hashinaga (2005, págs. 125-127) determinó la capacidad antibacteriana y antioxidante de la cáscara de banano verde, tratándose las muestras con acetona al 70%, agua destilada, acetato de etilo y cloroformo, el extracto obtenido con acetato de etilo presentó mayor capacidad antibacteriana con halos de inhibición

de aproximadamente 11 mm, esta capacidad se atribuye a su alta propiedad de solvatación, incrementando la calidad del producto final.

En el trabajo experimental “Actividad antibacteriana de extractos de *Phenax rugosus* y *Tabebuia chrysantha*”, se realizaron extractos con distintos solventes: metanol, éter de petróleo y cloroformo frente a *S. aureus*, *E coli*, *S. pneumonidae*, *P. vulgaris* y *S. aureaginosa*, identificándose halos de inhibición mínimos con el extracto metanólico, y nula actividad antibacteriana para los otros tipos de extractos (Pérez, Isaza, & Acosta, 2007).

Las enfermedades infecciosas son causadas por hongos, protozoos, virus y bacterias, que normalmente no se localizan en el cuerpo, dichas enfermedades pueden transmitirse de una persona a otra de manera directa o indirecta (OMS, 2018). El equilibrio de las mismas se puede alterar con el uso de antibióticos, sin embargo, día a día aparecen e incrementan las resistencias a antibióticos por el uso indiscriminado de los mismos y aumentan las infecciones en pacientes con resistencia disminuida (Gestal, 1997).

El género bacteriano *Staphylococcus aureus*, es considerado la especie más virulenta, que forma parte de la flora normal humana, entre un 25 y 50 % de la población sana se encuentra persistentemente colonizada por esta bacteria (Berga, 2009). La vancomicina ha sido considerada durante algún tiempo como el antibiótico de elección para tratar este tipo de patologías, no obstante su toxicidad, la pérdida de sensibilidad *in vitro* condiciona el uso del mismo (Thuille, Fille, & Markus, 2003). Durante los últimos años, se ha observado un incremento progresivo de infecciones producidas por *S. aureus* que afecta a la población sana sin previo contacto con el entorno sanitario, pudiendo provocar diversos síndromes clínicos, entre los más comunes se observan afecciones a la piel y partes blandas (Festch, 2017).

Las compañías farmacéuticas indagan drogas alternativas de otras fuentes incluyendo plantas y animales debido a su contenido de fitoquímicos, y a su poca o nula toxicidad,

durante varios años se han estudiado a las plantas constatándose su poder de defensa ante insectos, microorganismos y herbívoros, identificándose sustancias simples como fenoles, derivados de fenoles, terpenoides, aceites esenciales, alcaloides (Thuille, Fille, & Markus, 2003).

### **1.1. Planteamiento del problema**

El género bacteriano *Staphylococcus aureus*, es considerado la principal especie patógena, que ocasiona enfermedad a través de diferentes mecanismos contagiosos, causante de enfermedades tanto de origen comunitario como hospitalario. Las infecciones del género en estudio a menudo se presentan como agudas, piogénicas y superficiales, aunque se pueden presentar con menor frecuencia infecciones profundas como osteomielitis, neumonía y endocarditis aguda (Fetsch, 2018).

Estudios recientes demuestran el aumento progresivo de enfermedades causadas por *Staphylococcus aureus*, siendo su principal limitante en los tratamientos terapéuticos la capacidad de adaptación y supervivencia de la bacteria, creando resistencia a los antibióticos (Pahissa, 2009). Existen muchas afecciones relacionadas con este patógeno como son biofilms bacterianos de *S. aureus*, siendo los hospitales un microambiente óptimo para su proliferación, causando infecciones crónicas (Figueiredo, Ferreira, Beltrame, & Côrtes, 2017).

En la actualidad, el banano verde es un cultivo perenne que crece con rapidez y puede ser cosechado durante todo el año, debido a que los controles de calidad que se realizan a nivel de exportación son muy rígidos, razón por la cual los rechazos del producto son cantidades voluminosas expuestas a lo largo y ancho de las guardarrayas de las haciendas bananeras (Infoagro, s.f).

A nivel nacional el género bacteriano *S. aureus* ha ocasionado un sin número de infecciones, con un alto porcentaje de mortalidad en la población en general (López, 2012). Por lo tanto, mediante este estudio se busca aplicar una alternativa natural para contrarrestar esta problemática mediante la aplicación de metabolitos secundarios (taninos) provenientes del banano verde.

### **1.2.Pregunta de investigación**

Se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Los taninos del banano verde de rechazo poseen actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus*?

### **1.3.Justificación**

El banano verde (*Musa sp.*), es una fruta con un alto contenido de hidratos de carbono complejos (almidón), es muy rica en minerales, vitaminas del grupo B, y debido a la gran cantidad de taninos, proveen al mismo su sabor amargo tanto en el fruto como en la corteza (López & Gómez, 2014). Dentro de la industria bananera, los controles de calidad al producto final previo a su exportación son muy rígidos, considerando las grandes exigencias de países importadores, razón por la cual semanalmente son desechadas altas cantidades de producto, procedentes de las haciendas bananeras, ocasionando contaminación en su etapa de descomposición, pudiendo usar esta materia como un recurso accesible para poder desarrollar antimicrobianos como fármacos.

Durante la última década, la elaboración de nuevos fármacos es inversamente proporcional a la evolución de las bacterias, debido a que día a día surgen nuevas resistencias, aproximadamente desde el año 1980, la producción de antibióticos ha tenido un declive, llegándose a obtener en la actualidad cantidades menores a una tercera parte de elaboración con relación a la que se producía antes del mencionado año (Mojica, Ramirez, & Espitia, 2015).

En la actualidad, la ciencia busca reemplazar los antibióticos de origen químico o sintético por sustancias menos tóxicas extraídas de plantas y vegetales, debido a que estas podrían proporcionar metabolitos bioactivos como una alternativa al tratamiento de patologías intrahospitalarias (La Planta Medicinal, 2015), la mayor parte de plantas utilizadas de manera empírica en tratamientos terapéuticos, son conocidas por sus propiedades farmacológicas por conocimientos ancestrales ( Garzón , 2016), el hábito de curar con plantas, tiene un soporte científico pudiéndose evidenciar la cantidad de compuestos activos que se producen durante el metabolismo secundarios de las plantas, por lo tanto se atribuye la responsabilidad de diversas actividades biológicas.

Aproximadamente se han identificado de un 25 a 50 % de fármacos derivados de plantas, permitiendo la síntesis de compuestos químicos, evidenciándose una gran cantidad de metabolitos secundarios como taninos, terpenoides y alcaloides que poseen actividad antimicrobiana *in vitro* (Torres Chati, 2014).

Según Borrero (2013), los taninos encontrados en el banano verde se refieren al ácido tánico, con una mayor cantidad en la cáscara (40%). Los taninos vegetales sirven como defensa natural, privando al microorganismo del medio apropiado para que pueda desarrollarse (Taiz & Zeiger, 2006).

En las últimas dos décadas, se han efectuado estudios para comprobar la actividad antifúngica y antibacteriana de extractos provenientes de diferentes especies vegetales.

Estudios realizados por Estrada et al., (2005), evalúan la capacidad antibacteriana de la miel de abeja contra *S. aureus*, logrando inhibir un 24% el crecimiento de la bacteria. Según Kasay, Huamán, & Guerrero, (2014), se realiza la extracción de taninos en extractos acuosos y etanólicos, concluyendo que los extractos etanólicos tiene un mayor poder de extracción de taninos. En el artículo científico de (Rico & Arias, 2007), se experimenta con extractos

acuosos de *A. sativum*, *A. fistulosum* y *A. cepa* como inhibidores del desarrollo de *S. aureus*, *B. cereus* y *Salmonella sp*, presentando el mayor potencial antibacteriano contra *S. aureus* el extracto procedente de *A. fistulosum*, con un promedio de radios de halos de inhibición en torno a los 8 mm.

La finalidad de este trabajo de investigación es aprovechar al producto desechado por las haciendas bananeras, mediante la extracción de taninos del banano verde, como método inhibidor del género bacteriano *Staphylococcus aureus*, debido a que en la actualidad el uso erróneo de antibióticos ha llevado al desarrollo de resistencia bacteriana en la población, muchas investigaciones científicas se han encaminado en el estudio de compuestos químicos con carácter antimicrobiano que aportan las plantas, demostrando una actividad *in vitro* comparable a la de antimicrobianos utilizados en clínica (Domingo & Lopez-brea, 2003). Como metodología para el desarrollo del trabajo, se ha propuesto la utilización de alcohol etílico como disolvente en la extracción de taninos por su alto poder extractante.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar la capacidad antibacteriana de los taninos extraídos del banano verde (*Musa sp.*) frente a *Staphylococcus aureus* ATCC: 12600, comprobando su efecto de inhibición.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Identificar la técnica de extracción fisicoquímica de taninos del banano verde (*Musa sp.*) aplicando dos tecnologías que proporcionen mayor rendimiento.
- ❖ Realizar un análisis cuantitativo de taninos mediante métodos instrumentales colorimétricos determinando la concentración de los mismos.

- ❖ Determinar la efectividad del tratamiento por pruebas de sensibilidad por discos, comprobando la concentración mínima inhibitoria frente a *Staphylococcus aureus*.

### **1.5. Hipótesis**

Si los taninos del banano verde (*Musa sp.*) tienen una capacidad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* ATCC12600, pueden ser utilizados en diferentes formulaciones.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Banano**

#### **2.1.1. Origen**

El banano es considerado una de las frutas más antiguas que han existido en la tierra y uno de los primeros alimentos del hombre primitivo (Cevallos, 2018), datándose su origen en Asia meridional, siendo conocido en el mediterráneo desde el año 650, después de la conquista de los árabes, la especie llegó a las islas canarias en el siglo XV y desde allí fue traído a América en el año 1516 (Infoagro, 2005).

La actividad del banano ha perpetuado una escala sucesiva, otorgando un gran auge de exportaciones a nivel de nuestro país, desde finales del año 60, concentrándose en la zona de la Costa Sur, principalmente en las provincias de El Oro y algunas zonas de Guayas y Los Ríos (Larrea, Espinosa, & Sylva, 1987), con un peso importante en el desarrollo del país, tanto desde un punto de vista económico que concierne en la participación en el PIB, generación de divisas y social por la fuentes de empleo que genera en la población de determinadas regiones costaneras (Cevallos, 2018). En varios países es calificada como la fruta más consumida en el mundo –Figura 1- (Hernández & Vit, 2009).



**Figura 1.** Fruto de Banano

**Fuente:** La autora

### **2.1.2. Descripción Botánica**

Planta herbácea perenne, que forma una mata, de la cual renacen varios individuos con calificativos como: madre, hija, nieta, con nombre científico *Musa sp.*, pertenece a la familia de las *Musáceas* (INTA, s.f).

Puede alcanzar una altura aproximadamente, de 3.5 a 7.5 metros. Su tallo está formado por pecíolos de hojas curvadas y comprimidas, dispuestas en bandas en espiral que desde el centro van formándose sucesivamente nuevas hojas y al extenderse comprimen hacia el exterior las bases de las hojas más viejas. Al emerger las hojas por la parte superior del tallo, se van desarrollando hasta alcanzar dos o más metros de largo, 60 centímetros o más de ancho, con una nervadura central que divide la hoja en dos láminas. (ANACAFÉ, s.f)

La inflorescencia tiene forma de racimo, a medida que se desarrolla, la planta comienza a doblarse por el peso, razón por la cual se utilizan troncos de caña guadua (CUJE) que hagan presión con la tierra -Figura 2- o zunchos para banano, evitando que se encorve la misma (Banascopio, 2010). Dentro de las fincas los trabajadores la denominan a esta técnica como apuntalar.





**Figura 2.** Planta de Banano

**Fuente:** La autora

### 2.1.3. Composición y valor nutricional

El Banano, es considerado una fruta con un alto valor nutricional –Tabla 1-, especialmente hidratos de carbono, fósforo y potasio (Ly, 2004, pág. 8).

**Tabla 1.** Composición bromatológica del Banano verde

Índice (% de base seca)	Cantidad en 100 gramos de peso seco	
	Pulpa	Corteza
Materia seca	20	18
Extracto libre	8.2	33.5
Proteína	5.5	9.5
Extracto etéreo	1.1	8.3
Fibra bruta	1.3	26.7
Cenizas	4.0	22.0
Taninos	7.4	40.5

---

Almidón

72.3

---

**Fuente:** (Velásquez Valderrama, 2004)

La presencia de metabolitos secundarios como taninos en el banano –Tabla 2-, le atribuye efectos negativos en el consumo por parte de animales porcinos, debido a que estos influyen en procesos digestivos, ocasionando la inhibición de enzimas proteolíticas (Ly, 2004).

**Tabla 2.** Cantidad de taninos "activos" en el transcurso de la maduración de las bananas

---

<b>Cantidad de taninos por 100 gramos de peso seco</b>			
<b>Días</b>	<b>Pulpa</b>	<b>Corteza</b>	<b>Coloración</b>
0	7.36	40.5	Verde
1	8.01	34.0	
2	7.57	28.3	
3	4.30	25.4	
4	5.02	25.9	
5	4.30	16.5	Amarillenta
6	3.87	18.1	
7	1.95	11.2	
8	2.84	4.6	Amarilla
9	1.99	4.7	
10	2.00	4.5	Ennegrecida

---

---

**Fuente:** (Von Loesecke, 1950)

---

#### **2.1.4. Producción a nivel de Ecuador**

Las plantaciones de banano se pueden divisar en la región litoral, gracias a que el clima de nuestro país es favorable para el cultivo de plátano, banano y otras frutas exóticas –Figura 3-. Ecuador al estar situado en la mitad del mundo cuenta con una zona tropical húmeda que con un óptimo sistema de riego le permite producir de manera constante durante todo el año (FAO, 2004).

Además, el excelente estado de las carreteras y las cortas distancias entre las plantaciones y los puertos de Ecuador hacen que el tiempo transcurrido desde la recogida de la fruta hasta el envío de forma marítima sea mínimo, generando una de las ventajas competitivas del país (Agrocalidad, 2018).



**Figura 3.** Producción de Banano en la Hacienda Guarumal 1

**Fuente:** La autora

#### **2.1.4.1. Tratamiento del fruto post-cosecha.**

En las fincas bananeras, para determinar el tiempo justo para la cosecha del racimo, se verifica la aparición de la primera yema floral contando 16 semanas a partir de este fenómeno, colocando cintas de diferentes colores para identificar los racimos listos para iniciar el embarque (INTA, s.f).

Este procedimiento se lo realiza dentro de las bananeras con instalaciones propias para efectuar la labor de embarque, en primera instancia los racimos circulan en una garrucha hasta la zona destinada para procesamiento del mismo, con la ayuda de un cuchillo semicircular denominado curvo o cuchareta se realiza un corte entre el tallo y la mano, de aproximadamente 15 cm, a continuación se procede a colocar el fruto en tinas de cemento

revestidas con azulejos y hierro galvanizado la cual se encuentra dividida en dos secciones, en la primera donde se limpia y sana el producto –Figura 4- con una solución de mertec y cloro, en la segunda donde se clasifica al producto concomitantemente con la ayuda de un instrumento para medir el grosor de los dedos (calibrador), el cual determina el grado requerido para la exportación. Posterior a esto, se procede a pesar en una balanza la cantidad idónea (43 lb), y luego se realiza el embalaje en las cajas, para ser transportadas hacia el puerto marítimo.

Dentro de las inspecciones de calidad del producto previo a su exportación, se realizan muestreos de la fruta para obtener datos como son: edad, peso, calibración, longitud del dedo, defectos de la fruta. La verificación de la madurez y sanidad del banano, se realiza mediante la consistencia de la pulpa de la fruta como indicador, además de eliminar racimos con defectos de conformación, daños mecánicos y edad superior a la permitida.



**Figura 4.** Tinas de limpieza y desinfección

**Fuente:** La autora

### 2.1.4.2. Grados de calidad.

Los bananos se clasifican de acuerdo a tres categorías empleadas por las haciendas bananeras:

- **Primera Calidad:** Los dedos de los closters deben estar exentos de magulladuras, daños por agentes microbianos, el diámetro de los dedos del banano debe encontrarse en un rango entre 38 y 46 mm con una longitud de 18 cm, la cantidad de dedos debe ser de 7 (4 superiores, 3 inferiores). Esta categoría se destina a los países de Reino Unido y Estados Unidos –Figura 5-.



**Figura 5.** Banano de primera calidad

**Fuente:** La autora

- **Segunda Calidad:** Se aceptan defectos leves de forma y color, en lo que concierne a la cáscara pueden haber daños mínimos como rozaduras, manchas, costras que no superen los 2 cm<sup>2</sup> de la superficie, no deben haber daños en el fruto y el grosor de los dedos debe estar entre 36 y 38 mm, siendo destinados para exportación hacia Chile.
- **Rechazo:** Se destinan para el rechazo bananos que provengan de malas cosechas, estropeo de cuje, magulladuras en la superficie, curvaturas anormales de los dedos –Figura 6-.

Según información proporcionada por la hacienda bananera “Guarumal 1” de propiedad de la Familia Arias- Balseca, la misma que se encuentra ubicada en el sitio Balosa, perteneciente al Cantón Santa Rosa de la provincia de El Oro, la cantidad de producción de banano mensualmente es de 8 400 cajas, con una cantidad de rechazo o merma de 2 000 cajas o 4 500 libras.



**Figura 6.** Clasificación del Banano

**Fuente:** La autora

## ***2.2. Staphylococcus aureus***

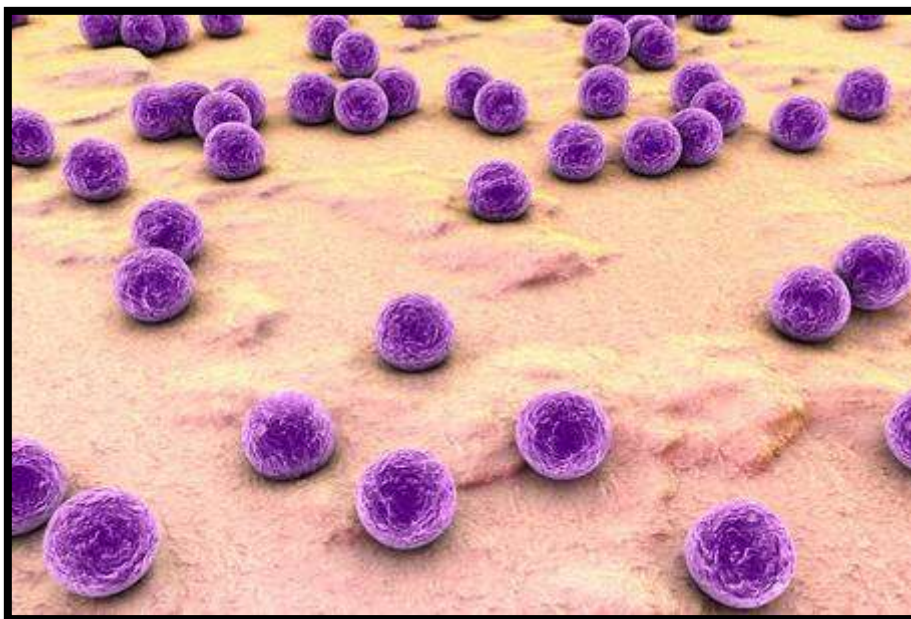
### **2.2.1. Características microbiológicas**

El género bacteriano *Staphylococcus aureus*, se caracteriza por ser bacterias Gram positivas, carecen de cápsula, inmóviles, con forma de cocos, con un rango de diámetro entre 0.8 y 1.5 micras, pueden identificarse formando agrupaciones bacterianas como diplococos, tétradas y sarcinas –Figura 7- (INSHT, 2012).



Pueden sobrevivir durante semanas sobre tejidos y órganos de animales, y durante días sobre la piel y superficies de objetos de vidrio y metálicos (INSHT, 2012).

En los últimos años, de todas las especies existentes de *Staphylococcus*, se ha evidenciado un aumento significativo de *Staphylococcus aureus*, siendo la principal causa de infecciones en el torrente sanguíneo e intoxicaciones en alimentos, principalmente carne, agua (Cervantes, Garcia, & Salazar, 2014).



*Figura 7. Staphylococcus aureus sobre la piel 3D*

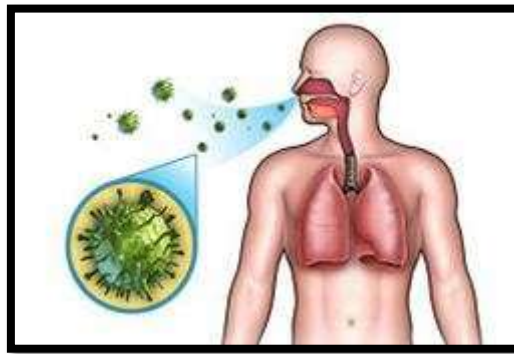
**Fuente:** (Kon, 2018)

### **2.2.2. Propagación y transmisión bacteriana**

Una de las principales vías de transmisión es por la ingesta de alimentos contaminados con la bacteria o sus toxinas, contacto con personas –Figura 8- y animales contaminados, acotando también que en los hospitales existe la contaminación de esta bacteria ya sea por instrumentos mal esterilizados o por contacto con áreas infectadas (Mensa, 2013). Los agentes causantes pueden encontrarse en diversos ambientes como son presión osmótica elevada y humedad reducida (Zendejas, Avalos, & Soto, 2014).



Se considera que la infección por *Staphylococcus aureus*, es muy frecuente en alimentos que son expendidos en mercados y ventas ambulantes de comida, dado que no se aplican medidas de salubridad en el manejo de los productos que se expenden (Zendejas, Avalos, & Soto, 2014).



**Figura 8.** Penetración de *S. aureus* en la garganta

**Fuente:** (Medsaludin, 2018)

### **2.2.3. Patogenia**

La infección con *Staphylococcus*, puede abarcar síntomas desde náuseas, dolor abdominal, diarreas, y en casos más graves cefaleas o shocks. Se estima que entre un 20 y 50 % de la población mundial son portadores de *S. aureus* en las fosas nasales y un 30 % en el tracto gastrointestinal, sin embargo, cuando hay una ruptura de equilibrio en el cuerpo, las personas pueden infectarse con la propia cepa que coloniza sus fosas nasales y llegar a causar enfermedad (Cervantes, Garcia, & Salazar, 2014; INSHT, 2012).

Debido a su amplia diversidad, puede causar enfermedades graves como: osteomielitis, infecciones del sistema nervioso central, tracto urinario, respiratorio, así como infecciones menores de la piel, pudiendo evidenciar por la presencia de pápulas, que comienzan en los folículos pilosos (Zendejas, Avalos, & Soto, 2014).

#### 2.2.4. Resistencia antibiótica de *S. aureus*

La evolución del género bacteriano en estudio, data desde el año 1940, con altas tasas de mortalidad en población por bacteremia, a pesar de ello se estudió exhaustivamente la virulencia de la bacteria, y años más tarde se introdujo la meticilina en los tratamiento médicos, llegándose a identificar casos de resistencia, este fenómeno se atribuye a la adquisición de un plásmido capaz de degradar al antibiótico antes de llegar a la célula blanco (Sanabria, 2005).

En la actualidad, las bacterias han desarrollado mecanismos de resistencia antibiótica relacionados con su variabilidad genética, evidenciándose dos factores fundamentales en el desarrollo de esta problemática como: la existencia de genes determinantes de la aparición de mecanismos de resistencia y el uso indiscriminado de antibióticos que ocasionan la supervivencia de cepas que portan genes de resistencia (Vignoli & Seija, s.f).

Los antibióticos conocidos en la actualidad para tratar infecciones bacterianas por *S. aureus*, han perdido su efectividad –Figura 9– aumentando el número de pacientes inmunocomprometidos, con la aparición de nuevos patógenos y aumentando la tasa de virulencia de los mismos (Sanabria, 2005).

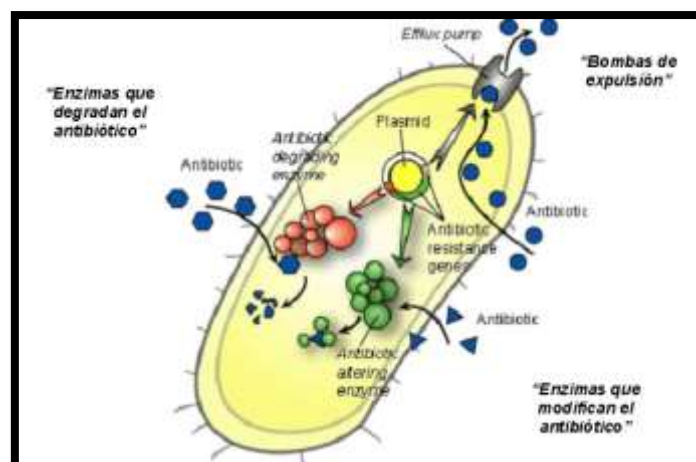


Figura 9. Resistencia antimicrobiana

**Fuente:** (Ramírez, 2011)

## **2.3. Taninos**

### **2.3.1. Definición**

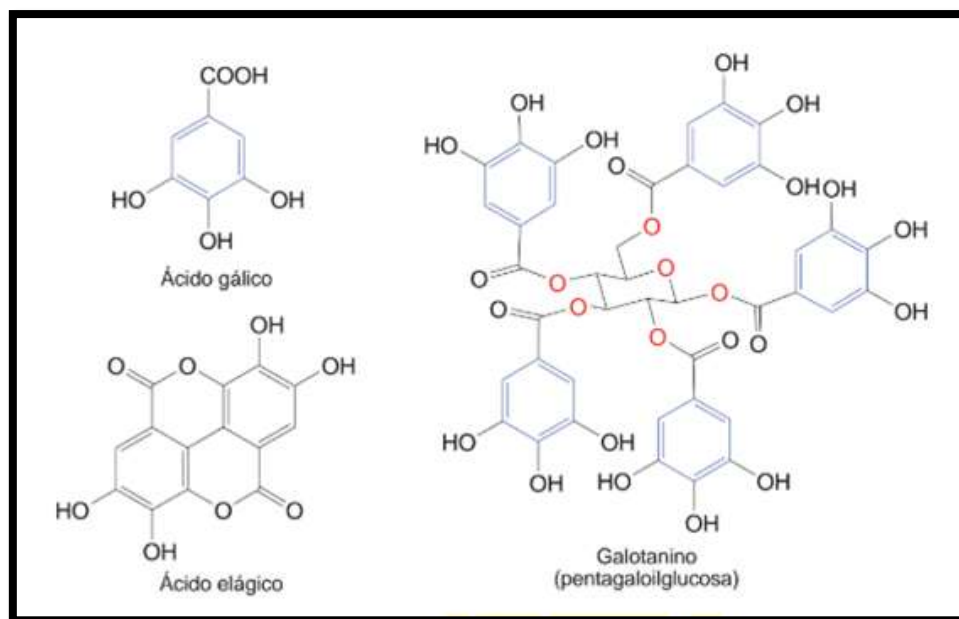
Los taninos son considerados sustancias polifenólicas, más o menos complejas, de origen vegetal, masa molecular elevada y sabor astringente (Claramunt, Farrán, López, Pérez, & Santa, 2013). Considerados compuestos hidrosolubles, por su alta miscibilidad en agua, alcohol y acetona e insolubles en solventes orgánicos apolares. Este tipo de metabolitos secundarios se pueden localizar en el tallo y órganos de las diferentes especies vegetales, también pueden ser encontrados adheridos a las vacuolas celulares junto a otros metabolitos como alcaloides, proteínas y glúcidos (Cadillo, Hurtado, Juárez, Mendoza, & Ríos, 2018).

### **2.3.2. Clasificación**

Químicamente se han distinguido dos tipos de taninos: hidrolizables y condensados, presentes en diferentes especies vegetales en las partes aéreas, especialmente en el fruto, con coloración verde.

#### **2.3.2.1. Taninos hidrolizables.**

Llamados también gálicos o pirogálicos. Presentan como núcleo central un alcohol polihídrico como la glucosa, y sus grupos hidroxilos se encuentran esterificados como el ácido gálico formando galotaninos y elagitaninos –Figura 10-. Se hidrolizan fácilmente con ácidos, bases y enzimas (Claramunt et al., 2013). Al tener contacto con cloruro férrico, dan una coloración azul oscuro y con agua de bromo, se evidencia un precipitado nulo.

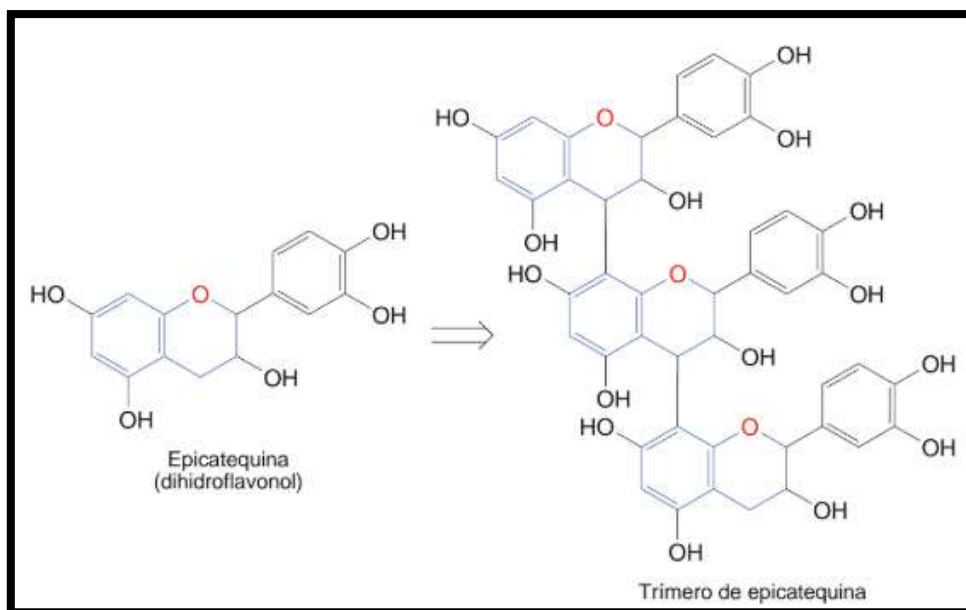


**Figura 10.** Componentes de un tanino hidrolizable

**Fuente:** Claramunt et al., (2013)

### 2.3.2.2. Taninos condensados o proantocianidinas.

Se conocen también como no hidrolizables –Figura 11–, este tipo de taninos se producen en el metabolismo normal de los vegetales por lo que se consideran fisiológicos y se encuentran ampliamente repartidos en el reino vegetal (Claramunt et al., 2013). Dentro de este grupo se encuentran los taninos del banano verde. Toma coloración verde o marrón al colocar algunas gotas de cloruro férrico y presencia de precipitado con agua de bromo.



**Figura 11.** Componentes de un tanino no hidrolizable

**Fuente:** Claramunt et al., (2013)

### 2.3.3. Propiedades

Según Bustamante, (2017) los taninos proporcionan a las plantas distintas propiedades como:

- **Antibacteriana:** privando a los microorganismos del medio apropiado para desarrollarse.
- **Antioxidante:** capacidad de eliminar radicales libres.
- **Antiinflamatoria:** desinflamación del tracto gastrointestinal.

### 2.4. Métodos de cuantificación

Para la determinación de taninos existen varias técnicas de aplicación, siendo las más utilizadas en varios experimentos, el método volumétrico de Lowenthal y el método de Folin-Ciocalteu.

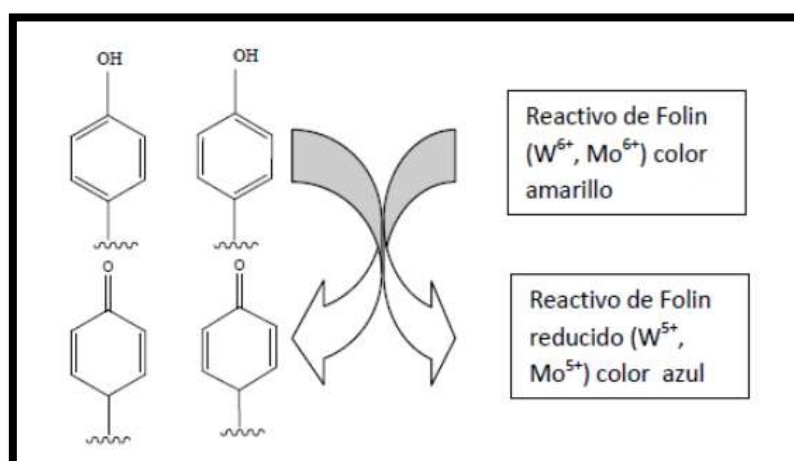
### 2.4.1. Método de Lowenthal

Esta metodología consiste en la oxidación de los taninos por  $\text{KMnO}_4$ , en presencia de añil sulfonado, como indicador de la reacción, de esta manera los compuestos presentes se oxidan, realizándose una segunda valoración con los taninos separados, calculando la cantidad existente por diferencia entre los dos valores (Álvarez & Lock, 1992, pág. 57).

### 2.4.2. Método de Folín- Ciocalteu

Al inicio, este método se denominaba Folín-Dennis, que tomaba una coloración por la reacción entre compuestos fosfotungsticos- fosfomolibdicos –Figura 12- con el ácido tánico y pirogalol (Álvarez & Lock, 1992, pág. 57), siendo modificado mediante la complementación con sulfato de litio, con la finalidad de evitar precipitados (Girón, 2012, págs. 20-21).

En comparaciones realizadas entre el método de Folín- Ciocalteu y Folín Dennis, se ha evidenciado que la absorbancia es menor en el método de Folín- Ciocalteu con una máximo de absorbancia de 760 nm, sin embargo, esta técnica es considerada la más apropiada para determinar concentraciones de mezclas fenólicas en extractos vegetales, atribuyéndose esta propiedad por ser menos sensible a interferencias por otras sustancias (Girón, 2012).



**Figura 12.** Mecanismo de acción del reactivo Folín-Ciocalteu

**Fuente:** García et al., (s.f, pág. 5)

## 2.5. Métodos utilizados para evaluar actividad antibacteriana

Existen diferentes técnicas para identificar la concentración mínima inhibitoria y la eficacia antimicrobiana. La mayoría de los métodos de evaluación *in vitro*, consisten en colocar una cantidad conocida de aceite esencial o extracto con diluyentes que no afecten en los resultados finales, directamente o no, sobre un medio apropiado e inoculado con el género bacteriano de interés (Reyes, Palou, & López, 2014).

### 2.5.1. Dilución en agar

Utilizado para comprobar, si una sustancia (extracto o aceite esencial) es tóxica contra un microorganismo en particular, la mismas que se preparan a diferentes concentraciones, para luego ser añadida en los agares y colocadas en cajas Petri para su solidificación –Figura 13– (Reyes, Palou, & López, 2014).

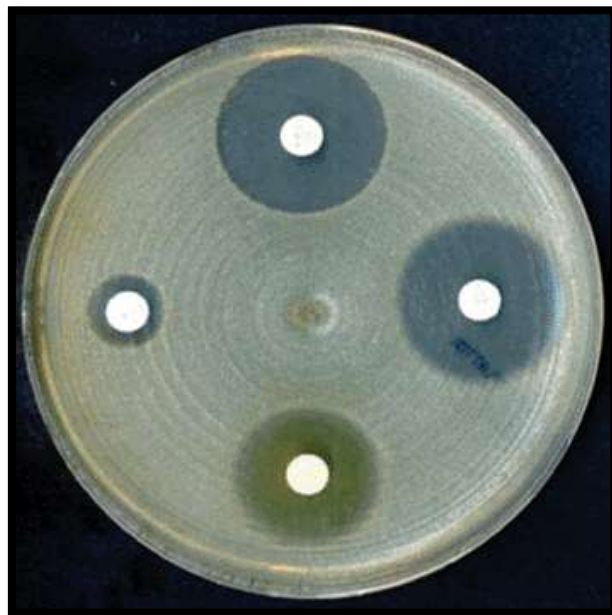


**Figura 13.** Prueba de dilución en agar con *Helicobacter pylori*

**Fuente:** López et al., (2015)

### 2.5.2. Difusión en agar

Es considerado el método más utilizado para evaluar la capacidad antibacteriana contra bacterias aerobias, se aplican dos técnicas, la primera consiste en solidificar el agar e inocular la suspensión bacteriana que cumpla el estándar 0.5 de Mc Farland, se embeben discos de papel filtro, previamente esterilizados, a diferentes concentraciones, siendo los mismos colocados en la superficie del agar. En la segunda se perfora el agar solidificado e inoculado, vertiéndose el extracto a diferentes concentraciones. Posterior a esto se coloca en una estufa a 37 °C por un lapso de 18 a 24 horas para observar los resultados –Figura 14- (Reyes, Palou, & López, 2014).



**Figura 14.** Resultados del antibiograma

**Fuente:** LabMedica, (2012)



### **3. Materiales y Métodos**

En la presente tesis de tipo investigativa –experimental se emplearon métodos teóricos para la consulta bibliográfica de metodología y aplicación de solventes, que se utilizarán en el desarrollo de este proyecto de investigación, el mismo que se efectuó en los laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Campus El Vecino. Evaluándose la capacidad antibacteriana de los taninos procedentes del banano verde de rechazo frente a *Staphylococcus aureus*, se obtuvieron extractos acuosos y etanólicos, realizándose una cuantificación de los mismos por el método colorimétrico Folin Ciocalteu y luego se evaluó su capacidad de inhibición por prueba de sensibilidad.

#### **3.1. Determinación de la técnica fisicoquímica que proporcione mayor rendimiento de taninos**

Para determinar la técnica que proporcione mayor rendimiento de taninos se aplicó dos tecnologías: maceración y agitación, tanto de la corteza como de la pulpa; mediante dos solventes: agua destilada y etanol.

##### **3.1.1. Obtención de materia prima**

La obtención de las muestras del banano verde, se realizó en Balosa parroquia El Retiro, perteneciente a la provincia de El Oro, en la hacienda Guarumal 1 –Figura 15-, con coordenadas -3.3874631, -79.933170.



**Figura 15.** Hacienda Guarumal 1

**Fuente:** La autora

### **3.1.2. Secado de materia prima**

#### **Equipo**

- Estufa Memmert SM-100

La corteza y pulpa del banano verde (*Musa sp.*), se cortan en trozos de forma cuadrangular de 0.5 cm aproximadamente (Velásquez Valderrama, 2004, pág. 18), a continuación se lavan con agua destilada para eliminar impurezas presentes (Wu et al., 2014, pág. 567).

Las muestras vegetales se colocan en la estufa Memmert por un lapso de tiempo de 72 horas a 40 °C, con la finalidad de deshidratar los mismos para facilitar su proceso de trituración –Figura 16-. Este procedimiento es modificado según lo establecido por Espinosa & Santacruz, (2017) en su trabajo “Phenolic compounds from the peel of *Musa cavendish*, *Musa acuminata* and *Musa cavandanaish*”.



**Figura 16.** Muestras de corteza deshidratada

**Fuente:** La autora

### **3.1.3. Pulverización y Tamizado de materia prima**

#### **Equipo**

- Molino manual para granos “Corona”
- Tamiz Advantech 800-511-2096

#### **Materiales**

- Bandeja de aluminio
- Papel aluminio
- Fundas Ziploc

Los trozos de corteza secos, se colocan en la tolva del molino, obteniéndose una masa pulverizada gruesa –Figura 17-, aplicando el mismo proceso para la pulpa. Posterior a esto, mediante un tamiz de marca Advantech de 40  $\mu\text{m}$ , se obtiene un polvo de diámetro 0.42 mm Wu et al., (2014).



**Figura 17.** Pulverizado de materia prima

**Fuente:** La autora

### **3.1.4. Obtención de extractos etanólicos y acuosos**

Se obtienen extractos mediante dos técnicas: maceración con etanol al 95 % y agua destilada, otra técnica empleada es agitación con etanol al 80 % y agua destilada.

#### **3.1.4.1.Extractos etanólicos al 95 % por maceración de la corteza y pulpa.**

##### **Equipos**

- Balanza analítica OHAUS PA-3102
- Bomba de filtrado al vacío TECNAL TE-0582
- Rotavapor TECNAL TE-211

##### **Materiales**

- Frascos ámbar de 250 mL
- Luna de reloj
- Espátula
- Kitasato de 750 mL

- Papel filtro
- Embudo Büchner
- Varilla
- Papel aluminio
- Polvo de corteza y pulpa

### **Solvente**

- Etanol al 95 %

Se coloca una proporción 1: 10 soluto (polvo de corteza o pulpa) - solvente (etanol al 95 %), en el frasco ámbar, se deja reposar el extracto por 5 días, forrado con papel aluminio para evitar el contacto con la luz debido a que los metabolitos secundarios son fotosensibles.

A continuación se procede a filtrar el extracto por dos ocasiones para evitar la presencia de sedimentos –Figura 18-, se coloca en el Rotavapor a 60 °C –Figura 19- con la finalidad de recuperar el etanol, finalmente se almacena en frascos ámbar en refrigeración a 4° C. Este procedimiento es modificado según lo establecido por Espinosa & Santacruz, (2017) en su trabajo “Phenolic compounds from the peel of *Musa cavendish*, *Musa acuminata* and *Musa cavandanaish*”. Se realiza por triplicado.



**Figura 18.** Filtrado al vacío de extracto macerado de la corteza

**Fuente:** La autora



**Figura 19.** Extracto macerado de la pulpa en el Rotavapor

**Fuente:** La autora

### **3.1.4.2.Extractos acuosos por maceración de la corteza y de la pulpa.**

#### **Equipos**

- Balanza analítica OHAUS PA-3102
- Bomba de filtrado al vacío TECNAL TE-0582

#### **Materiales**

- Frascos ámbar de 250 mL
- Luna de reloj
- Espátula
- Kitasato de 750 mL
- Papel filtro
- Embudo Büchner
- Varilla
- Papel aluminio
- Polvo de corteza y pulpa

## Solvente

- Agua destilada

Se coloca una proporción 1: 10 soluto (polvo de corteza o pulpa) - solvente (agua destilada), en el frasco ámbar, se deja reposar el extracto por 5 días, forrado con papel aluminio para evitar el contacto con la luz debido a que los metabolitos secundarios son fotosensibles. Este procedimiento es modificado según lo establecido por Ehiowemwenguan, Emoghene, & Inetianbor, (2014) en su trabajo “Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel”.

A continuación se procede a filtrar el extracto –Figura 21- por dos ocasiones para evitar la presencia de sedimentos. Finalmente se almacena en frascos ámbar en refrigeración –Figura 20-. Se realiza por triplicado.



**Figura 20.** Extracto acuoso de corteza de banano

**Fuente:** La autora



**Figura 21.** Filtrado al vacío de extracto acuoso de la pulpa de banano

**Fuente:** La autora

### **3.1.4.3.Extractos etanólicos al 80 % por agitación de la corteza y pulpa.**

#### **Equipos**

- Balanza analítica OHAUS PA-3102
- Bomba de filtrado al vacío TECNAL TE-0582
- Rotavapor TECNAL TE-211

#### **Materiales**

- Frascos ámbar de 250 mL
- Luna de reloj
- Espátula
- Agitadores magnéticos
- Matraces de 250 mL
- Kitasato de 750 mL
- Papel filtro
- Embudo Büchner
- Varilla



- Papel aluminio
- Algodón
- Polvo de corteza y pulpa

#### **Solvente**

- Etanol al 80 %

Se coloca una proporción 1: 10 soluto (polvo de corteza o pulpa) - solvente (etanol al 80 %), en el matraz de 250 mL, la mezcla se agita intermitentemente usando un agitador magnético durante 8 horas –Figura 22-, dejándose en reposo por 20 horas, luego se filtra por dos ocasiones para eliminar impurezas. Este procedimiento es modificado según lo establecido por Ehiowemwenguan et al., (2014) en su trabajo “Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel” y por Ahmed et al., (2016) en su trabajo “Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica* L.) as antioxidant and antimicrobial agents”.

Para recuperar el etanol se coloca el extracto resultante en el Rotavapor a 60 °C –Figura 23-, se envasa en un frasco ámbar en refrigeración hasta su cualificación y cuantificación. Se realiza por triplicado.



**Figura 22.** Agitación de extracto etanólico de la corteza

**Fuente:** La autora



**Figura 23.** Extracto etanólico de la pulpa

**Fuente:** La autora

### **3.1.4.4.Extractos acuosos por agitación de la corteza y pulpa.**

#### **Equipos**

- Balanza analítica OHAUS PA-3102
- Bomba de filtrado al vacío TECNAL TE-0582

#### **Materiales**

- Frascos ámbar de 250 mL
- Luna de reloj
- Espátula
- Agitadores magnéticos
- Matraces de 250 mL
- Kitasato de 750 mL
- Papel filtro
- Embudo Büchner
- Varilla
- Papel aluminio
- Algodón
- Polvo de corteza y pulpa

#### **Solvente**

- Agua destilada

Se coloca una proporción 1: 10 soluto (polvo de corteza o pulpa) - solvente (agua destilada), en el matraz de 250 mL, la mezcla se agita intermitentemente usando un agitador magnético –Figura 25-durante 8 horas, dejándose en reposo por 20 horas, luego se filtra por dos veces para eliminar impurezas –Figura 24-. Se procede a envasar en un frasco ámbar a refrigeración hasta su cualificación. Este procedimiento es modificado según lo establecido

por Ehiowemwenguan et al., (2014) en su trabajo “Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel” y por Ahmed et al., (2016) en su trabajo “Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica* L.) as antioxidant and antimicrobial agents”. Se realiza por triplicado.



**Figura 24.** Extracto acuoso de la corteza

**Fuente:** La autora



**Figura 25.** Agitación de extracto acuoso de pulpa

**Fuente:** La autora

### **3.1.5. Pruebas cualitativas para corroborar presencia de taninos**

#### **Equipos**

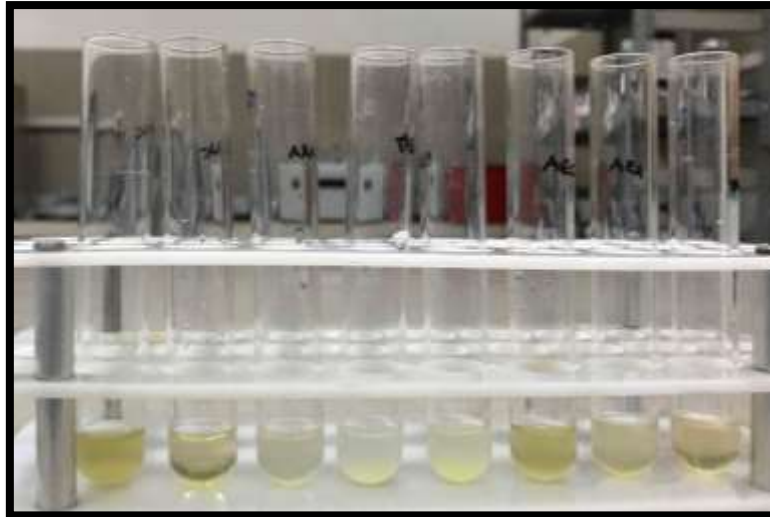
- Balanza analítica OHAUS PA-3102

#### **Reactivos**

- Agua de bromo
- Acetato de sodio
- Cloruro férrico

#### **3.1.5.1. Prueba del agua de bromo.**

En un tubo de ensayo se coloca 1 mL de extracto, se adicionan 5 gotas de agua de bromo, por un lapso de tiempo de aproximadamente de uno a dos minutos, si se observa la formación de un precipitado y desaparece la coloración, indica la presencia de taninos condensados, la reacción es positiva –Figura 26- (Pozo & Salazar, 2012).



**Figura 26.** Prueba de agua de bromo en extractos acuosos y etanólicos

**Fuente:** La autora

### **3.1.5.2. Prueba con cloruro férrico.**

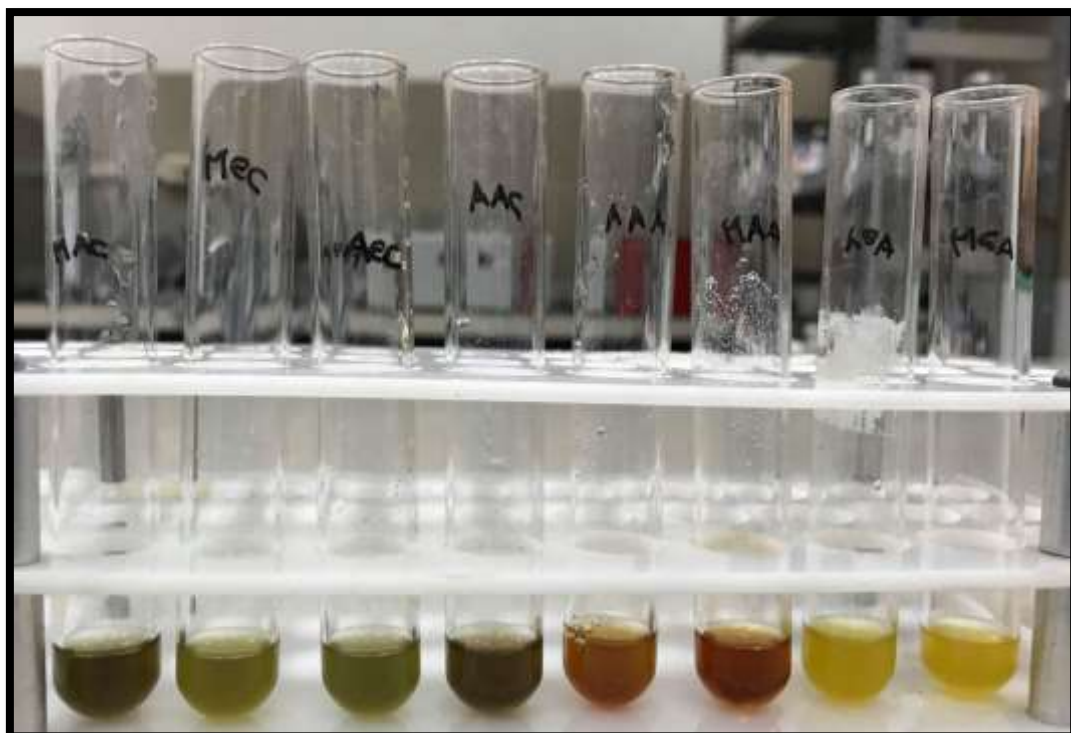
En un tubo de ensayo se coloca 1 mL de extracto, se agregan 3 gotas de cloruro férrico si el extracto es alcohólico, si se trata de un extracto acuoso se adiciona 0.3 gramos de acetato de sodio (sólido) con la finalidad de neutralizar la reacción con cloruro férrico (Coy Barrera, Parra, & Cuca, 2014). Pudiéndose observar distintas coloraciones asociadas al tipo de tanino presente –Figura 27- y la cantidad aproximada:

**Amarillo:** nula cantidad de taninos

**Verde o Marrón:** mediana cantidad de taninos, indicando la presencia de taninos condensados o hidrolizables, que se encuentran en la mayor cantidad de plantas.

**Azul:** alta cantidad de taninos, indicando la presencia de taninos no hidrolizables o derivados del ácido gálico.

**Rojo:** presencia de fenoles totales.



**Figura 27.** Prueba con cloruro férrico en extractos acuosos y etanólicos

**Fuente:** La autora

### **3.2. Análisis cuantitativo de taninos mediante el método colorimétrico Folin-Ciocalteu**

#### **Equipos**

- Espectrofotómetro UV-Visible JASCO V- 630
- Balanza analítica OHAUS PA-3102
- Ultrasonido Fisher Scientific FS20D

#### **Materiales**

- Balones de aforo de 100 mL y 10 mL
- Micropipetas
- Celdas de cuarzo
- Frascos ámbar

- Papel aluminio

### **Reactivos**

- Carbonato de sodio
- Ácido gálico
- Etanol al 96 %
- Reactivo de Folin- Ciocalteu

#### **3.2.1. Preparación de curva de calibración con ácido gálico**

Se prepara una solución blanco, en un frasco ámbar se adiciona una alícuota 4 000  $\mu\text{L}$  de agua destilada, 250  $\mu\text{L}$  de reactivo Folin- Ciocalteu, se deja reposar por un periodo de 2 a 3 minutos, e inmediatamente se añade a la solución 750  $\mu\text{L}$  de carbonato de sodio al 20 %, se sella y cubre el frasco en su totalidad de papel aluminio por un lapso de 60 minutos.

Posteriormente, se procede a preparar una solución madre colocando 20 mg de ácido gálico en un balón de aforo de 100 mL, aforando el mismo con etanol al 96 %, a partir de la cual se obtienen 6 soluciones a diferentes concentraciones de 2, 10, 25, 50, 150, 200 partes por millón (ppm) –Figura 28-. En diferentes frascos ámbar, con la ayuda de una micropipeta se adiciona 50  $\mu\text{L}$  de cada solución de ácido gálico, 250  $\mu\text{L}$  de reactivo Folin- Ciocalteu, 3950  $\mu\text{L}$  de agua destilada, se deja reposar por un periodo de 2 a 3 minutos, se añade 750  $\mu\text{L}$  de carbonato de sodio al 20 %, el frasco se cubre con papel aluminio, y se deja reposar por 60 minutos. De preferencia se colocan los frascos en un lugar oscuro. Transcurrido el tiempo, se colocan las soluciones en celdas de cuarzo, para ser llevadas al espectrofotómetro UV-Visible para medir las absorbancias a 750 nm.

Este procedimiento es aplicado según a lo establecido por León Durán (2018), en el trabajo “Evaluación *in vitro* de la capacidad inhibitoria de taninos presentes en la tara (*Caesalpinia espinosa*) frente a *Fusarium sp.*”





**Figura 28.** Celdas de cuarzo, con soluciones a diferentes concentraciones (ppm)

**Fuente:** La autora

### **3.2.2. Cuantificación de extractos acuosos y etanólicos**

Se disuelve el extracto con un factor de dilución de 1: 10 en agua destilada, a continuación se colocan 50  $\mu\text{L}$  de extracto, 250  $\mu\text{L}$  de reactivo Folin- Ciocalteu, 3950  $\mu\text{L}$  de agua destilada, se deja reposar por un periodo de 2 a 3 minutos, se añade 750  $\mu\text{L}$  de carbonato de sodio al 20 %, el frasco se cubre con papel aluminio, y se deja reposar por 60 minutos en un lugar oscuro. El proceso se realiza para cada extracto.

Transcurrido los 60 minutos, se coloca en celdas de cuarzo las soluciones obtenidas para su posterior lectura de absorbancias en el espectrofotómetro UV- Visible a 750 nm.

Este procedimiento es aplicado según a lo establecido por León Durán (2018), en el trabajo “Evaluación *in vitro* de la capacidad inhibitoria de taninos presentes en la tara (*Caesalpinia spinosa*) frente a *Fusarium sp.*”

Para cuantificar el contenido de taninos en los extractos, se procede a sustituir el valor obtenido de la absorbancia en la ecuación de la recta, se despeja “x” que corresponde a la concentración de ácido gálico en el extracto. Con el resultado se aplica la siguiente fórmula para obtener gramos de ácido gálico por 100 gramos de muestra seca.

$$A= 10 \left( \frac{\text{gramos de ácido gálico}}{100 \text{ gramos de muestra seca}} \right) \times 100$$

Se aplica la fórmula descrita por García et al., (s.f) en el trabajo “Determinación de Polifenoles Totales por el método de Folin Ciocalteu”.

### **3.3. Evaluación de capacidad antibacteriana por prueba de sensibilidad por discos**

En este método se incorpora el antibacteriano a evaluar en un medio con agar, en la mayoría de casos el medio de cultivo que se emplea es el agar Mueller Hinton (García, y otros, 2000, pág. 20).

#### **Equipos**

- Agitador de tubos Vortex Labnet
- Incubadora Memmert SNB-400
- Autoclave All American N-930
- Cámara de flujo laminar Streamline SD
- Balanza OHAUS Traveler
- Espectrofotómetro GENESYS 20

#### **Materiales**

- Cajas Petri
- Hisopos
- Micropipeta
- Papel parafilm

#### **Reactivos**

- Agar Manitol salado
- Agar Mueller-Hinton

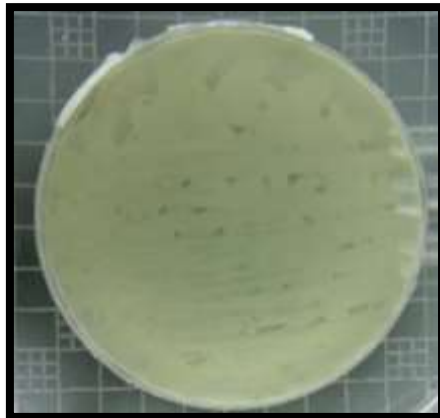
- Agar Nutritivo
- Solución salina al 0.9 %

### 3.3.1. Prueba de confirmación del género bacteriano *Staphylococcus aureus*

Se realiza la siembra de *S. aureus* ATCC 12600 en el medio manitol salado por un lapso de tiempo de 24 a 48 horas a 37 °C, debido a que este medio contiene rojo fenol como un indicador de fermentación de manitol que producen colonias de color amarillo, esta prueba se realizó con la finalidad de corroborar que la cepa corresponde al género bacteriano *S. aureus* (BD, 2013).

### 3.3.2. Preparación del inóculo

Se seleccionan 4 a 5 colonias del género bacteriano en estudio, de preferencia de un cultivo puro, se utilizó la cepa bacteriana de *S. aureus* ATCC 12600 –Figura 29–, se siembra e incuba a 37 °C por 18 horas, previo a la realización de la prueba de sensibilidad o técnica de Kirby- Bauer (Bernal & Guzmán, 1984).



**Figura 29.** Cepa de *S. aureus* ATCC: 12600

**Fuente:** La autora

### 3.3.3. Estandarización del inóculo

Para la estandarización del inóculo, el cultivo no debe sobrepasar las 24 horas, se transfieren las colonias a un tubo con solución salina al 0.9 % se agita el tubo con un agitador

de tipo Vortex hasta obtener una turbidez equivalente al estándar 0.5 de Mc Farland –Figura 31-, la cual corresponde a  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL mediante el uso del equipo GENESYS 20 con una densidad óptica (absorbancia) de 0.08 a 0.10 a una longitud de onda de 625 nm –Figura 30-, el mismo que debe ser utilizado dentro de 15 minutos a partir de su elaboración (Lucero & Galas, 2008; García et al., 2000).



**Figura 30.** Medición de absorbancia en equipo GENESYS 20

**Fuente:** La autora



**Figura 31.** Patrón 0.5 de Mc Farland en *S. aureus* en solución salina al 0.9 %

**Fuente:** La autora

### **3.3.4. Preparación e inoculación de placa**

Se procede a retirar el contenedor de discos que contienen el antibiótico (vancomicina y cloranfenicol) aproximadamente 2 horas antes de utilizarlos, para reducir la condensación impidiendo que la humedad afecte la concentración de los agentes antimicrobianos (Cavaliere et al., 2005).

Las placas de agar Mueller- Hinton se acondicionan a temperatura ambiente en la cámara de flujo laminar, colocándose las placas entreabiertas de 10 a 15 minutos, la profundidad apropiada de las mismas debe ser de 4 mm -Figura 32- (Cavaliere et al., 2005).

Con la ayuda de una micropipeta de 100  $\mu$ L, se adiciona el contenido de inóculo estandarizado sobre las placas sólidas y con la ayuda de un hisopo se cubre toda la placa (García et al., 2000).

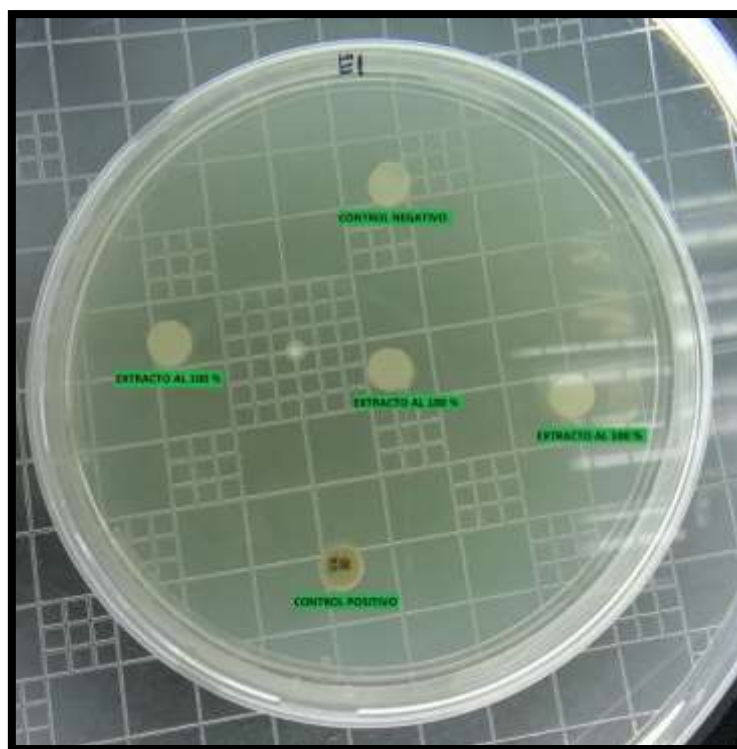


**Figura 32.** Acondicionamiento de placas

**Fuente:** La autora

### **3.3.5. Aplicación de discos con extractos**

Transcurrido 15 minutos posteriores a la inoculación de la placa, se procede a colocar los discos impregnados con los extractos, discos con agua destilada (control negativo) y discos de sensibilidad (control positivo) con la ayuda de una pinza estéril presionando firmemente para garantizar el contacto completo con la superficie del agar -Figura 33- (Lucero & Galas, 2008). Se debe incubar inmediatamente las cajas, o dentro de los próximos 30 minutos (Bernal & Guzmán, 1984).



**Figura 33.** Distribución de discos en caja Petri

**Fuente:** La autora

### 3.3.6. Medición de halos de inhibición

La lectura de halos de inhibición se realiza luego de 16 a 24 horas de incubación. Para *Staphylococcus aureus* se utiliza luz reflejada contra una superficie oscura para medir las zonas de inhibición con la ayuda de una regla o calibrador (Sacsquispe & Velásquez, 2002).

En lo que respecta a la interpretación de datos según el tamaño del halo de inhibición, se pueden clasificar en tres nominaciones: sensible, intermedio y resistente.

**Tabla 3.** Antibióticos y diámetros críticos para *Staphylococcus sp.*

Antimicrobiano	Contenido del disco	Diámetro en mm		
		Resistente	Intermedio	Sensible
Vancomicina	30 µg	-	-	≥ 15
Cloramfenicol	30 µg	≤12	13- 17	≥18

**Fuente:** (Sacsquispe & Velásquez, 2002, pág. 21)

El porcentaje de inhibición se calcula mediante la siguiente fórmula, teniendo como referencia la medida del diámetro de las zonas de inhibición del control positivo, negativo y halos de extractos testeados.

$$\% \text{ Inhibición: } \frac{(\emptyset \text{ halo extracto} - \emptyset \text{ halo blanco})}{(\emptyset \text{ halo control positivo} - \emptyset \text{ halo blanco})} \times 100$$

## **4. Resultados y Discusión**

### **4.1. Determinación de la técnica fisicoquímica que proporcione mayor rendimiento de taninos**

#### **4.1.1. Secado de materia prima**

De la materia prima obtenida en la hacienda “Guarumal 1”, se adquirió un total de 1 814.37 gramos entre corteza y pulpa, posterior al secado se obtuvo 964 gramos (719.35 gramos de pulpa y 244.65 gramos de corteza).



#### 4.1.2. Tamizado de materia prima

Luego del triturado y tamizado de la materia prima se obtuvo 77.70 gramos de polvo de corteza y 168.32 gramos de polvo de pulpa con partículas de 0.42 mm de diámetro.

#### 4.1.3. Obtención de extractos acuosos y etanólicos

##### 4.1.3.1. Extractos etanólicos al 95 % por maceración de la corteza y pulpa.

Se obtuvo una cantidad de 6 extractos por maceración de la corteza y pulpa del banano verde, utilizando como solvente de extracción el etanol con una concentración al 95 %. En las tablas 4 y 5 se detalla la cantidad de materia prima utilizada, volumen inicial y final.

*Tabla 4. Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por maceración de la corteza*

Código de extracto corteza	Materia prima (g)	Volumen inicial (mL)	Volumen final (mL)	Volumen luego del Rotavapor (mL)
MCE-1	6.02	60	40	18
MCE-2	6	60	45	20
MCE-3	5.99	60	45	22

Fuente: La autora

*Tabla 5. Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por maceración de la pulpa*

Código de extracto pulpa	Cantidad de materia prima (g)	Volumen de extracto inicial (mL)	Volumen de extracto final (mL)	Volumen luego del Rotavapor (mL)
MPE-1	10.02	100	80	50
MPE-2	10	100	80	50
MPE-3	10.01	100	80	50

Fuente: La autora

##### 4.1.3.2. Extractos acuosos por maceración de la corteza y pulpa.

Se obtuvo una cantidad de 6 extractos por maceración de la corteza y pulpa del banano verde, utilizando como solvente de extracción agua destilada. En las tablas 6 y 7 se detalla la cantidad de materia prima utilizada, volumen inicial y final.

**Tabla 6.** Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por maceración de la corteza

<b>Código de extracto corteza</b>	<b>Cantidad de materia prima (g)</b>	<b>Volumen de extracto inicial (mL)</b>	<b>Volumen de extracto final (mL)</b>
MCA-1	6	60	50
MCA-2	6.01	60	45
MCA-3	6.05	60	55

Fuente: La autora

**Tabla 7.** Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por maceración de la pulpa

<b>Código de extracto pulpa</b>	<b>Cantidad de materia prima (g)</b>	<b>Volumen de extracto inicial (mL)</b>	<b>Volumen de extracto final (mL)</b>
MPA-1	10	100	85
MPA-2	10.01	100	85
MPA-3	10.02	100	90

Fuente: La autora

#### **4.1.3.3. Extractos etanólicos al 80 % por agitación de la corteza y pulpa.**

Se obtuvo una cantidad de 6 extractos por agitación de la corteza y pulpa del banano verde, utilizando como solvente de extracción el etanol con una concentración al 80 %. En las tablas 8 y 9 se detalla la cantidad de materia prima utilizada, volumen inicial y final de los extractos.

**Tabla 8.** Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por agitación de la corteza

<b>Código de extracto corteza</b>	<b>Cantidad de materia prima (g)</b>	<b>Volumen de extracto inicial (mL)</b>	<b>Volumen de extracto final (mL)</b>	<b>Volumen luego del Rotavapor (mL)</b>
ACE-1	7	70	50	15
ACE-2	7	70	50	17
ACE-3	7.04	70	50	15

Fuente: La autora

**Tabla 9.** Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por agitación de la pulpa

<b>Código de extracto pulpa</b>	<b>Cantidad de materia prima (g)</b>	<b>Volumen de extracto inicial (mL)</b>	<b>Volumen de extracto final (mL)</b>	<b>Volumen luego del Rotavapor (mL)</b>
APE-1	10	100	70	51
APE-2	10	100	75	47
APE-3	10	100	70	50

**Fuente:** La autora

#### **4.1.3.4. Extractos acuosos por agitación de la corteza y pulpa.**

Se obtuvo una cantidad de 6 extractos por agitación de la corteza y pulpa del banano verde, utilizando como solvente de extracción agua destilada. En las tablas 10 y 11 se detalla la cantidad de materia prima utilizada, volumen inicial y final de los extractos.

**Tabla 10.** Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por agitación de la corteza

<b>Código de extracto corteza</b>	<b>Cantidad de materia prima (g)</b>	<b>Volumen de extracto inicial (mL)</b>	<b>Volumen de extracto final (mL)</b>
ACA-1	7	70	60
ACA-2	7.01	70	55
ACA-3	7	70	55

**Fuente:** La autora

**Tabla 11.** Volúmenes obtenidos en extractos acuosos por agitación de la pulpa

<b>Código de extracto pulpa</b>	<b>Cantidad de materia prima (g)</b>	<b>Volumen de extracto inicial (mL)</b>	<b>Volumen de extracto final (mL)</b>
APA-1	10	100	80
APA-2	10.01	100	85

APA-3	10	100	85
-------	----	-----	----

Fuente: La autora

#### 4.1.3.5. Rendimiento de extractos obtenidos a partir de la corteza y pulpa.

El rendimiento se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{\text{peso de materia vegetal}}{\text{peso de volumen final}} * 100$$

**Tabla 12.** Media de rendimientos de extractos

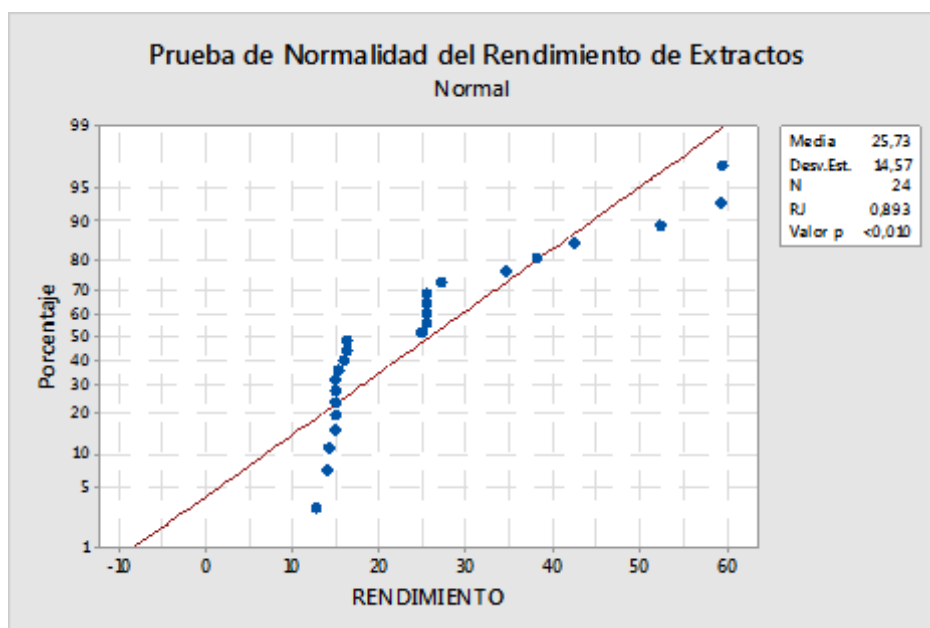
Código de extracto	Repetición 1 (%)	Repetición 2 (%)	Repetición 3 (%)	Media de rendimientos (%)
MCE	42.39	38.02	34.50	38.30
MPE	25.39	25.34	25.37	25.37
MCA	15.21	12.70	13.94	13.95
MPA	14.91	14.92	14.11	14.65
ACE	59.12	52.20	59.46	56.93
APE	14.79	16.15	16.13	16.69
ACA	24.85	26.97	25.35	25.72
APA	15.84	14.92	14.91	15.22

Fuente: La autora

El rendimiento de los extractos se obtuvo mediante un balance de masas de material inicial y peso final para cada extracto, los mismos que mostraron un rendimiento de extracción de 56.93 % como el más alto y 13.95 % como el más bajo. Estos resultados se los puede verificar en la -Tabla 12-, se constata que los extractos etanólicos de la corteza obtenidos tanto por maceración como agitación presentan los mayores rendimientos, y se corrobora lo establecido por Kasay et al., (2014) en su trabajo “ESTUDIO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE TANINOS DE LA OENOTHERA ROSEA L 'HÉR. EX AITON” que el etanol como solvente tiene un mayor poder extractante. Los resultados obtenidos en este trabajo son más altos a los alcanzados por Mokbel y Hashinaga (2005), con un rendimiento del 4 % para el extracto etanólico y 0.24 % para el extracto acuoso. Sin embargo en el trabajo “Evaluación del efecto biológico del extracto de la cáscara de *Musa paradisiaca* sobre agentes causales de la pudrición de corona y otros hongos postcosecha en la provincia del

Guayas, Ecuador” realizado por Rivera Cárdenas, (2016), obtiene un rendimiento de 13.22 % en extracto acuoso mediante método Soxhlet y 1.97 % en extracto etanólico al 96 % en frío.

Para iniciar el análisis estadístico de los datos, se efectuó una prueba de normalidad en Minitab 18 –Gráfica 1-, para comprobar si presentan un comportamiento normal.



**Gráfica 1.** Prueba de Normalidad para el Rendimiento de los extractos acuosos y etanólicos

**Fuente:** La autora

El valor de p obtenido en la prueba de normalidad es menor a la significancia, razón por la cual se deduce que los datos no tienen un comportamiento normal, por ello se realiza una prueba de Kruskal-Wallis –Tabla 14- para determinar si las muestras proceden de una misma población o si al menos alguna muestra procede de población diferente.

**Tabla 13.** Estadística descriptiva de tipos de extractos

Tipo de extracto	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
ACA	3	16.13	9.0	-0.92
ACE	3	59.12	23.0	2.75
APA	3	14.92	7.7	-1.27
APE	3	25.35	15.3	0.74
MCA	3	13.94	4.0	-2.23

MCE	3	38.02	20.0	1.96
MPA	3	14.91	5.3	-1.88
MPE	3	25.37	15.7	0.83
General	24		12.5	

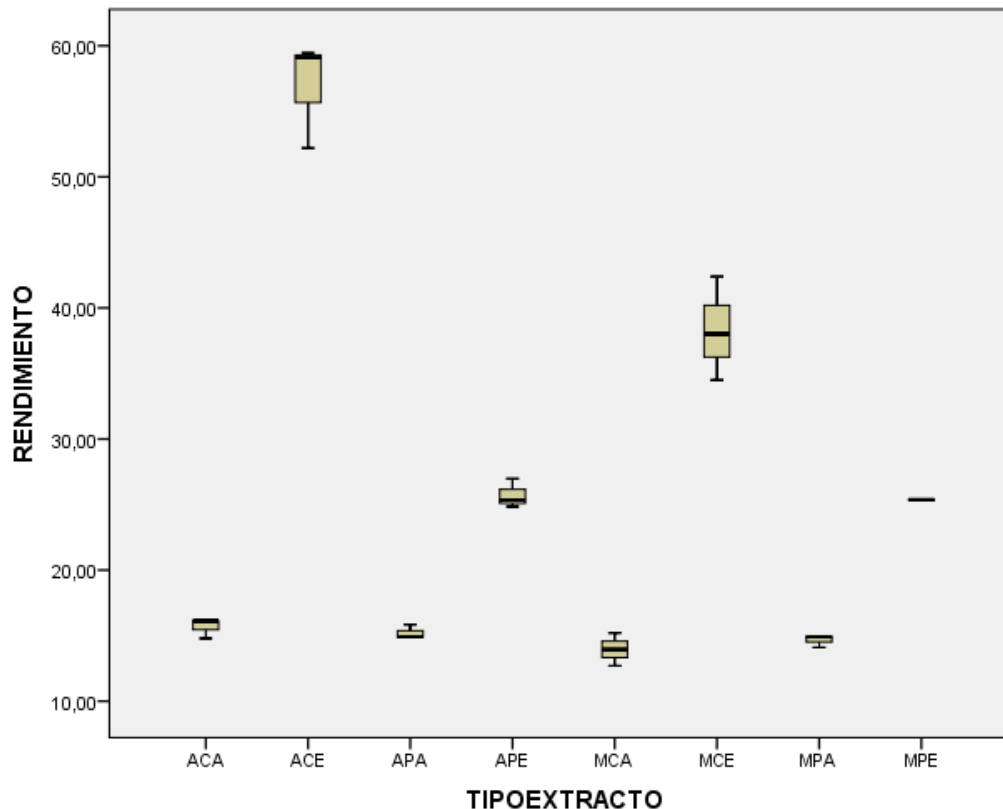
**Fuente:** La autora

**Tabla 14.** Prueba de Kruskal Wallis

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	7	20.63	0.004
Ajustado para empates	7	20.64	0.004

**Fuente:** La autora

En la -Tabla 14-, se verifica que el valor de p es de 0.004, menor que la significancia, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, corroborándose que las medianas no son iguales, sin embargo en la -Tabla 13-, se puede verificar que el tratamiento agitación de la corteza con etanol (ACE) obtuvo un mayor rendimiento del 59.12 % seguido del tratamiento MCE con un rendimiento del 38.02 %.



**Gráfica 2.** Diagrama de cajas de rendimientos vs extractos

**Fuente:** La autora

En la -Gráfica 2-, con un diagrama de cajas se puede comprobar la hipótesis alternativa, que un método difiere de los demás como es ACE, siendo el extracto con mayor rendimiento.

#### 4.1.4. Cualificación de extractos

Para cualificar los extractos se realizaron dos pruebas: con cloruro férrico y agua de bromo.

##### 4.1.4.1. Prueba con cloruro férrico.

En la -Tabla 15-, se puede afirmar la presencia de taninos condensados o pirocatecólicos, debido al cambio de coloración de los extractos, este cambio de color se encuentra relacionado con la reacción química que se produce al contacto de los grupos hidroxilos con el reactivo utilizado.

**Tabla 15.** *Cualificación con cloruro férrico*

Código de extracto	Prueba con cloruro férrico	
	Coloración	Tipo de tanino
MCE-1	Verde oscuro	Condensados
MCE-2	Verde oscuro	Condensados
MCE-3	Verde oscuro	Condensados
MPE-1	Amarillo	-
MPE-2	Amarillo	-
MPE-3	Amarillo	-
MCA-1	Verde oscuro	Condensados
MCA-2	Verde oscuro	Condensados
MCA-3	Verde oscuro	Condensados
MPA-1	Rojo/ Pardo	Fenoles totales
MPA-2	Rojo/ Pardo	Fenoles totales
MPA-3	Rojo/ Pardo	Fenoles totales
ACE-1	Verde oscuro	Condensados
ACE-2	Verde oscuro	Condensados
ACE-3	Verde oscuro	Condensados
APE-1	Amarillo	-
APE-2	Amarillo	-
APE-3	Amarillo	-
ACA-1	Verde oscuro	Condensados
ACA-2	Verde oscuro	Condensados
ACA-3	Verde oscuro	Condensados
APA-1	Marrón	Condensados
APA-2	Marrón	Condensados

APA-3	Marrón	Condensados
-------	--------	-------------

**Fuente:** La autora

Los resultados obtenidos concuerdan con Anzora y Fuentes (2008), con la presencia de coloración verde grisácea en las pruebas con cloruro de hierro en extractos procedentes de la corteza de banano verde correspondiente a taninos condensados. En el trabajo de Ly (2004), “Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad” se afirma que existe una mayor proporción de taninos en la cáscara. En el caso de los extractos APE Y MPE, la reacción se considera negativa al presentar la misma coloración del cloruro férrico, aunque en el trabajo experimental de Pereira (2015), “Identificación cualitativa de compuestos fenólicos en frutos de *Parmentiera edulis*, Octubre - Noviembre 2015, León-Nicaragua.”, afirman que algunos fenoles como las hidroquinonas no dan coloración debido a que se oxidan con el reactivo, se comprueba con la prueba de bromo la existencia compuestos fenólicos al observarse la presencia de un precipitado blancuzco.

#### **4.1.4.2. Prueba de agua de bromo.**

Para la prueba de bromo, para comprobar la presencia de taninos, en la -Tabla 16-, se puede evidenciar los resultados obtenidos de la reacción de los extractos etanólicos y acuosos con el reactivo.



**Tabla 16.** *Cualificación con agua de bromo*

<b>Código de extracto</b>	<b>Prueba con agua de bromo</b>
	<b>Presencia de precipitado</b>
MCE-1	Positivo
MCE-2	Positivo
MCE-3	Positivo
MPE-1	Positivo
MPE-2	Positivo
MPE-3	Positivo
MCA-1	Positivo
MCA-2	Positivo
MCA-3	Positivo
MPA-1	Positivo
MPA-2	Positivo
MPA-3	Positivo
ACE-1	Positivo
ACE-2	Positivo
ACE-3	Positivo
APE-1	Positivo
APE-2	Positivo
APE-3	Positivo
ACA-1	Positivo
ACA-2	Positivo
ACA-3	Positivo
APA-1	Positivo
APA-2	Positivo
APA-3	Positivo

**Fuente:** La autora

Gutiérrez & Roa (2003) en el trabajo “Determinación de algunos compuestos químicos en cuatro plantas arbóreas forrajeras”, comprueban la presencia de compuestos fenólicos en extractos tratados con agua de bromo, evidenciando decoloración y presencia de precipitado.

## 4.2. Análisis cuantitativo de taninos mediante el método colorimétrico Folin-Ciocalteu

### 4.2.1. Preparación de curva de calibración con ácido gálico

Dentro de los análisis cuantitativos, un procedimiento muy utilizado es la elaboración de curvas de calibración. Los parámetros que se evaluaron a partir de la curva de calibración obtenida fueron rango de linealidad y sensibilidad.

**Rango de linealidad:** Intervalo de concentraciones dentro de la cual se puede medir una muestra problema con un alto nivel de certidumbre. Con un intervalo de seis concentraciones -Tabla 15- se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.999217. Se considera como criterio de aceptación de linealidad a partir de un coeficiente de correlación  $r^2 > 0.98$ , confirmándose como método lineal (Dosal & Villanueva, 2018, pág. 20).

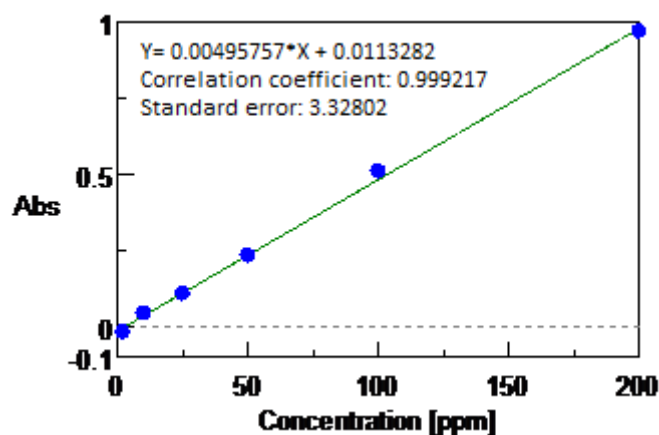
**Sensibilidad:** La pendiente de calibración que se consiguió en 60 minutos fue de 0.00495, mientras la concentración es menor 0.0044, la sensibilidad de la técnica se considera mayor (Arenas & López, 2004, pág. 26).

*Tabla 17. Curva de calibración con ácido gálico a diferentes concentraciones*

Concentración (ppm) a 60 minutos	Absorbancia a 750 nm
2	0.0159
10	0.0446
25	0.1092
50	0.2343
100	0.5104
200	0.9680

**Fuente:** La autora

En la -Tabla 17-, se detalla la concentración de ácido gálico a diferentes concentraciones y sus absorbancias a 750 nm, elaborándose con los mismos la curva de calibración -Gráfica 1-.



Gráfica 3. Curva de calibración a 750 nm a diferentes concentraciones

Fuente: La autora

#### 4.2.2. Cuantificación de extractos acuosos y etanólicos

En la -Tabla 18-, se puede apreciar la cantidad de taninos presentes en cada tipo de extracto interpretados como miligramos de ácido gálico en 100 gramos de muestra seca, considerándose como máximo el extracto ACE con una media de 159.95 mg, obtenido mediante la técnica de agitación de la corteza con el solvente etanol y con un valor mínimo el extracto MPE con una media de 1.06 mg mediante la técnica de maceración de la pulpa.

En el trabajo experimental de Ahmed et al., (2016) titulado como “Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica L.*) as antioxidant and antimicrobial agents”, obtienen una concentración 17.66 mg AT/ 100 g de materia seca en un extracto etanólico al 80 %, los resultados obtenidos son menores a los alcanzados en el trabajo “Optimization of Extraction of Tannins from Banana Peel Using Response Surface Methodology” por Wu et al., (2014) obtienen un valor de 60.08 mg de A.G en 100 g de materia seca en un extracto etanólico al 80 %.

Según Anal, Jaisanti, & Noomhorm (2014), en el trabajo “Enhanced yield of phenolic extracts from banana peels (*Musa acuminata Colla AAA*) and cinnamon barks (*Cinnamomum varum*) and their antioxidative potentials in fish oil”, se obtiene una proporción de 6.94 mg

A.G/ 100 g de materia seca en extractos etanólicos al 95 % mediante metodología de ultrasonido y microondas.

Sin embargo, se puede indicar que los resultados conseguidos en el presente trabajo son mayores a los obtenidos por otros autores, atribuyéndose varios factores que inciden en la extracción de estas sustancias como el tiempo de maduración de la fruta. Corroborándose, que las metodologías propuestas, principalmente la extracción de sustancias tánicas por agitación, proporciona un mayor rendimiento comparado con el método de maceración utilizando como solvente el etanol, debido a que tiene una alta polaridad para solubilizar distintos solutos.

**Tabla 18.** Cantidad de ácido gálico por miligramo de cada extracto

<b>Código de extracto</b>	<b>Cantidad de miligramos de ácido gálico/ 100 gramos de muestra seca</b>
MCE-1	165.20
MCE-2	160.36
MCE-3	151.92
MPE-1	1.11
MPE-2	1.12
MPE-3	0.95
MCA-1	82.86
MCA-2	80.12
MCA-3	75.52
MPA-1	23.65
MPA-2	20.41
MPA-3	20.63
ACE-1	151.94

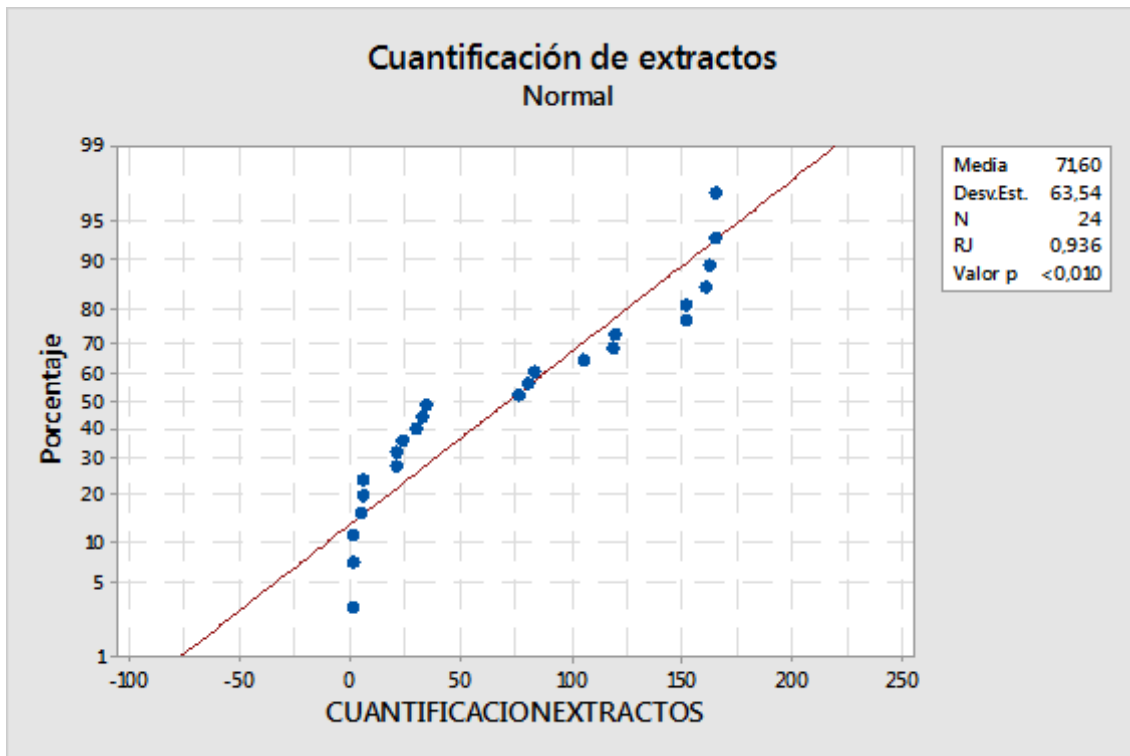
---

ACE-2	165.22
ACE-3	162.70
APE-1	5.58
APE-2	4.77
APE-3	5.18
ACA-1	118.66
ACA-2	119.40
ACA-3	105.16
APA-1	31.99
APA-2	34.02
APA-3	29.84

---

**Fuente:** La autora

Se efectuó una prueba de normalidad para comprobar si los datos provienen de una distribución normal, sin embargo, se pudo constatar que el valor p es  $<0.010$  -Gráfica 4-, por lo que determina que los datos no presentan un comportamiento normal, razón por la cual se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis –Tabla 20-.



**Gráfica 4.** Cuantificación de extractos acuosos y etanólicos

**Fuente:** La autora

**Tabla 19.** Estadística descriptiva de extractos cuantificados

TIPOEXTRACTO	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
ACA	3	118.66	17.0	1.18
ACE	3	162.70	22.0	2.49
APA	3	31.99	11.0	-0.39
APE	3	5.18	5.0	-1.96
MCA	3	80.12	14.0	0.39
MCE	3	160.36	21.0	2.23
MPA	3	20.63	8.0	-1.18
MPE	3	1.11	2.0	-2.75
General	24		12.5	

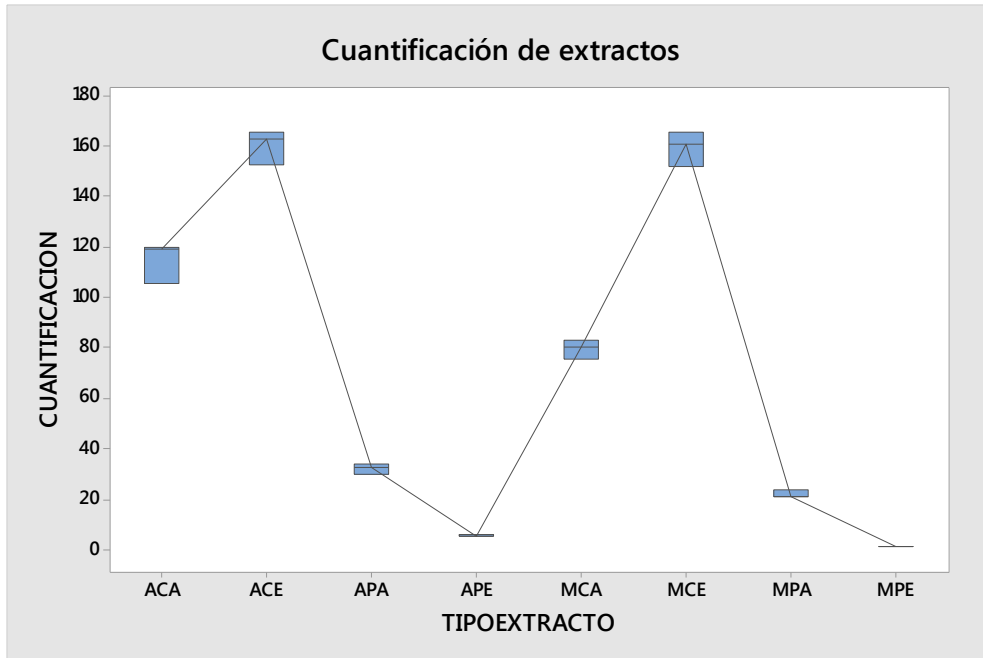
**Fuente:** La autora

**Tabla 20.** Prueba de Kruskal-Wallis

GL	Valor H	Valor p
7	22.44	0.002
General	24	12.5

**Fuente:** La autora

En la prueba realizada de Kruskal-Wallis -Tabla 20- se evidenció que el valor de p es menor al de significancia, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa, que las formas de extracción de ACE y MCE presentan una mayor cantidad de taninos.



**Gráfica 5.** Diagrama de cajas de cuantificación de extractos acuosos y etanólicos.

**Fuente:** La autora

En la -Gráfica 5-, se observa que los extractos ACE y MCE, presentan la mayor cantidad de taninos y los extractos APE Y MPE, presentan la menor cantidad de taninos.

### **4.3.Evaluación de capacidad antibacteriana por prueba de sensibilidad por discos**

Se realizó una prueba de confirmación para la bacteria *S. aureus* y la lectura de halos de inhibición de los extractos a las 18 horas de incubación.

#### **4.3.1. Prueba de confirmación del género bacteriano *Staphylococcus aureus***

El medio de cultivo selectivo y diferencial manitol salado, es utilizado para la detección y diferenciación de bacterias del género *Staphylococcus*, contiene rojo fenol como indicador de pH y alta concentración salina, por lo tanto las bacterias que crecen en medios con alto

contenido salino y fermentan el manitol, producen ácidos que modifican el pH del medio y vira el indicador de pH de rojo a amarillo (Britania, 2015).

En la -Figura 34-, se puede evidenciar la siembra de la bacteria *Staphylococcus aureus* ATCC 12600 en medio manitol salado y en la -Figura 35-, se verifica el cambio de color del medio a amarillo a las 48 horas de incubación.



**Figura 34.** Siembra de *S. aureus* en medio manitol salado

**Fuente:** La autora



**Figura 35.** Crecimiento bacteriano posterior a las 48 horas

**Fuente:** La autora

#### **4.3.2. Lectura e interpretación de halos de inhibición de cada extracto**

En la -Tabla 21-, se detalla, los halos de inhibición que se obtuvieron en cada extracto.

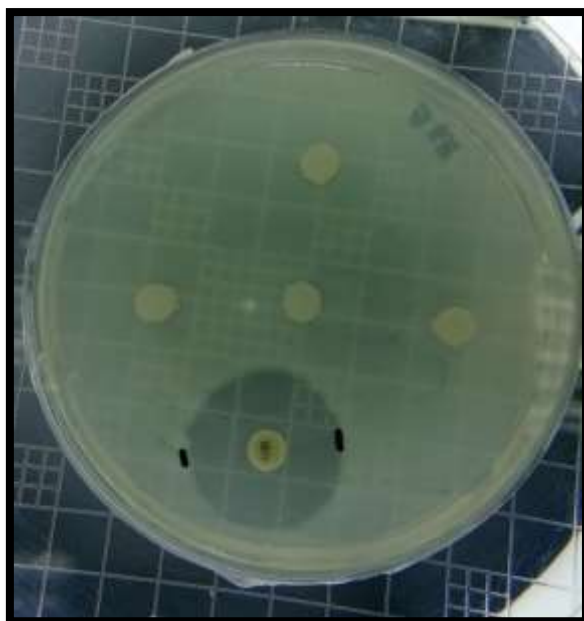


**Tabla 21.** Halos de inhibición en los distintos extractos

<b>Código de extracto</b>	<b>Halos de inhibición de extractos al 100 %</b>				<b>Control (-)</b>	<b>Control (+)</b>
	<b>Repetición 1</b>	<b>Repetición 2</b>	<b>Repetición 3</b>	<b>Media de repeticiones</b>	<b>Blanco</b>	<b>Antibiótico</b>
MCE	11 mm	11 mm	10 mm	10.67 mm	6 mm	23 mm
MPE	-	-	-	-	6 mm	23 mm
MCA	8 mm	9 mm	9 mm	8.67 mm	6 mm	23 mm
MPA	7 mm	7 mm	8 mm	7.33 mm	6 mm	23 mm
ACE	12 mm	11.5 mm	12 mm	11.83 mm	6 mm	23 mm
APE	-	-	-	-	6 mm	23 mm
ACA	9 mm	10 mm	10 mm	9.67 mm	6 mm	24 mm
APA	8 mm	8 mm	8 mm	8 mm	6 mm	23 mm

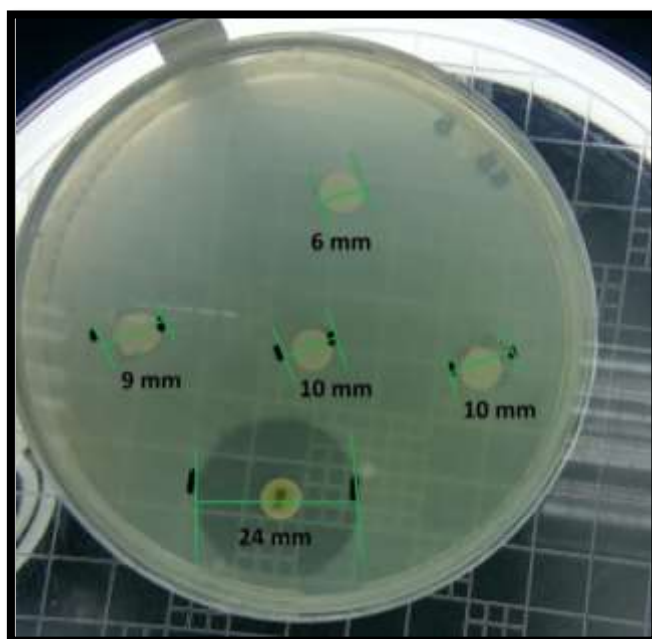
**Fuente:** La autora

Los resultados obtenidos con una concentración de 159.95 mg/ 100 g de muestra seca en el extracto etanólico por agitación de la corteza fueron de 11.83 mm, menores a los conseguidos por Ahmed et al., (2016) y concuerda aproximadamente con los obtenidos por Ehiowemwenguan, Emoghene, & Inetianbor (2014) en los extractos etanólicos. En lo que respecta a los extractos acuosos se alcanzaron halos de inhibición entre los 7 y 10 mm, menores a los obtenidos por Chabuck, Hindi, Hindi, & Charrakh (2013). En la –Figura 36-, se observa los resultados nulos obtenidos con el extracto MPE y en la –Figura 37-, se observan los halos obtenidos con el extracto ACA.



**Figura 36.** Extracto MPE sin presencia de halos de inhibición

**Fuente:** La autora



**Figura 37.** Extracto ACA con halos de inhibición

**Fuente:** La autora

En el trabajo investigativo de Ahmed et al., (2016), con un extracto etanólico de corteza de banano verde puro se obtiene un halo de inhibición de 14.17 mm frente al género bacteriano

*S. aureus*. Contrastándose con los resultados conseguidos por Ehiowemwenguan, Emoghene, & Inetianbor (2014), obteniéndose halos de inhibición de 8 mm con extracto etanólico con una concentración de 1 025 mg/ ml y halos de inhibición nulos con extracto acuoso frente al género bacteriano en estudio.

Según Chabuck, Hindi, Hindi, & Charrakh (2013) en su trabajo “Antimicrobial Effect of Aqueous Banana Peel Extract, Iraq”, se evalúa la capacidad antimicrobiana de un extracto acuoso de la corteza del banano verde frente a varios géneros bacterianos, entre los cuales *Staphylococcus aureus*, mostrando zonas inhibición favorables de 18 mm respectivamente.

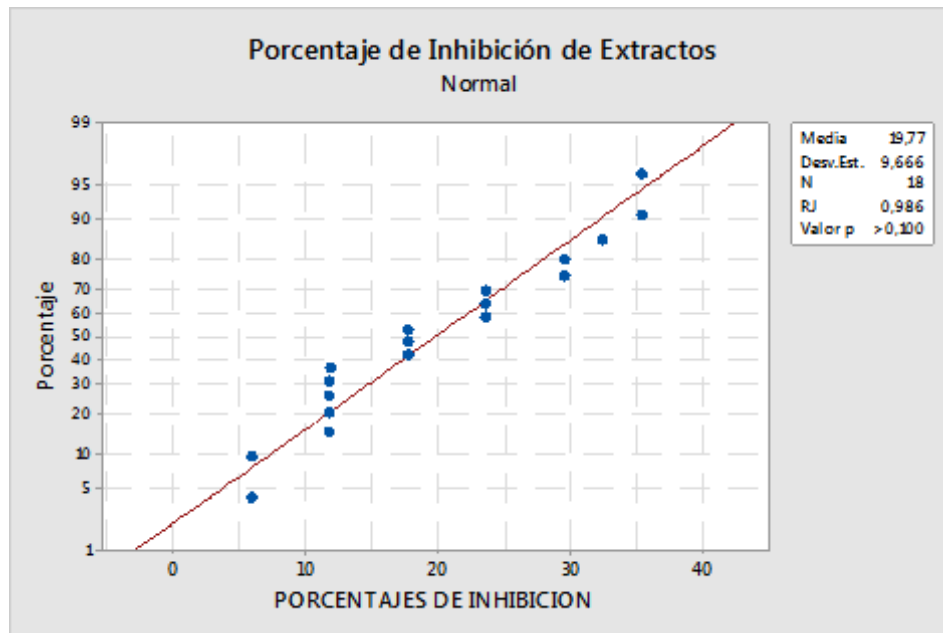
En la -Tabla 22-, se especifican los porcentajes de inhibición alcanzados en los extractos acuosos y etanólicos por maceración y agitación, que se encuentran en un rango de 7 a 34 %, en donde la muestra ACE presentan el porcentaje más alto de inhibición seguido de la muestra MCE con un porcentaje de 27.45 %.

**Tabla 22.** Porcentajes de inhibición

Código de Extracto	Porcentaje de inhibición			
	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Promedio
MCE	29.41 %	29.41 %	23.54 %	27.45 %
MCA	11.77 %	17.65 %	17.65 %	15.69 %
MPA	5.88 %	5.88 %	11.76 %	7.84 %
ACE	35.29 %	32.35 %	35.29 %	34.31 %
ACA	17.65 %	23.54 %	23.54 %	21.58 %
APA	11.76 %	11.76 %	11.76 %	11.76 %

**Fuente:** La autora

El análisis estadístico se efectuó en el programa Minitab 18 –Gráfica 6-, con una prueba de normalidad para verificar si los datos proceden de una distribución normal.



**Gráfica 6.** Prueba de normalidad del porcentaje de inhibición de extractos

**Fuente:** La autora

Se obtiene un valor de  $p > 0.100$ , constatándose que se cumple con el supuesto de normalidad, por lo tanto se realiza un análisis de varianzas (ANOVA).

**Tabla 23.** Análisis de varianza para porcentajes de inhibición

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TIPO DE EXTRACTO	5	1490.52	298.104	36.52	0.000
Error	12	97.96	8.163		
Total	17	1588.48			

**Fuente:** La autora

En la -Tabla 23-, se observa que el valor de  $p$  es menor al nivel de significancia, rechazándose la hipótesis nula y aceptándose la hipótesis alternativa, que no todas las medias son iguales y que los tratamientos presentan diferencia en los porcentajes de inhibición (Tabla 24).

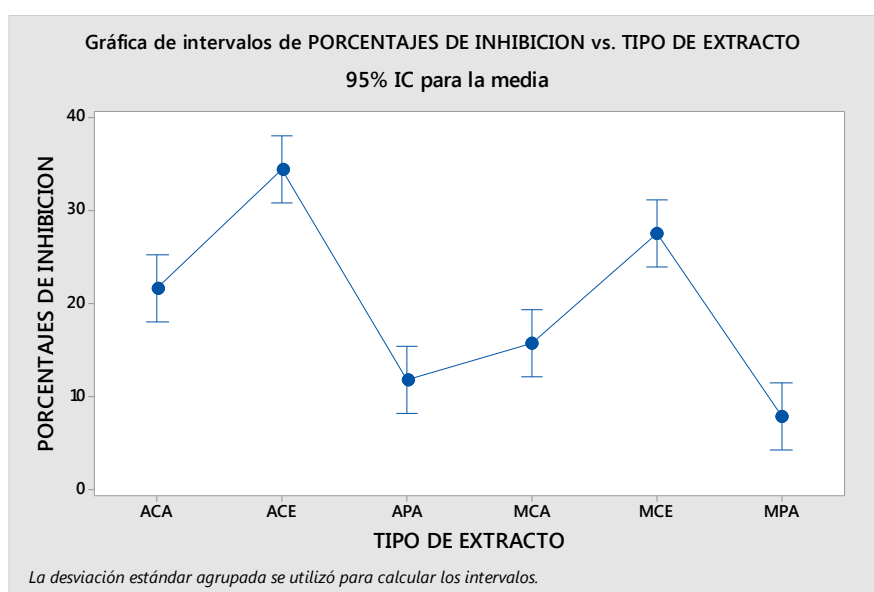
**Tabla 24.** Medias de porcentajes de inhibición

TIPO DE EXTRACTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
ACA	3	21.58	3.40	(17.98 - 25.17)

ACE	3	34.310	1.697	(30.716 - 37.904)
APA	3	11.76	0,00	(8.17 – 15.35)
MCA	3	15.69	3.39	(12.10 – 19.28)
MCE	3	27.45	3.39	(23.86 – 31.05)
MPA	3	7.84	3.39	(4.25 – 11.43)

**Fuente:** La autora

En la -Gráfica 7-, los extractos ACE Y MCE, presentan los mayores porcentajes de inhibición de 34.31 % y 24.45 % y el extracto MPA el menor porcentaje de inhibición de 7.84 %, verificándose que existe diferencia entre las medias.



**Gráfica 7.** Porcentajes de inhibición de extractos acuosos y etanólicos

**Fuente:** La autora

El extracto ACE sobresale entre los demás, encontrándose los extractos ACA y MCE dentro de un rango de inhibición entre 20 y 30 %, y los extractos APA y MCA entre 10 y 20 % de inhibición.

## 5. Conclusiones

Se puede concluir que:

- Los taninos extraídos del banano verde tienen actividad antibacteriana sobre el género *Staphylococcus aureus*, presentando halos de inhibición entre los 7 y 12 mm en extractos acuosos y etanólicos de corteza y pulpa.
- Al comparar los solventes empleados para la extracción, el etanol proporcionó una mayor cantidad de taninos de 159.95 mg de ácido gálico por 100 gramos de muestra seca mediante la aplicación de la tecnología de agitación (ACE) con un rendimiento del 56.93 %, este fenómeno se le atribuye por su alta solvatación.
- En la cualificación de los extractos se constató que se encuentran presentes taninos condensados, siendo considerado el tipo de tanino presente en casi la mayor parte de plantas.
- La cuantificación de taninos presentes en los extractos se realizó mediante el uso del método colorimétrico Folin-Ciocalteu obteniéndose valores entre 159.95 y 1.06 mg de ácido gálico por cada 100 gramos de muestra seca.
- Se logró porcentajes de inhibición de 34.31 %, 24.57 %, 21.58 % y 15.69 % por prueba de sensibilidad por discos, con la aplicación de extractos puros etanólicos y acuosos de la corteza del banano verde, comprobándose que la corteza contiene una mayor cantidad de sustancias polifenólicas que le atribuyen una mayor actividad antibacteriana.

## **6. Recomendaciones**

- Antes de realizar el secado de las muestras vegetales, se debe lavar con agua destilada con el fin de eliminar impurezas presentes.

- Para realizar la cuantificación de sustancias polifenólicas se debe trabajar con curvas de calibración con  $x^2 > 0.98$ , debido a que esto es un indicativo de linealidad para poder medir una muestra problema con un alto nivel de certidumbre.
- Experimentar otras partes vegetativas de la planta de banano verde como: pseudotallo, flores, resinas, debido a que existe casi nula información de estudios que aseveren la presencia de otro tipo de metabolitos.
- Estudiar diferentes plantas medicinales con actividad antimicrobiana y el uso conjunto de estas, para obtener una mayor eficacia en la inhibición del crecimiento bacteriano.
- Promover el estudio científico e investigativo de las diversas variedades de plantas existentes en nuestro medio y contrarrestar de alguna manera el uso de productos químicos.
- A nivel de laboratorio siempre se debe esterilizar el área de trabajo con la finalidad de evitar contaminaciones de la materia prima y seguir las normas de seguridad exigidas. El manejo de sustancias peligrosas se lo debe realizar en cámaras de extracción para evitar que los vapores ocasionen riesgos a la salud.

## 7. Bibliografía

1. Chabuck, Z., Hindi, N., Hindi, S., & Charrakh, A. (12 de 12 de 2013). Antimicrobial Effect of Aqueous Banana Peel Extract, Iraq. *Pharmaceutical Sciences*, 1, 73-75.

Recuperado el 02 de 11 de 2018, de <https://www.researchgate.net/publication/259266080>

2. Garzón , L. P. (12 de 2016). Conocimiento tradicional sobre las plantas medicinales de Yarumo (*Cecropia sciadophylla*), Carambolo (*Averrhoa carambola*) y Uña de Gato (*Uncaria tomentosa*) en el resguardo indígena de Macedonia, Amazonas. *Luna Azu*, 386-414. doi:10.17151/luaz.2016.43.17
3. Agrocalidad. (2018). *Manual de aplicabilidad de buenas prácticas agrícolas de Banano*. Manual , Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro, Quito- Ecuador. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de <http://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/pdf/inocuidad/manuales-aplicabilidad/manual-banano.pdf>
4. Ahmed, A., Zeinab, S., Alaa, G., Hanan , A., Faten, E., & Habiba, A. (2016). Identification of phenolic compounds from banana peel (*Musa paradaisica* L.) as antioxidant and antimicrobial agents . *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 8(4), 46-55. Recuperado el 03 de 10 de 2018, de <http://www.jocpr.com/articles/identification-of-phenolic-compounds-from-banana-peel-musa-paradaisica-l-as-antioxidant-and-antimicrobial-agents.pdf>
5. Álvarez, C., & Lock, O. (06 de 1992). Taninos. *Revista de Química*, VI(1), 47-63. Recuperado el 26 de 09 de 2028, de file:///C:/Users/UserTek/Downloads/4619-17683-1-PB.pdf
6. ANACAFÉ. (s.f). *El Cultivo del Banano*. Recuperado el 24 de 09 de 2018, de [https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo\\_de\\_banano](https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo_de_banano)
7. Anal, A., Jaisanti, S., & Noomhorm, A. (10 de 2014). Enhanced yield of phenolic extracts from banana peels (*Musa acuminata* Colla AAA) and cinnamon barks



- (*Cinnamomum varum*) and their antioxidative potentials in fish oil. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2632-2639. doi:10.1007/s13197-012-0793-x
8. Anzora Vásquez, A., & Fuentes Cañas, C. (2008). *OBTENCION DE UN COLORANTE A PARTIR DE Musa paradisiaca (PLATANO VERDE) CON APLICACION EN LA INDUSTRIA TEXTIL*. Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia, San Salvador. Recuperado el 26 de 10 de 2018, de [http://ri.ues.edu.sv/2921/1/16100230.pdf?fbclid=IwAR2WkuAujFFZu2oszG0lURbgxwTJ6l28jLUL1Yro99o8\\_1y2ekIxaGLNf\\_E](http://ri.ues.edu.sv/2921/1/16100230.pdf?fbclid=IwAR2WkuAujFFZu2oszG0lURbgxwTJ6l28jLUL1Yro99o8_1y2ekIxaGLNf_E)
  9. Arenas, I., & López, J. (2004). *ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biotecnología, Cuernavaca. Recuperado el 29 de 10 de 2018, de [http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/espectrometria\\_de\\_absorcion.pdf](http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/met/espectrometria_de_absorcion.pdf)
  10. Banascopio. (2010). *El Banano (Musa paradisiaca var. sapientum)*. Recuperado el 24 de 09 de 2018, de Guía técnica del cultivo: [http://www.campoeditorial.com/banascopio/ab\\_guia\\_tecnica.html](http://www.campoeditorial.com/banascopio/ab_guia_tecnica.html)
  11. BD. (2013). *BD*. Recuperado el 17 de 10 de 2018, de INSTRUCCIONES DE USO – MEDIOS EN PLACA LISTOS PARA USAR: <http://www.bd.com/resource.aspx?IDX=8771>
  12. Berga, A. (2009). *Infecciones producidas por Staphylococcus aureus*. Barcelona, España: MARGE BOOKS. doi:978-84-92442-27-0
  13. Bernal, M., & Guzmán, M. (1984). El Antibiograma de discos. Normalización de la técnica de Kirby- Bauer. *Biomédica*, 4(3 y 4), 112-121. Recuperado el 17 de 10 de 2018, de <https://www.revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/viewFile/1891/1917>

14. Borrero Espinosa, A. (2013). *Comparacion de los contenidos de compuestos fenolicos total y taninos en la corteza de tres variedades de plátano ( Musa cavendish, Musa acuminata, Musa cavandanaish*. Quito, Ecuador: Universidad San Francisco de Quito. Recuperado el 18 de 09 de 2018, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2244/1/105958.pdf>
15. Britania. (11 de 2015). *Manitol Salado Agar*. Recuperado el 03 de 11 de 2018, de [http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl\\_5a2ed6c53aed1.pdf](http://www.britanialab.com/back/public/upload/productos/upl_5a2ed6c53aed1.pdf)
16. Bustamante, R. (24 de 09 de 2017). *En Buenas Manos*. Recuperado el 26 de 09 de 2018, de Beneficios y propiedades de los taninos: <https://www.enbuenasmanos.com/propiedades-de-los-taninos>
17. Cadillo, K., Hurtado, C., Juárez, J., Mendoza, J., & Ríos, J. (2018). *Drogas vegetales con taninos en Caesalpinia espinosa (Molina) Kuntze "Tara"*. Informe de Laboratorio. Recuperado el 26 de 09 de 2018, de <https://es.scribd.com/document/388057881/informe-10-docx>
18. Cavalieri et al. (2005). Manual de pruebas de susceptibilidad antimicrobiana. En J. Ortez, *Prueba de difusión por disco* (pág. 248). American Society for Microbiology. Recuperado el 17 de 10 de 2018, de <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2005/susceptibilidad-antimicrobiana-manual-pruebas-2005.pdf>
19. Cervantes, E., Garcia, R., & Salazar, P. (24 de 02 de 2014). Características generales del Staphylococcus aureus. *Revista Latinoamericana de Patología clínica*, 1(61), 28-40. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de <http://www.medigraphic.com/pdfs/patol/pt-2014/pt141e.pdf>
20. Cevallos, B. (2018). El Origen del Banano. (Academia, Ed.) 1-6. Recuperado el 24 de 09 de 2019, de [http://www.academia.edu/27256327/EL\\_ORIGEN\\_DEL\\_BANANO](http://www.academia.edu/27256327/EL_ORIGEN_DEL_BANANO)

21. Claramunt, M., Farrán, A., López, C., Pérez, M., & Santa, D. (2013). Química Bioórgánica y Productos Naturales. En M. Pérez, *La vía del ácido shiquímico* (pág. 341). Madrid, España: Editorial UNED. doi:978-84-362-6794-5
22. COMEX. (09 de 06 de 2017). *Informe sobre el sector bananero Ecuatoriano*. Recuperado el 17 de 09 de 2018, de Ministerio de Comercio Exterior: [http://panama.embajada.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/informe\\_sobre\\_el\\_sector\\_bananero\\_ecuatoriano\\_29.05.2017\\_def..pdf](http://panama.embajada.gob.ec/wp-content/uploads/2017/06/informe_sobre_el_sector_bananero_ecuatoriano_29.05.2017_def..pdf)
23. Coy Barrera, C., Parra, J., & Cuca, L. (02 de 06 de 2014). Caracterización química del aceite esencial e identificación preliminar de metabolitos secundarios en hojas de la especie raputia heptaphylla (rutaceae). *Revista Elementos*(4). Recuperado el 03 de 10 de 2018, de [file:///C:/Users/UserTek/Downloads/Documat-CharacterizacionQuimicaDelAceiteEsencialEIdentifica-5085372%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/UserTek/Downloads/Documat-CharacterizacionQuimicaDelAceiteEsencialEIdentifica-5085372%20(2).pdf)
24. Domingo, D., & Lopez-brea, M. (01 de 01 de 2003). Plantas con acción antimicrobiana. *Revista Española de Quimioterapia*, 16(4), 385-393. doi: 0214-3429
25. Dosal, M., & Villanueva, M. (03 de 2018). *INTRODUCCIÓN A LA METROLOGÍA QUÍMICA*. Recuperado el 29 de 10 de 2018, de CURVAS DE CALIBRACIÓN EN LOS MÉTODOS ANALÍTICOS: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/CURVASDECALIBRACION\\_23498.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/CURVASDECALIBRACION_23498.pdf)
26. Ehiowemwenguan, G., Emoghene, A., & Inetianbor, J. (Agosto de 2014). Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel. *IOSR Journal Of Pharmacy*, 4(8), 18-25. Recuperado el 03 de 10 de 2018, de <http://iosrphr.org/papers/v4i08/D04801018025.pdf>
27. Espinosa, A., & Santacruz, S. (20 de 01 de 2017). Phenolic compounds from the peel of Musa cavendish, Musa acuminata and Musa cavandanaish. *Revista Politécnica*,

- 38(2), 1-5. Recuperado el 03 de 10 de 2018, de <https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen38/tomo2/713PhenoliccompoundsfromthepeelofMusacavendisMusaacuminataandMusacavandanaish.pdf>
- 28.** Espinoza , A. (15 de 03 de 2013). Comparación de los contenidos de compuestos fenólicos totales y taninos en la corteza de tres variedades de plátano (Musa Cavendish, Musa acuminata y Musa cavandanaish). Quito, Ecuador. Recuperado el 17 de 09 de 2018, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2244/1/105958.pdf>
- 29.** Estrada, H., Gamboa, M., Chaves, C., & Arias, M. (06 de 2005). Evaluación de la actividad antimicrobiana de la miel de abeja contra *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* y *Aspergillus niger*. Evaluación de su carga. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 55(2), 167-171. doi:0004-0622
- 30.** FAO. (2004). La economía mundial del banano: 1985-2002. En F. & Org., P. Arias, C. Dankers, P. Liu, & P. Pilkauskas (Edits.), *Países Exportadores de Banano* (Vol. 1, págs. 19-21). Roma, Italia: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Recuperado el 17 de 09 de 2018, de [https://books.google.com.ec/books?id=vaNJC7-F5WIC&dq=banano+en+Ecuador&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=vaNJC7-F5WIC&dq=banano+en+Ecuador&source=gbs_navlinks_s)
- 31.** Festch, A. (2017). *Staphylococcus aureus*. En A. Festch, *Staphylococcus aureus* (págs. 39-41). Londres: Academic Press. doi:978-0-12-809671-0
- 32.** Fetsch, A. (2018). *Staphylococcus aureus* (Academic Press ed.). Londres: Elsevier. doi:10.1016/C2015-0-04757-8
- 33.** Figueiredo, A., Ferreira, F., Beltrame, C., & Côrtes, M. (09 de 2017). The role of biofilms in persistent infections and factors involved in ica-independent biofilm development and gene regulation in *Staphylococcus aureus*The role of biofilms in

persistent infections and factors involved in ica-independent biofilm development. *Critical Reviews in Microbiology*, 43(5), 602-620. doi:10.1080/1040841X.2017.1282941

34. García, E., Fernández, I., & Fuentes, A. (s.f). *Determinación de Polifenoles Totales por el método de Folín Ciocalteu*. Universitat Politècnica de Valencia, Valencia. Recuperado el 26 de 09 de 2018, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52056/Garcia%20Mart%C3%ADnez%20et%20al.pdf?sequence=1>
35. García, J., Cantón, R., García, E., Gómez, L., Martínez, L., Rodríguez, C., & Vila, J. (2000). *Procedimientos en Microbiología clínica*. (J. Picazo, Ed.) Recuperado el 17 de 10 de 2018, de *Métodos Básicos para el estudio de la sensibilidad de los antimicrobianos*: <https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia11.pdf>
36. Gestal, J. (Junio de 1997). Enfermedades infecciosas emergentes. *Revista Española Salud Pública*, 3(71), 225-229. Recuperado el 17 de 09 de 2018, de <http://scielo.isciii.es/pdf/resp/v71n3/editorial.pdf>
37. Girón, J. (2012). *REUTILIZACIÓN DE LA SALMUERA EN LA ETAPA DE SALADO DEL BENEFICIO ARTESANAL DEL MANÍ (ARACHIS HYPOGAEA L.) Y CUANTIFICACIÓN DEL CONTENIDO TÁNICO EN LA TESTA -EPISPERMA- DE LA SEMILLA*. Tesis, Universidad de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala. Recuperado el 26 de 09 de 2018, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1247\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1247_Q.pdf)
38. Gutiérrez, R., & Roa, M. (21 de 03 de 2003). Determinación de algunos compuestos químicos en cuatro plantas arbóreas forrajeras. *Revista Colombiana de Ciencias*

*Pecuarias*, 16(2), 15-161. Recuperado el 26 de 10 de 2018, de <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/rccp/article/view/323868/20781053>

39. Hernández, L., & Vit, P. (09 de 2009). El plátano un cultivo tradicional con importancia nutricional. *Revista del Colegio de Farmacéuticos del Estado Mérida*, 2, 11-14. Recuperado el 24 de 09 de 2018, de [http://www.academia.edu/32367278/El\\_pl%C3%A1tano\\_un\\_cultivo\\_tradicional\\_con\\_importancia\\_nutricional](http://www.academia.edu/32367278/El_pl%C3%A1tano_un_cultivo_tradicional_con_importancia_nutricional)
40. Infoagro. (2005). *El cultivo del plátano (1a. parte)*. Recuperado el 24 de 09 de 2018, de [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/platano.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm)
41. Infoagro, S. (s.f). *El cultivo del plátano (banano)*. Recuperado el 18 de 09 de 2018, de [http://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_platano\\_\\_banano\\_.asp](http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp)
42. INSHT. (23 de 09 de 2012). *Staphylococcus aureus*. *DATABio*, 1-4. doi:DB-B-S.a-12
43. INTA. (s.f). *Ficha del cultivo del Banano*. Manual , Yuto- Jujuy. Recuperado el 24 de 09 de 2018, de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cultivo\\_del\\_banano.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-cultivo_del_banano.pdf)
44. Kasay, M., Huamán, J., & Guerrero, M. (07 de 04 de 2014). ESTUDIO CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE TANINOS DE LA OENOTHERA ROSEA L 'HÉR. EX AITON. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(1), 13-19. doi:1609-7599
45. Kon, K. (25 de 09 de 2018). *Las bacterias Staphylococcus aureus en la superficie de la piel o las mucosas, la ilustración 3D*. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de [https://es.123rf.com/photo\\_69859621\\_las-bacterias-staphylococcus-aureus-en-la-superficie-de-la-piel-o-las-mucosas-la-ilustración-3d.html](https://es.123rf.com/photo_69859621_las-bacterias-staphylococcus-aureus-en-la-superficie-de-la-piel-o-las-mucosas-la-ilustración-3d.html)
46. LabMedica. (10 de 08 de 2012). *Sustituyen agar nutritivo por sangre en los antibiogramas*. Recuperado el 27 de 09 de 2018, de

<https://www.labmedica.es/microbiologia/articulos/294742841/sustituyen-agar-nutritivo-por-sangre-en-los-antibiogramas.html>

47. Larrea, C., Espinosa, M., & Sylva, P. (1987). El Banano en el Ecuador. En C. Larrea (Ed.). Quito, Ecuador: Coropración Editora Nacional. Recuperado el 24 de 09 de 2018, de <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/43477.pdf>
48. León Durán, D. M. (2018). *Evaluación in vitro de la capacidad inhibitoria de taninos presentes en la tara ( Caesalpinia espinosa) Frente a Fusarium sp. .* Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Recuperado el 15 de 10 de 2018, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15211/1/UPS-CT007503.pdf>
49. López, G., & Gómez, F. (27 de 11 de 2014). Propiedades funcionales del plátano (Musa sp). *Rev. Med. U.V.*, 14(2), 22-26. Recuperado el 19 de 09 de 2018, de [https://www.uv.mx/rm/num\\_anteriores/revmedica\\_vol14\\_num2/articulos/propiedades.pdf](https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol14_num2/articulos/propiedades.pdf)
50. López, M. (2012). *Características epidemiológicas, clínicas y microbiológicas de las infecciones por "Staphylococcus aureus" adquirido en la comunidad en pediatría.* Tesis, Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Recuperado el 18 de 09 de 2018, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=95429>
51. López, M., Alarcón, T., Domingo, D., Villa, M., Pérez, G., Correa, P., . . . Marshall, B. (02 de 05 de 2015). *HelicoBacterSpain.com*. Recuperado el 27 de 09 de 2018, de <http://www.helicobacterspain.com/>
52. Lucero, M., & Galas, M. (2008). *Sensibilidad a los antimicrobianos en Campylobacter spp. .* Manual de procedimientos, Instituto Nacional de Enfermedades Infecciosas A.N.L.I.S. “Dr. Carlos G. Malbrán” , Departamento de Bacteriología. Recuperado el 17 de 10 de 2018, de [http://bvs.panalimentos.org/local/File/Manual\\_Campylobacter\\_sensibilidad\\_2008.pdf](http://bvs.panalimentos.org/local/File/Manual_Campylobacter_sensibilidad_2008.pdf)

53. Ly, J. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 11(3), 1-20. Recuperado el 24 de 09 de 2018, de <http://www.ciap.org.ar/ciap/Sitio/Archivos/BANANAS%20Y%20PLATANOS%20PARA%20ALIMENTAR%20CERDOS%20ASPECTOS%20DE%20LA%20COMPOSICION%20QUIMICA%20DE%20LAS%20FRUTAS%20Y%20DE%20SU%20PALATABILIDAD.pdf>
54. Medsaludin. (2018). *Staphylococcus aureus en la garganta – que curar, drogas y antibioticos*. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de <http://medsaludin.es/staphylococcus-aureus-en-la-garganta-que-curar-drogas-y-antibioticos.html>
55. Mensa, J. (2013). Guía de tratamiento antimicrobiano de la infección por *Staphylococcus aureus*. *Rev Esp Quimioter*, 26(1), 1-84. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de <http://seq.es/seq/0214-3429/26/sup/guia.pdf>
56. Mojica, D., Ramirez, R., & Espitia, M. (2015). Evaluación de la actividad antibacteriana de extractos vegetales contra *Enterococcus faecalis* resistente a vancomicina. *Salud Soc. Upt.*, 27-32. Recuperado el 19 de 09 de 2018, de vegetales contra *Enterococcus faecalis* resistente a
57. Mokbel, M., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(3), 125-131. doi:1553-3468
58. OMS. (2018). *Enfermedades infecciosas*. Recuperado el 17 de 09 de 2018, de WHO: [http://www.who.int/topics/infectious\\_diseases/es/](http://www.who.int/topics/infectious_diseases/es/)
59. Pahissa, A. (2009). *Infecciones producidas por "Staphylococcus aureus"* (Primera Edición ed.). Barcelona, España: Marge Medica Books. doi:978-84-92442-27-0



60. Pereira, F. (2015). *Identificación cualitativa de compuestos fenólicos en frutos de Parmentiera edulis, Octubre - Noviembre 2015, León-Nicaragua*. Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA, FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS, Nicaragua. Recuperado el 26 de 10 de 2018, de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4985/1/230979.pdf>
61. Pérez, J., Isaza, G., & Acosta, S. (08 de 08 de 2007). Actividad antibacteriana de los extractos de *Phenax rugosus* Y *Tabebuia chrysantha*. *Biosalud*, 6, 59-68. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de <https://www.researchgate.net/publication/284593023>
62. Pozo, B., & Salazar, C. (2012). *Reacción, Reactividad y Reconocimiento de Fenoles*. Recuperado el 03 de 10 de 2018, de Test de Fenoles: [http://www.quimica-organica-iii.tk/quimica\\_organica/quimica-organica-iii-nueva/quimica-organica-iii-2009-2012/test-analisis-funcional-2011/e4\\_2011/e4\\_2011](http://www.quimica-organicaiii.tk/quimica_organica/quimica-organica-iii-nueva/quimica-organica-iii-2009-2012/test-analisis-funcional-2011/e4_2011/e4_2011)
63. Ramírez, E. (06 de 05 de 2011). *Resistencia Antimicrobiana*. (R. M. Caribe, Ed.) Recuperado el 26 de 09 de 2018, de <https://revistamedicadelcaribe.wordpress.com/2011/05/06/resistencia-antimicrobiana/>
64. Reyes, F., Palou, E., & López, A. (2014). Métodos de evaluación de la actividad antimicrobiana y de determinación de los componentes químicos de los aceites esenciales. *Temas selectos de Ingeniería de alimentos*, 8(1), 68-78. Recuperado el 27 de 09 de 2018, de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Reyes-Jurado-et-al-2014.pdf>
65. Rico, R., & Arias, F. (2007). Evaluación de la inhibición del crecimiento de cinco cepas bacterianas patógenas por extractos acuosos de *Allium sativum*, *Allium fistulosum* y *Allium cepa*: estudio preliminar in vitro. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 5(2), 68-79. doi:0120-4211

66. Rivera Cárdenas, V. (2016). *Evaluación del efecto biológico del extracto de la cáscara de Musa paradisiaca sobre agentes causales de la pudrición de corona y otros hongos postcosecha en la provincia del Guayas, Ecuador*. Tesis de pregrado, Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Guayas- Ecuador. Recuperado el 26 de 10 de 2018, de [http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4967/1/UDLA-EC-TIAG-2016-04.pdf?fbclid=IwAR1Pxkt6jkh0DYfkUFjuuZHWdRMkW3xzXt8Yophf9048gnsXHxK6\\_PlgjU](http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4967/1/UDLA-EC-TIAG-2016-04.pdf?fbclid=IwAR1Pxkt6jkh0DYfkUFjuuZHWdRMkW3xzXt8Yophf9048gnsXHxK6_PlgjU)
67. Rodriguez Cadena, A. (2009). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de banano (Musa sp) variedad Gran enano Cavendish, en Quevedo, Provincia de los Rios*. Tesis, Universidad San Francisco de Quito, Cumbayá- Quito. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1002/1/94253.pdf>
68. Rogg, H. W. (2001). Manual: manejo integrado de plagas en cultivos de la Amazonía Ecuatoriana. En H. W. Rogg, *Manual: manejo integrado de plagas en cultivos de la Amazonía Ecuatoriana* (pág. 63). Venezuela: Imprenta MOSSAICO. doi:978-9978-41-628-0
69. Sacsquispe , R. E., & Velásquez, J. (2002). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA PRUEBA DE SENSIBILIDAD ANTIMICROBIANA POR EL MÉTODO DE DISCO DIFUSIÓN* (3 ed., Vol. 30). Lima, Perú: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. doi:1501012002-0446
70. SALUD. (2 de 2 de 2018). *Propiedades nutritivas de la banana*. Recuperado el 17 de 09 de 2018, de SALUD: <http://www.mabelamaro.com/salud/2012/08/09/propiedades-nutritivas-de-la-banana/>

71. Sanabria, G. (2005). Evolución de la resistencia en el *Staphylococcus aureus*. *Rev. Inst. Med. Trop.*, 2(3), 27-39. Recuperado el 25 de 09 de 2018
72. SIPSA. (04 de 2014). El cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*), un importante alimento para el mundo. *Insumos y Factores asociados a la producción agropecuaria*, 22, 2-10. Recuperado el 20 de 09 de 2018, de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_abr\\_2014.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_abr_2014.pdf)
73. Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal* (3ra. Edición ed.). Castellon de la Plana, España: Universitat de Jaume. Recuperado el 18 de 09 de 2018, de <https://es.scribd.com/doc/272337893/FISIOLOGIA-VEGETAL-Lincoln-Taiz-y-Eduardo-Zeiger-pdf>
74. Thuille, N., Fille, M., & Markus, N. (Junio de 2003). Bactericidal activity of herbal extracts. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 206(3), 217-221. doi:10.1078/1438-4639-00217
75. Torres Chati, J. (2014). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de Luma chequen (molina) a. gray "arrayán" frente a patógenos aislados de hemocultivos del Hospital Nacional Guillermo Almenara Irigoyen*. Universidad Nacional Mayor de San Marco, Facultad de Ciencias Biológicas, Lima- Perú. Recuperado el 19 de 09 de 2018, de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3605/Torres\\_cj.pdf;jsessionid=CE6EF19DB5CDC7E8DC90345BD93E64EB?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/3605/Torres_cj.pdf;jsessionid=CE6EF19DB5CDC7E8DC90345BD93E64EB?sequence=1)
76. Velásquez Valderrama, A. (2004). Extracción de taninos presentes en el banano verde. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(2), 17-22. doi:1794-4449,
77. Vignoli, R., & Seija, V. (s.f). Temas de Bacteriología y Virología médica. En *Principales mecanismos de resistencia antibiótica* (págs. 649-662). Recuperado el 25

de 09 de 2018, de  
<http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/Principalesmecanismosderesistenciaantibiotica.pdf>

- 78.** Von Loesecke, H. W. (1950). *Bananas: Chemistry, Physiology, Technology*. Texas, Estados Unidos: Interscience Publishers. doi:Google-Books-ID: MYFYAAAAMAAJ
- 79.** Watch, H. R. (2002). La Cosecha Hal Habida. En H. R. Watch, *La Cosecha Hal Habida* (págs. 15-22). New York: Human Watch Right. Recuperado el 17 de 09 de 2018, de  
[https://books.google.com.ec/books?id=utGpOvJfzaMC&dq=banano+en+Ecuador&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=utGpOvJfzaMC&dq=banano+en+Ecuador&source=gbs_navlinks_s)
- 80.** WordPress (Ed.). (22 de 10 de 2015). *La Planta Medicinal*. Recuperado el 19 de 09 de 2018, de Antibióticos Naturales Dile Adiós a las infecciones:  
<http://laplantamedicinal.com/antibioticos-naturales-dile-adios-a-las-infecciones/>
- 81.** Wu, T., Wang, H., Jiang, S., Liu, D., & Wei, F. (10 de 2014). Optimization of Extraction of Tannins from Banana Peel Using Response Surface Methodology. (Y. Prasad, Ed.) *Applied Mechanics and Materials*, 678, 566-571. doi:10.4028/678566
- 82.** Zendejas, G., Avalos, H., & Soto, Y. (Diciembre de 2014). Microbiología general de *Staphylococcus aureus*: Generalidades, patogenicidad y métodos de identificación. *Rev. Biomed*, 25(3), 129-143. Recuperado el 25 de 09 de 2018, de  
<http://www.medigraphic.com/pdfs/revbio/bio-2014/bio143d.pdf>

## 8. Anexos



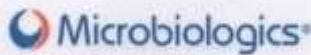
**Anexo 1.** Peso del polvo de corteza y pulpa posterior a la pulverización

**Fuente:** La autora



**Anexo 2.** Maceración de extractos acuosos y etanólicos

**Fuente:** La autora



Certificate of Analysis: Lyophilized Microorganism Specification and Performance Upon Release

<b>Specifications</b> Microorganism Name: Staphylococcus aureus subsp. aureus Catalog Number: 0173 Lot Number: 173-21 Reference Number: ATCC 12200™ Purity: < 0.1% Total Pellet CFU Recovery: > 1000 CFUs per Pellet Passage from Reference: 2	<b>Expiration Date:</b> 2016/9/30 <b>Release Information:</b> Quality Control Technologist: Keshia L. Nogen Release Date: 2014/11/25
---	---

**Performance**

<b>Macroscopic Features:</b> Medium to large, circular, convex, entire edge, white turning light gold as culture ages, glistening, beta hemolytic	<b>Medium:</b> SBAP
<b>Microscopic Features:</b> Gram positive cocci occurring singly, in pairs and in irregular clusters	<b>Method:</b> Gram Stain (1)

<b>ID System: Vitek GP (1)</b>		<b>Other Features / Challenges: Results</b> (1) Catalase (3% Hydrogen Peroxide): positive (1) Coagulase (rabbit plasma-tube): positive
<b>Phenotypic Features</b>	<b>Results</b>	
D-AMYGDALIN	-	
PHOSPHATIDYLINOSITOL PHOSPHOLIPASE C	-	
D-XYLLOSE	-	
ARGININE DIHYDROLASE 1	+	
BETA-GALACTOSIDASE	+	
ALPHA-GLUCOSIDASE	-	
Ala-Phe-Pro-ARYLAMIDASE	-	
CYCLODEXTRIN	-	
L-Aspartate ARYLAMIDASE	-	
BETA GALACTOPYRANOSIDASE	-	
ALPHA-MANNOSIDASE	-	
PHOSPHATASE	+	
Leucine ARYLAMIDASE	-	
L-Proline ARYLAMIDASE	-	
BETA GLUCURONIDASE	-	
ALPHA-GALACTOSIDASE	-	
L-Pyruvyl-ARYLAMIDASE	+	
BETA-GLUCURONIDASE	-	
Alanine ARYLAMIDASE	-	
Tyrosine ARYLAMIDASE	-	
D-SORBITOL	-	
UREASE	-	
POLYMYXIN B RESISTANCE	+	
D-GALACTOSE	+	
D-RIBOSE	+	
L-LACTATE alkalization	-	
LACTOSE	+	
N-ACETYL-D-GLUCOSAMINE	+	
D-MALTOSE	+	
BACITRACIN RESISTANCE	+	
NOVOBIOCIN RESISTANCE	+	
GROWTH IN 6.5% NaCl	+	
D-MANNITOL	+	
D-MANNOSE	+	
METHYL-B-D-GLUCOPYRANOSIDE	+	
PULLULAN	-	
D-RAFFINOSE	+	
O129-RESISTANCE (comp.vibro.)	+	
SALICIN	+	
SACCHAROSE/SUCROSE	+	
D-TREHALOSE	+	
ARGININE DIHYDROLASE 2	+	
OPTOCHIN RESISTANCE	+	

**MEDIBA INC S.A.**  
Distribuidora y Fabricadora de  
MICROORGANISMOS  
Registro Sanitario: A-541-04-13

*[Signature]*

Brad Goskovicz, President  
AUTHORIZED SIGNATURE

Anexo 3. Ficha técnica de S. aureus ATCC 12600

Fuente: La autora