UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES

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

TRABAJO EXPERIMENTAL:

"EVALUACIÓN IN VITRO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS EXTRACTOS ETANÓLICO Y ACUOSO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO (Musa paradisiaca L.), FRENTE A Propionibacterium acnes PARA SU USO EN LA ELABORACIÓN DE UN GEL ANTIACNÉ"

AUTORA:

ANA ROCÍO MORALES GUAMÁN

TUTORA:

INÉS PATRICIA MALO CEVALLOS, PhD

CUENCA - ECUADOR

2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Ana Rocío Morales Guamán con documento de identificación Nº 0350093704,

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 IN VITRO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS

EXTRACTOS ETANÓLICO Y ACUOSO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO

(Musa paradisiaca L.), FRENTE A Propionibacterium acnes PARA SU USO EN LA

ELABORACIÓN DE UN GEL ANTIACNÉ", 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 digital a la

biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2020

Ana Rocío Morales Guamán

C.I. 0350093704

II

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación:

"EVALUACIÓN IN VITRO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LOS

EXTRACTOS ETANÓLICO Y ACUOSO DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO

(Musa paradisiaca L.), FRENTE A Propionibacterium acnes PARA SU USO EN LA

ELABORACIÓN DE UN GEL ANTIACNÉ", realizado por Ana Rocío Morales

Guamán, obteniendo el Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos

estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2020

Ines Malo

Inés Malo Cevallos, PhD

0102291044

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Ana Rocío Morales Guamán con documento de identificación Nº 0350093704,

autora del trabajo de titulación: "EVALUACIÓN IN VITRO DE LA ACTIVIDAD

ANTIMICROBIANA DE LOS EXTRACTO ETANÓLICO Y ACUOSO DE LA

CÁSCARA DE PLÁTANO (Musa paradisiaca L.), FRENTE A Propionibacterium

acnes PARA SU USO EN LA ELABORACIÓN DE UN GEL ANTIACNÉ", certifico

que el total contenido del Trabajo Experimental, es de mi exclusiva responsabilidad y

autoría.

Cuenca, febrero del 2020

Ana Rocío Morales Guamán

C.I. 0350093704

IV

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, por las bendiciones recibidas, por ser luz y guía en mi camino de formación profesional y permitirme culminar mi carrera con éxito, por haber puesto en mi camino a personas valiosas que me brindaron su apoyo durante mi vida estudiantil y sobre todo por brindarme la fuerza y sabiduría para seguir adelante aun cuando todo parecía difícil e imposible, por ayudarme a cumplir uno más de mis objetivos propuestos en la vida.

Con mucho amor a mi madre Rosa por haberme dado la oportunidad de existir, por ser el pilar fundamental en mi vida, por ser mi amiga, confidente y compañera brindándome su amor incondicional, apoyo, consejos, palabras de motivación y sobre todo ese abrazo que me hacía sentir que todo lo podría lograr.

A mis abuelitos María y Manuel por ser mi inspiración y motivación para cumplir mis objetivos, por sus consejos y amor incondicional.

A mi prima Karina, a quien considero mi hermana, por ser la alegría en mi vida, por sus locuras y risas brindadas, sobre todo por su valentía para superar los momentos difíciles que la vida le ha dado.

A mis tíos y demás familiares por la ayuda, consejos y palabras de motivación durante toda mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, porque todo lo que he conseguido durante mi vida ha sido gracias a él. Por la salud, fortaleza y sabiduría para entender y comprender entre el bien y el mal, lo que me ha hecho una mejor persona motivándome a seguir adelante y a cumplir todos mis sueños.

Agradezco infinitamente a la mejor MAMÁ que Dios me pudo dar, quien ha sido padre y madre a la vez y con gran esfuerzo hizo hasta la imposible para darme una buena educación y buena calidad de vida, gracias por todo el apoyo tanto económico como moral, por estar conmigo en las buenas y malas y sobre todo por siempre creer en mí.

A mis abuelitos María y Manuel por estar siempre conmigo, apoyándome con buenos consejos y amor. Por ser mi ejemplo de lucha, fortaleza y esperanza para alcanzar mis metas.

A mi prima Karina, por confiar en mí y alegrar mis días y momentos más tristes con sus locuras y palabras de motivación.

A Jordi, por creer en mí y brindarme su cariño y amor sincero, gracias por los ánimos y consejos, apoyándome siempre durante el transcurso de mi carrera profesional, demostrándome que siempre podré contar con él.

A mi directora de tesis Dra. Inés Malo, por brindarme sus conocimientos científicos, consejos, y guiarme en el camino para poder realizar este trabajo de investigación. Gracias por ser un ejemplo de positivismo, perseverancia y éxito.

A mis tíos, en especial a mi tío Víctor, ya que él ha sido como un padre para mí, gracias infinitas por todo el cariño y apoyo brindado durante toda mi vida.

A mis profesores: Dra. Myriam Mancheno, Ing. Jhison Romero, Ing. Hernán Avilés, Ing. Pablo Arévalo, por compartir sus sabios conocimientos para ayudarme a formarme como profesional.

A la Dra. Mónica e Ing. Sandy por su apoyo en el laboratorio, durante el desarrollo del trabajo investigativo.

A la Universidad Politécnica Salesiana por darme la oportunidad de estudiar mi carrera, así como también a todos los docentes que aportaron con sus conocimientos.

A mis amigos Evelyn, Andrea y Andrés, por las risas, los viajes y por todos los gratos e inolvidables momentos compartidos en este trayecto, sobre todo por los lazos de amistad formados. Gracias por su apoyo y cariño.

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

CMI: Concentración mínima inhibitoria

CLSI: Instituto de estándares para el laboratorio clínico

E96: Etanol al 96%

E70: Etanol al 70%

EE: Extractos

EECPT: Extracto etanólico de la cáscara de plátano con Tetraciclina

EECPE: Extracto etanólico de la cáscara de plátano con Eritromicina

EACPSA: Extracto acuoso de la cáscara de plátano sin antibiótico

EECP96: Extracto etanólico de las cáscaras de plátano al 96%

EECP70: Extracto etanólico de las cáscaras de plátano al 70%

EACP: Extracto acuoso de las cáscaras de plátano

GC-MS: Cromatografía de gases con espectrometría de masas

g: gramos

kg: kilogramos

M-H: Agar Mueller Hinton

mL: mililitro

mm: milímetro

STA: Solución de antibiótico Tetraciclina

TSA: Tripteína Soya Agar

TSB: Caldo tripteína soya

UFC: Unidades formadoras de colonias

 μL : microlitro

μg: microgramo

RESUMEN

Actualmente el acné afecta al 80% de los adolescentes al inicio de la pubertad; entre los 14 y 17 años en mujeres y entre los 16 y 19 en hombres. La presente investigación se realizó en los laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana, con la finalidad de: determinar los compuestos fitoquímicos presentes en los extractos acuoso y etanólico (al 70% y 96%) de las cáscaras de Plátano (*Musa paradisiaca* L.) y evaluar la actividad antimicrobiana de estos extractos frente a *Propionibacterium acnes*, el mismo que fue adquirido mediante la empresa MEDIBAC, para la elaboración de un gel natural como una alternativa a los productos sintéticos.

La caracterización fitoquímica se realizó mediante pruebas de laboratorio comprobándose la presencia de taninos y flavonoides en altas cantidades, saponinas en cantidades moderadas en los tres extractos procedentes de las cáscaras de Plátano.

La actividad antimicrobiana se evaluó mediante dos métodos: el primero por el método de difusión de discos de los extractos acuoso y etanólico, como control positivo se utilizó Tetraciclina y Eritromicina, como control negativo se empleó agua destilada estéril, estableciendo que el EECP-96% tiene mayor actividad antimicrobiana ya que generó un halo de inhibición de 13.33 mm, mientras que en el EECP-70% se observó un halo de inhibición de 7.67 mm y el EACP presentó un halo de inhibición de 6.33 mm. El segundo método de evaluación fue la microdilución en caldo con el fin de determinar del CMI, utilizando el método de doble dilución con concentraciones de 83%, 41.5%, 20.75%, 10.38%, 5.19%, 2.60%, 1.30%, 0.65% para el EECP-96%; de 71%, 31.5%, 17.575%, 8.88%, 4.44%, 2.22%, 1.11%, 0.56% para el EECP-70% y de 42%, 21%, 10.5%, 5.25%,

2.63%, 1.31%, 0.66%, 0.33% para el EACP, estableciendo la CMI del EECP-96% al 20.75%, y del EECP-70% al 35.5, concluyendo que ambos extractos etanólicos presentan actividad antimicrobiana frente a *Propionibacterium acnes*, presentando mayor eficacia el EECP-96%, mientras que el extracto acuoso no presentó dicha actividad.

Una vez comprobada la actividad antimicrobiana, se elaboró el gel con el EECP-96%, obteniendo un producto homogéneo es decir con características organolépticas agradables.

PALABRAS CLAVES: cáscaras de Plátano – *Musa paradisiaca* L.-, extractos, acné, compuestos fitoquímicos, actividad antimicrobiana, CMI, *Propionibacterium acnes*.

ABSTRACT

Acne currently affects 80% of teenagers at the onset of puberty; between 14 and 17 years in women and between 16 and 19 in men. The present investigation was carried out in the Life Sciences laboratories of the Universidad Politécnica Salesiana, with the purpose of: determining the phytochemical compounds present in the aqueous and ethanolic extracts (70% and 96%) of the Banana peels (*Musa paradisiaca* L.) and evaluate the antimicrobial activity of these extracts against *Propionibacterium acnes*, which was acquired through the MEDIBAC company, for the preparation of a natural gel as an alternative to synthetic products.

Phytochemical characterization was carried out by laboratory tests, verifying the presence of tannins and flavonoids in high quantities and of saponins in moderate quantities in the three extracts from Banana peels.

The antimicrobial activity was evaluated by two methods: the first by the method of diffusion of disks of aqueous and ethanolic extracts, Tetracycline and Erythromycin were used as a positive control, sterile distilled water was used as a negative control, establishing that EECP-96% It has greater antimicrobial activity since it generated a 13.33 mm inhibition halo, while in the EECP-70% a 7.67 mm inhibition halo was observed and the EACP presented a 6.33 mm inhibition halo. The second method of evaluation was broth microdilution in order to determine the MIC, using the double dilution method with concentrations of 83%, 41.5%, 20.75%, 10.38%, 5.19%, 2.60%, 1.30%, 0.65% for the EECP-96%; 71%, 31.5%, 17,575%, 8.88%, 4.44%, 2.22%, 1.11%, 0.56% for the EECP-70% and 42%, 21%, 10.5%, 5.25%, 2.63%, 1.31%, 0.66%, 0.33% for the EACP,

establishing the CMI of the EECP-96% to 20.75%, and of the EECP-70% to 35.5, concluding that both ethanolic extracts show antimicrobial activity against Propionibacterium acnes, with the EECP-96 being more effective %, while the aqueous extract did not show such activity.

Once the antimicrobial activity was verified, the gel was made with the EECP-96%, obtaining a homogeneous product with pleasant organoleptic characteristics.

KEYWORDS: Banana peels *–Musa paradisiaca* L.-, extracts, acne, phytochemical compounds, antimicrobial activity, MIC, *Propionibacterium acnes*.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	3
1.3 Formulación de la pregunta de investigación	4
1.4 Justificación	5
1.5 Limitación del problema	6
1.6 Objetivos	6
1.6.1 Objetivo General	6
1.6.2 Objetivos Específicos	6
1.7 Hipótesis	7
CAPÍTULO 2	8
MARCO DE REFERENCIA	8
2.1 Estado del arte	8
2.2 Marco conceptual.	10

2.2.1 Actividad antimicrobiana	10
2.2.2 Antimicrobiano	10
2.2.3 Resistencia a antibióticos	10
2.2.4 Compuestos fenólicos	11
2.2.5 Taninos	11
2.2.6 Acné	12
2.3 Bases teóricas	12
2.3.1 Plátano (Musa paradisiaca L.)	12
2.3.1.1 Origen del Plátano	13
2.3.1.2 Plátano en Ecuador	13
2.3.1.3 Descripción Botánica	14
2.3.1.4 Taxonomía	15
2.3.1.5 Composición química y valor nutricional del plátano	16
2.3.1.6 Industrialización del Plátano	20
2.3.1.7 Importancia de los residuos del Plátano	20
2.3.1.8 Propiedades del Plátano	20
2.3.2 Patología cutánea: Acné	21
2.3.2.1 Factores patogénicos que influyen en la aparición del acné.	22
2.3.2.2 Causas y factores de riesgo del acné	23
2.3.2.3 Evolución del acné	23
2.3.2.4 Grados de acné	23
2.3.2.5 Tratamiento del acné	24
2.3.2.5.1 Tratamiento tópico	24
2.3.2.5.2 Tratamiento oral	24

2.3.2.5.3 Terapia hormonal	25
2.3.2.5.4 Otras posibilidades de tratamiento	25
2.3.2.6 Cosmética del acné	26
2.3.2.6.1 Geles	26
2.3.2.6.2 Características de un gel	27
2.3.3 Microorganismo causante del acné: <i>Propionibbacterium acnes</i>	27
2.3.3.1 Mecanismo de acción de <i>P. acnes</i>	27
2.3.3.2 Resistencia antibiótica de <i>P. acnes</i>	28
2.3.4 Agentes antimicrobianos vegetales	28
2.3.5 Extractos	28
2.3.5.1 Características de los extractos	29
2.3.5.2 Conservación de los extractos	29
2.3.6 Métodos de extracción	30
2.3.6.1 Maceración	30
2.3.6.2 Percolación y Lixiviación	31
2.3.6.3 Decocción	31
2.3.6.4 Infusión	31
2.3.6.5 Digestión	31
2.3.7 Pruebas de actividad antimicorbiana	32
2.3.7.1 Método de Kirby-Bauer (difusión en agar)	32
2.3.7.2 Método de microdilución	33
2.3.7.3 Concentración Mínima Inhibitoria	33
2.3.8 Tamizaje Fitoquímico	33
2.3.8.1 Metabolitos secundarios	34

CAPÍTULO 335
MARCO METODOLÓGICO35
3.1 Nivel de la investigación35
3.2 Diseño de la investigación35
3.3 Población y Muestra35
3.4 Variables35
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos36
3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos36
3.7 Protocolo37
3.7.1 Obtención de la materia prima37
3.7.1.1 Tratamiento de la materia prima38
3.7.2 Preparación y obtención de extractos etanólico y acuoso41
3.7.2.1 Extracto etanólico al 96 % y 70 %41
3.7.2.2 Extracto acuoso
3.7.3 Activación de la cepa <i>Propionibacterium acnes</i> ATCC 1182744
3.7.4 Tamizaje fitoquímico de los extractos de la cáscara de Plátano (Musa
paradisiaca L)46
3.7.4.1 Prueba para taninos, ensayo de cloruro férrico46
3.7.4.2 Prueba para taninos, reacción de Stiansy47
3.7.4.3 Prueba para flavonoides, ensayo de Shinoda47
3.7.4.4 Prueba para saponinas, ensayo de espuma48
3.7.4.5 Criterios de interpretación de pruebas cualitattivas49
3.7.5 Determinación de la actividad antimicrobiana de los extractos mediante el método de difusión en agar o Kirby-Bauer49
3.7.5.1 Preparación del inóculo50

3.7.5.2 Inoculación en placas Petri51
3.7.5.3 Aplicación de discos con los extractos en las placas inoculadas52
3.7.5.4 Incubación de las placas52
3.7.5.5 Lectura de las placas e interpretación de resultados53
3.7.6 Determinación de la CMI de los extractos mediante el método de Microdilución en caldo
3.7.6.1 Preparación del inóculo54
3.7.6.2 Preparación de la solución de antibiótico (control positivo)54
3.7.6.3 Microdilución55
3.7.6.4 Lectura de resultados57
3.7.7 Comparación de la actividad antimicrobiana de los extractos58
3.7.8 Elaboración del gel antiacné a partir del extracto de la cáscara de Plátano
al 96%58
CAPÍTULO 460
RESULTADOS Y DISCUCIÓN60
4.1 Obtención de extractos60
4.1.1 Obtención de extractos etanólicos al 96% y 70%60
4.1.2 Obtención del extracto acuoso61
4.2 Análisis de compuestos fitoquímicos en los extractos acuoso y etanólicos al
70% y 96%61
4.3 Determinación de la actividad antimicrobiana de los extractos de Musa
Paradisiaca L. mediante el método de difusión en agar o difusión en discos (Kirby-
Bauer)63
4.4 Determinación de la CMI de los extractos acuoso y etanólicos mediante el
método de microdilución en caldo67

4.4.1 Determinación del efecto bacteriostático o bactericida que eje	rcen los
extractos de Musa paradisiaca L	69
4.5 Comparación de la actividad antimicrobiana de los extractos d	e Musa
paradisiaca, mediante el método estadístico de Kruskal-Wallis	71
4.5.1 Prueba de Kruskal-Wallis	72
4.6 Gel antiacné a partir del extracto de la cáscara de Plátano al 96%	74
CAPÍTULO 5	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1 Conclusiones	76
5.2 Recomendaciones	78
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

	Figura 1. Plátanos en estado inmaduro y maduro	. 12
	Figura 2. Partes de un platanero.	. 14
	Figura 3. Formación del acné	22
	Figura 4. Hacienda Familiar del Sr. Fidel Tigre Sucúa	37
	Figura 5. Cáscaras de plátano a utilizar en buen estado	38
	Figura 6. Pesado de la cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> L	39
_	Figura 7. A: Fragmentos de la cáscara y B: proceso de secado de las cáscaras	
M	lusa paradisiaca L	40
	Figura 8. Pulverizado de las cáscaras de <i>Musa paradisiaca</i> L	41
	Figura 9. Filtrado al vacío del extracto macerado de la cáscara de Plátano	43
	Figura 10. Extracto macerado de la cáscara en el rotavapor	43
	Figura 11. Kwikstick de <i>P. acnes</i> adquirido en MEDIBAC	45
	Figura 12. Activación de <i>Propionibacterium acnes</i> en TSA y Agar sangre	46
	Figura 13. Presencia de taninos pirocatecólicos en los extractos de las cáscaras	s de
$\mathbf{p}^{]}$	látano	47
	Figura 14. Presencia de flavonoides en los extractos de las cáscaras de Plátano.	48
	Figura 15. Presencia de saponinas en los extractos de las cáscaras de Plátano	49
	Figura 16. Inóculo bacteriano estandarizado al patrón 0.5 McFarland	51
	Figura 17. Distribución de los discos en las placas Petri	52
	Figura 18. Placas con halos de inhibición	53
	Figura 19. Preparación de la microplaca	57

Figura 20. Pesaje de 20 g de materia prima para la obtención de los extractos91
Figura 21. Extractos obtenidos de la cáscara de Musa paradisiaca L91
Figura 22.Medios de cultivo TSA y Agar sangre para la activación de P.acnes.92
Figura 23. Der: Hisopo de <i>P.acnes</i> ; Izq: Inoculación en agar sangre 92
Figura 24. Crecimiento de <i>P.acnes</i> en medio TSA y agar sangre
Figura 25. Der: Crecimiento de P. acnes en medio TSB, Izq: Centrifugación de
cultivo bacteriano
Figura 26. Siembra del inóculo bacteriano en medio Mueller-Hinton 94
Figura 27. Distribución de los discos con extractos sobre el medio de cultivo M
Hinton
Figura 28. Almacenamiento de las cajas con los discos en la jarra anaerobia 95
Figura 29. Discos de Tetraciclina y Eritromicina utilizados como indicador de
control positivo95
Figura 30. Solución de antibiótico y caldo más inóculo bacteriano para la
microdilución
Figura 31. Rezasurina para la revelación de la microplaca96
Figura 32. Almacenamiento de las microplacas en Anaerobiosis
Figura 33. Proceso de obtención de la mezcla homogénea para el gel97
Figura 34. Gel antiacné envasado98
rigui a 54. Gei anuache envasauu

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. División taxonómica de Musa paradisiaca L	16
Tabla 2. Composición química por 100 g de pulpa de Plátano	17
Tabla 3. Cambios en la cantidad de taninos durante el proceso de maduración d	lel
plátano, por cada 100 g de muestra	19
Tabla 4. Materiales para el tratamiento de la cáscara de Musa Paradisiaca L	38
Tabla 5. Materiales para pulverizar y tamizar las cáscaras de <i>Musa Paradisia</i>	
L'	tV
Tabla 6. Materiales para la obtención de extractos etánolicos al 70% y 96%	41
Tabla 7. Materiales para la obtención del extracto acuoso	43
Tabla 8. Materiales para la activación de la cepa P. acnes	45
Tabla 9. Modelo de interpretación de resultados cualitativos	49
Tabla 10. Materiales para el método de difusión en agar o Kirby-Bauer	50
Tabla 11. Materiales para realizar la Microdilución en caldo TSB	54
Tabla 12. Tratamientos y concentraciones aplicadas en la microplaca 1	56
Tabla 13. Tratamientos y concentraciones aplicadas en la microplaca 2	56
Tabla 14. Materiales para la elaboración del gel antiacné con extracto de l	
cáscaras de Plátano	58
Tabla 15. Peso de la materia prima en las diferentes etapas de su tratamiento	60
Tabla 16. Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por maceración de la	
cáscaras	5 0
Tabla 17. Volumen obtenido del extracto acuoso por maceración de l	
ráscaras	١ı

Tabla 18. Cualificación fitoquímica de los extractos acuoso y etanólicos6	1
Tabla 19. Diámetros en mm de los halos de inhibición generados por las diferente	es
concentraciones de los extractos sobre P. acnes6	4
Tabla 20. Porcentaje de inhibición de los extractos6	6
Tabla 21. Puntos de corte de la CMI alcanzada por los extractos6	9
Tabla 22. Resultados del efecto bactericida y bacteriostático de los extractos d	le
Musa paradisiaca L6	9
Tabla 23. Hipótesis para la prueba de Kruskal-Wallis7	'2
Tabla 24. Estadísticas descriptivas del método de Kruskal-Wallis7	2
Tabla 25. Resultados del método estadístico Kruskal-Wallis	'4
Tabla 26. Resultados de los parámetros evaluados en el gel	′4

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el 80% de los adolescentes al inicio de la pubertad se han visto afectados por una de las patologías dérmicas más frecuentes como es el acné, las edades más propensas para adquirir este padecimiento son entre los 14 y 17 años en mujeres y entre los 16 y 19 años en hombres. Se ha comprobado que hay mayor impacto en las mujeres que en los hombres, sin embargo, en ellos el acné tiene mayor gravedad desde el punto de vista clínico, ya que presenta granos en mayor tamaño y cantidad, por lo que son más notorios (Meza & Vargas, 2013). Ciertos factores como el sol, cambios hormonales, alimentos grasos, infecciones bacterianas, factores psicológicos y el factor hereditario contribuyen a agravar el acné, para ello existen ciertos tratamientos para esta enfermedad con diferentes métodos como inyecciones, cirugías, cremas con componentes naturales o químicos, antibióticos, tratamientos con plantas y otros elementos con la finalidad de reducirlo o quitarlo (González, 2009).

Los antibióticos han sido utilizados desde hace mucho para tratar enfermedades bacterianas, sin embargo, varios estudios científicos sobre el acné tratado con antibióticos manifiestan que estos no son muy eficaces, debido a que, se han reportado algunos casos de resistencia bacteriana, por ello una antibióticoterapia de origen natural sería una alternativa prometedora. Entre el 30% y 40% de los pacientes que utilizan antibióticos, incumplen con las prescripciones médicas, desarrollando resistencia a las cepas bacterianas, por lo que se ha buscado alternativas o productos naturales con fines terapéuticos formulados como medicamentos o cosméticos que garanticen eficacia terapéutica e inocuidad de los mismos (Coba, 2017).

En nuestro país predomina una gran variedad de plantas y frutos que tienen propiedades antimicrobianas, antioxidantes, cicatrizantes, calmantes, etc.; tales como el plátano, limón, naranja, sábila, entre otros. Estos pueden ser utilizados para la elaboración de medicamentos o cosméticos naturales para el tratamiento del acné y demás enfermedades de la piel, contribuyendo de manera positiva al organismo humano al no generar resistencia bacteriana.

El plátano o banano pertenecen al género de las Musáceas. Actualmente es uno de los frutos más cultivados en la región Litoral del Ecuador, siendo nuestro país, uno de los principales exportadores de la mayor cantidad de banano en el mundo (Rodríguez Cadena, 2009).

En los inicios del año 1980, muy pocas cepas de *Propionibacterium acnes* tenían resistencia a los antibióticos utilizados contra el acné. En esos últimos años se ha encontrado un aumento considerable de resistencia que llegó al 60% en pacientes tratados con eritromicina y clindamicina y a un 22% en los pacientes que utilizaron tetraciclina. Para reducir o controlar la resistencia bacteriana, se debe limitar el uso de antibióticos a períodos cortos, emplear terapias combinadas, con peróxido de benzoílo y antibióticos tópicos (Meza & Vargas, 2013).

En los últimos treinta años han surgido diversos principios activos que modifican el tratamiento del acné, por ello, persisten diferentes opiniones sobre la indicación, dosis y las asociaciones de estos fármacos. A más de ello se han publicado y difundido guías para el tratamiento del acné en algunos países como Francia, Canadá, Alemania y Estados Unidos, entre otros. Sin embargo, ha sido necesario reformular algunos conceptos y establecer ciertas pautas, así como también incluir nuevos fármacos y excluir algunos o modificar las características de uso (Olivares *et al.*, 2004).

Algunos expertos del Centro de Investigación sobre Fitoterapia (INFITO) y la Sociedad Española de Quimioterapia (SEQ), manifiestan que las plantas medicinales pueden convertirse en una alternativa válida frente a los antibióticos sintéticos en infecciones producidas por bacterias o virus resistentes a los tratamientos tradicionales (Meza & Vargas, 2013).

1.2 Planteamiento del problema

El acné es un padecimiento muy común que afecta al 74% de los jóvenes entre 12 y 18 años y a más del 30% de quienes sobrepasan los 25 años de edad; como consecuencia de infecciones microbianas, cambios hormonales que aumentan la producción de grasa, estrés, algunos fármacos y algunos alimentos. Entre los microorganismos que constituyen la micro-flora bacteriana del folículo pilosebáceo se considera al *Propionibacterium acnes* como uno de los agentes que interviene en el proceso inflamatorio en los diversos grados de acné *vulgaris*, a esto se suma su resistencia a los antibióticos lo cual constituye un problema muy importante en el tratamiento del acné, en los últimos años se encontró que la resistencia de *P. acnes* aumentó un 60% y 22% para Eritromicina y Tetraciclinas respectivamente (Meza & Vargas, 2013).

Se caracteriza por presentar comedones cerrados no inflamatorios (puntos blancos), comedones abiertos (puntos negros) o lesiones inflamatorias (pápulas, pústulas, nódulo-quistes, cicatrices); que se localizan en las áreas de la piel con mayor componente glandular sebáceo: cara, pecho y región superior del tronco (Rodríguez & Mora, s.f.).

El 64% de los adolescentes con acné se sienten avergonzados, el 55% consideran que es el aspecto más difícil de la pubertad, el 71% presenta menor confianza en sí mismos, 23% presenta dificultad para hacer amigos y el 21% problemas en el área educativa. En estudios recientes se demostró un predominio de herencia materna; en los casos de acné

moderado a severo se encontró que un 19.9% tienen un antecedente familiar, aproximadamente el 79.1% de pacientes presentan enfermedad leve y 14% moderada a severa (MSP, 2016).

Por otra parte, las industrias bananeras y plataneras emiten una gran cantidad de residuos como cáscaras, pulpas, etc.; que no son procesados o reciclados adecuadamente debido a la falta de conocimiento sobre el tratamiento de este recurso (Haro *et al.*, 2017), por ende esto provoca grandes problemas ambientales ya que generan gases de efecto invernadero al descomponerse (A. B. Guerrero et al., 2015). Estos residuos no contribuyen a la nutrición del suelo, sino que al contrario estos impactan de manera negativa al ambiente al provocar el crecimiento de diferentes microorganismo en zonas donde no deberían crecer, por lo que afectan a otros cultivos, obstruyen cañerías, acumulan agua y aparecen hongos en lugares inadecuados (Moreira, 2013), por ello se ha visto en la necesidad de plantear alternativas favorables a estas industrias para que de esta manera se aproveche de manera positiva estos residuos, promoviendo es desarrollo de nuevos ingredientes o productos que generen un valor agregado (García, 2013).

Por lo tanto, se propone una alternativa de solución para aprovechar los residuos emitidos por las industrias bananeras, obteniendo y utilizando los extractos provenientes de la cáscara de plátano para la creación de un gel para el tratamiento del acné, ya que dichos residuos tienen propiedades antimicrobianas naturales que podrían evitar la proliferación y resistencia bacteriana.

1.3 Formulación de la pregunta de investigación

¿Poseen los extractos de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) actividad antimicrobiana frente a *Propionibacterium acnes* para su uso en la elaboración de un gel antiacné?

1.4 Justificación

El plátano desechado por las industrias y bananeras genera residuos que no tienen una gestión adecuada presentando consecuencias negativas para la salud humana y el medio ambiente, tales como la generación de gases de efecto invernadero, la contaminación del suelo, agua, aire, pérdida de biodiversidad entre otros (Pilco Romero, 2017). Los subproductos obtenidos de la producción del plátano o banano se han convertido en la una fuente de biomasa disponible para su uso como materia prima para el desarrollo de nuevos productos, que otorgan un valor añadido a aquellos materiales considerados como desechos. Compuestos tales como pectinas, celulosa, minerales, carbohidratos, colorantes naturales, compuestos antioxidantes, aromas, etc.; han sido identificados en las cáscaras de plátano y utilizados en las diferentes industrias (Dergal, 1993).

El acné al ser una enfermedad crónica de la glándula pilosebácea, causada por infección bacteriana principalmente por *Propionibacterium acnes*, necesita de antibióticos para su tratamiento y debido a que se incumplen con los parámetros de medicación, algunas cepas bacterianas han desarrollado resistencia a los antibióticos (Rodríguez & Mora, s.f). Por tal motivo, la ciencia busca reemplazar estos antibióticos de origen químico o sintético por sustancias menos toxicas extraídas principalmente de plantas, vegetales y frutas, ya que estas pueden proporcionar metabolitos bioactivos como una alternativa positiva para el tratamiento de diversas patologías, en este caso para el acné. A demás la mayoría de las plantas que son utilizadas en tratamientos terapéuticos son conocidas por sus propiedades farmacológicas y por conocimientos ancestrales (Vergara, 2009).

La cáscara de plátano, posee una gran cantidad de proteínas, vitaminas y compuestos fenólicos, siendo una fuente natural de propiedades antioxidantes y bactericidas que son beneficiosas para el cuidado de la piel, pocos estudios clínicos han demostrado que este

tratamiento –aplicar la corteza o pulpa- es eficaz para sanar heridas, quemaduras, picaduras y acné (Matte, 2016).

1.5 Limitación del problema

La investigación se realizó en los laboratorios de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Las principales limitaciones para este trabajo de investigación fueron:

- El acceso al microorganismo Propionibacterium acnes.
- Encontrar una formulación adecuada que incluya todos los componentes y sea eficaz para el tratamiento del acné.
- Escasa información disponible en cuanto a Propionibacterium acnes.
- Recursos económicos para la adquisición del microorganismo como cepa
 ATCC.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos etanólico y acuoso de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) frente a *Propionibacterium acnes*, para su uso en la elaboración de un gel antiacné.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Identificar los compuestos fitoquímicos presentes en los extractos etanólico y acuoso mediante pruebas de laboratorio para su cualificación fitoquímica.
- Evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos etanólico y acuoso mediante el método de difusión en agar, determinando qué extracto tiene mayor efecto antimicrobiano.

- Establecer la concentración mínima inhibitoria (CMI) de los extractos etanólico y
 acuoso a través del método de microdilución en caldo, determinado su actividad
 microbiana frente a *Propionibacterium acnes*.
- Comparar la actividad antimicrobiana de los extractos mediante análisis estadístico, determinando el más adecuado para la elaboración del gel antiacné.

1.7 Hipótesis

Los extractos etanólico y acuoso de la cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* L.) tienen actividad antimicrobiana frente a *Propionibacterium acnes*.

CAPÍTULO 2

MARCO DE REFERENCIA

2.1 Estado del Arte

En el mundo entero existe un gran interés por los subproductos procedentes de la cosecha del plátano y su posible uso en los diferentes campos industriales. Scott *et al*. (2014) manifiestan que los subproductos del plátano tales como: rizomas, pseudo-tallos, hojas, cáscaras, etc., son fuentes de biomasa renovable con grandes potenciales de aplicación industrial, dando mayor importancia a su contenido de compuestos naturales bioactivos, ya que de ellos dependen sus propiedades antioxidantes, cicatrizantes, antibacterianas, etc.

Niamah (2015) en su estudio extrajo los compuestos bioactivos presentes en la cáscara de banano (*Musa accuminata*) mediante seis solventes diferentes (acetona, metanol, etanol, etil acetato, benceno y agua), identificando la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, saponinas y glicósidos en los diferentes extractos; siendo el metanol y el etanol los que presentaron mejor rendimiento de extracción. El extracto metanólico se sometió a pruebas de actividad antimicrobiana demostrando su poder de inhibición frente a levaduras, bacterias Gram negativas y Gram positivas. Este extracto fue analizado mediante GC-MS, en el cual se identificó compuestos bioactivos como pirogalol, ácido pentadecanóico, ácido benzóico, ácido octadecanóico, cis-9-hexadecenal y cis-9-ácido hexadecenóico.

En el estudio "GC-MS analysis of bioactive components from banana peel (*Musa sapientum* peel)" realizado por Waghmare & Kurhade, (2014) plantearon determinar la presencia de posibles compuestos bioactivos en la cáscara de banano (*Musa sapientum*), obtenidos del extracto etanólico, mediante el uso de GC-MS se identificaron varios

compuestos como: estragol, éster (2-etilhexil) 1,2 ácido benzendicarboxílico, éster etílico del ácido hexadecanóico, éster etílico del ácido p-cumárico, epicatequina, galocatequina β-tocoferol y vitamina E.

Mordi et al. (2016) enfocaron su investigación en dos variedades de banano Nigeria (Musa paradisiaca colla y Musa sapientum), a los mismos que sometieron a un proceso de extracción con metanol y a un posterior análisis de cualificación fitoquímica, el cual permitió la identificación de esteroides, saponinas, terpenoides, antraquinonas y taninos. A más de ello, evaluaron la actividad antimicrobiana mediante varias pruebas demostrando la efectividad de los extractos frente a varias bacterias, tales como: Bacillus spp, Escherichia coli, Pseudomonas spp., Klebsiella pneumoniae, Staphylococcus aureus, y Streptococcus spp.

Investigaciones como la de Padilla *et al.* (2016) sobre "Extractos de cáscara de plátano macho aceleran la cicatrización" demostraron que el proceso cicatrizante de una lesión tratada con la cáscara de esta especie de plátano es igual y, en algunos casos, más eficaz frente a los productos que se venden de manera comercial; sin embargo, aún está por identificarse el principio activo.

Ehiowemwenguan *et al.* (2014) revelan que los extractos etanólicos de las cáscaras de plátano tienen mayor capacidad antimicrobiana frente a bacterias como *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhy* y *Micrococcus luteus*. Así mismo Mokbel & Hashinaga, (2005) determinaron la capacidad antibacteriana y antioxidante de la cáscara de plátano, tratándose la muestra con diferentes solventes.

Meza & Vargas (2013) en su investigación utilizaron el aceite esencial de Hierba Luisa (*Cymbopogon citratus*) contra *Propionibacterium acnes*, demostrando la eficacia del efecto antimicrobiano contra *Propionibacterium acnes*.

Matiz *et al.* (2012) dan a conocer que los tratamientos antibacterianos realizados con aceites esenciales de naranja y albahaca a personas con acné dieron excelentes resultados, mientras que los tratamientos mixtos y queratolíticos con ácido acético debido a sus propiedades antisépticas y queratolíticas, por lo que permitieron mejorías por encima del 75%.

Existen escasa información sobre investigaciones realizadas con la cáscara de plátano o alguna de sus variedades sobre el acné, debido a que los compuestos bioactivos que le otorgan su capacidad antimicrobiana no han sido identificados específicamente.

2.2 Marco Conceptual

Se elabora una revisión bibliográfica con los conceptos básicos en los cuales se basa la investigación

2.2.1 Actividad Antimicrobiana

La actividad antimicrobiana se refiere al proceso de matar microorganismos o inhibir su acción patógena, el antimicrobiano puede ser antibacteriano, antifúngico o antiviral, tienen diferentes modos de acción, pero el mismo propósito (Ramón & González, 2008).

2.2.2 Antimicrobiano

Los antimicrobianos son medicamentos que a bajas concentraciones actúa contra los microorganismos destruyéndolos o impidiendo su crecimiento, estos pueden ser antibacterianos, antivirales, antimicóticos, antimicobacterianos, antiparasitarios y antirretrovirales (Girón, 2008).

2.2.3 Resistencia a antibióticos

La resistencia a los antimicrobianos se genera cuando los microorganismos –bacterias, virus, hongos o parásitos-, sufren cambios, ya que los pacientes no cumplen con los

tratamientos recetados, por lo que estos medicamentos dejan de ser eficaces, generando resistencia, por lo que resulta muy preocupante debido a que las patologías causadas por microorganismos resistentes pueden causar la muerte del paciente, trasmitirse a otras personas y sobre todo generar costos muy altos para el tratamiento de los mismos (OMS, 2017).

Existen dos tipos de resistencia bacteriana la intrínseca y la adquirida.

- Resistencia intrínseca: se da cuando los microorganismos carecen de sitios de acción específicos o poseen barreras naturales que evitan la acción de los antibióticos.
- Resistencia adquirida: ocurre cuando se dan modificaciones en el material genético de los microorganismos, por ende, si un antibiótico alguna vez tuvo eficacia terapéutica frente a una bacteriana específica, al adquirir resistencia, este ya no será efectivo (Samaniego Rojas, 1999).

2.2.4 Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son moléculas que poseen uno o más grupos hidroxilo en su composición unidos a un anillo aromático. Están presentes en frutas, hortalizas, raíces y cereales. Estos compuestos cumplen funciones metabólicas importantes en las plantas es decir en su crecimiento y reproducción, así como en la protección contra patógenos externos y el estrés, además las protege de la radiación UV (Peñarrieta *et al.*, 2014).

2.2.5 Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos astringentes, por lo tanto, poseen propiedades hemostáticas, antisépticas y tonificantes que le otorgan una capacidad antimicrobiana, a más de ellos son considerados antioxidantes y previenen la aparición de enfermedades degenerativas de la piel (Llerena, 2018).

2.2.6 Acné

El acné es un trastorno de la piel que ocurre cuando los folículos pilosos se llenan de grasas y células muertas, ocasionando la presencia de comedones, puntos negros y granos, generalmente en el rostro, pecho, espalda (Mayo Clinic, 2018).

2.3 Bases Teóricas

2.3.1 Plátano (Musa paradisiaca L.)

El plátano es un fruto muy carnoso cubierto por una cáscara gruesa que le sirve de protección, generalmente crece en racimos, cuando está maduro es de color amarillo, de sabor por lo que se come crudo, asado, frito; cuando esta verde, no es dulce y se come frito, tiene un tamaño promedio de 10 a 25 cm y diámetro aproximadamente de 4 cm.

A demás el plátano es una fruta climatérica, es decir que no madura en el propio árbol, ya que, de hacerlo así, estaría propensa a sufrir daños por insectos, roedores y otros animales, a más de ello la calidad del fruto sería deficiente en comparación con el plátano madurado fuera de la planta, debido a que la cantidad de sus componentes principales disminuye (Torres *et al.*, 2003).



Figura 1. Plátanos en estado inmaduro y maduro.

Fuente: (La Vanguardia, 2018).

2.3.1.1 Origen del Plátano

El plátano -*Musa paradisiaca* L.-, dentro de la agricultura es uno de los cultivos más importantes, al ser considerado como uno de los frutos básicos en la alimentación del ser humano, ya que, es de fácil acceso debido a su bajo valor económico y a su alto contenido de nutrientes benéficos (Infoagro, 2005). Existen registros muy antiguos procedentes de la India -600 a.C- sobre plátanos comestibles, también evidencias que apoyan la presencia de los primeros cultivos en Papúa, Nueva Guinea hace 7000 o 10000 años. Estos cultivos de plátano fueron introducidos a Europa en el siglo X y a inicios de siglo XIV los portugueses transportaron la planta desde la costa occidental africana hacia Sudamérica. Para su adaptación y crecimiento necesitan de un clima cálido, de humedad constante en el aire, de una temperatura media de 26 a 27 °C, con lluvias prolongadas y regularmente distribuidas, este alimento constituye el cuarto cultivo de frutos más grande en el mundo (Rosales Reynoso, 2012).

2.3.1.2 Plátano en Ecuador

El plátano – *Musa paradisiaca* L.-, es cultivado en mayor cantidad en las provincias de El Oro, Los Ríos y Guayas del Ecuador, siendo favorecido por las condiciones geográficas y climáticas, convirtiendo a este país en el principal exportador y cuarto productor de banano de calidad a nivel mundial (Cevallos, 2018).

En el Ecuador cada año se producen 6 millones de toneladas de plátano, la mayoría para exportación, representando el 80% de la producción total de este fruto exótico, por ende, el Ecuador es el principal exportador de plátanos para la Unión Europea (Jeproll, 2009).

A los plátanos de exportación se los somete a un control de calidad intensivo, con la finalidad de que lleguen a su destino en el estado de madurez adecuado, libre de golpes,

manchas y patógenos, se estima que el rechazo de los Plátanos en el puerto no sobrepasa al 2% de las exportaciones anuales (Moreira, 2013).

2.3.1.3 Descripción Botánica

El plátano –*Musa paradisiaca* L.-, no es una planta sino una megaforbia, es decir una hierba herbácea perenne, que forma una mata de 3.5 – 7.5 m de altura, llamado platanero, del cual renacen individuos llamados: madre, hija, nieta, con nombre científico (*Musa sp.*), perteneciente a la familia de las *Musáceas*, el conjunto de plátanos forma el racimo (INTA, s.f).

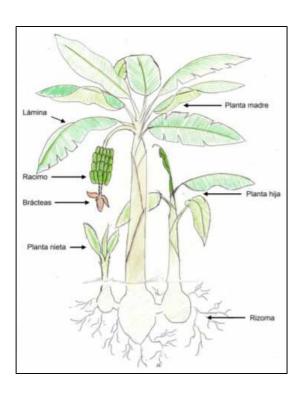


Figura 2. Partes de un platanero.

Fuente: (Rosales Reynoso, 2012).

La variedad *Musa paradisiaca* L., es un hibrido entre las especies silvestres *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*. Esta planta se compone de un tallo verdadero con raíces – cormo- y un tallo falso –pseudotallo-,las hojas se encuentran entre las más grandes del reino vegetal, son de color verde o amarillo verdoso con los márgenes lisos y las

nervaduras pinnadas, cada platanero tiene normalmente entre 5 y 15 hojas, posee 10 hojas cuando está madura, las inflorescencias surgen a través del pseudotallo, en el centro de la corona de las hojas que están protegidas por brácteas se producen flores femeninas que se convierten en frutos y flores masculinas que producen polen y pueden o no ser fértiles. El fruto oscila entre los 20 – 23 cm de longitud y hasta de 5 de diámetro, siendo la corteza de color verde cuando son inmaduros y de color amarillo con partes marrones al madurar, la pulpa rica en almidón y azúcares, es de color blanco cremoso, amarillo, amarillo naranja o naranja, sin semillas, cubierto por un pericarpio de tipo coráceo; pueden presentar un sabor dulce o insípido dependiendo del grado de madurez y de la variedad, el peciolo tiene una longitud de 60 cm (Universidad de Antoquia, 2008).

Generalmente, la planta se desarrolla y luego de su fructificación muere, sin embargo, su vida se propaga través de los retoños que se desarrollan en el rizoma, aunque también hay ciertas especies silvestres que se propagan mediante semillas (Rosales Reynoso, 2012).

2.3.1.4 Taxonomía

Los plátanos son plantas que pertenecen al grupo de las monocotiledóneas. Pertenecen a la familia Musáceae, la misma que está constituida por los géneros Musa y Ensete – Tabla 1-. El nombre genérico de *Musa* deriva del árabe *mouz*, en el Corán el plátano aparece como "El árbol del paraíso"; en cuanto a su clasificación científica la realizó Linneo en el año de 1783, otorgándole el nombre de "*Musa sapientum*" a todos los plátanos de postre, es decir aquellos que se consumen crudos en sus diferentes etapas de madurez y "*Musa paradiasiaca* L." a los plátanos de cocción, aquellos que se consumen después de un proceso térmico también en diferentes etapas de madurez (Rosales Reynoso, 2012).

Tabla 1. División taxonómica de Musa paradisiaca L.

Nombre científico	Musa paradisiaca L.
Nombre común	Plátano, banano
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	Musa
Especie	M. paradisiaca L.

Fuente: (EcuRed, 2012).

2.3.1.5 Composición química y valor nutricional del Plátano

La composición química del Plátano depende del estado de madurez en el que se encuentre el fruto, en estado verde y maduro presentan los siguientes componentes – Tabla 2-.

Los plátanos verdes contienen entre el 20-22-% de materia seca, principalmente en forma de almidón, convirtiéndose en azúcares simples tales como la sacarosa, fructuosa y glucosa, cuando estos frutos maduran. Los azúcares en la pulpa de plátano maduro son fructuosa -66%-, glucosa -20%- y fructuosa -14%- y son asimilados con facilidad (Moreira, 2013) .

Tabla 2. Composición química por 100 g de pulpa de Plátano

Componentes	Plátano Maduro	Plátano Verde
Agua	75.1 %	67.5 %
Azúcares	20.9 %	5.7 %
Almidón	2.3 %	23.7 %
Fibra dietaría	3.1 %	2.3 %
Proteína	1.2 %	1.1 %
Grasa	0.3 %	0.3 %
Taninos	0.06 %	0.01 %
Cenizas	0.01 %	0.76 %

Fuente: (Rojas, 2011).

Los Plátanos son conocidos por alto contenido en fósforo, carbohidratos y potasio, este último es que se encuentra en mayor cantidad en este alimento ya que permite controlar el equilibrio electrolítico del cuerpo, siendo esencial para el funcionamiento de los músculos, para la transmisión de los impulsos nerviosos y para un buen funcionamiento del corazón y riñones (Malaver, 2014).

Carbohidratos

En cuanto a los componentes del Plátano, la porción de carbohidratos es la más importante, cuando este fruto alcanza la madurez fisiológica –estado inmaduro o verde-el almidón y la fibra dietaría son los más abundantes. En el transcurso de la maduración del fruto, el almidón es hidrolizado a azúcares solubles, este proceso ocurre de manera más rápida en los plátanos de postre que en los de cocción. En los plátanos en estado inmaduro el almidón representa el 80% del peso seco de la pulpa y los azúcares comprenden el 1.3% de la materia seca total, sin embargo, cuando maduran

completamente el almidón disminuye hasta el 1-2% y los azúcares alcanzan hasta el 17% (Rosales Reynoso, 2012).

• Proteínas y grasas

El porcentaje de proteínas es del 3.5% en la pulpa madura y disminuye en el fruto inmaduro, ciertos aminoácidos se encuentran en altas concentraciones, tales como: arginina, aspartato y glutamina, en menor cantidad se encuentra la metionina. En cuanto a la presencia de grasas en el plátano es menor al 0.5% y no aportan al contenido energético del fruto (INP, 2004).

• Vitaminas y Minerales

Los plátanos son muy ricos en potasio y son una buena fuente de vitaminas A, B, C, D y B6, dando beneficios a los huesos y músculos de cuerpo, el contenido de las mismas difiere entre las variedades de plátano, en este caso los de cocción son más ricos en vitamina C que los de postre (López & Montaño, 2014).

Polifenoles

Los polifenoles son agentes reductores, en la pulpa del plátano se encuentran una gran variedad de catecolaminas, siendo la dopamina la principal, las desventajas de estos compuestos en el fruto son que le otorgan al plátano inmaduro un sabor fuertemente amargo y producen el oscurecimiento del fruto cuando este se deshidrata (Rosales Reynoso, 2012).

Taninos

Se ha identificado la presencia de taninos tanto en la pulpa como en la cáscara del plátano, este compuesto es cinco veces más abundante en los plátanos verdes o inmaduros que en los maduros, son los encargados del sabor del fruto, existen escasos estudios que

demuestran que los taninos poseen capacidad antimicrobiana debido a su propiedad astringente, sin embargo, se dice que la cantidad total de taninos permanece constante en este fruto (Ly, 2004).

En la Tabla 3 se representa la cantidad de taninos presentes durante el proceso de maduración de los plátanos.

Tabla 3. Cambios en la cantidad de taninos durante el proceso de maduración del plátano, por cada 100 g de muestra.

Días	Pulpa	Cáscara	Color de la
			cáscara
0	7.36 g	40.5 g	Verde
1	8.01 g	34.0 g	
2	7.57 g	28.3 g	
3	4.30 g	25.4 g	
4	5.02 g	25.9 g	
5	4.30 g	16.5 g	Amarillenta
6	3.87 g	18.1 g	
7	1.95 g	11.2 g	
8	2.84 g	4.6 g	Amarilla
9	1 99 g	4.7 g	
10	2.00 g	4.5 g	Negra
11	1.32 g	3.5 g	

Fuente: (Ly, 2004).

2.3.1.6 Industrialización de Plátano

El Plátano es 60% pulpa y 40% cáscara, en una caja de plátano de 18.14 kg se desperdician 7.25 kg. Con la finalidad de hacer uso de los residuos del plátano, los mismos que contienen nutrientes benéficos para la alimentación humana se ha buscado técnicas alternativas con las que se pueden obtener ciertos productos tales como: plátanos deshidratados, polvos, jaleas de plátano, harina de plátano, etc. A más de ser utilizados en la alimentación, la cáscara de plátano puede ser utilizada también para la obtención de celulosa, para depurar aguas contaminadas con metales pesados, para la producción de etanol, para la producción de energía a través de la fermentación de la corteza, etc. Al hacer uso de estos remanentes se disminuiría la contaminación ambiental y a la vez se generaría ingresos adicionales para los productores bananeros y para el país (Moreira, 2013).

2.3.1.7 Importancia de los residuos del Plátano

Algunos estudios han demostrado que el raquis y la cáscara de plátano tienen una elevada concentración de elementos minerales, azúcares totales y proteína, a continuación, se describe la composición química de los residuos antes mencionados.

- Raquis: es rico en fibra, representa el 8% de su peso, el 15% del raquis producido en Costa Rica, se utiliza para elaborar fibra para papel.
- Cáscara: de plátano maduro contiene alrededor de 2.7% de fructuosa. 3,2% de glucosa y 7.8% de sacarosa en corteza seca; y 60% de lignina, 25% de celulosa y 15% de hemicelulosa (Moreira, 2013).

2.3.1.8 Propiedades del Plátano

A través de estudios científicos se ha comprobado que tanto la cáscara como la pulpa del Plátano poseen propiedades antifúngicas y antibióticas debido a su composición química, a más de ello se dice que las flores también contienen una gran cantidad de antioxidantes que pueden ser utilizadas como ingredientes con propiedades funcionales para prevenir el estrés oxidativo. Se utiliza la cáscara de Plátano junto con otras sustancias para crear un ungüento que reduce los dolores provocados por la artritis, además de que se convierte en una fuente potencial de antioxidantes y antimicrobianos, posee también compuestos fitoquímicos que actúan contra los radicales libres; por ende estos antioxidantes pueden ser empleados para la elaboración de productos cosméticos para el cuidado de la piel, así como para elaborar alimentos funcionales para actuar frente a las enfermedades del corazón y en algunos casos contra el cáncer (López & Montaño, 2014).

El Plátano es una fuente rica en fitonutrientes muy importantes, así como de vitaminas y compuestos fenólicos, su composición esta enriquecida con minerales como el fosforo, sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso, de tal manera que la fibra dietética total aumenta con su consumo (Díaz, 2016).

2.3.2 Patología cutánea: Acné

El acné, conocido también como acné común –acné vulgaris-, es una enfermedad inflamatoria asociada a la secreción excesiva de grasa, que se agrava aún más por la proliferación de bacterias principalmente por *Propionibacterium acnes*, ya que obstruye el paso del sebo por el conducto pilosebáceo debido a una queratinización anormal del infundíbulo folicular, se manifiesta por la presencia de comedones abiertos o cerrados, pápulas, pústulas, nódulos, abscesos, quistes y/o cicatrices, en el rostro, espalda y parte superior del tórax. En los folículos cutáneos superficiales se puede encontrar a bacterias como: *Staphylococcus aureus*, *S. epidermis* (Tapia, 2015).

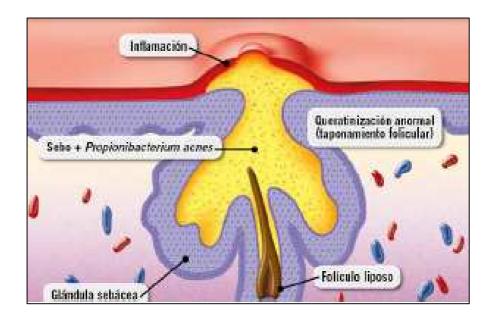


Figura 3. Formación del acné

Fuente: (Guevara Molina, 2012).

2.3.2.1 Factores patogénicos que influyen en la aparición del acné

Ochando Fernández & González Pédéflous (2007), mencionan ciertos factores patogénicos que estimulan a la aparición del acné y son los siguientes:

- Aumento de la secreción sebácea: es causada por cambios hormonales específicamente en los andrógenos, que provocan la obstrucción de los folículos sebáceos, provocando la aparición del microcomedón.
- Hiperqueratosis o hiperqueratinización del infrainfundíbulo: ocurre a nivel de la capa granulosa y la capa cornea, de tal manera que los poros se obstruyen, se acumula suciedad, desechos, bacterias y células inflamatorias, provocando la aparición de comedones.
- Colonización por *Propionibacterium acnes*: es un miembro de la flora normal de la piel y a su vez promueve la inflación de lesiones del acné mediante la producción de mediadores inflamatorios, ácidos grasos libres y porfirinas.

2.3.2.2 Causas y factores de riesgo del acné

- Herencia genética.
- Cambios hormonales relacionados a los periodos menstruales, embarazo, píldoras anticonceptivas o estrés.
- Fármacos como esteroides, testosterona, estrógenos y la fenitoína.
- Células muertas de la piel que se mezclan con el sebo y las bacterias en los poros, produciendo granos o manchas en la piel.
- Mala alimentación, es decir, comer alimentos con exceso de grasas y azúcares.
- Niveles altos de sudor y humedad (Guevara Molina, 2012).

2.3.2.3 Evolución del acné

En la primera fase se observa la presencia de un microcomedón por acumulación del sebo en el infrainfunfíbulo, esto conduce a dos casos el primero a un comedón abierto, que facilita la expulsión al exterior del sebo, el segundo es un comedón cerrado que conlleva a la aparición de una lesión profunda –pápula-, en la que se destruye el epitelio folicular, este comedón en ciertas ocasiones se endurece y forma un microquiste el cual queda encerrado sin posibilidad de expulsión ni de resorción. Un caso más grave es la aparición de una pústula inflamatoria que al abrirse pueden liberar pus, queratina y sebo (Meza & Vargas, 2013).

2.3.2.4 Grados de acné

- Grado I: es una forma leve de acné, se caracteriza por la presencia de comedones abiertos y luego cerrados, posteriormente en la frente y mejillas aparecerán pápulas y pústulas foliculares y superficiales.
- Grado II: presencia de pústulas muy profundas unas tantas dolorosas, debido al agravamiento de los comedones y pápulas de la fase I.

- Grado III: caracterizada por la presencia de nódulos muy dolorosos, eritemas y edemas en la superficie de la piel del rostro.
- Grado IV: esta es la forma más grave o intensa del acné, produce una reacción inflamatoria alrededor del folículo en la dermis profunda, dando lugar a nódulos quísticos, que al ser tratados dejan cicatrices (Camacho Martínez, 2007).

2.3.2.5 Tratamiento del acné

El tratamiento debe regular la secreción sebácea, evitar la obstrucción folicular u formación de comedones, eliminar la proliferación bacteriana y la inflamación (Pascual Pérez & De Hoyos López, 2012).

2.3.2.5.1 Tratamiento tópico

Los retinoides y antimicrobianos son los principales medicamentos utilizados para tratamientos tópicos.

- Retinoides: son los encargados de inhibir la aparición de nuevos microcomedones,
 comedones abiertos y cerrados, y desaparecer los existentes, los más comunes son
 tretinoina, isotretinoina, adapaleno, tazatoreno (Merchán Cuenca, 2017).
- Antimicrobianos: los más utilizados son tetraciclina., eritromicina, clindamicina y peróxido de benzoílo, los mismos que tiene actividad bactericida o bacteriostática frente a *Propionibacterium acnes* y reducen la inflamación de los comedones, útiles para el acné leve y moderado (Pascual Pérez & De Hoyos López, 2012).

2.3.2.5.2 Tratamiento oral

Se utilizan antibióticos orales para tratar inflamaciones intensas y para aquellas en las que el tratamiento tópico no fue efectivo, también para inhibir el crecimiento de *Propionibacterium acnes*, se emplean combinados con agentes tópicos como los retinoides, por un lapso de 6 a 8 semanas con un máximo de 4 a 6 meses (Morales, 2009).

- ✓ Tetraciclinas: son agentes de primera elección con actividad bacteriostática, son las más utilizadas para el tratamiento del *acné vulgaris*, ya que, alcanzan concentraciones elevadas en el infundíbulo pilosebáceo, actuando como antibacteriano directo, reduciendo el efecto inflamatorio de los comedones y eliminando el número de *P. acnes* existentes en el folículo (Pascual Pérez & De Hoyos López, 2012).
- ✓ Eritromicina: los macrólidos y la eritromicina son considerados de segunda elección, se utilizan en casos de alergias o intolerancia a las tetraciclinas (Meza & Vargas, 2013).
- ✓ Clindamicina: su efecto terapéutico es similar al de la eritromicina, es efectiva frente a bacterianas anaerobias (Meza & Vargas, 2013).

2.3.2.5.3 Terapia hormonal

La finalidad de esta terapia es que los andrógenos disminuyan la producción de sebo sobre el folículo sebáceo, para ello se emplean antiandrógenos y agentes bloqueantes de la producción de andrógenos, esta terapia se utiliza para tratar el acné de la mujer adulta, por la persistencia de pápulas inflamatorias y nódulos, es decir cuando los antibióticos no lograron resultados positivos, el antiandrógeno más utilizado es el acetato de ciproterona (Meza & Vargas, 2013).

2.3.2.5.4 Otras posibilidades de tratamiento

• Extracción de comedones: permite mejorar el aspecto de la piel y la respuesta terapéutica es efectiva.

- Electrocauterización: su finalidad es producir daño térmico de bajo grado a los macrocomedones superiores a 1.5 mm de diámetro, a través de una leve electrocoagulación, para facilitar la eliminación del comedón.
- Peeling químico: conocido también como quimioexfoliación, este implica la aplicación de agentes químicos a la piel para inducir a su destrucción controlada con la finalidad de eliminar la piel deteriorada y las células muertas para dar lugar al surgimiento de una nueva capa de piel.
- Terapia fotodinámica: es un tratamiento poco invasivo para el acné, las porfirinas producidas por *P. acnes* se someten a luces con diferentes longitudes de onda que generan una reacción fotodinámica que destruye a las bacterias foliculares.
- Microdermoabrasión: este un procedimiento utilizado para el tratamiento del acné no inflamatorio, es decir a pacientes que utilizan retinoides u cualquier otro agente comedolítico suave ya que elimina de forma superficial de los comedones (Toquero & Candiani, 2009).

2.3.2.6 Cosmética del Acné

Se recomienda el uso de cremas, geles, lociones que minimicen la sequedad y la irritación del cutis, los cosméticos poseen una débil acción por lo que se los usa como acompañantes de los medicamentos o para mejorar el estado de la piel (Meza & Vargas, 2013).

2.3.2.6.1 Geles

Los geles son productos cosméticos líquidos a los cuales se les adiciona un agente gelificante apropiado, de manera que forma una red y el líquido queda en suspensión (Castellar, 2019).

2.3.2.6.2 Características de un gel

Los geles deben presentar ciertas características, las principales son:

- ✓ Tener una consistencia semisólida o fluida.
- ✓ De aspecto transparente o turbio.
- ✓ Su estructura debe ser homogénea
- ✓ Tener un comportamiento pseudoplástico.
- ✓ El pH debe estar entre 4.5 y 8.5 (Guevara Molina, 2012).

2.3.3 Microorganismo causante del acné (*Propionibacterium acnes*)

Propionibacterium acnes llamado también bacilo del acné, es una bacteria Gram positiva, anaerobia difteroide que crece en anaerobiosis a 35 °C. Se encuentra en la piel, cavidad oral, tracto gastrointestinal y urogenital, predomina en el folículo pilosebáceo de los pacientes jóvenes con acné y coloniza el 20% de estos folículos. Esta bacteria suele aparecer durante la pubertad y alcanza hasta 105 UFC –Unidades formadoras de coloniaspor folículo (Jaramillo & Bazalar, 2006).

2.3.3.1 Mecanismo de acción de P. acnes

Está bacteria prolifera en el interior del comedón, hidroliza el sebo mediante lipasas – lipólisis-, convirtiendo los triglicéridos en glicerol y ácidos grasos y además libera un primer factor quimiotáctico para los PMN, que, al difundirse a través de la pared del comedón, atrae a los PMN. Estos PMN entran en la luz folicular, fagocitan, además produce proteasas hidrolíticas, especialmente metaloproteinasas, que causan la rotura de la pared del folículo pilosebáceo (Camacho Martínez, 2007).

2.3.3.2 Resistencia antibiótica de P. acnes

En los últimos 20 años la resistencia antimicrobiana de las cepas de *P. acnes* ha aumentado considerablemente desde el 20% en 1978 al 62% en 1996, afectando principalmente a eritromicina, clindamicina, tetraciclina, doxiciclina y trimetropin. A través de un estudio realizado en Europa sobre la susceptibilidad de *P. acnes* a los antibióticos se encontró que el 2.6% de cepas son resistentes a Tetraciclina, 1.5% a Clindamicina y 17.1% a Eritromicina, sin embargo, no se verifica resistencia hacia linezolid, bencil-penicilina o vancomicina (Cruz Avilés, 2010).

2.3.4 Agentes antimicrobianos vegetales

Los antimicrobianos naturales se obtienen de plantas, hierbas y especias, su efecto antimicrobiano se debe a la presencia de compuestos fenólicos como taninos, flavonoides, saponinas, etc., presentes en sus extractos o aceites esenciales, factores como el pH, concentración de sal, y temperatura influyen en dicha actividad (Nereyda & Sauceda, 2011).

2.3.5 Extractos

A los extractos se los define como preparados concentrados de drogas vegetales o animales, obtenidos mediante la remoción de los compuestos activos de las respectivas drogas a través de solventes apropiados y evaporación de todo el disolvente.

Según la OMS el 25% de los fármacos que se comercializan son de origen vegetal y un 25% contiene principios vegetales modificados químicamente, para las industrias farmacéuticas, los extractos vegetales son una fuente nueva para la obtención de moléculas con actividad terapéutica, que puedan ser utilizados directamente y permitan obtener fármacos con menos efectos secundarios para de esta manera aumentar el uso productos naturales (Pardo Zapata, 2002).

2.3.5.1 Características de los extractos

Una de los principales aspectos en la obtención de extractos vegetales es garantizar altos rendimientos del material vegetal y un alto contenido de principios activos, pero también presentan las siguientes características:

- Son de color café más o menos oscuros y ligeramente claros cuando han sido preparados al vacío.
- Algunos son de color café-amarillento, otros rojizos y otros verdes ya que provienen de hojas verdosas por la clorofila.
- Su aspecto debe ser liso, fino y homogéneo.
- Su olor y sabor deben ser característicos de la materia prima proveniente.
- Son de solubilidad variada.
- Los extractos alcohólicos son parcialmente solubles en agua (Ramón & González, 2008).

2.3.5.2 Conservación de los extractos

La conservación de los extractos es indispensable para evitar la volatilización de los componentes fitoquímicos, para ello se debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Protegerlos de la luz solar con papel de aluminio.
- Tapar bien los envases para evitar desperdicios.
- Conservarlos en un ambiente fresco, de preferencia oscuro.

Un extracto seco se conserva mejor que un acuoso, sin embargo, existen otras alteraciones más frecuentes que consisten en modificaciones químicas no aparentes un ejemplo de esto es lo que sucede con los extractos de flores verdes que por la oxidación

de la clorofila pierden su color, otros extractos pueden ser contaminados con microorganismos como hongos y bacterias (Borges *et al.*, 2016).

Existen dos métodos de conservación de extractos, el primero consiste en aquellos que se conservan de manera natural, es decir, no necesitan de ningún componente adicional, el siguiente grupo están los extractos a los que se les ha adicionado algún compuesto químico para que conserven sus compuestos fitoquímicos (Tecnofarma, 2013).

2.3.6 Métodos de Extracción

El método de extracción debe ser elegido de acuerdo al compuesto fotoquímico que se desea obtener, es decir, si es un metabolito primario o secundario, un compuesto activo definido o un compuesto bioactivo desconocido. Es necesario conocer la solubilidad, propiedades ácido-base, tamaño molecular, etc., para facilitar el aislamiento del componente de interés, sin embargo, cuando el compuesto bioactivo no está identificado, es necesario realizar pruebas cualitativas indicadoras de la presencia de familias de compuestos (alcaloides, saponinas, taninos, ácidos fenólicos, etc.) así como pruebas de cromatografía en capa fina (Pilco Romero, 2017).

2.3.6.1 Maceración

Consiste en triturar y/o pulverizar el material vegetal seco y ponerlo en contacto con el solvente seleccionado en un recipiente cerrado a temperatura ambiente durante 2 a 14 días, con agitación constante, hasta el agotamiento total de la droga vegetal, finalmente el macerado es filtrado y luego rotaevaporado con la finalidad de recuperar el solvente y obtener el extracto puro (Carrión & García, 2010).

2.3.6.2 Percolación o Lixiviación

El material crudo triturado y humedecido se pone en contacto con el solvente –alcohol al 95%- en un tanque percolador, este solvente actúa de manera continua y descendiente hasta agotar el material vegetal, una de las ventajas de este método es que el percolador posee dispositivos de carga y descarga lo que permite una extracción total de los principios activos, obteniéndose un promedio del 95% de los metabolitos presentes (Guevara Molina, 2012).

2.3.6.3 Decocción

Llamada también cocimiento, consiste en someter a la especie vegetal más el solvente a la temperatura de ebullición del agua, manteniendo esta temperatura por un lapso que puede oscilar entre los 15 a 30 minutos, este método se utiliza para obtener principios activos que no sufran dalos con la temperatura (Carrión & García, 2010).

2.3.6.4 Infusión

Este proceso consiste en verter el solvente hirviendo sobre la especie vegetal fragmentada, se tapa el envase, se deja enfriar por 5 a 20 minutos, una vez frio se filtra para clarificar el maceado, se utiliza para evitar que los aceites volátiles se evaporen (Carrión & García, 2010).

2.3.6.5 Digestión

Es un método similar a la maceración, se utiliza en plantas que poseen principios activos difíciles de extraer, requieren de un ligero calentamiento durante el proceso, se requiere temperaturas entre 35 y 40 °C (Amaguaña & Churuchumbi, 2018).

2.3.7 Pruebas de actividad antimicrobiana

Varios métodos de laboratorio pueden ser utilizados para determinar *in vitro* la susceptibilidad de bacterias ante agentes antimicrobianos, los principales métodos de evaluación cualitativa del efecto antimicrobiano de los extractos vegetales sobre el microorganismo de interés son los métodos de difusión en disco y dilución en agar, los resultados obtenidos se expresan midiendo el diámetro del halo de inhibición generado por los extractos (Taroco *et al.*, s.f).

Por otra parte, para la determinar de manera cuantitativa el efecto antimicrobiano, los métodos de dilución son los más apropiados, la técnica que más se utiliza es la llamada concentración minina inhibitoria –CMI-, con la que se define la concentración mínima con la que un antimicrobiano puede inhibir el crecimiento del microrganismo de interés.

Después de establecer el efecto antimicrobiano de manera cualitativa y cuantitativa de los extractos, es importante determinar el compuesto responsable de esta actividad, para ello se emplea la autobiografía ya que, permite localizar el compuesto mediante una cromatografía de capa fina (Ramírez & Castaño, 2009).

2.3.7.1 Método de Kirby-Bauer (difusión en agar)

La difusión de disco en agar es una técnica muy antigua para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos que se caracteriza por ser fácilmente estandarizable. Esta técnica es adecuada para evaluar a la mayoría de los patógenos bacterianos inclusive a los microorganismos más exigentes.

Su fundamento se basa en colocar en la superficie de una placa con agar Mueller Hinton previamente inoculada con el microorganismo de interés discos de papel embebidos con diferentes antibióticos, en el transcurso de 18 a 24 horas de incubación, se podrá observar la presencia o ausencia de halos de inhibición alrededor de los discos,

en caso de haber inhibición se mide el mismo, sin embargo este método no permite una lectura directa de la CMI (Taroco *et al.*, s.f).

2.3.7.2 Método de microdilución

El método de microdilución en caldo es procedimiento útil para determinar la CMI, en un gran número de muestras, se utilizan cantidades pequeñas, empleando el método de doble dilución, lo cual es importante cuando se trabaja con productos naturales ya que permite determinar el efecto bactericida o bacteriostático, para realizar este método se emplea una microplaca de 96 - pocillos en las que se analiza en cada una de ellas, el mismo microorganismo, 8 antimicrobianos y 11 diluciones, la última columna se utiliza como control de crecimiento, estas placas se sellan con adhesivo para evitar que el medio de cultivo se evapore durante la incubación-16 a 24 horas-. Al finalizar la incubación si se observa turbidez en los pocillos indica el crecimiento del microorganismo, para ello se utiliza un agente revelador –resazurina-, que indica la CMI a través del cambio de color en cada uno de los pocillos (Ramirez & Castaño, 2009).

2.3.7.3 Concentración mínima inhibitoria (CMI)

Se define CMI como la concentración mínima en la que un antibiótico es capaz de inhibir el crecimiento *in vitro* de un inóculo bacteriano estandarizado, después de incubarlo por 24 horas (Taroco *et al.*, s.f).

2.3.8 Tamizaje Fitoquímico

El screening o cualificación fitoquímica de los extractos vegetales consiste en una serie de aislamientos y purificaciones de los compuestos presentes en la muestra vegetal, a su vez permite que las moléculas reaccionen con los determinados reactivos afirmando o descartando su presencia (Castañeda *et al.*, 2002).

2.3.8.1 Metabolitos Secundarios

Los vegetales a más de contener metabolitos primarios, tales como carbohidratos, aminoácidos, intermediarios metabólicos de las vías anabólicas y catabólicas, también producen metabolitos secundarios que, aunque no están relacionados directamente con el desarrollo de los vegetales, aportan a que el individuo responda a los estímulos del entorno (Yungán, 2009), por ejemplo la cáscara de plátano es rica en compuestos fenólicos con más de 40 compuestos individuales identificados, los cuales poseen potentes propiedades antioxidantes y antimicrobianas beneficiosas para la salud (Vu et al., 2018).

Taninos

Los taninos son sustancias polifenólicas, de origen vegetal, de estructura más o menos compleja, solubles en agua y alcohol, formando soluciones de sabor astringentes. Tienen la capacidad de precipitar macromoléculas como: gelatinas, alcaloides, celulosa y proteínas, se subdividen en dos grupos: taninos hidrolizables y taninos condensados (Vásquez & Cañas, 2008).

Flavonoides

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales, son de gran interés en la cosmética por su actividad antioxidante, se ha constatado a través de investigaciones la existencia de efectos antiinflamatorios, antivirales o antialérgicos. Los flavonoides se encuentran extensamente distribuidos entre las plantas libres como glicósidos, estos últimos contribuyen a darle color a las flores, frutos y hojas, dentro de los flavonoides se distingue cuatro grupos principales: los flavonoides, los isoflavonoides, los neoflavonoides y los antocianos (Martínez-Flórez *et al.*, 2002).

• Saponinas

Las saponinas pertenecen al grupo de los glúcosidos oleosos, los cuales son solubles en agua produciendo espuma cuando son agitadas, son amargas y por hidrolisis destruyen los glóbulos rojos, al hidrolizar las saponinas se obtienen carbohidratos y una aglicona llamada sapogenina, la cual puede tener un esqueleto esteroidal o triterpénico (Vásquez & Cañas, 2008).

CAPÍTULO 3

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Nivel de la investigación

El proyecto se encuentra en un nivel de investigación explicativa, en el cual se va a

evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos de la cáscara de plátano, para su

potencial uso en la elaboración de una crema antiacné.

3.2 Diseño de la investigación

La investigación está dentro de un diseño experimental, ya que las cáscaras de plátano

se van a someter a diferentes solventes como etanol (96%, 70%) y agua destilada, para la

obtención de sus extractos. Posteriormente se evaluará la actividad antimicrobiana,

determinando cuál de los dos extractos es más efectivo. El organismo de interés

Propionibacterium acnes será solicitado y adquirido a través de la empresa MEDIBAC.

3.3 Población y muestra

El universo considerado para el presente estudio es una muestra de 5 kg de cáscara de

plátano proveniente de la finca familiar del señor Fidel Tigre, ubicada en la provincia de

Morona Santiago, cantón Sucúa.

3.4 Variables

Variable Dependiente: Actividad antimicrobiana de los extractos.

Variable Independiente: Microorganismo en estudio, concentración de los extractos.

Variables Intervinientes: Concentración bacteriana, composición cualitativa de los

extractos.

36

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos son: análisis documental mediante fichas, computadora y sus unidades de almacenaje. Adicionalmente se ocupará la técnica de observación no estructurada, que incluye instrumentos como diario de campo, cámara fotográfica y de video.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Las técnicas de procesamiento de datos propuestos son: interpretación de resultados de las pruebas de laboratorio, para lo cual se van a utilizar tablas y gráficos. Con todos estos datos procesados se realizará un análisis mediante Minitab 18 para elaborar el modelo estadístico más apropiado.

3.7 Protocolo

3.7.1 Obtención de la materia prima

Las cáscaras maduras de plátano –*Musa paradisiaca* L.- fueron recolectadas de la finca familiar del Señor Fidel Tigre, en la provincia de Morona Santiago, cantón Sucúa -Figura 4-. Esta finca suministró una muestra de 3 kg de cáscara, la misma que se utilizó para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos mencionados.



Figura 4. Hacienda Familiar del Sr. Fidel Tigre Sucúa.

Fuente: Autora.

Para realizar esta investigación se utilizó cascará de plátano maduro, de estas se escogieron las que en mejor estado se encontraban, es decir se eligieron aquellas que no tenían mayores daños físicos –podridas, secas, libres de patógenos-, siendo necesario conservar las cáscaras en un lugar fresco.



Figura 5. Cáscaras de plátano a utilizar en buen estado.

Fuente: Autora.

3.7.1.1 Tratamiento de la materia prima

Lavado y secado de la materia prima

Tabla 4. Materiales para el tratamiento de la cáscara de Musa Paradisiaca L.

Materiales	Equipos
Agua destilada	Estufa Memmert SM-100
Tijeras	Balanza analítica OHAUS PA-3102
Cuchillos	
Recipientes de aluminio	

Fuente: Autora.

Procedimiento

La muestra recolectada se pesó para obtener el peso inicial de la cáscara, la misma que se lavó con agua potable y luego con agua destilada para eliminar impurezas presentes.



Figura 6. Pesado de la cáscara de Musa Paradisiaca L.

Fuente: Autora.

Enseguida se procedió a cortar las cáscaras en fragmentos pequeños -0.5 cm aproximadamente- y pesar nuevamente para obtener el peso total (Pilco Romero, 2017). Las muestras vegetales fueron distribuidas en recipientes de aluminio y colocadas en la estufa Memmert durante cinco días a 60 °C, con la finalidad de deshidratar los mismos, para un mejor proceso de trituración o molienda.

A B



Figura 7. A: Fragmentos de la cáscara y B: proceso de secado de las cáscaras de M. Paradisiaca L.

Fuente: Autora.

Pulverizado y tamizado de la materia prima

Tabla 5. Materiales para pulverizar y tamizar la cáscara de Musa Paradisiaca L.

Materiales	Equipos
Bandejas de aluminio	Molino manual "Corona"
Fundas Ziploc	Tamiz Advantech 800-511-2096
	Balanza Analítica OHAUS PA-3102

Fuente: Autora.

Procedimiento

Los fragmentos de cáscara secos, se colocaron en la tolva del molino, obteniendo una masa pulverizada de partícula gruesa como se puede observar en la Figura 8. Posterior a esto la masa pulverizada se pasó por un set de tamices Advantech de 40 μ m, obteniendo un polvo homogéneo de 0.42 mm de diámetro (Loyaga, 2019), el mismo que se almacenó en bolsas Ziploc, hasta su uso.



Figura 8. Pulverizado de las cáscaras de M. paradisiaca L.

Fuente: Autora.

3.7.2 Preparación y obtención de extractos etanólico y acuoso

Los extractos se obtuvieron mediante maceración con etanol al 70% y 96% y con agua destilada.

3.7.2.1 Extracto etanólico al 96% y 70%

Para la obtención de los extractos etanólicos a una concentración de 70 y 96 % y su posterior análisis fitoquímico, se empleó el procedimiento más adecuado y los materiales mencionados en la Tabla 6, con la finalidad de obtener extractos con buen rendimiento.

Tabla 6. Materiales para la obtención de extractos etánolicos al 70% y 96%.

Materiales	Equipos
Frascos ámbar 500 mL	Balanza analítica OHAUS PA-3102
Papel filtro	Bomba de filtrado al vacío TECNAL TE-0582
Vaso de precipitación 500 mL	Rotavapor TECNAL TE-211
Varilla de vidrio	
Kitasato 750 mL	
Embudo Büchner	
Luna de reloj	
Espátula	
Polvo de cáscara de plátano	
Solvente: etanol 70% y 96%	

Fuente: Autora.

Procedimiento

Se colocó 20 g de polvo de cáscara de Plátano en el frasco ámbar uno y dos; se adicionó 200 mL de etanol al 70% y 96% respectivamente -Relación 1:10-. Se cerró el frasco ámbar y se dejó macerar por ocho días, envuelto con papel de aluminio, almacenándolo

en un lugar fresco, a temperatura ambiente y libre de la luz a fin de evitar la volatilización ya que los metabolitos secundarios son fotosensibles.

Al transcurrir el tiempo de maceración se procedió a filtrar al vacío cada extracto por tres ocasiones para evitar la presencia de sedimentos -Figura 9-, luego se procedió a concentrar el extracto en el rotavapor a 70 °C –Figura 10- con la finalidad de recuperar el solvente -etanol 70% y 96%, al final del proceso se obtuvo un volumen de 60 mL de extracto puro al 70 % y 50 mL de extracto puro al 96%. Los productos obtenidos se almacenaron en frascos ámbar y en refrigeración a 4 °C, hasta su uso (Pilco Romero, 2017).



Figura 9. Filtrado al vacío del extracto macerado de la cáscara de Plátano.

Fuente: Autora.



Figura 10. Extracto macerado de la cáscara en el Rotavapor.

Fuente: Autora.

3.7.2.2 Extracto acuoso

Para la obtención del extracto acuoso para su posterior análisis fitoquímico, se empleó el procedimiento más adecuado y los materiales mencionados en la Tabla 7, con la finalidad de obtener extractos con buen rendimiento.

Tabla 7. Materiales para la obtención del extracto acuoso.

Materiales	Equipos
Frascos ámbar 500 mL	Balanza analítica OHAUS PA-3102
Papel filtro	Bomba de filtrado al vacío TECNAL TE-0582
Vaso de precipitación 500 mL	
Varilla de vidrio	
Kitasato 750 mL	
Embudo Büchner	
Luna de reloj	
Espátula	
Polvo de cáscara de plátano	
Solvente: agua destilada	

Fuente: Autora.

Procedimiento

Se colocó 20 g de polvo de cáscara de Plátano en un frasco ámbar, se adicionó 200 mL de agua destilada -Relación 1:10-. Se cerró el frasco ámbar y se dejó macerar por ocho días, envuelto con papel de aluminio, almacenándolo en un lugar fresco, a temperatura ambiente y libre de la luz ya que los metabolitos secundarios son fotosensibles.

Pasado este tiempo se procedió a filtrar el extracto acuoso por tres ocasiones para evitar la presencia de sedimentos, al final se obtuvo un volumen de 180 mL. El producto obtenido se almacenó en un frasco ámbar y en refrigeración a 4 °C, hasta su uso (Pilco Romero, 2017).

3.7.3 Activación de la cepa Propionibacterium acnes ATCC 11827

El material biológico *Propionibacterium acnes* ATCC 11827 - American Type Culture Collection-, marca Microbiologics – Kwik Stick Duo – Figura 11- fue adquirido a través de la empresa MEDIBAC, para la activación de la cepa se siguió las instrucciones de uso indicadas en el catálogo de dicha empresa. En la Tabla 8 se encuentran los materiales para la activación de la cepa.



Figura 11. Kwikstick de P.acnes adquirido en MEDIBAC.

Fuente: Autora.

Tabla 8. Materiales para la activación de la cepa P. acnes.

MATERIALES	REACTIVOS	EQUIPOS
2 Tubos de ensayo con tapa	P. acnes ATCC 11827	Estufa Memmert SM-100
6 Cajas Petri	5 mL de TSB	
Jarra anaeróbica	125 mL de TSA	
1 Vela		
Parafilm		

Fuente: Autora.

Procedimiento

Como primer paso se abrió la bolsa rasgándola a la altura de la muesca y se retiró la unidad de Kwik-Stick, se removió el sello de seguridad y se extrajo el hisopo, el mismo que se encontraba sumergido en un fluido hidratante, después se inoculó en tres cajas Petri y un tubo pico de flauta que contenían agar estéril TSA, en tres cajas Petri que contenían agar Sangre de Cordero estéril como se puede observar en la Figura 12, a continuación, el hisopo fue introducido en un tubo de ensayo con 5 mL de caldo TSB.

Para el crecimiento de la bacteria las cajas Petri y los tubos de ensayo se colocaron dentro de la jarra anaeróbica con una vela, la misma que se encarga de consumir el oxígeno, dejando el ambiente en anaerobiosis, finalmente se incubó en la estufa Memmert a 37 °C durante 72 horas. En algunas ocasiones el microorganismo puede tardar de cinco a siete días en mostrar evidencia de crecimiento.



Figura 12. Activación de Propionibacterium acnes en TSA y Agar sangre.

Fuente: Autora.

3.7.4 Tamizaje fitoquímico de los extractos de la cáscara de Plátano (Musa paradisiaca L)

A continuación, se procedió a realizar la caracterización cualitativa de los extractos etanólico y acuoso a través de diferentes pruebas de laboratorio, para la identificación de metabolitos secundarios, siguiendo la metodología propuesta por Guerrero (2014).

3.7.4.1 Prueba para taninos, ensayo de cloruro férrico

Reactivo: cloruro férrico

Procedimiento: se colocó por separado 1 mL de cada uno de los extractos obtenidos en tubos de ensayo y se adicionó tres gotas de solución de cloruro férrico al 5%.

Resultado: coloración, como se observa en la Figura 13.

✓ Rojo-vino: compuestos fenólicos en general

✓ Verde intenso: taninos pirocatecólicos

✓ Azul: taninos pirogalotánicos

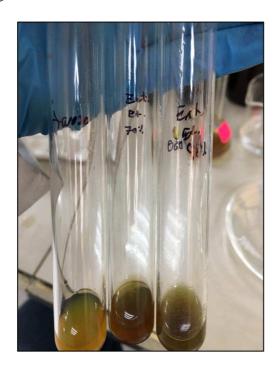


Figura 13. Presencia de taninos pirocatecólicos en los extractos de las cáscaras de Plátano.

Fuente: Autora.

3.7.4.2 Prueba para taninos, reacción de Stiansy

Reactivo: formol clorhídrico

Procedimiento: se colocó por separado 1 mL de cada uno de los extractos obtenidos en tubos de ensayo y se adicionó de tres a cuatro gotas de formol clorhídrico.

Resultado: precipitado con copos rojos corresponden a taninos condensados.

3.7.4.3 Prueba para flavonoides, ensayo de Shinoda

Reactivo: ácido clorhídrico concentrado, pedazo de cinta de magnesio y alcohol amílico.

Procedimiento: se colocó por separado 1 mL de cada uno de los extractos obtenidos en tubos de ensayo, se adicionó 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y un pedazo de cinta de magnesio metálico. Se esperó 5 minutos y se adiciona 1 mL de alcohol amílico, se mezclan las fases y se dejó reposar hasta que se separen.

Resultado: positivo si la fase del alcohol amílico se colorea de amarillo, naranja, o rojo intenso, como se indica en la Figura 14.

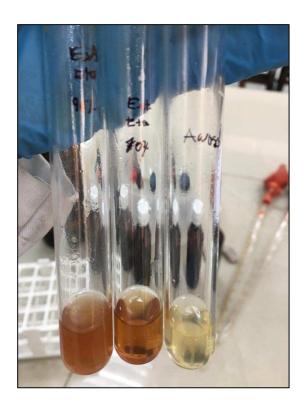


Figura 14. Presencia de flavonoides en los extractos de las cáscaras de Plátano.

Fuente: Autora.

3.7.4.4 Prueba para saponinas, ensayo de espuma

Reactivo: agua

Procedimiento: se colocó por separado 1 mL de cada uno de los extractos obtenidos en tubos de ensayo y se diluyó cada uno con 5 mL de agua destilada y se agitó fuertemente.

Resultado: la prueba es positiva si aparece espuma en la superficie del líquido, de más de 2 mm de altura que persista por más de 2 minutos, como se observa a continuación en la Figura 15.

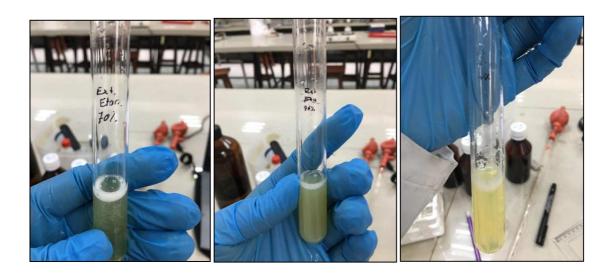


Figura 15. Presencia de saponinas en los extractos de las cáscaras de Plátano.

Fuente: Autora.

3.7.4.5 Criterios de interpretación de pruebas cualitativas

Para expresar los resultados de las pruebas cualitativas realizadas se utilizó los criterios expuestos en la Tabla 9.

Tabla 9. Modelo de interpretación de resultados cualitativos

Abundante	+++
Moderado	++
Escaso	+

Ausente	-

Fuente: Autora

3.7.5 Determinación de la actividad antimicrobiana de los extractos mediante el método de difusión en agar o Kirby-Bauer

El método de difusión en agar consiste en enfrentar a la bacteria a las siguientes concentraciones de los extractos etanólicos: 96%, 70% y extracto acuoso, así como a un antibiótico comercial, para ello se utilizó la metodología propuesta por Wistuba, (2013), en la Tabla 10 se encuentran los materiales utilizados.

Tabla 10. Materiales para el método de difusión en agar o Kirby-Bauer.

REACTIVOS	EQUIPOS
10 mL de medio TSB	Centrifuga HERMLI Z-400
200 mL de agar M. Hinton	Vortex K-gemmy
4 mL de solución salina al	Estufa Memmert SM-100
0.9%	
Tetraciclina Bioanalyse® 30	
μg	
Eritromicina Bioanalyse® 15	
μg	
Extracto etanólico al 70 %	
Extracto acuoso	
Extracto etanólico al 96 %	
	10 mL de medio TSB 200 mL de agar M. Hinton 4 mL de solución salina al 0.9% Tetraciclina Bioanalyse® 30 µg Eritromicina Bioanalyse® 15 µg Extracto etanólico al 70 % Extracto acuoso

Fuente: Autora.

3.7.5.1 Preparación del inóculo

Con la ayuda de un asa bacteriológica estéril se seleccionó cuatro a cinco colonias de *P. acnes* de un cultivo puro, se inoculó en un tubo de ensayo con 5 mL de caldo TSB estéril y se incubó en anaerobiosis durante 24 horas a 37 °C. Al día siguiente el inóculo bacteriano se centrifugó a 350 rpm durante 20 minutos, se eliminó el sobrenadante. Enseguida se añadió 4 mL de solución fisiológica al 0.9% al *pellet* obtenido y se mezcló con ayuda de un Vortex de 1 a 3 minutos, hasta que las cepas se suspendan en el suero fisiológico. Este inóculo fue diluido hasta alcanzar una turbidez de 0.5 de la escala McFarland cuya concentración equivale a 1.5 x 10⁸ UFC -unidades formadoras de colonias- y finalmente comparado visualmente con un patrón McFarland 0.5 previamente preparado -Figura 16-.



Figura 16. Inóculo bacteriano estandarizado al patrón 0.5 Mc Farland.

Fuente: Autora.

3.7.5.2 Inoculación en placas Petri

Al transcurrir 15 minutos después del ajuste de la turbidez del inóculo, se sumergió un hisopo estéril dentro del cultivo bacteriano, presionando firmemente sobre la pared interior del tubo para eliminar el exceso de inóculo y se procedió así para sembrar en las nueve cajas Petri con agar Mueller-Hinton, preparado según las especificaciones de la casa fabricante. A continuación, se dispersó el inoculó por toda la superficie y circunferencia del agar con el mismo hisopo procurando no dejar espacios sin estriar para lograr un crecimiento uniforme de la bacteria, finalmente se dejó la tapa abierta de la placa de 3 a 5 minutos, de esta manera el exceso de humedad superficial es absorbido.

3.7.5.3 Aplicación de los discos con los extractos en las placas inoculadas

En las primeras seis cajas Petri, tres para Tetraciclina y tres para Eritromicina, con la ayuda de una pinza estéril y ejerciendo una ligera presión sobre la superficie del agar se colocó los discos estériles impregnados con las diferentes concentraciones de los extractos, el control positivo -Tetraciclina y Eritromicina- y el control negativo -agua destilada estéril-, a una distancia adecuada de 15 mm con el objetivo de evitar una posible superposición de los halos. En las siguientes tres cajas Petri se colocaron únicamente los discos embebidos con las diferentes concentraciones de los extractos –aproximadamente 10 μL- siguiendo el mismo procedimiento antes descrito. El resultado se observa en la Figura 17.

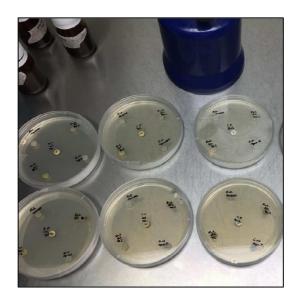


Figura 17. Distribución de los discos en las placas Petri.

3.7.5.4 Incubación de las placas

Transcurridos 15 minutos a la aplicación de los discos, las cajas fueron colocadas en posición invertida dentro de la jarra anaeróbica, la cual fue introducida en la estufa e incubada a 37 ° C por 24 horas

3.7.5.5 Lectura de las placas e interpretación de resultados

Cumplido el tiempo de incubación, se procede a examinar cada caja -Figura 18-, medir los halos de inhibición generados y anotar los resultados. Esta prueba se realizó por triplicado.

Para el cálculo de porcentaje de inhibición se empleó la siguiente fórmula establecida por Corzo (2012), teniendo como referencia la medida del diámetro de inhibición del control positivo, negativo y de los extractos en estudio.

% efecto inhibitorio = $\frac{\text{diámetro del halo de inhibición del tratamiento}}{\text{diámetro del halo de control positivo}} \times 100$

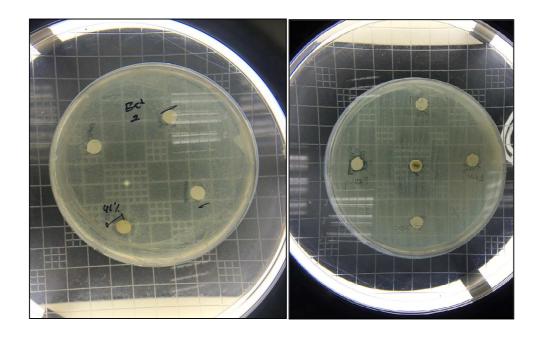


Figura 18. Placas con halos de inhibición.

3.7.6 Determinación de la CMI de los extractos mediante el método de Microdilución en caldo

La concentración mínima inhibitoria (CMI), se emplea para determinar la menor concentración de cada uno de los extractos que inhibe el crecimiento de las bacterias en estudio (Cruz et al., 2010).

El método de microdilución en caldo se llevó a cabo de acuerdo a la metodología propuesta por CLSI (2012). El ensayo se realizó en microplacas estériles de 96 pocillos, los extractos se aplicaron a diferentes concentraciones, considerando que la capacidad de cada pocillo es de 200 µL, el mismo que debe contener, caldo más inóculo, antimicrobiano y extractos. En la Tabla 11 se encuentran los materiales utilizados.

Tabla 11. Materiales para realizar la Microdilución en caldo TSB.

Materiales	Reactivos	Equipos
Microplaca de 96 pocillos	Caldo TSB 30 Ml	Cámara de flujo
Vaso de precipitación 100mL	Sol. antibiótico Tetraciclina	Estufa Memmert SM-100
Micropipeta 100 – 1000 μL	Inóculo bacteriano	
Micropipeta de 10 – 100 μL	Extractos etanólicos	
	Extracto acuoso	
	Alcohol 70% y 96%	
	Agua destilada estéril	

3.7.6.1 Preparación del Inóculo

Para la preparación y estandarización del inóculo se siguió el mismo procedimiento descrito en el apartado 3.7.5 (Determinación de actividad antimicrobiana de los extractos mediante el método de difusión en agar o Kirby-Bauer), para llegar a una concentración de 1.5×10^8 UFC.

3.7.6.2 Preparación de la solución de antibiótico (control positivo)

Como control positivo se utilizó el antibiótico genérico Tetraciclina (500 mg) en polvo, se procedió a reconstituirlo con 10 mL de solución fisiológica al 0.9%, el concentrado resultante para perfusión contiene 50 mg/mL de Tetraciclina. Para realizar la microdilución se requirió una concentración de 50 µg/µL para ello se realizó una dilución con solución fisiológica.

3.7.6.3 Microdilución

La inoculación con la suspensión estandarizada al patrón 0.5 McFarland debe hacerse dentro de los 15 minutos de preparada la misma, para evitar que el número de microorganismos aumente por duplicación.

Para el ensayo de la microdilución se utilizó dos microplacas estériles, para las concentraciones de los extractos, solución de antibiótico e inóculo bacteriano. Se siguió el método de doble dilución, iniciando con las siguientes concentraciones: 83% para el EECP-96, 71% para el EECP-70, 42% para el EACP y 50% para la solución de antibiótico Tetraciclina, considerando que la capacidad de cada pocillo es de 200 μL, el mismo que debe contener caldo TSB, inóculo, extractos y solución de antibiótico.

Se colocó caldo más inóculo bacteriano (150 μ L) en los pocillos de las dos microplacas a excepción de las columnas 10-12 de la segunda microplaca en donde se colocó agua destilada estéril (200 μ L) como control negativo, además de ello se distribuyó 50 μ L de extractos, antibiótico y etanol al 70% y 96%, para completar los 200 μ L en los pocillos a excepción de los antes mencionados.

A continuación, las 12 columnas de la primera microplaca se dispusieron de la siguiente manera: (1-3 EECP-96), (4-6 EECP-70), (7-9 EACP), (10-12 SAT como control positivo), en la segunda microplaca las 12 columnas se distribuyeron de la siguiente forma: (1-3 E-96), (4-6 E-70), (7-9 caldo más inóculo), (10-12 Agua destilada estéril, control negativo), todo este proceso se realiza por triplicado. En las Tablas 12 y 13 se encuentra detallado lo indicado anteriormente.

Tabla 12. Tratamientos y concentraciones aplicadas en la microplaca 1.

FILA	CONCENTRACIÓN
F1 (EECP-96)	83%, 41.5%, 20.75%, 10.38%, 5.19%, 2.60%, 1.30%, 0.65%
F2 (EECP-96)	83%, 41.5%, 20.75%, 10.38%, 5.19%, 2.60%, 1.30%, 0.65%
F3 (EECP-96)	83%, 41.5%, 20.75%, 10.38%, 5.19%, 2.60%, 1.30%, 0.65%
F4 (EECP-70)	71%, 35.5%, 17.75%, 8.88%, 4.44%, 2.22%, 1.11%, 0.56%
F5 (EECP-70)	71%, 35.5%, 17.75%, 8.88%, 4.44%, 2.22%, 1.11%, 0.56%
F6 (EECP-70)	71%, 35.5%, 17.75%, 8.88%, 4.44%, 2.22%, 1.11%, 0.56%
F7 (EACP)	42%, 21%, 10.5%, 5.25%, 2.63%, 1.31%, 0.66%, 0.33%
F8 (EACP)	42%, 21%, 10.5%, 5.25%, 2.63%, 1.31%, 0.66%, 0.33%
F9 (EACP)	42%, 21%, 10.5%, 5.25%, 2.63%, 1.31%, 0.66%, 0.33%
F10 (SAT)	50%, 25%, 12.5%, 6.25%, 3.13%, 1.56%, 0.78%, 0.39%
F11 (SAT)	50%, 25%, 12.5%, 6.25%, 3.13%, 1.56%, 0.78%, 0.39%
F12 (SAT)	50%, 25%, 12.5%, 6.25%, 3.13%, 1.56%, 0.78%, 0.39%

Tabla 13. Tratamientos y concentraciones aplicadas en la microplaca 2.

FILA	CONCENTRACIÓN
F1 (E-96)	96%, 48%, 24%, 12%, 6%, 3%, 1.5%, 0.75%
F2 (E-96)	96%, 48%, 24%, 12%, 6%, 3%, 1.5%, 0.75%
F3 (E-96)	96%, 48%, 24%, 12%, 6%, 3%, 1.5%, 0.75%
F4 (E-70)	70%, 35%, 17.5%, 8.75%, 4.38%, 2.19%, 1.09%, 0.55%
F5 (E-70)	70%, 35%, 17.5%, 8.75%, 4.38%, 2.19%, 1.09%, 0.55%
F6 (E-70)	70%, 35%, 17.5%, 8.75%, 4.38%, 2.19%, 1.09%, 0.55%
F7	Caldo + inóculo
F8	Caldo + inóculo
F9	Caldo + inóculo
F10 (C. negativo)	Agua destilada estéril

F11 (C. negativo) Agua destilada estéril

F12 (C. negativo) Agua destilada estéril

Fuente: Autora.

Finalmente se selló la microplaca con un adhesivo plástico, con la finalidad de evitar la evaporación durante la incubación por 24 horas.

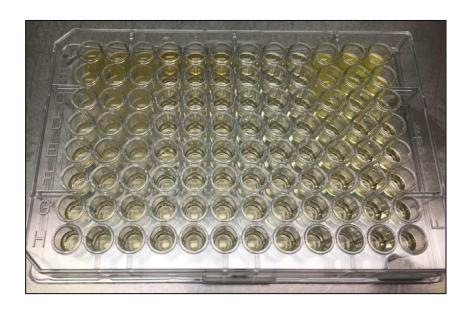


Figura 19. Preparación de la microplaca.

Fuente: Autora.

3.7.6.4 Lectura de resultados

Transcurridas las 24 horas de incubación de las microplacas se aplicó una solución de resazurina sobre los pocillos, se volvió a incubar por 2 horas para la revelación de la CMI, la misma que se determina con el cambio de color de la resazurina a rosado, morado y azul como se observa en la Figura 20.

Representando el color azul a microorganismos no viables, el morado a microorganismos latentes y el color rosado a microorganismos viables (Mejía *et al.*, 2015).

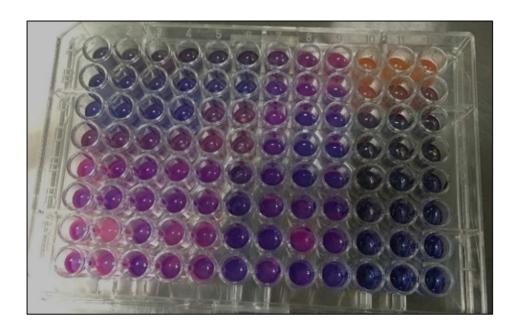


Figura 20. Revelación de la microplaca con resazurina.

3.7.7 Comparación de la actividad antimicrobiana de los extractos

Para determinar si existe significancia estadística de inhibición entre los extractos de la cáscara de Plátano a diferentes concentraciones, se realizó un diseño completamente al azar, analizado a través del programa estadístico MINITAB 18, determinando que los datos obtenidos no representan una distribución normal, por lo que se aplicó el estadístico Kruskal-Wallis.

3.7.8 Elaboración del gel antiacné a partir del extracto de la cáscara de Plátano al 96%

Una vez comprobado el efecto antibacteriano del extracto etanólico al 96% de las cáscaras de plátano, frente a *Propionibacterium acnes*, se elaboró el gel antiacné con la finalidad de aprovechar sus propiedades terapéuticas y convertirlo en una alternativa natural para el tratamiento del acné y de esta manera sustituir a los productos químicos.

Tabla 14. Materiales para la elaboración del gel antiacné con extracto de las cáscaras de Plátano.

MATERIALES	REACTIVOS
aso de precipitación 1000 mL	Carbopol 940
Varilla de agitación	Trietanolamina (TEA)
	Agua purificada
	EECP-96%

Procedimiento

Se procedió a mezclar el agua purificada -500 mL- con el carbapol -3 g-, agitando hasta que se forme una mezcla homogénea, luego se dejó reposar la misma durante 4 horas. Transcurrido ese tiempo se adicionó a la mezcla trietanolamina -1 a 2 gotas-, siempre agitando para evitar la presencia de grumos en la fórmula cosmética, y por último se colocó el extracto de la cáscara de Plátano -30 mL- hasta que la mezcla se encuentre uniforme. Este procedimiento se encuentra modificado según lo establecido por (Guevara Molina, 2012).

CAPÍTULO 4

Resultados y Discusión

4.1 Obtención de extractos

De los 3 kg de materia prima obtenida en la hacienda Familiar del Sr. Fidel Tigre, una vez finalizado el proceso de desecación, molienda y tamizado, se obtuvo 167 g de cáscara de Plátano pulverizado. A continuación, en la Tabla 15 se detalla las cantidades de materia prima obtenida en cada proceso durante su tratamiento.

Tabla 15. Peso de la materia prima en las diferentes etapas de su tratamiento.

Especie vegetal	Peso seco	Peso molienda	Peso pulverizado
Musa paradisiaca L.	556 g	365 g	167 g

Fuente: Autora.

4.1.1 Obtención de extractos etanólicos al 70% y 96%

Se obtuvo una cantidad de cuatro extractos por maceración de las cáscaras de Plátano –dos para cada concentración-, utilizando como solvente etanol al 70% y 96%, los mismos que presentaron una consistencia líquida, de color amarillo – café, como se indica en la Tabla 16.

Tabla 16. Volúmenes obtenidos en extractos etanólicos por maceración de las cáscaras

Extracto	Masa de la	Volumen	Volumen del	Volumen
	materia prima	inicial del	macerado	final del
		extracto	filtrado	extracto
				concentrado
EECP-96	20 g	220 mL	180 mL	50 mL
EECP-70	20 g	220 mL	180 mL	60 mL

Fuente: Autora.

4.1.2 Obtención del extracto acuoso

Se obtuvo una cantidad de dos extractos por maceración de las cáscaras de Plátano, utilizando como solvente agua destilada, los mismos que presentaron una consistencia líquida, con una coloración de amarillo claro -Tabla 17-.

Tabla 17. Volumen obtenido del extracto acuoso por maceración de las cáscaras

Extracto	Masa de la	Volumen inicial	Volumen del
	materia prima	del extracto	macerado filtrado
EACP	20 g	220 mL	180 mL

Fuente: Autora

4.2 Análisis de compuestos fitoquímicos en los extractos acuoso y etanólicos al 70% y 96%

El tamizaje fitoquímico se realizó con la finalidad de determinar cualitativamente los grupos químicos presentes en los extractos, por medio de pruebas de identificación de cambio de color, que establecen la presencia o ausencia de los metabolitos secundarios, los ensayos para cada extracto se realizaron por triplicado.

En la tabla 18 se recogen los resultados obtenidos de cada ensayo y se describen los metabolitos secundarios más importantes evaluados en cada de unos de los extractos, obteniendo resultados favorables.

Tabla 18. Cualificación fitoquímica de los extractos acuoso y etanólicos

Ensayo	Metabolitos secundarios	Extracto acuoso	Extracto etanólico al 96%	Extracto etanólico al 70%
Ensayo de				
Cloruro	Taninos	+++	+++	+++
Férrico				

Reacción de	Taninos	+++	+++	+++
Stiansy				
Ensayo de	Flavonoides	+++	+++	+++
Shinoda				
Ensayo de	Saponinas	++	+	+
Espuma				

De acuerdo a los resultados expuestos anteriormente tanto en el extracto acuoso como en los extractos etanólicos, la cantidad de metabolitos secundarios son muy similares, por lo que concuerda con el análisis de algunos compuestos detallados por Pilco Romero (2017), en su trabajo "Caracterización bromatológica de la cáscara de Banano (*Musa Paradisiaca*) y posterior extracción e identificación de la fracción con mayor actividad antimicrobiana", por lo tanto los metabolitos identificados en el presente trabajo se presentan de manera abundante a excepción del grupo químico saponinas, ya que en el estudio antes mencionado la presencia de este metabolito fue abundante especialmente en el extracto acuoso y moderado en los extractos etanólicos y en esta investigación se presentó de manera moderada en el extracto acuoso y medianamente escaso en los extractos etanólicos. Sin embargo Murgueitio, Campo, Nirchio, Cuesta, & Tocto (2019) en su trabajo "Composición química y actividad biológica de *Musa x paradisiaca L* (BANANO)" manifiestan que el extracto hidroalcohólico es el mejor para obtener la mayor cantidad de metabolitos secundarios, especialmente saponinas.

En cuanto a la presencia de taninos y flavonoides fue abundante en los tres extractos analizados, presentando cierta diferencia con el trabajo de Ehiowemwenguan, Emoghene, & Inetianbor (2014) "Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel" ya que, mencionan que dichos metabolitos secundarios se encuentran presentes solo en los extractos etanólicos, mientras que en el extracto acuoso no se observó presencia alguna

de estos compuestos, esto puede deberse al estado de madurez o variedad del plátano con el que se realizó el estudio investigativo.

En el trabajo de Ly (2004) "Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y su palatabilidad" manifiesta un alto contenido de taninos en las cáscaras de las diferentes variedades de *Musa*.

La información proporcionada por Olmedo, Velasco, & Ramírez (2015) en su trabajo "Elaboración de una crema para la piel a base de cáscara de plátano" evidencia que los compuestos mayoritarios presentes en los extractos son los siguientes: taninos, flavonoides, saponinas. Los demás grupos fitoquímicos como antocianinas, catecolaminas se encuentran en menor cantidad, sin embargo, no dejan de ser importantes, ya que cada uno de ellos cumplen funciones específicas dentro de la planta o de los productos obtenidos, en este caso los extractos.

Restiana (2018) en su investigación "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Pelepah Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* Linn.) terhadap *Propionibacterium acnes*", manifiesta que tanto la planta como el plátano (pulpa-corteza) poseen metabolitos secundarios tales como saponinas, taninos, flavonoides y fenoles, presentando concordancia con los compuestos analizados en este estudio, con lo que se demuestra que las cáscaras de plátano poseen actividad antimicrobiana frente a varios microorganismos, debido a la presencia de los compuestos antes mencionados.

4.3 Determinación de la actividad antimicrobiana de los extractos de *Musa Paradisiaca* L. mediante el método de difusión en agar o difusión en discos (Kirby-Bauer).

La medición de los halos de inhibición se realizó posterior a las 24 horas de su incubación, en la Tabla 19 se detalla los diámetros de halos de inhibición generados con

las diferentes concentraciones de los extractos, así como también el promedio de los halos de cada tratamiento.

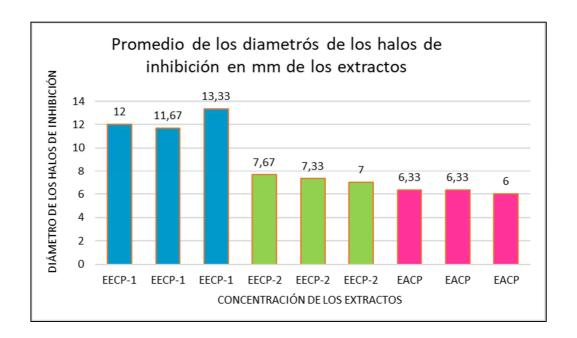
Tabla 19. Diámetros en mm de los halos de inhibición generados por las diferentes concentraciones de los extractos sobre P. acnes

Extracto	Concentración	Placa1	Placa 2	Placa 3	Promedio	Control	Control
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	- (mm)	+ (mm)
EECPT	96%	12	13	11	12	6	30
	70%	8	8	7	7.67	6	25
	Acuoso	7	6	6	6.33	6	27
EECPE	96%	11	12	12	11.67	6	31
	70%	8	7	7	7.33	6	35
	Acuoso	7	6	6	6.33	6	32
EACPSA	96%	14	15	11	13.33	6	-
	70%	8	7	6	7	6	-
	Acuoso	6	6	6	6	6	-

Fuente: Autora

En la Tabla 19, se puede evidenciar que los extractos al 96% son los que generaron un mayor halo de inhibición con un diámetro de 11 a 13 mm; mientras que los extractos al 70 % generaron inhibiciones menores con un diámetro de 7 a 7.67, finalmente el extracto acuoso no genero inhibición, por lo que en general no presentó actividad antimicrobiana significativa frente a *Propionibacterium acnes*, mientras que el extracto etanólico al 96% fue el más efectivo para inhibir el crecimiento de dicho microorganismo.

En la gráfica 1 se representa el promedio de los diámetros de los halos de inhibición generados por los extractos, comprobando que el EECP-96% es el que posee mayor actividad antibacteriana frente a *P. acnes*.



Gráfica 1. Promedio de halos de inhibición frente a P. acnes

Fuente: Autora

Para determinar con mayor precisión la efectividad de la actividad antimicrobiana que ejercen los extractos acuoso y etanólicos sobre la bacteria *Propionibacterium acnes*, se calculó el porcentaje de inhibición de cada uno de ellos utilizando la siguiente formula:

% efecto inhibitorio =
$$\frac{\text{diámetro del halo de inhibición del tratamiento}}{\text{diámetro del halo de control positivo}} \times 100$$

Como se puede observar en la tabla 20 el mayor porcentaje de inhibición obtenido es 40 y 37.65% que corresponden al extracto etanólico al 96%, seguido por un porcentaje de inhibición medio de 20.94 y 30.68% que generó el extracto etanólico al 70% y por un último el porcentaje de inhibición menos significativo de 19.79 y 23.44% correspondiente al extracto acuoso.

Tabla 20. Porcentaje de inhibición de los extractos

Extracto	Concentración	Diámetro halo	Diámetro halo	Porcentaje de
		de inhibición	de control +	inhibición
EECPT	96%	12 mm	30 mm	40 %
	70%	7.67 mm	25 mm	30.68 %
	Acuoso	6.33 mm	27 mm	23.44 %
EECPE	96%	11.67 mm	31 mm	37.65 %
	70%	7.33 mm	35 mm	20.94 %
	Acuoso	6.33 mm	32 mm	19.79 %

Restiana (2018) en su trabajo experimental "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Pelepah Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* Linn.) terhadap *Propionibacterium acnes*" en el cual evaluó *in vitro* el efecto antimicrobiano del extracto de acetato de etilo de plátano (*Musa paradisiaca* Linn), con concentraciones al 10, 20, 30, 40 y 50% sobre el crecimiento de *Propionibacterium acnes*, consiguiendo resultados favorables ya que a partir de una concentración del 20% en adelante el extracto inhibe el crecimiento del microorganismo.

Murni (2018) en su publicación "UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL 96% DAUN PISANG KEPOK (*Musa paradisiaca* Linn) TERHADAP BAKTERI *Propionibacterium acnes*" evaluó la actividad antibacteriana del extracto etanólico al 96% de las hojas de plátano (*Musa paradisiaca* L.) obtenido por maceración, utilizando concentraciones del 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40%; los mismos que generaron halos de 5.6; 6.83; 7.3; 8.5; 8,67 mm, respectivamente –hasta 35%-, siendo una inhibición de categoría media, y para el 40% obtuvo halos de 10.5 mm, siendo una inhibición de categoría fuerte, por lo que manifiesta que el extracto etanólico a una concentración del

15% inhibe el crecimiento de *Propionibacterium acnes*. Lo mencionado anteriormente se corrobora en esta investigación, puesto que los tratamientos con el extracto etanólico al 96% (EECP-96) resultaron eficaces para inhibir el crecimiento de *Propionibacterium acnes* en condiciones *in vitro*.

En la investigación "Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 96% Limbah Kulit Pisang Kepok Kuning (*Musa balbisiana*) Terhadap Bakteri Penyebab Jerawat (*Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus aureus*, dan *Propionibacterium acne*)" realizada por Saraswati (2015), determina la capacidad antibacteriana mediante el método de difusión en disco del extracto de la cáscara de plátano, el mismo que fue extraído con etanol al 96%, mostrando como resultado la presencia de actividad antibacteriana contra las tres bacterias que causan el acné, especialmente con *Propionibacterium acnes* ya que generó diámetros de inhibición de 12.8mm, 12.4mm y 10.2mm, por lo tanto los resultados generados por Saraswati (2015), son similares a los obtenidos en este trabajo, ya que el extracto etanólico al 96% generó halos de inhibición de 12mm, 11mm y 14 mm, por lo que la diferencia entre los promedios de los halos obtenidos en ambos trabajos es de 0.53 mm.

4.4 Determinación de la CMI de los extractos acuoso y etanólicos mediante el método de microdilución en caldo

Para la evaluación de la CMI de los extractos acuoso y etanólicos frente a la bacteria *Propionibacterium acnes*, se realizó una microdilución en una microplaca con 96 pocillos, en donde se trabajó por triplicado cada tratamiento a diferentes concentraciones (EECP-96 - 83%; EECP-70 – 71%; EACP – 42%).

La CMI alcanzada por cada uno de los extractos fue a una concentración de 20.75% para el EECP-96; 35.5% para el EECP-70 y 42% para el EACP. Estos valores se obtienen

con la revelación de la microplaca con resazurina y su posterior incubación por dos horas, en donde se determinó que la coloración dada por este reactivo en cada pocillo es un indicador de viabilidad celular.

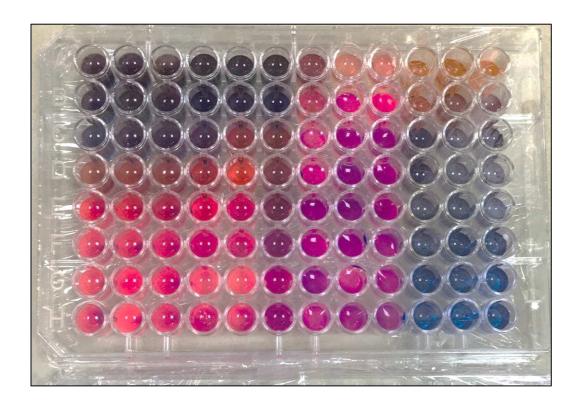


Figura 21. Revelación de la microplaca con resazurina, luego de dos horas de incubación.

Fuente: Autora

En la Figura 21 se puede observar el cambio de coloración de cada pocillo, en las tres primeras columnas (1-3) corresponden al EECP-96, en donde se evidenció que cambio de color desde la tercera fila (fila C), es decir a partir de la concentración 20.75%, en las siguientes columnas (4-6) correspondientes al EECP-70 el cambio de coloración fue en la segunda fila (fila B), a una concentración de 35.5%, para el EACP, correspondiente a las columnas 7-9, el viraje de color se dio en la primera fila (fila A) es decir a una concentración de 42%, concluyendo que a estas concentraciones los extractos poseen actividad antimicrobiana sobre *Propionibacterium acnes*.

Tabla 21. Puntos de corte de la CMI alcanzada por los extractos

Tratamientos	Puntos de corte CMI
EECP-96	20.75%
EECP-70	35.5%
EACP	42%
ANTIBIÓTICO	100%
INÓCULO	0%

4.4.1 Determinación del efecto bacteriostático o bactericida que ejercen los extractos de *Musa paradisiaca* L.

Para reportar como bactericida o bacteriostático a un antimicrobiano se debe conocer que el efecto bacteriostático es aquel que inhibe el crecimiento y la multiplicar celular, en tanto que el efecto bactericida produce la muerte del microorganismo. Para ello se cultivó en una placa con medio TSA las muestras tomadas de los siguientes pocillos de la microplaca, para el EECP-96 se tomó A1, B2, C2, A3 y C3; para el EECP-70 se tomó B4, A6, B5, C4, y B6; y para el EACP se tomó A8, B9 y C7, conforme consta en la Tabla 22.

Tabla 22. Resultados del efecto bactericida y bacteriostático de los extractos de Musa paradisiaca L.

Pocillo – muestra	Resultado
A1 EECP-96	Bactericida
B2 EECP-96	Bactericida
C2 EECP-96	Bactericida
A3 EECP-96	Bactericida

C3 EECP-96	Bactericida
B4 EECP-70	Bacteriostático
A6 EECP-70	Bacteriostático
B5 EECP-70	Bacteriostático
C4 EECP-70	Bacteriostático
B6 EECP-70	Bacteriostático
A8 EACP	Sin actividad antimicrobiana
B9 EACP	Sin actividad antimicrobiana
C7 EACP	Sin actividad antimicrobiana

En la Figura 22 se observa que el EECP-96 tiene un efecto bactericida y bacteriostático, mientras que el EECP-70, presentó un efecto bacteriostático.

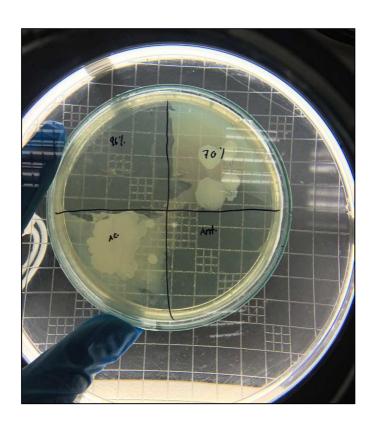
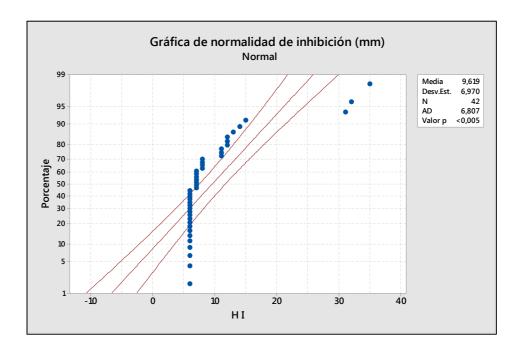


Figura 22. Prueba del efecto bactericida y bacteriostático de los extractos evaluados

Fuente: Autora

4.5 Comparación de la actividad antimicrobiana de los extractos de *Musa* paradisiaca, mediante el método estadístico de Kruskal-Wallis

Se realizó la prueba de normalidad con la finalidad de determinar el método estadístico más adecuado para comparar la efectividad de la actividad antimicrobiana de los extractos acuosos y etanólicos frente a *Propioniobacterium acnes*, mediante el programa Minitab 18.



Gráfica 2. Gráfica de normalidad de los extractos

Fuente: Autora

En la gráfica 2 se observa que la prueba de normalidad genera como resultado un valor de p de 0.005, es decir, es menor que el valor de significancia 0.05, por lo que se entiende que los datos de la muestra no provienen de una población con distribución normal, por lo tanto, existe una evidencia estadística de que los halos de inhibición generados por los extractos (EE) frente a *Propionibacterium acnes* difieren significativamente. Para determinar la efectividad de la actividad antimicrobiana de los extractos se utilizó el método estadístico de Kruskal-Wallis, debido a que los datos de la población no son normales -Tabla 23-.

Tabla 23. Hipótesis para la prueba de Kruskal-Wallis

Hipótesis nula	H ₀ : Todas las medianas son iguales
Hipótesis alternativa	H _{1:} Al menos una mediana es diferente

4.5.1 Prueba de Kruskal-Wallis

En la tabla 24 se observa la diferencia existente entre la mediana y las medianas de la actividad antimicrobiana de los extractos (EE), en cuanto a los valores negativos de Z, indican que el rango promedio de un grupo es menor que el rango promedio general, mientras que los valores indican que el rango promedio de un grupo es mayor que el rango promedio general.

Tabla 24. Estadísticas descriptivas del método de Kruskal-Wallis.

Placa	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
Placa 1 C.N, AGUA EE	1	6	10.0	-0.95
Placa 1 C.N, AGUA ET	1	6	10.0	-0.95
Placa 1 C.N. AGUA TT	1	6	10.0	-0.95
Placa 1 C.P. ERITROMICINA	1	31	40.0	1.53
Placa 1 C.P. tetraciclina	1	7	23.0	0.12
Placa 1 Ext Acuoso EE	1	6	10.0	-0.95
Placa 1 Ext Acuoso ET	1	7	23.0	0.12
Placa 1 Ext Acuoso TT	1	7	23.0	0.12
Placa 1 Ext EE 70%	1	8	28.5	0.58
Placa 1 Ext EE 96%	1	14	38.0	1.36
Placa 1 Ext ET 70%	1	8	28.5	0.58
Placa 1 Ext ET 96%	1	11	32.0	0.87
Placa 1 Ext TT 70%	1	8	28.5	0.58
Placa 1 Ext TT 96%	1	12	35.0	1.11
Placa 2 C.N, AGUA EE	1	6	10.0	-0.95
Placa 2 C.N, AGUA ET	1	6	10.0	-0.95
Placa 2 C.N. AGUA TT	1	6	10.0	-0.95
Placa 2 C.P. ERITROMICINA	1	35	42.0	1.69

Placa 2 C.P. tetraciclina	1	6	10.0	-0.95
Placa 2 Ext Acuoso EE	1	6	10.0	-0.95
Placa 2 Ext Acuoso ET	1	6	10.0	-0.95
Placa 2 Ext Acuoso TT	1	6	10.0	-0.95
Placa 2 Ext EE 70%	1	7	23.0	0.12
Placa 2 Ext EE 96%	1	15	39.0	1.44
Placa 2 Ext ET 70%	1	7	23.0	0.12
Placa 2 Ext ET 96%	1	12	35.0	1.11
Placa 2 Ext TT 70%	1	8	28.5	0.58
Placa 2 Ext TT 96%	1	13	37.0	1.28
Placa 3 C.N, AGUA EE	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 C.N, AGUA ET	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 C.N. AGUA TT	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 C.P. ERITROMICINA	1	32	41.0	1.61
Placa 3 C.P. tetraciclina	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 Ext Acuoso EE	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 Ext Acuoso ET	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 Ext Acuoso TT	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 Ext EE 70%	1	6	10.0	-0.95
Placa 3 Ext EE 96%	1	11	32.0	0.87
Placa 3 Ext ET 70%	1	7	23.0	0.12
Placa 3 Ext ET 96%	1	12	35.0	1.11
Placa 3 Ext TT 70%	1	7	23.0	0.12
Placa 3 Ext TT 96%	1	11	32.0	0.87
General	42		21.5	

En la Tabla 25 se puede apreciar que ambos valores de p son mayores que el nivel de significancia de 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula estableciendo que las medianas de la población para estos tratamientos son iguales, de tal manera que estadísticamente los extractos evaluados poseen la misma actividad antimicrobiana frente a *Propionibacterium acnes*.

Tabla 25. Resultados del método estadístico Kruskal-Wallis.

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	41	36.97	0.650
Ajustado para empates	41	41.00	0.471

4.6 Gel antiacné a partir del extracto de la cáscara de Plátano al 96%

Una vez realizadas las pruebas de actividad antimicrobiana a los extractos de *Musa* paradisiaca L, se escogió el más efectivo, es decir el extracto etanólico al 96% y se procedió a formular el gel cosmecéutico antiacné con dicho extracto evaluando de manera visual y táctil las características físicas de la formulación.

En la tabla 26 se detalla los parámetros físicos de evaluación realizados al gel antiacné a base de extracto de las cáscaras de Plátano y los resultados obtenidos.

Tabla 26. Resultados de los parámetros evaluados en el gel.

Parámetro	Resultado
Aspecto	Gel homogéneo
Color	Amarillo
Olor	Característico a la planta
Presencia de grumos	Negativo
Peso	100 g

Fuente: Autora

El gel obtenido es homogéneo, untuoso al tacto y libre de grumos, de coloración y olor característico a la especie vegetal utilizada –cáscara de Plátano-, además posee actividad antibacteriana contra *Propionibacterium acnes*, al tener en su composición compuestos que le dan dicha capacidad, por lo que presenta concordancia con Guevara Molina (2012),

en su trabajo "ELABORACIÓN Y DETERMINACIÓN DE EFICACIA *IN VIVO* DE UN GEL PARA EL ACNÉ A BASE DE CALAGUALA (*Campyloneurum amphostenon*)", en cual obtiene un gel con extracto de Calaguala al 40%, de características organolépticas similares.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Al finalizar el trabajo de investigación se concluye que:

Los resultados obtenidos en este trabajo experimental demuestran que el uso de las partes de las plantas consideradas como residuos (cáscaras, tallos, etc.) para el control de bacterias es un área ampliamente estudiada y efectiva, el mismo que brinda muchos beneficios para la salud humana como para el ambiente. Debido a que la composición química y cantidad de metabolitos secundarios varían de acuerdo con la especie y parte utilizada de la planta, por lo que se pueden obtener nuevos productos naturales que sustituyan a los sintéticos.

En el análisis fitoquímico de los extractos se comprobó que los principales grupos químicos presentes en *Musa paradisiaca* L., son taninos y flavonoides en mayor cantidad y saponinas en menor cantidad.

La actividad antimicrobiana de los extractos de *Musa paradisiaca* L., con concentraciones diferentes frente a *Propionibacterium acnes* se comprobó mediante la prueba de difusión en agar o difusión en discos, determinando que el EECP-96 tiene mayor capacidad de inhibición con un promedio de 13.33 mm, el EECP-70 presentó una capacidad de inhibición media con un promedio de 7.67 mm y el EACP no presentó capacidad inhibitoria con un promedio de 6.33.

La CMI alcanzada por el EECP-96 por el método de microdilución en caldo fue al 20.75%, mientras que para el EECP-70 fue al 35.5% y para el EACP fue al 42%, evidenciando nuevamente la efectividad de extracto etanólico de *Musa paradisiaca* L., al 96% (EECP-96).

Al analizar el efecto bactericida y bacteriostático de los extractos evaluados, se determinó que el EECP-96 posee actividad bactericida ya que produce la muerte de *P. acnes*, mientras que el EECP-70 posee actividad bacteriostática, es impide el crecimiento y multiplicación del microorganismo estudiado.

En los resultados obtenidos con el método estadístico Kruskal-Wallis se acepta la hipótesis nula que establece que todas las medias son iguales, es decir que estadísticamente los extractos tienen el mismo comportamiento antimicrobiano frente a *Propionibacterium acnes*.

La elaboración el gel antiacné se realizó con el extracto etanólico al 96% el cual fue el que presentó mayor actividad antibacteriana, se obtuvo un gel homogéneo de características organolépticas agradables, demostrándose que las cáscaras de Plátano – *Musa paradisiaca* L.-, presentan actividad antimicrobiana frente a *P. acnes*. Dicha formulación podría utilizarse como una alternativa para el tratamiento del acné, para ello antes deberá realizarse pruebas *in vivo* para comprobar su eficacia ante este padecimiento.

5.2 RECOMENDACIONES

Secar, triturar y tamizar completamente el material vegetal, con la finalidad de obtener extractos en mayor cantidad y facilitar su filtrado.

Probar diferentes métodos y solventes de extracción ya que estos parámetros son claves para obtener un mayor rendimiento y mejor obtención de metabolitos secundarios.

Manejar una temperatura adecuada de $60 \,^{\circ}\text{C} - 70 \,^{\circ}\text{C}$ al momento de obtener extractos puros, ya que temperaturas altas algunos compuestos activos se pueden evaporar, lo que puede provocar una baja eficacia de los extractos.

Trabajar en condiciones estériles durante el desarrollo del proceso, sobre todo en la activación de la cepa bacteriana y en la evaluación de la actividad antimicrobiana.

Trabajar en completa anaerobiosis para asegurar la supervivencia del microorganismo en estudio.

Asegurarse que el inóculo bacteriano sea igual al patrón 0.5 McFarland con la finalidad de evitar una sobrepoblación bacteriana al momento de realizar de prueba de difusión en agar.

Para verificar si existe diferencia en cuanto a la cantidad de compuestos químicos en *Musa paradisiaca* L., se recomienda recolectar muestras de la Costa y Oriente ecuatoriano y realizar un estudio investigativo y experimental.

Experimentar con otras partes vegetales de *Musa paradisiaca* L., para comprobar su actividad antimicrobiana frente a *Propionibacterium acnes*, causante del acné.

Realizar formulaciones cosméticas con esta especie vegetal ya que posee características muy importantes para el cuidado de la piel del rostro.

Realizar más estudios con las variedades de Plátano y otras especies vegetales frente a *P. acnes*, ya que existe escasa información sobre el tratamiento para este microorganismo.

Durante la elaboración del gel agregar un conservante para evitar la contaminación del producto y de esta manera asegurar su efecto terapéutico.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Amaguaña, F., & Churuchumbi, E. (2018). ESTANDARIZACIÓN

 FITOQUÍMICA DEL EXTRACTO DE CALÉNDULA (Calendula officinalis)

 [Universidad Politécnica Salesiana]. 0.
- ✓ Borges, P., Rodríguez, J. L., Vives, Y., & Roncal, E. (2016). Estudio de conservación de un extracto alcohólico de cúrcuma. Ciencia y Tecnología de Alimentos,
 26(1).
 - http://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/92
- ✓ Camacho Martínez, F. M. (2007). Acné. Concepto, epidemiología y etiopatogenia. *Piel*, 22(9), 467-475. https://doi.org/10.1016/S0213-9251(07)73121-0
- ✓ Carrión, A., & García, C. (2010). "PREPARACIÓN DE EXTRACTOS
 VEGETALES: DETERMINACIÓN DE EFICIENCIA DE METÓDICA".
 Universidad de Cuenca.
- ✓ Castañeda, C. B., Manrique, M. R., & Ibánez, V. L. (2002). Estudio fitoquímico y farmacológico de las plantas con efecto Hipoglicemiante. *Revista Cultura*, 27. pdf.
- ✓ Castellar, A. (2019, febrero 12). CONCEPTOS BÁSICOS DE QUÍMICA COSMÉTICA (II): LA AUTÉNTICA FUNCIÓN DE LOS INGREDIENTES.
 Inside MiiN. https://insidemiin.com/conceptos-basicos-quimica-cosmetica-parabenos/
- ✓ Cevallos, B. (2018). *EL ORIGEN DEL BANANO*. http://www.academia.edu/27256327/EL_ORIGEN_DEL_BANANO
- ✓ CLSI. (2012). METODO DE DETERMINACION DE SENSIBILIDAD

 ANTIMICROBIANA POR DILUCION. 32, 48. PDF.

- ✓ Coba, S. E. M. (2017). Formulación de una crema antiacné a partir de las hojas de Jatropha gossypifolia L. [Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas].
 pdf.
 - http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8885/Margarita%20Elena %20Coba%20S%C3%A1nchez.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR0 BlMhcqDqVvqSzA2Otc5zTogHe08Ng5BeH6PxANJ8-2vGlNVBbabM-rrM
- ✓ Corzo, D. (2012). Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico.
 - http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952012000300009
- ✓ Cruz, A., Rodríguez, N., & Rodríguez, C. (2010). *IN VITRO EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL EFFECT*. 8.
- ✓ Cruz Avilés, E. (2010).*CARACTERIZACIÓN* BIOQUÍMICA Y *SUSCEPTIBILIDAD* **ANTIMICROBIANOS** DE \boldsymbol{A} **CEPAS** DEPROPIONIBACTERIUM ACNES AISLADAS DE PERSONAS CON ACNÉ [UNIVERSIDAD DE CHILE]. pdf. http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/131172/Caracterizaci%C3%B 3n-bioqu%C3%ADmica-y-susceptibilidad-a-antimicrobianos-de-cepas-de-Propionibacterium-acnes-aisladas-de-personas-conacn%C3%A9.pdf?sequence=1
- ✓ Dergal, S. B. (1993). Química de los alimentos. Alhambra Mexicana, Editorial, S.A. de C.V.
- ✓ Díaz, M. (2016). *HFE Life / Propiedades del Plátano*. https://www.hfelife.com/propiedades-del-platano/
- ✓ EcuRed. (2012). *Plátano—EcuRed*. https://www.ecured.cu/Pl%C3%A1tano

- ✓ Ehiowemwenguan, G., Emoghene, A. O., & Inetianbor, J. E. (2014). (PDF)

 Antibacterial and phytochemical analysis of Banana fruit peel. ResearchGate.

 http://dx.doi.org/10.9790/3013-0408018025
- ✓ García, M. Á. A. (2013). CÁSCARA DE PLÁTANO (Musa AAB) COMO UN NUEVO RECURSO DE FIBRA DIETARIA: APLICACIÓN A UN PRODUCTO CÁRNICO. 68. pdf.
- ✓ Girón, W. (2008). *Antimicrobianos*. http://cidbimena.desastres.hn/RFCM/pdf/2008/pdf/RFCMVol5-2-2008-11.pdf
- ✓ Gonzalez, B. (2009). *PROYECTO CREMA NATURAL PARA ACNE*. http://www.academia.edu/5957992/PROYECTO_CREMA_NATURAL_PARA _ACNE
- ✓ Guerrero, A. B., Aguado, P. L., Sánchez, J., & Curt, M. D. (2015). GIS-Based Assessment of Banana Residual Biomass Potential for Ethanol Production and Power Generation: A Case Study. *Waste and Biomass Valorization*, 7(2), 405-415. https://doi.org/10.1007/s12649-015-9455-3
- ✓ Guerrero, N. (2014). Caracterización fitoquímica y actividad biológica de Oryctanthus spicatus (Loranthaceae). Universidad Politécnica Salesiana.
- ✓ Guevara Molina. (2012). Elaboración y Determinación de Eficacia in Vivo de un Gel para el Acné a Base de Calaguala (Campyloneurum amphostenon). 91. pdf.
- ✓ Haro, V. J. A., Borja, A. E. A., & Triviño, B. Y. S. (2017, mayo). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. Revista Científica Dominio de las Ciencias, 3, 20. pdf.
- ✓ Infoagro. (2005). El cultivo del plátano (banano). http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp

- ✓ INP. (2004). Revista Computarizada de Producción Porcina. 11(3), 151.
- ✓ INTA. (s.f). Ficha del cultivo de Banano. pdf.

 https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_tecnica_banano.pdf
- ✓ Jaramillo, M., & Bazalar, D. (2006). *Significación etiológica de Propiniobacterim*acnes en el desarrollo del acné vulgaris (p. 7). pdf.

 http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/folia/vol17_n1/pdf/a05.pdf
- ✓ Jeproll. (2009). Plátanos de Ecuador / Plátanos ecuatorianos—Jeproll Group—

 Comercio de frutas tropicales, exportación de Ecuador, importación.

 http://jeproll.com/platanos-ecuatorianos.php
- ✓ La Vanguardia. (2018). *Así se pueden comer los plátanos en su punto óptimo*. https://www.lavanguardia.com/comer/20180810/451276342576/platano-punto-maduracion-optimo.html
- ✓ Llerena, M. (2018). Farmacognosia taninos.docx / Concentración / Aluminio.

 Scribd. https://es.scribd.com/document/380566333/farmacognosia-taninos-docx
- ✓ López, G. B., & Montaño, F. J. G. (2014a). *Propiedades funcionales del plátano* (Musa sp). 5.
- ✓ López, G. B., & Montaño, F. J. G. (2014b). *Propiedades funcionales del plátano* (Musa sp). 5.
- ✓ Loyaga, M. (2019). Actividad Antifúngica de tres concentraciones del ectracto hidroetanólico de la cáscara de Musa paradisiaca (Plátano) sobre cepas de Candida albicans ATCC 10231 [Universidad Católica los Ángeles Chimbote]. http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/11130/ANTIFUN GICA_CANDIDA_LOYAGA_CASTILLO_MONICA_ELIZABETH.pdf?sequ ence=1&isAllowed=y

- ✓ Ly. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: Composición y palatabilidad / Razas Porcinas—Cría y Producción Porcina y de Carne. https://razasporcinas.com/bananas-y-platanos-para-alimentar-cerdos-composicion-y-palatabilidad/
- ✓ Malaver, L. F. C. (2014). EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL BANANO COMÚN (Musa sapientum l) TRANSFORMADO POR ACCIÓN DE LA LEVADURA Candida guilliermondii. Pontificia Universidad Javeriana.
- ✓ Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., & Culebras, J. M. (2002). Los flavonoides: Propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr. Hosp.*, 8.
- ✓ Matiz, G., Osorio, M. R., Camacho, F., Atencia, M., & Herazo, J. (2012). Diseño y evaluación in vivo de formulaciones para acné basadas en aceites esenciales de naranja (Citrus sinensis), albahaca (Ocimum basilicum L) y ácido acético. *Biomédica*, 32(1), 125-133. https://doi.org/10.7705/biomedica.v32i1.614
- ✓ Matte, I. (2016). *Beneficios de la cáscara de plátano para piel*. http://www.ar13.cl/magazine%2F6-beneficios-de-la-cascara-de-platano-para-piel
- ✓ Mayo Clinic. (2018). *Acné—Síntomas y causas—Mayo Clinic*. https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/acne/symptoms-causes/syc-20368047
- ✓ Mejía, C. A. R., Osorio, J. C. C., Barrera, M. G., Rezek, J., & Van, T. (2015).

 Actividad antimicrobiana y análisis de la composición química de una fracción de las flores de Acmella ciliata (Kunth) Cass. 10.
- ✓ Merchán Cuenca, V. (2017). "El acné y su relación en el autoestima de los/las estudiantes del Bachillerato de la Unidad Educativa "Fernández Suárez Palacio" del Barrio Carigán de la Ciudad de Loja", periodo Febrero Julio del 2016

- [Universidad Nacional de Loja]. pdf. http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19511/1/TESIS%20VERON ICA%20MERCHAN.pdf
- ✓ Meza, K. L., & Vargas, G. G. (2013). EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD

 ANTIBACTERIANA in vitro DEL ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA

 (Cymbopogon citratus (DC) STAPF), POACEAE EN UNA FORMULACIÓN

 COSMÉTICA CON FINALIDAD ANTIACNEÍCA. [Universidad Politécnica Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6005/1/UPS-QT03735.pdf?fbclid=IwAR2HtslCAT85zGi5slHoyJRsJgieBqmQbM9HmMeB4

 Z1cLDxpEZ_-FVHeVJk
- ✓ Mokbel, M. S., & Hashinaga, F. (2005). *Antibacterial and Antioxidant Activities* of Banana (Musa, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel. 7.
- ✓ Morales, I. G. (2009). LÁSER Y TERAPIA FOTODINÁMICA EN EL TRATAMIENTO DEL ACNÉ. 195.
- ✓ Mordi, R., Fadiaro, A., Owoeye, T., Olanrewaju, I., GC Uzoamaka, & Olorunshola, S. (2016). *Identificación por GC-MS de los componentes de los extractos de aceites de cáscaras de banano, análisis fitoquímicos y antimicrobianos—SciAlert Responsive Version*. https://doi.org/10.3923/rjphyto.2016.39.44
- ✓ Moreira, K. (2013). Reutilización de residuos de la cáscara de Bananos (Musa Sapentium) y Plátanos (Musa Paradisiaca), para la producción de alimentos destinados al consumo humano. [Universidad de Guayaquil]. https://www.academia.edu/33267183/Composicion_quimica_de_la_cascara_de_platano

- ✓ Murgueitio, E., Campo, M., Nirchio, M., Cuesta, O., & Tocto, J. (2019, septiembre). *Vista de COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA*DEL PSEUDOTALLO DE MUSA X PARADISIACA L (BANANO). 12(31), 11.
- ✓ Murni, A. (2018). *UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL 96%*DAUN PISANG KEPOK (Musa paradisiaca Linn.) TERHADAP BAKTERI

 Propionibacterium acnes [Skripsi, STIKES BORNEO LESTARI].

 http://repo.stikesborneolestari.ac.id/240/
- ✓ Nereyda, E., & Sauceda, R. (2011). USO DE AGENTES ANTIMICROBIANOS

 NATURALES EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS. 7, 19.
- ✓ Niamah, A. (2015). Determination, identification of bioactive compounds extracts from yellow banana peels and used in vitro as antimicrobial. *International Journal of Phytomedicine*, 6(4), 625-632.
- ✓ Ochando Fernández, V., & González Pédéflous, Ma. P. (2007).
 ACTUALIZACION EN EL TRATAMIENTO GLOBAL DEL ACNÉ VULGAR [Pdf,
 Universitat Autónoma de Barcelona]. pdf.
 http://www.semcc.com/master/files/Acne%20vulgar%20%20Dras.%20Fernandez%20y%20Gonzalez.pdf
- ✓ Olivares, L., Woscoff, A., Dancziger, E., Abeldaño, A., García, M. A., Giménez,
 M., Glorio, R., de Fossati, L. M., & Costa, G. R. (2004). Publicación de la
 Sociedad Argentina de Dermatología. 71.
- ✓ Olmedo, V., Velasco, K., & Ramírez, V. (2015). *Elaboración de una crema para la piel a base de cáscara de plátano*. Centro Escolar Zama. http://muciza.com.mx/muciza-2015/project/elaboracion-de-una-crema-para-la-piel-a-base-de-cascara-de-platano/?fbclid=IwAR1jjNDip-oIEcOARW4yfaGO-PZDK8PujZEX7kDxQzsaSDnRgYhinvopgYE

- ✓ OMS. (2017). *OMS* / ¿Qué es la resistencia a los antimicrobianos? https://www.who.int/features/qa/75/es/
- ✓ Padilla, E., Lugo, E., & Gómez, U. (2016). Extractos de cáscara de plátano macho aceleran la cicatrización.
 https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/noticias_672.htm
- ✓ Pardo Zapata, J. (2002). *Patentabilidad de los extractos vegetales*. 40. pdf.
- ✓ Pascual Pérez, J. M., & De Hoyos López, M. C. (2012). Acné. Pediatra EAP.
 Centro de Salud; pdf. https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2012/07/275-285-Acne.pdf
- ✓ Peñarrieta, J. M., Tejeda, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., & Bravo, J. A. (2014).
 PHENOLIC COMPOUNDS IN FOOD. REVISTA BOLIVIANA DE QUÍMICA,
 31, 15.
- ✓ Pilco Romero, G. T. (2017). CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE LA CÁSCARA DE BANANO (Musa paradisiaca) Y POSTERIOR EXTRACCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LA FRACCIÓN CON MAYOR ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA. pdf. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14473/1/T-UCE-0008-QA010-2017.pdf
- ✓ Ramirez, L. S., & Castaño, D. M. (2009). Metodologias Para Evaluar in Vitro La Actividad Antibacteriana De Compuestos De Origen Vegetal. *Scientia Et Technica*, *XV*(42), 263-268.
- ✓ Ramón, A. J. L., & González, J. L. V. (2008). ESPECIES VEGETALES Valeriana pilosa, Hesperomeles ferruginea, Myrcianthes rhopaloides y Passiflora manicata FRENTE A [Pontificia Universidad Javeriana]. pdf. https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis151.pdf

- ✓ Restiana, E. (2018). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Pelepah Pisang
 Ambon (Musa paradisiaca Linn.) terhadap Propionibacterium acnes. *Jurnal Mahasiswa PSPD FK Universitas Tanjungpura*, 2(2).
 http://jurnal.untan.ac.id/index.php/jfk/article/view/24342
- ✓ Rodríguez Cadena, A. C. R. (2009). Proyecto de grado presentado como requisito para la obtención de título de Ingeniero en Agroempresas. 63.
- ✓ Rodríguez, E., & Mora, J. R. (s.f). *ACNE VULGARIS: BACTERIAS AISLADAS Y*SU SUSCEPTIBILIDAD A LOS ANTIBIOTICOS. 8.
- ✓ Rojas, Y. A., Yuri Lombana Y. Andres. (2011, mayo 6). LA QUÍMICA DEL PLÁTANO: COMPOSICIÓN QUÍMICA. LA QUÍMICA DEL PLÁTANO. http://tquimicadelplatanout.blogspot.com/2011/05/composicion-quimica.html
- ✓ Rosales Reynoso, O. L. (2012). Caracterización física y química de plátanos de postre y cocción cultivados en México [Pdf, Instituto Politécnico Nacional]. https://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/12446/Tesis%20Noviem bre%202012%20Olga%20Lidia%20Rosales%20Reynoso..pdf?sequence=1&isA llowed=y
- ✓ Samaniego Rojas, E. (1999). Fundamentos de Farmacología Médica (Séptima Edición). Universidad Central del Ecuador, Editorial universitaria.
- ✓ Saraswati, F. N. (2015). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 96% Limbah*Kulit Pisang Kepok Kuning (Musa balbisiana) Terhadap Bakteri Penyebab

 Jerawat (Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus aureus, dan

 Propionibacterium acne). UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- ✓ Scott, P., Hoe, T., Fook, C., & Mohd, A. (2014). Banana by-products: An underutilized renewable food biomass with great potential / Request PDF.

 ResearchGate. http://dx.doi.org/10.1007/s13197-012-0861-2

- ✓ Tapia, A. G. (2015). Consenso en el tratamiento tópico del acné. 18. pdf.
- ✓ Taroco, R., Seija, V., & Vignoli, R. (s.f). 36 Métodos de estudio de la sensibilidad antibiótica. 10.
- ✓ Tecnofarma. (2013). EXTRACCION.

 http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/tecnofarma/wp
 content/uploads/2013/02/Extracci%C3%B3n.pdf
- ✓ Toquero, A. M., & Candiani, J. O. (2009). Acné Panorama general y terapéutica actual. 8.
- ✓ Torres, C. E., Cortez, M. G., & Rodríguez, C. B. (2003). *ESTUDIO PROXIMAL*COMPARATIVO DE LA CASCARA Y PULPA DEL PLATANO (Musa paradisiaca) PARA SU APROVECHAMIENTO COMPLETO EN LA ALIMENTACION HUMANA Y ANIMAL" [Universidad de el Salvador]. PDF. http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5595/1/10122377.pdf
- ✓ Universidad de Antoquia. (2008). *Plátano—Musa paradisiaca L. | .: Banco de Objetos de Aprendizaje y de Información ::.*http://aprendeenlinea.udea.edu.co/ova/?q=node/730
- ✓ Vásquez, A. D. A., & Cañas, C. E. F. (2008). OBTENCION DE UN COLORANTE A PARTIR DE Musa paradisíaca (PLATANO VERDE) CON APLICACION EN LA INDUSTRIA TEXTIL. Universidad de el Salvador.
- ✓ Vergara, H. (2009). Fármacos, Salud y Vida "Las armas y metas de la farmacia.

 Impresores Salesianos.

 http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/121456/libroHernan_Vergara.

 pdf;sequence=1

- ✓ Vu, H. T., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2018). Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. *Journal of Functional Foods*, 40, 238-248. https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.006
- ✓ Waghmare, J. S., & Kurhade, A. H. (2014). *GC-MS analysis of bioactive components from banana peel (Musa sapientum peel)*. 6.
- ✓ Wistuba, J. J. (2013). DETERMINACIÓN DEL EFECTO INHIBIDOR IN VITRO DEL JUGO DE CRANBERRY (Vaccinium macrocarpon ait) SOBRE MICROORGANISMOS DE INTERÉS CLÍNICO Y SU USO TÓPICO COMO TRATAMIENTO ALTERNATIVO CONTRA EL ACNÉ [Universidad Austral de Chile]. pdf. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2013/fcw817d/doc/fcw817d.pdf
- ✓ Yungán, S. P. A. (2009). ELABORACION Y CONTROL DECALIDAD DE
 TINTURA Y GEL CICATRIZANTE Y ANTIINFLAMATORIO BASE DE CHILCA
 (Baccharis latifolia) Y HIERBA MORA (Solanum nigrum) [Escuela Superior
 Politécnica de Chimborazo]. pdf.
 http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/216/1/56T00190.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. OBTENCIÓN DE EXTRACTOS



Figura 3. Pesaje de 20 g de materia prima para la obtención de los extractos

Fuente: Autora



Figura 4. Extractos obtenidos de la cáscara de Musa paradisiaca L.

ANEXO 2. ACTVACIÓN DE LA CEPA BACTERIANA Propionibacterium acnes



Figura 5. Medios de cultivo TSA y Agar sangre para la activación de *P.acnes Fuente:* Autora

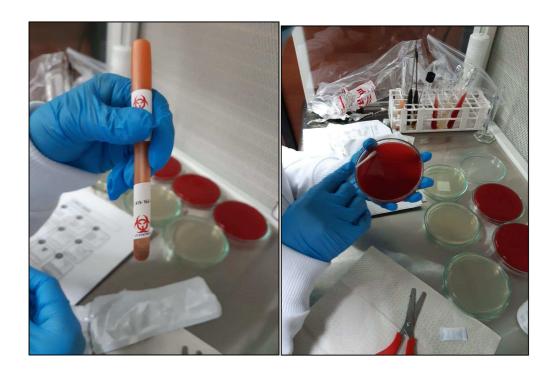


Figura 6. Der: Hisopo de P.acnes; Izq: Inoculación en agar sangre

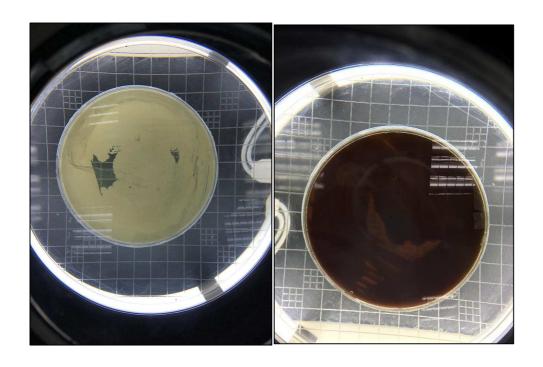


Figura 7. Crecimiento de P.acnes en medio TSA y agar sangre

ANEXO 3. PRUEBA DE ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA POR EL MÉTODO DE DIFUSIÓN EN AGAR



Figura 8. Der: Crecimiento de *P. acnes* en medio TSB, Izq: Centrifugación del cultivo bacteriano

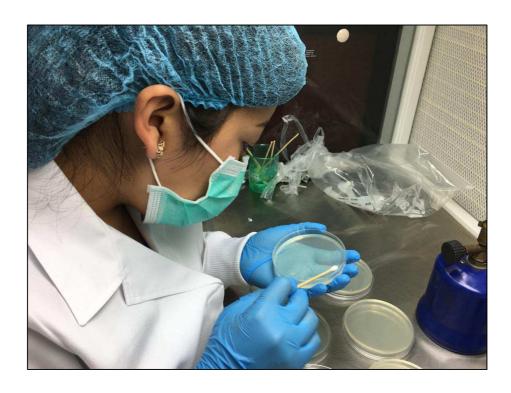


Figura 9. Siembra del inóculo bacteriano en medio Mueller-Hinton

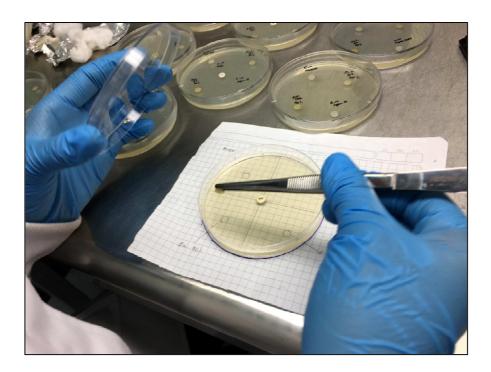


Figura 10. Distribución de los discos con extractos sobre el medio de cultivo M-H



Figura 11. Almacenamiento de las cajas con los discos en la jarra anaerobia



Figura 12. Discos de Tetraciclina y Eritromicina utilizados como control positivo

ANEXO 4: MICRODILUCIÓN EN CALDO

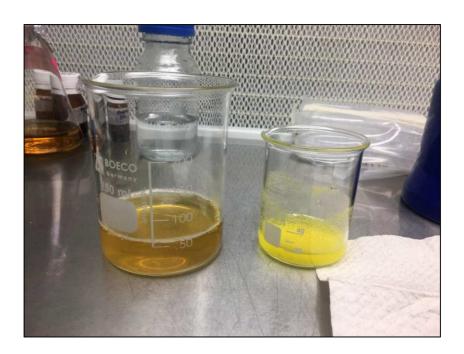


Figura 13. Solución de antibiótico y caldo más inóculo bacteriano para la microdilución

Fuente: Autora



Figura 14. Rezasurina para la revelación de la microplaca

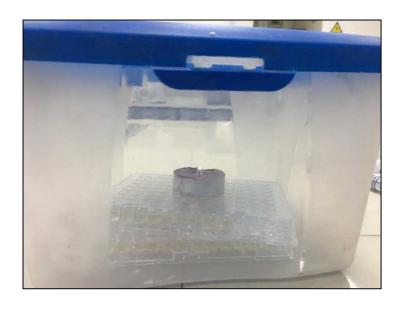


Figura 15. Almacenamiento de las microplacas en Anaerobiosis

ANEXO 5. ELABORACIÓN DEL GEL ANTIACNÉ

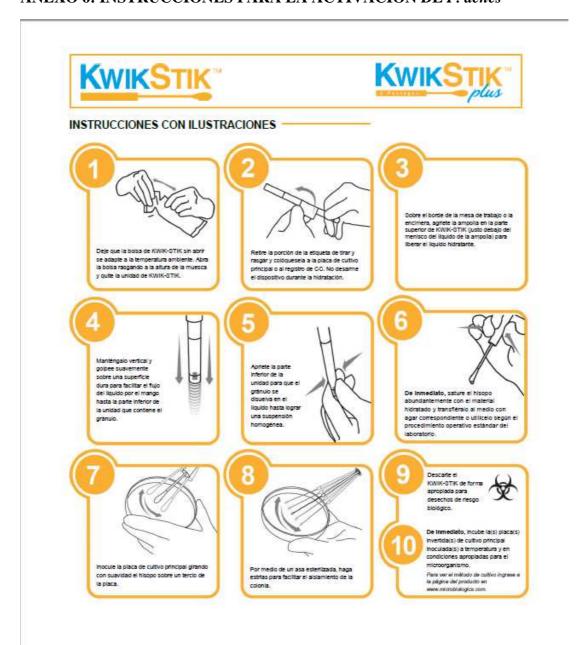


Figura 33. Proceso de obtención de la mezcla homogénea para el gel.



Figura 34. Gel antiacné envasado.

ANEXO 6: INSTRUCCIONES PARA LA ACTIVACIÓN DE P. acnes



ANEXO 7: INSTRUCCIONES PARA ELABORAR AGAR TSA



REF B0210205 REF B0210206

Tripteína Soya Agar

IVD

USO

Medio utilizado para propósitos generales, favorece el desarrollo y aislamiento de una gran variedad de microorganismos aerobios, y anaerobios facultativos y estrictos.

Al ser suplementado con sangre permite el crecimiento de microorganismos exigentes y la clara visualización de reacciones de he-

Su fórmula cumple con los requerimientos de la Armonización de Farmacopeas Europea, Japonesa y de los Estados Unidos de Norteamérica (EP, JP y USP respectivamente).

FUNDAMENTO

En el medio de cultivo, la tripteina y la peptona de soya aportan nutrientes ricos en péptidos, aminoácidos libres, bases púricas y pirimídicas, minerales y vitaminas. La peptona de soya además es fuente de hidratos de carbono que estimulan el crecimiento de diversos microorganismos. El cloruro de sodio mantiene el balance osmótico y el agar es el agente solidificante.

Puede ser utilizado como base a la cual se suplementa con nutrientes o con antimicrobianos, lográndose un medio enriquecido o selectivo de acuerdo al aditivo.

El agregado de 5-10 % sangre ovina desfibrinada estéril (Britasheep) promueve el desarrollo de bacterias exigentes en sus requerimientos nutricionales y la adecuada observación de las reacciones de hemólisis.

El agregado de extracto de levadura en concentración 0,6 % favorece el crecimiento de especies de Listeria.

Es un medio adecuado para cultivar y mantener cepas de Aeromonas, y aumentando el porcentaje de cloruro de sodio, para mantener cepas de algunos Vibrios (excepto V. cholerae).

CONTENIDO Y COMPOSICIÓN

Código B0210205: envase x 100 g. Código B0210206: envase x 500 g.

FÓRMULA (en gramos por litro)

TRIPTEINA	
PEPTONA DE SOYA	
CLORURO DE SODIO	
AGAR	15.0
pH FINAL-73 ± 0.2	

INSTRUCCIONES

Disolver 40 g del polvo en 1 litro de agua purificada. Mezclar y dejar reposar 5 minutos. Calentar agitando suavemente y hervir durante 1 o 2 minutos hasta su disolución total, Distribuir en recipientes apropiados y esterilizar en autoclave a 118-121 °C durante 15 minutos.

Preparación de Agar Sangre: agregar 5-10 % de sangre ovina desfibrinada estéril (Britasheep) al medio esterilizado, fundido y enfriado a 45-50 °C. Homogeneizar y distribuir en placas de Petri estériles.

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Medio de cultivo deshidratado: color beige claro, homogéneo, libre deslizamiento

Medio de cultivo preparado: color ámbar.

Suplementado con sangre: color rojo cereza.

ALMACENAMIENTO

Medio de cultivo deshidratado a 10-35 °C. Medio de cultivo preparado a 2-8 °C.

PROCEDIMIENTO

Por inoculación directa del material en estudio, sobre la superficie del medio de cultivo.

El tiempo, la temperatura, y la atmósfera de incubación, dependerán del microorganismo que se quiera recuperar.

En general se recomienda:

Bacterias de fácil crecimiento: en aerobiosis, a 35-37 ° C durante 18 a 24 horas.

Bacterias exigentes en sus requerimientos nutricionales: en atmósfera con 5 % de CO a 35-37 °C durante 24-48 horas.

INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Observar las características de las colonias

Para el medio de cultivo conteniendo sangre, observar las reacciones de hemólisis:

ANEXO 8: FICHA TECNICA DE P.acnes ATCC 11827



© 2012 Microbiologics, Inc. All Rights Reserved. 200 Cooper Avenue North Saint Cloud, MN 56303 Page 1 of 1

DOC.286