



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y**  
**BIOTECNOLOGÍA**



**CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA**

---

Elaboración de gel antibacterial a partir de alcohol artesanal con hidrolato de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y aceite esencial de naranja (*Citrus spp.*).

---

Trabajo de titulación, modalidad de proyecto de investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

**Autor:** Leonardo Ismael Aldás Paredes

**Tutora:** Mg. Dolores del Rocío Robalino Martínez

**Ambato - Ecuador**

**Marzo - 2022**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Mg. Dolores Del Rocío Robalino Martínez

**CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 01 de febrero de 2022

-----  
Dolores del Rocío Robalino Martínez

C.I. 1801769488

**TUTORA**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Leonardo Ismael Aldás Paredes, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



-----  
Leonardo Ismael Aldás Paredes

C.I. 1804409488

**AUTOR**

## **APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

-----  
Presidente del tribunal

-----  
Mg. Lander Vinicio Pérez Aldas

C.I. 1802706596

-----  
Mg. Mayra Fernanda Chico Terán

C.I. 1003327044

Ambato, 08 de marzo de 2022

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



-----  
Leonardo Ismael Aldás Paredes

C.I. 1804409488

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

Dedicado en primer lugar a Dios por resguardarme bajo su presencia, brindarme el regalo de la vida y otorgarme las fuerzas para llegar hasta donde estoy y hasta donde estaré.

Dedicado a mi madre Alicia por ser el gran pilar de mi universo, el ejemplo de dedicación y superación durante mi formación como persona y como estudiante. A mi padre Miguel por estar presente cuando más lo he necesitado, por brindarme su apoyo y amor incondicional en todo momento.

Dedicado a mi abuelita Elsa por su enorme amor incondicional. A mi prima y toda mi familia por compartir aquellas experiencias felices y tristes que a la final son las que se recuerdan con cariño.

A mis amigos y compañeros de clase que me han acompañado a lo largo de mi vida estudiantil, a quienes debo gran parte de mis logros debido a su ayuda y enseñanzas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis padres por sus enseñanzas, inculcarme con sus valores, brindarme su cariño y sus grandes esfuerzos para permitirme ser quien soy y tener todas las posibilidades a lo largo de mi vida para llegar a esta etapa universitaria.

Agradezco a todos los profesores de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por transmitirme sus conocimientos durante mi formación académica. En especial a Mg. Dolores Robalino, mi tutora, quien me ha apoyado con sus conocimientos y me ha facilitado los instrumentos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a la Empresa Agroindustria SANPI, en especial a Abraham Sánchez, por abrirme las puertas de sus instalaciones y brindarme su apoyo para el desarrollo del presente trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DERECHOS DE AUTOR .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTOS .....	vii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1.    Antecedentes investigativos .....	1
1.2.    Gel antibacterial .....	2
1.2.1.    Componentes del gel antibacterial .....	4
1.2.2.    Acción desinfectante .....	9
1.2.3.    pH del gel desinfectante para manos.....	10
1.2.4.    Regulación de los desinfectantes para manos .....	11
1.3.    Alcohol artesanal.....	12
1.4.    Aceites esenciales.....	12
1.4.1.    Composición química .....	13
1.4.2.    Acción antimicrobiana .....	15
1.4.3.    Métodos de extracción .....	17
1.4.4.    Aceite esencial de naranja ( <i>Citrus sinensis</i> ).....	20
1.5.    Hidrolatos .....	21
1.5.1.    Composición química y actividad biológica .....	21



1.5.2.	Acción antimicrobiana .....	22
1.5.3.	Hidrolato de manzanilla ( <i>Matricaria chamomilla</i> ) .....	23
1.6.	Objetivos .....	24
1.6.1.	Objetivo general .....	24
1.6.2.	Objetivos específicos .....	24
CAPÍTULO II .....		25
METODOLOGÍA .....		25
2.1.	Materiales .....	25
2.1.1.	Reactivos .....	25
2.1.2.	Equipos e insumos .....	25
2.2.	Métodos .....	26
2.2.1.	Pretratamiento de la materia prima .....	26
2.2.2.	Extracción del aceite esencial de naranja.....	27
2.2.3.	Obtención del hidrolato de manzanilla .....	28
2.2.4.	Caracterización del aceite esencial de naranja y del hidrolato de manzanilla.....	28
2.2.5.	Rectificación del alcohol artesanal.....	29
2.2.6.	Elaboración del gel antibacterial .....	30
2.2.7.	Evaluación de las formulaciones del gel antibacterial .....	32
CAPÍTULO III.....		36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		36
3.1.	Rendimiento de extracción del aceite esencial de naranja y manzanilla mediante destilación por arrastre de vapor.....	36
3.2.	Caracterización del aceite esencial de naranja por espectroscopía FTIR....	37
3.3.	Caracterización del hidrolato de manzanilla ( <i>Matricaria chamomilla</i> ) por espectroscopía FTIR.....	39
3.4.	Alcohol rectificado .....	40

3.5. Influencia de la concentración de aceite esencial de naranja en la viscosidad del gel antibacterial .....	42
3.6. Influencia de la concentración de aceite esencial de naranja en las propiedades organolépticas del gel antibacterial.....	43
3.6.1. Color.....	43
3.6.2. Consistencia .....	43
3.6.3. Olor .....	45
3.7. pH de las cinco formulaciones de gel antibacterial.....	46
3.8. Evaluación de la mejor formulación del gel antibacterial.....	47
CAPÍTULO IV.....	50
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
4.1. Conclusiones .....	50
4.2. Recomendaciones .....	51
MATERIALES DE REFERENCIA .....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Agentes Antisépticos Empleados en los Desinfectantes Para Manos.....	3
Tabla 2. Cantidad del Aceite Esencial de Naranja y del Hidrolato de Manzanilla en las 5 Formulaciones.....	31
Tabla 3. Diseño Completamente Aleatorizado de la Medición de Viscosidades. ....	32
Tabla 4. Diseño de Bloques Incompletos Balanceados para Cada Propiedad Organoléptica del Gel Antibacterial.....	34
Tabla 5. Rendimiento de Extracción de los Aceites Esenciales.....	36
Tabla 6. Análisis del Espectro FTIR del Aceite Esencial de Naranja ( <i>Citrus</i> spp.). .	39
Tabla 7. pH de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial. ....	46
Tabla 8. Ficha Técnica de la Mejor Formulación del Gel Antibacterial (GAF4).....	49
Tabla 9. Formato de Evaluación Sensorial de las Propiedades Organolépticas de las Formulaciones del Gel Antibacterial. ....	66
Tabla 10. Resultados de la Medición de la Viscosidad del Gel Antibacterial en el Viscosímetro Rotacional a 40rpm con la Aguja N° 4. ....	68
Tabla 11. Resultados de la Evaluación Sensorial del Color de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial. ....	69
Tabla 12. Resultados de la Evaluación Sensorial de la Consistencia de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial. ....	70
Tabla 13. Resultados de la Evaluación Sensorial del Olor de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial. ....	71
Tabla 14. Análisis de Varianza de la Viscosidad en las Formulaciones del Gel Antibacterial.....	72
Tabla 15. Test de Tukey Para la Viscosidad de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.....	72
Tabla 16. Análisis de Varianza del DBIB del Color de las Formulaciones del Gel Antibacterial (Tratamientos Ajustados).....	73

Tabla 17. Test de Tukey Para el Color de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial. .....	73
Tabla 18. Análisis de Varianza del DBIB de la Consistencia de las Formulaciones del Gel Antibacterial (Tratamientos Ajustados). .....	74
Tabla 19. Test de Tukey Para la Consistencia de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.....	74
Tabla 20. Análisis de Varianza del DBIB del Olor de las Formulaciones del Gel Antibacterial (Tratamientos Ajustados). .....	75
Tabla 21. Test de Tukey Para el Olor de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Configuración Esquemática de los Átomos de una Molécula de Etanol.....	4
Figura 2. Desnaturalización de Proteínas por Acción del Etanol.....	5
Figura 3. Estructura Química del Carbopol. ....	6
Figura 4. Estructura Química del Agua y su Atracción por Diferencias de Cargas.....	7
Figura 5. Estructura Química del Glicerol. ....	8
Figura 6. Estructura Química de la Trietanolamina. ....	9
Figura 7. Estructuras Químicas de los Compuestos Más Frecuentes en los Aceites Esenciales.....	15
Figura 8. Mecanismos de Acción Antibacteriana de los Aceites Esenciales.....	16
Figura 9. Estructura Química del D-Limoneno.....	20
Figura 10. Equipo de Destilación por Arrastre de Vapor de Agua. ....	27
Figura 11. Equipo de Rectificación del Alcohol Artesanal por Destilación.....	29
Figura 12. Diagrama de Flujo de la Elaboración del Gel Antibacterial.....	31
Figura 13. Viscosímetro Rotacional Relativo QUIMIS.....	32
Figura 14. Espectro FTIR del Aceite Esencial de Naranja ( <i>Citrus spp.</i> ).....	38
Figura 15. Espectro FTIR del Hidrolato de Manzanilla ( <i>Matricaria chamomilla</i> )....	40
Figura 16. Rectificación del Alcohol Artesanal.....	41
Figura 17. Comparación de las 5 Formulaciones de Gel Antibacterial. ....	47
Figura 18. Certificado de los Análisis FTIR del Hidrolato de Manzanilla y del Aceite Esencial de Naranja.....	64
Figura 19. Certificado de Realización de la Parte Experimental de la Investigación en los Laboratorios de D'SANPI.....	65
Figura 20. Arte de Etiqueta Para las 5 Formulaciones y Para el Producto Final. ....	67
Figura 21. Materia Prima de la Investigación: Cáscaras de Naranja (a) y Flores de Manzanilla (b). ....	76

Figura 22. Obtención del Hidrolato de Manzanilla (a) y Extracción del Aceite Esencial de Naranja (b).....	76
Figura 23. Pruebas Piloto de la Formulación del Gel Antibacterial. ....	77
Figura 24. Gel Antibacterial Elaborado a Partir de Alcohol Artesanal con Hidrolato de Manzanilla y Aceite Esencial de Naranja. ....	77
Figura 25. Evaluadores de las Formulaciones del Gel Antibacterial. ....	78
Figura 26. Potenciómetro (a) y Viscosímetro Rotacional (b). ....	78

## RESUMEN

Esta investigación surge como una alternativa para el aprovechamiento de las propiedades antimicrobianas y cosméticas del aceite esencial de la cáscara de naranja y del hidrolato de manzanilla, también busca darle un mejor uso a estos residuos alimenticios y subproductos de extracción. Además, el empleo del alcohol artesanal en lugar del alcohol industrial pretende ayudar al desarrollo económico de los emprendimientos (productores de alcohol) surgidos en pandemia y a la reducción de los costos de producción del gel antibacterial. El aceite esencial de naranja (Rendimiento de extracción del 0,22 por ciento en peso) y el hidrolato de manzanilla se obtuvieron mediante destilación por arrastre de vapor y fueron caracterizados mediante espectroscopía FTIR, el alcohol artesanal fue rectificado de 61 a 80-81 grados Gay-Lussac mediante destilación. Se elaboraron 5 formulaciones del gel antibacterial (al 70 por ciento de alcohol en peso) y se estudió el efecto de la concentración del aceite esencial de naranja (0,1; 0,5; 1; 1,5 y 2 por ciento en peso) en su viscosidad con un diseño experimental completamente aleatorizado, adicionalmente, se realizaron pruebas organolépticas mediante un análisis sensorial aplicado a 10 evaluadores de distintas edades y profesiones con un diseño experimental por bloques incompletos balanceados. La concentración de aceite esencial en la formulación influyó en la viscosidad del producto final, también presentó diferencias significativas entre el color, olor y consistencia del gel antibacterial. La formulación de mayor agrado para los evaluadores es la que contiene 1,5 por ciento en peso de aceite esencial de naranja (GAF4).

**Palabras clave:** Gel antibacterial, alcohol artesanal, aceites esenciales, hidrolato de manzanilla, desinfectante para manos.

## ABSTRACT

This research arises as an alternative to take advantage of the antimicrobial and cosmetic properties of orange peel essential oil and chamomile hydrolate, also seeks to make better use of these food waste and extraction by-products. In addition, the use of craft alcohol instead of industrial alcohol is intended to help the economic development of the enterprises (alcohol producers) emerged in pandemic and to reduce the production costs of the antibacterial gel. Orange essential oil (extraction yield of 0.22 wt.%) and chamomile hydrolate were obtained by steam distillation and characterized by FTIR spectroscopy, the artisanal alcohol was rectified from 61 to 80-81 Gay-Lussac degrees by distillation. Five formulations of the antibacterial gel (at 70 percent alcohol by weight) were prepared and the effect of the concentration of orange essential oil (0,1; 0,5; 1; 1,5 and 2 percent by weight) on its viscosity was studied with a completely randomized experimental design; additionally, organoleptic tests were carried out by sensory analysis applied to 10 evaluators of different ages and professions with a balanced incomplete block experimental design. The concentration of essential oil in the formulation influenced the viscosity of the final product, also presented significant differences between the color, odor and consistency of the antibacterial gel. The formulation most liked by the evaluators was the one containing 1,5 percent by weight of orange essential oil (GAF4).

**Keywords:** Antibacterial gel, craft alcohol, essential oils, chamomile hydrolate, hand sanitizer.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes investigativos

Una investigación llevada a cabo por **Widmer et al., (2007)** demostró que los productos desinfectantes para manos a base de alcohol son más eficientes que el lavado de manos. En el caso de que el jabón no tenga algún compuesto desinfectante adicional, la concentración de microorganismos de las manos incrementa al poco tiempo del lavado, por otra parte, los productos a base de alcohol destruyen e inhiben el crecimiento de los microorganismos luego de su aplicación. Estos productos desinfectantes, como el gel a base de alcohol, fueron considerados como una eficiente alternativa para mejorar la higiene de las manos, especialmente de los trabajadores del área de la salud.

Un estudio realizado por **Alvarado, et al. (2010)** comprobó que la efectividad bactericida de los geles antibacteriales comerciales a base de alcohol es similar a la de una solución de alcohol etílico al 70% (v/v), confirmando los resultados obtenidos en previas investigaciones y concluyendo que la forma en la que se presenta el alcohol no influye en su acción bactericida. Además, demostró que la inhibición del crecimiento bacteriano es óptima en un tiempo de exposición de 30 segundos.

La gripe A (H1N1) fue una enfermedad provocada por una variante del virus de la gripe humana, se extendió rápidamente por algunos países en 2009 y se declaró pandemia a nivel mundial, se conoce que murieron aproximadamente 28000 personas. Se evaluó la acción viricida de algunos productos desinfectantes para manos a base de alcohol para inhibir y eliminar el virus de la gripe A (H1N1), entre ellos el gel antibacterial, todos los tratamientos demostraron una significativa reducción del recuento viral viable, por lo que su uso resultó altamente recomendado para la prevención de enfermedades provocadas por virus (**Larson, Cohen, & Baxter, 2012; Qu, 2016**).

Por otra parte, a la formulación base del gel antibacterial se le pueden agregar otros componentes con la finalidad de otorgarle características adicionales (color, aroma, etc.) o para potenciar su actividad antimicrobiana. El uso de los aceites esenciales y extractos de algunas plantas en la formulación de geles antibacteriales provoca un aumento significativo de la actividad desinfectante del producto (**Medina & Bautista, 2015; Surini et al., 2018**).

Una investigación llevada a cabo por **Siddharta et al., (2017)** confirmó que las formulaciones de desinfectantes a base de alcohol de la OMS tiene una eficiente acción viricida, específicamente, contra el Zika (ZIKV), Ébola (EBOV) y coronavirus emergentes (SARS-CoV y MERS-CoV), corroborando su utilidad para prevenir enfermedades relacionadas a éstos virus, por otra parte, algunos virus no envueltos presentaron una mayor resistencia a estas formulaciones.

A inicios de la emergencia sanitaria ocasionada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19), se estima que aproximadamente 2,8 billones de personas emplearon diversas medidas de seguridad para salvaguardar su salud, entre ellas, el uso de gel antibacterial a base de alcohol (etanol), la OMS y otras agencias reguladoras sugirieron el uso de este producto para prevenir el contagio, además, facilitaron sus formulaciones y normas de fabricación para satisfacer su alta demanda a nivel mundial (**Sequinel et al., 2020**).

## **1.2. Gel antibacterial**

Un gel se define como un sistema semisólido con una alta viscosidad, está formado por una red tridimensional causada por la presencia de un compuesto coloidal (generalmente un polímero) en un solvente (comúnmente agua o soluciones hidroalcohólicas), este sistema tiene la capacidad de retener el componente líquido dentro de su estructura confiriéndole elasticidad y/o rigidez (**Gooch, 2010**).

El gel desinfectante para manos está dentro de la categoría de hidrogeles, éstos son sistemas acuosos en donde se emplea un polímero de cadenas hidrófilas que entra en equilibrio con el agua u otros líquidos hidrofílicos para formar una red tridimensional (**Chirani et al., 2015; Farfan & Escobar, 2020**).

El gel antibacterial, alcohol en gel, gel sanitizante, entre otras denominaciones, es un producto que se emplea como alternativa o complemento al lavado de manos, su efectiva acción antimicrobiana y prevención de irritación y resequead de la piel lo hacen llamativo para su uso cotidiano (Alvarado et al., 2010).

La Organización Mundial de la Salud define a un producto desinfectante para manos a base de alcohol como una mezcla (de naturaleza: líquido, espuma, gel, etc.) que contiene alcohol, tiene como finalidad inhibir y detener temporalmente el crecimiento de los microorganismos. Estos productos pueden estar formulados con distintos tipos de alcohol, además de contener otros ingredientes como humectantes y excipientes (Boyce et al., 2009).

Según Villa & Russo, (2021) los geles desinfectantes para manos comúnmente son elaborados a partir de soluciones hidroalcohólicas, sin embargo, se pueden formular hidrogeles con otros agentes antisépticos activos como se puede ver en la Tabla 1, por lo que surge la clasificación de productos desinfectantes para manos a base de alcohol y desinfectantes para manos sin alcohol.

**Tabla 1**

*Agentes Antisépticos Empleados en los Desinfectantes Para Manos*

<b>Desinfectantes para manos a base de alcohol</b>	<b>Desinfectantes para manos sin alcohol</b>
Alcohol etílico	Amonio cuaternario
Alcohol isopropílico	Clorhexidina
	Cloroxilenol
	Yodo / yodóforos
	Triclosán

*Nota:* Esta tabla muestra algunos compuestos con actividad microbicida que se emplean en los productos desinfectantes para manos. Tomado de Lin et al., (2020) y Villa & Russo, (2021).

### 1.2.1. Componentes del gel antibacterial

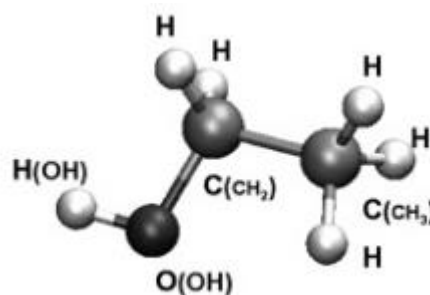
Los reactivos presentes en la formulación de los geles antibacteriales son especificados en diversos trabajos e investigaciones, no obstante, éstos varían dependiendo de los requerimientos y especificaciones del fabricante y/o investigador (**Edmonds et al., 2012**). Por lo general, su formulación consta del etanol al 96% (v/v), solución de trietanolamina al 5% (p/v) mejor conocida como TEA, glicerol, agua purificada y carbopol (polímero) que actúa como agente gelificante (**Sequinel et al., 2020**).

- **Alcohol etílico o etanol**

El etanol, alcohol etílico, alcohol vínico o alcohol de melazas es un compuesto perteneciente a la familia de los alcoholes con un grupo hidroxilo (-OH) como se observa en la Figura 1, es un líquido incoloro, inflamable, hidrosoluble, de olor característico, muy volátil en altas concentraciones (v/v) y su punto de ebullición es de 78°C, se lo puede obtener a partir de la fermentación anaeróbica de hidratos de carbono (azúcares) o por un método sintético a partir del etileno (**Mosquera & Menéndez, 2006; Velasco, 2014**).

#### Figura 1

*Configuración Esquemática de los Átomos de una Molécula de Etanol.*

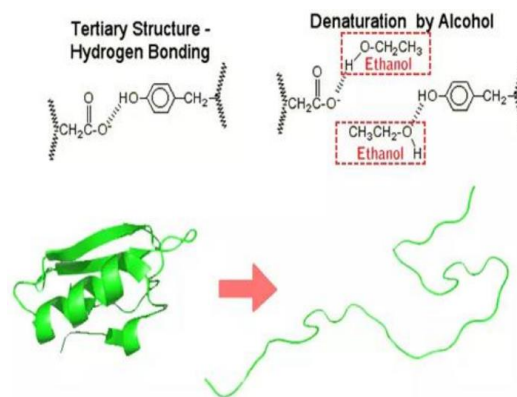


Fuente: (**Nanotubes et al., 2007**).

Según **Jing et al., (2020)** el alcohol ampliamente utilizado en las formulaciones de gel antibacterial es el etanol, por otra parte, también se emplea el alcohol isopropílico, n-propanol o una combinación de estos que logran un efecto sinérgico de acción antimicrobiana. La actividad microbicida del alcohol se debe a su capacidad de desnaturalizar las proteínas y disolver las membranas lipídicas que presentan los microbios, su efecto abarca una gran mayoría de las formas vegetativas de bacterias, hongos y virus envueltos, no obstante, son ineficaces contra las esporas bacterianas. En la Figura 2 se observa la interacción del etanol con los puentes de hidrógeno presentes en la estructura terciaria de las proteínas y la desnaturalización de su conformación tridimensional.

## Figura 2

*Desnaturalización de Proteínas por Acción del Etanol.*



Fuente: (**Dastider et al., 2020**).

Previas investigaciones demuestran que aquellos geles antibacteriales que contienen concentraciones del 50 al 70% de alcohol presentan una actividad microbicida más eficiente que aquellos que contienen concentraciones superiores (>80%), esto se debe a que el etanol a altas concentraciones es muy volátil al contacto con la piel y no perdura el tiempo suficiente para que interactúe con los microorganismos, además, el agua juega un papel muy importante en la desinfección, concluyendo que la concentración óptima del alcohol es del 70% (**Edmonds et al., 2012; Pelufo & Durante, 2021**).

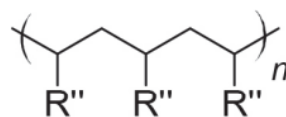
- **Carbopol**

Carbopol es el nombre designado a una familia de polímeros de ácido poliacrílico que son ampliamente utilizados en diversas industrias, especialmente en la farmacéutica debido a su capacidad de aglutinar, modificar las propiedades reológicas y estabilizar disoluciones. Las dispersiones de estos polímeros generalmente son transparentes y presentan una alta elasticidad, incluso a concentraciones bajas, se manifiestan como partículas deformables e hinchadas que forman espacios en donde se dispone el solvente o una mezcla (Gutowski, Lee, de Bruyn, & Frisken, 2012).

El carbómero comercial (carbopol 940), también conocido como carbomer, tiene el aspecto de un polvo blanco, son polímeros de ácido poliacrílico altamente reticulado con alílico de sacarosa o alílico de pentaeritritilo, contiene grupos carboxilo (-COOH) (Figura 3) entre el 56 al 68% (m/m) y un peso molecular entre el  $7 \times 10^5$  al  $4 \times 10^9$  Da (Kulkarni & Shaw, 2016; Sequinel et al., 2020).

### Figura 3

*Estructura Química del Carbopol.*



Fuente: (Sequinel et al., 2020).

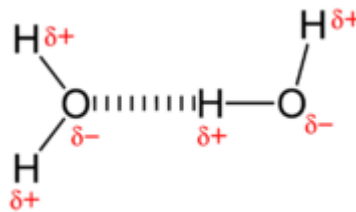
- **Agua**

El agua cubre más del 70% de la superficie del planeta, se encuentra en estado sólido, líquido y gaseoso a temperaturas y presiones que dispone el ambiente natural de ciertos

ecosistemas. Es un compuesto cuyas moléculas están formadas por 2 átomos de hidrógeno unidas a un lado de 1 átomo de oxígeno, resultando en una molécula con carga eléctrica positiva por un lado de la estructura y negativa por el otro al quedar libres dos pares de electrones, es por esta razón que tienden a unirse con otras moléculas de agua y forman puentes de hidrógeno atrayéndose por las cargas eléctricas opuestas como se observa en la Figura 4 (Fernández, 2012).

#### Figura 4

*Estructura Química del Agua y su Atracción por Diferencias de Cargas.*



Fuente: (<https://chem.libretexts.org/>, 2021).

En condiciones ambientales, el agua tiene una gran capacidad calorífica, alta tensión superficial y alta constante dieléctrica, es un excelente solvente polar para compuestos polares y sales, sin embargo, al incrementar su temperatura los enlaces de hidrógeno se desestabilizan provocando que la densidad ( $\approx 1\text{g/ml}$ ) y la constante dieléctrica disminuyan, consecuentemente, la polaridad del disolvente disminuye. Por otra parte, en condiciones supercríticas el agua se comporta como un solvente apolar y presenta una gran solubilidad para gases y componentes orgánicos, a pesar de ello, las moléculas individuales del agua mantienen su característica polar (Kruse & Dahmen, 2015).

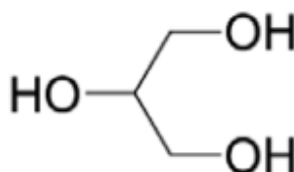
- **Glicerol**

Es un compuesto tri-alcohólico, también llamado glicerina o 1,2,3-propanotriol (nombre IUPAC), los tres grupos hidroxilo presentes en su estructura representada en la figura 5 son los responsables de su alta solubilidad en el agua, forma enlaces de

hidrógeno de manera intramolecular e intermolecular. Su nombre deriva del griego *glykys* que significa dulce, es llamado así debido a que este compuesto es un líquido incoloro de sabor dulce, tiene una alta viscosidad (1,5 Pa·s) y no presenta olor.

### Figura 5

*Estructura Química del Glicerol.*



Fuente: (Beatriz, Araújo, & De Lima, 2011).

El glicerol actúa como un agente humectante en todas las formulaciones de los productos desinfectantes para manos, el empleo de este compuesto contrarresta el efecto deshidratante que causa el etanol y ayuda a mantener la salud de la piel, consecuentemente previene la irritación y daños de ésta. Un estudio realizado por **Menegueti et al., (2019)** demuestra que el glicerol a una concentración de 0,5% (v/v) brinda un mejor cuidado a la piel a comparación de concentraciones superiores. Por otra parte, su presencia en las formulaciones de los productos desinfectantes ha demostrado interferir levemente en la acción bactericida del producto (**Suchomel et al., 2013; Thomson & Bullied, 2020**).

- **Trietanolamina (TEA)**

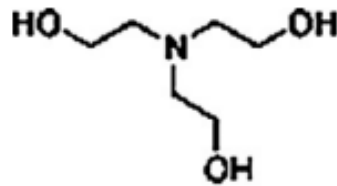
Según **Popoola et al., (2015)** la trietanolamina ( $C_6H_{15}NO_3$ ) pertenece a una familia de compuestos orgánicos denominados etanolaminas, es una base débil que está formado por una amina terciaria y 3 grupos hidroxilo (Figura 6), en solución es incoloro, viscoso, posee un leve olor amoniacal, es miscible con el agua, etanol, acetona y soluble en cloroformo. Se obtiene a partir de la reacción del óxido de etileno con amoníaco en una solución acuosa. La TEA tiene la capacidad de neutralizar ácidos



grasos, solubilizar aceites y otros componentes no solubles en agua, ajustar y amortiguar el pH, razón por la cual es ampliamente empleada en varias industrias.

### Figura 6

*Estructura Química de la Trietanolamina.*



Fuente: (de Ávila, Logli, & Matos, 2015).

#### 1.2.2. Acción desinfectante

La efectividad del gel antibacterial depende de la actividad microbicida y de la concentración del etanol en la formulación, por lo general, es óptima a concentraciones entre el 60 al 90% (v/v), además del volumen de gel aplicado y el tiempo de exposición en las manos. La actividad microbicida del etanol abarca una amplia gama de bacterias, hongos y virus, sin embargo, es ineficaz contra esporas (Lin et al., 2020). El volumen de gel que se debe aplicar en las manos debe ser  $\geq 2\text{mL}$  para lograr una cobertura total del área de las manos y consecuentemente una buena desinfección (Kampf et al., 2013).

Una investigación de Edmonds et al., (2012) demuestra que el gel antibacterial a una concentración del 70% (v/v) de etanol, con volúmenes de aplicación de 2 y 5mL, es más eficiente que las formulaciones con concentraciones superiores e inferiores, cumpliendo con los requisitos predispuestos por la FDA (Food and Drug Administration). La actividad microbicida de un gel al 90% (v/v) es inferior debido a la rápida volatilización del etanol y a la ineficiente desnaturalización de las proteínas de los microorganismos por la ausencia de agua, concluyendo así que la efectividad del gel antibacterial se reduce a concentraciones de etanol  $> 80\%$ .

Los productos desinfectantes para manos con concentraciones superiores o iguales al 60% (v/v) de alcohol presentan una mayor eficacia de eliminación e inhibición de microorganismos en comparación al empleo de jabón, el tiempo recomendable de frotación del producto es de 20 a 30 segundos, no obstante, la presencia de suciedad de distinta naturaleza en la mano puede reducir la efectividad de los desinfectantes, razón por la cual se recomienda el lavado de manos en estos casos (**Jing et al., 2020**).

- **Bacterias**

Las células bacterianas cuentan con una membrana celular compuesta de fosfolípidos que encierra todos sus componentes y los protege del medio exterior, estos fosfolípidos están formados por dos ácidos lipídicos que le otorgan naturaleza hidrofóbica (cola no polar) y de un grupo fosfato de naturaleza hidrofílica (cabeza polar). El etanol presente en el gel antibacterial es un disolvente orgánico de naturaleza anfifílica, es decir, tiene una parte hidrofóbica (cadena de hidrocarburos) y una hidrofílica (-OH), esto permite que el etanol al entrar en contacto con la bacteria, se une y disuelve la cola lipofílica provocando la ruptura de la membrana celular y la liberación de todos los componentes de su interior, adicional a esto, desnatura las proteínas celulares liberadas, como se demuestra en la Figura 2, provocando la muerte de la bacteria (**Dastider et al., 2020**).

- **Virus**

Previas investigaciones sugieren que el etanol es un buen agente viricida, siendo eficaz en la inactivación de virus envueltos y algunos virus sin envoltura, sin embargo, existe poca información acerca de su mecanismo de acción. La envoltura de los virus está compuesta principalmente por bicapas lipídicas derivadas de la membrana celular de la célula huésped, conteniendo en su interior la cápside formada por proteínas y el material genético (**Golin, Choi, & Ghahary, 2020; Lin et al., 2020**).

### **1.2.3. pH del gel desinfectante para manos**

El pH de la piel generalmente es ácido en todas las partes del cuerpo, encontrándose dentro del rango de pH 4,1 – 5,8 con una media de 4,9. En algunas zonas del cuerpo, el pH se eleva hasta un valor cercano a 7, esto se da en las brechas fisiológicas como

las axilas, dedos, ano e ingle, esto favorece al desarrollo de infecciones. El pH de los recién nacidos es cercano a 6, tiende a estabilizarse al pH fisiológico luego de 17 semanas de nacido hasta los 50 años, donde se incrementa a un rango a 4,7 - 5,0 en mujeres posmenopáusicas (**Proksch, 2018**).

**Surini et al., (2018)** mencionan que el pH de los geles antibacteriales debe ajustarse al pH de la piel para evitar efectos adversos durante su uso y mantener una piel saludable, además, se sugiere que una buena formulación de gel es aquella que presenta un pH entre 4,5 y 6,5.

#### **1.2.4. Regulación de los desinfectantes para manos**

En Estados Unidos de Norteamérica, los productos desinfectantes para manos a base de alcohol son considerados como medicamentos de venta libre debido a la emergencia sanitaria provocada por el COVID-19, la FDA brinda la formulación y protocolo de elaboración de estos productos que, si son llevados a cabo bajo las condiciones y metodología descrita por esta organización, además de realizarse con lo dispuesto en las Buenas prácticas de fabricación (GMP) y registrar la planta de producción en la lista de la FDA, no requieren de algún otro registro. También se especifica que los desinfectantes para manos deben contener de 60 a 95% de etanol o de 70 a 91,3% de alcohol isopropílico (**Gold, Mirza, & Avva, 2021**).

En Europa, los geles antibacteriales a base de alcohol tienen la posibilidad de llevarse al mercado bajo dos diferentes normativas, si no se declara ninguna actividad biocida del producto pueden seguir el Reglamento de productos cosméticos (Reglamento (UE) N°1223/2009, 2009), por otra parte, se puede aplicar el Reglamento de productos biocidas (Reglamento (UE) N°528/2012, 2012) si se especifica que el producto contiene una sustancia activa como biocida de higiene humana (**Villa & Russo, 2021**).

En Ecuador, el *artículo 7* de la RESOLUCIÓN ARCSA-DE-015-2020-LDC especifica que aquellos productos desinfectantes que contienen alcohol, como los geles antibacteriales, deben cumplir la condición de presentar una concentración de alcohol mayor o igual al 60% e inferior al 70% (**ARCSA, 2020**).

### 1.3. Alcohol artesanal

Según **Ilibay et al., (2021)** la producción de alcohol artesanal (etanol) en Ecuador emplea la caña de azúcar como materia prima, se puede utilizar el jugo de caña (guarapo) de manera directa o la melaza (subproducto de la producción de azúcar), generalmente, este proceso se lleva a cabo bajo condiciones rudimentarias y pocas veces es regulado por las autoridades correspondientes, el proceso de producción de alcohol artesanal se detalla a continuación:

- **Etapa 1:** la producción inicia con la molienda de la caña de azúcar, comúnmente se emplea un trapiche asociado a un motor en donde se obtiene directamente el jugo de caña.
- **Etapa 2:** el jugo de caña pasa por un proceso de filtración que separa los sólidos provenientes de la etapa anterior, por lo regular se emplea una malla fina.
- **Etapa 3:** se le agrega levadura para iniciar la etapa de fermentación y se deja en reposo por un lapso de 48h, los azúcares presentes en el medio se transforman en etanol y dióxido de carbono por acción de las levaduras.
- **Etapa 4:** el guarapo fermentado se destila empleando calor, la temperatura debe estar regulada para que se evapore únicamente el etanol, separándolo de residuos innecesarios.
- **Etapa 5:** el etanol en estado gaseoso pasa por un serpentín de enfriamiento para condensarse y recolectarlo en un recipiente limpio. Se mide el grado alcohólico mediante un alcoholímetro de vidrio.

### 1.4. Aceites esenciales

La Organización Internacional de Normalización (ISO 9235:2021) menciona que aceite esencial es la definición otorgada al producto que se obtiene a partir de materias primas vegetales mediante la técnica de destilación por vapor de agua, destilación en seco o con procesos mecánicos en el caso del epicarpio de los frutos cítricos (**ISO, 2021**).

Los aceites esenciales son compuestos naturales volátiles, se presentan como líquidos con un fuerte aroma característico de la materia prima empleada en su extracción, tienen una densidad menor a la del agua y son solubles en disolventes orgánicos y lípidos, estos compuestos pueden presentarse en todos los orgánulos de la planta, por lo general, son almacenados en las células secretoras, cavidades, células epidérmicas, entre otras. Los metabolitos secundarios presentes en los aceites esenciales tienen propiedades antisépticas, pueden frenar o inhibir el crecimiento de una amplia gama de bacterias, levaduras y mohos, también presentan efectos antioxidantes, sedantes, antiinflamatorios, etc., por lo que son empleados en diversas industrias con distintos propósitos (Nazzaro et al., 2013).

#### 1.4.1. Composición química

Según Hanifet al., (2019) los aceites esenciales puros son una mezcla de hasta aproximadamente 200 componentes, en su mayoría, son derivados fenilpropánicos o terpenos. Se componen de una fracción volátil que representa el 90 - 95% del peso total del aceite, estos son monoterpenos, sesquiterpenoides y sus derivados, los alcoholes, aldehídos alifáticos y ésteres presentes también forman parte de esta fracción. Por otra parte, del 1 al 10% del peso total del aceite es compuesto por residuos no volátiles como hidrocarburos, ácidos grasos, flavonoides, ceras y carotenoides. Los compuestos que conforman los aceites esenciales pueden ser:

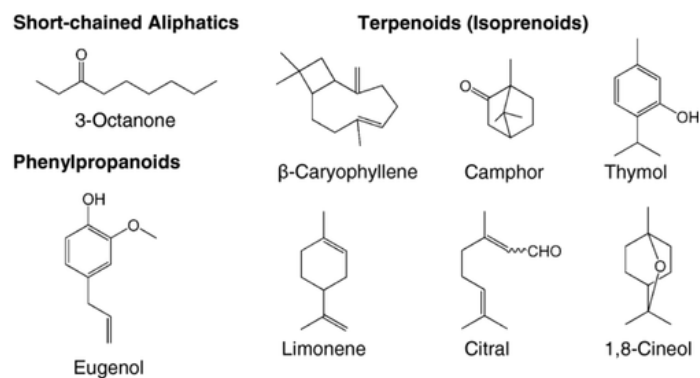
- **Hidrocarburos:** son compuestos formados por carbonos e hidrógenos, en los aceites esenciales, la principal unidad base de hidrocarburos que se encuentra es el isopreno ( $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$ ), de éste se derivan los terpenos e isoprenoides.
- **Terpenos:** son compuestos orgánicos con acción antiséptica, bactericida, antiviral y antiinflamatoria, se forman a partir de la combinación de varias unidades de isopreno, 2, 3 y 4 de estas unidades forman los monoterpenos, sesquiterpenos y diterpenos. Son los compuestos más representativos de los aceites esenciales.

- **Alcoholes:** son compuestos microbicidas, en los aceites esenciales se presentan en combinación con los terpenos y ésteres o en forma libre, por ejemplo, los monoterpenos unidos a un grupo hidroxilo se denominan monoterpenoles.
- **Aldehídos:** su presencia en el aceite esencial es de suma importancia dentro del ámbito farmacéutico y medicinal debido a su actividad antifúngica, bactericida y antiviral.
- **Ácidos orgánicos:** se presentan en forma libre a muy bajas concentraciones, entre ellos, el ácido benzoico y el ácido cinámico que actúan como sistemas tampón que regulan la acidez del aceite esencial.
- **Ésteres:** su presencia en los aceites esenciales está relacionada con efectos calmantes naturales y equilibrantes sobre el sistema nervioso.
- **Cetonas:** favorecen la cicatrización de heridas y la reparación de la epidermis, dependiendo de la especie de la que se extraiga el aceite esencial, se pueden encontrar cetonas de naturaleza tóxica.
- **Lactonas:** son compuestos antiinflamatorios, expectorantes y calman inflamaciones, su acción resulta tener una mayor eficacia en comparación con las cetonas.

La composición de los aceites esenciales es distinta en cada especie vegetal, pueden ser una mezcla de unas pocas sustancias individuales o de centenas de éstas. El olor de un aceite esencial está relacionado a la estructura química y a la volatilidad de una sustancia individual o característica, mas no de la concentración a la que se presente este compuesto. Los constituyentes característicos y más frecuentes de los aceites esenciales se pueden observar en la Figura 7.

**Figura 7**

*Estructuras Químicas de los Compuestos Más Frecuentes en los Aceites Esenciales.*



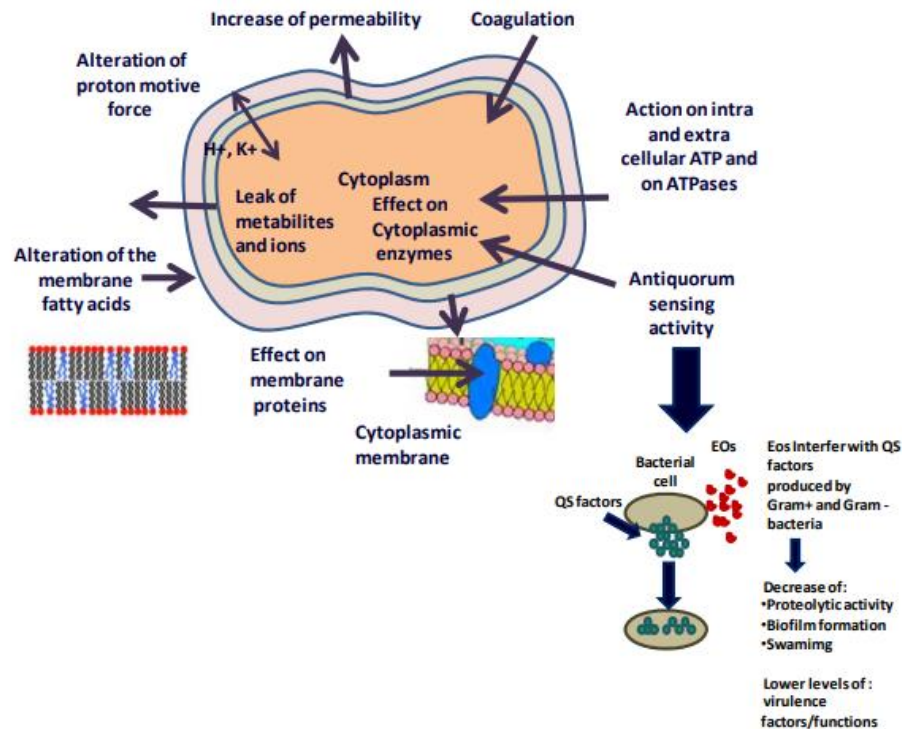
Fuente: (Turek & Stintzing, 2013).

#### 1.4.2. Acción antimicrobiana

Según **Nazzaro et al., (2013)** la estructura de la pared celular presente en las bacterias Gram positivas cuenta únicamente con una gruesa capa de peptidoglicano que no impide el paso de moléculas hidrofóbicas hacia el citoplasma, alterando la estructura de la membrana citoplasmática en su camino, por otra parte, las bacterias gram negativas cuentan con una pared celular más compleja, tienen una delgada capa de peptidoglicano unida a una membrana externa que dificulta el paso de sustancias hacia el interior de la célula, esto provoca que las bacterias Gram negativas presenten mayor resistencia a la actividad antibacteriana de los aceites esenciales en comparación a las Gram positivas. La actividad bactericida no solo puede afectar a la envoltura celular, sino también al citoplasma, los mecanismos de acción incluyen: degradación de la pared celular, desnaturalización de las proteínas y ruptura de la membrana citoplasmática, aumento de la permeabilidad de la membrana (fuga de contenido celular) por alteraciones estructurales a causa de la interacción con los ácidos grasos, coagulación del citoplasma, entre otros especificados en la Figura 8.

**Figura 8**

*Mecanismos de Acción Antibacteriana de los Aceites Esenciales.*



Fuente: (Nazzaro et al., 2013).

La actividad antifúngica de los aceites esenciales está relacionada a las alteraciones estructurales de las membranas y orgánulos, así como la inhibición de la síntesis de proteínas. La actividad fungicida depende de los compuestos presentes en los aceites esenciales, por lo general, los terpenos y terpenoides son los compuestos que desencadenan los mecanismos de acción antifúngica, que son: alteración e inhibición de la pared celular, degradación de la membrana celular y la interrupción de su formación al inhibir la síntesis de ergosterol, disfunción de mitocondrias al interferir con la función de las deshidrogenasas, inhibición de las bombas de flujo de electrones y la generación de especies reactivas de oxígeno (Nazzaro et al., 2017).



### 1.4.3. Métodos de extracción

Existen diversos métodos de extracción que se pueden emplear para la obtención de los aceites esenciales, por lo general, se emplea un método considerando el propósito que se le dé al aceite esencial debido a que éstos pueden alterar la cantidad, calidad y propiedades del producto. Por ejemplo, en la industria farmacéutica y alimentaria comúnmente se emplea el método de extracción por arrastre de vapor para aprovechar las propiedades microbidas y antioxidantes del aceite esencial, mientras que para la elaboración de perfumes es preferible aplicar una extracción con disolventes lipofílicos (**Bakkali et al., 2008**). Además, se conoce que las condiciones medioambientales, geográficas, polinización cruzada, entre otros factores, influyen en la producción de los metabolitos secundarios en la planta, así como de otros componentes que conforman el aceite esencial (**Manion & Widder, 2017**).

Según **Asbahani et al., (2015)** los métodos más conocidos empleados en la extracción de aceites esenciales pueden agruparse y formar 2 clasificaciones:

- **Métodos clásicos o convencionales**

**Hidrodestilación:** es el método más simple de emplear, la materia prima vegetal y el agua se colocan juntos en el alambique de destilación, se eleva la temperatura hasta comenzar la ebullición de la inmersión, el lecho de destilación está acoplado a un condensador que enfría el vapor del aceite esencial y del agua para cambiarlos a su estado líquido, esta mezcla pasa a un decantador en donde por diferencia de densidades se separa el aceite esencial. Según **Tongnuanchan & Benjakul, (2014)** esta técnica permite extraer aceites esenciales a temperaturas cercanas a los 100°C y protege sus propiedades organolépticas.

**Arrastre por vapor de agua:** aplica el mismo principio que la hidrodestilación, sin embargo, la materia vegetal no entra en contacto directo con el agua en estado líquido, este método emplea temperaturas superiores a los 100°C en donde el vapor arrastra todos los compuestos volátiles y algunos hidrofílicos que conforman los aceites esenciales. Se han desarrollado variantes de este método como: la hidrodestilación de vapor que consta de una rejilla que separa el material vegetal del agua dentro del

alambique; la destilación por vapor en donde el vapor es generado en un equipo o sistema fuera del alambique, la corriente de vapor se dirige desde la parte inferior de la columna de destilación hasta la superior; por último, la hidrodifusión en donde el vapor se dirige en sentido contrario que la destilación por vapor.

**Extracción con solventes orgánicos:** el material vegetal se macera en un disolvente orgánico, puede ser el etanol, metanol, acetona, hexano o el éter de petróleo. Posteriormente, se calienta la mezcla, se filtra y se concentra el extracto mediante la evaporación del solvente, por lo general, el concentrado se presenta como una cera, se le agrega alcohol puro y mediante una destilación a baja temperatura se obtiene finalmente el aceite esencial. La ventaja de este método es que se puede trabajar a bajas temperaturas, por lo que las propiedades fisicoquímicas y organolépticas del aceite esencial no se ven afectadas, no obstante, pueden presentar residuos que contaminan los alimentos o matrices en las que se aplique el producto de extracción (**Asbahani et al., 2015; Tongnuanchan & Benjakul, 2014**).

**Prensado en frío:** es un método mayormente empleado para la extracción de los aceites esenciales de la cáscara de los frutos cítricos, prensas frías destruyen los sacos o glándulas que contienen los compuestos volátiles en el exocarpio del fruto, dando como resultado una emulsión acuosa, finalmente, el aceite esencial puede recuperarse mediante centrifugación.

- **Métodos avanzados o innovadores**

**Extracción con fluidos supercríticos:** el estado supercrítico de un fluido se alcanza con su temperatura y presión crítica, en este estado, se alteran las propiedades fisicoquímicas del compuesto empleado. Por lo general, en este método se emplea el dióxido de carbono debido a su baja  $T_c$  (31,2°C) y  $P_c$  (72,9amt), es delicado con los principios activos de los aceites esenciales, se puede eliminar fácilmente, en el mercado se obtienen con alta pureza, entre otras peculiaridades. El método se basa en comprimir y calentar el  $CO_2$  hasta alcanzar su estado crítico, éste entra en contacto con el material vegetal extrayendo los compuestos volátiles y lipofílicos, posteriormente, el extracto se dispone en separadores en donde se va descomprimiendo el  $CO_2$ ,

perdiendo su acción como disolvente y separándose del aceite esencial, por último, el dióxido de carbono puede ser recuperado y reutilizado.

**Extracción con líquidos subcríticos:** por lo general se emplea el agua y el dióxido de carbono en este método, obteniendo aceites esenciales de mejor calidad con el CO<sub>2</sub>, el estado subcrítico se alcanza sobrepasando la P<sub>c</sub> y empleando una temperatura menor a T<sub>c</sub>, o viceversa. Si se emplea el CO<sub>2</sub>, se trabajan con temperaturas de 31°C a 55°C y presiones de 0,5MPa a 7,4MPa. Este método sigue el mismo procedimiento que la extracción con fluidos supercríticos, sin embargo, al trabajar con temperaturas bajas los aceites esenciales se ven menos degradados en comparación con los métodos tradicionales.

**Extracción asistida por ultrasonido:** el material vegetal es sumergido en un solvente orgánico o en agua, posteriormente se somete a ondas ultrasónicas frecuencia de 20kHz – 1 MHz, esto provoca la vibración y ruptura de las paredes y membranas celulares vegetales, liberando el aceite esencial contenido en éstas. La ventaja de emplear este método radica en que permite trabajar con bajas temperaturas, reduce el tiempo y aumenta el rendimiento de extracción.

**Extracción asistida por microondas sin disolventes:** comúnmente se emplean frecuencias cercanas a 2450MHz, este método se basa en aprovechar la energía de calentamiento por microondas y la destilación en seco. El material vegetal es sometido a las ondas electromagnéticas provocando que el agua presente en el tejido vegetal se caliente, consecuentemente, las células y las glándulas oleíferas exploten, liberando el aceite esencial y agua que son evaporados y separados.

**Caída de presión instantánea controlada:** este método se basa en la evaporación abrupta de los compuestos volátiles de los tejidos vegetales, primero se disminuye la presión llevando al vacío el material vegetal en un tanque, después se le añade vapor de agua saturado bajo T y P controladas, posterior a esto, el vacío creado se relaja instantáneamente y la presión vuelve a la normalidad (presión atmosférica), se recolecta el extracto que, por lo general, se presenta como una emulsión acuosa.

También existen metodologías que combinan los principios anteriormente descritos con la finalidad de mejorar el rendimiento de extracción de los aceites esenciales o de

emplear energías verdes, como es el caso de la hidrodifusión e hidrodestilación asistida por microondas, destilación al vapor de microondas, entre otras.

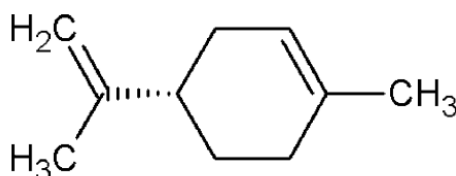
#### 1.4.4. Aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*)

El aceite esencial de naranja se encuentra almacenado en las células oleosas del exocarpio del fruto del naranjo, tienen muchas aplicaciones en distintas industrias, especialmente en la alimentaria y farmacéutica debido a que tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, cardioprotectores, antibacterianas, antimicóticas, anticancerígenas (mediante apoptosis), entre otras. Su aplicación en productos cosméticos está relacionado a su acción microbicida, agradable olor, regula del pH de la piel, promueve la formación de colágeno, etc. (**Razola et al., 2021; Wang et al., 2019**).

El método comúnmente empleado en la industria alimenticia y la farmacéutica para la extracción del aceite esencial de naranja es la destilación por arrastre de vapor de agua. La composición química del aceite esencial varía a consecuencia de la calidad del fruto, condiciones geográficas y medioambientales del cultivo, tiempo de cosecha, entre otros factores, no obstante, el D-limoneno (Figura 9) siempre se presenta como el compuesto más abundante de la mezcla que conforma el aceite esencial de naranja, representa la mayor parte del peso total, además de contener otros componentes volátiles a muy bajas concentraciones (**Gavahian, Chu, & Khaneghah, 2018**).

#### Figura 9

*Estructura Química del D-Limoneno.*



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

El contenido de limoneno en el aceite esencial de la naranja dulce oscila entre el 68 - 98% del peso total, por ejemplo, caracterizaciones de los aceites esenciales de *C. sinensis* provenientes de Uganda y Ruanda (países africanos) denotan que sus compuestos principales son el limoneno al 87,9 y 92,5%, el mirceno al 2,4 y 2,0%,  $\alpha$ -pineno al 0,5 y 2,4% y el linalool al 1,2 y 0,9% respectivamente (**Golmohammadi et al., 2018**).

## **1.5. Hidrolatos**

El método de defensa de las plantas ante plagas y agentes patógenos se basa en la producción de compuestos con actividad antimicrobiana, para obtener estas sustancias, comúnmente se emplea el método de hidrodestilación y arrastre de vapor de agua, dando como resultado de extracción una porción lipofílica (producto principal) denominado aceite esencial y una acuosa (subproducto) llamada hidrolato, ambos con una amplia variedad de aplicaciones en diversas industrias (**Bueno et al., 2021**).

Por lo general, los extractos de las plantas son empleados en productos cosméticos ya que su actividad antioxidante, antiinflamatorios, antienvjecimiento, humectantes, cicatrizantes, entre otros, son ampliamente reconocidas y aprovechadas para potenciar y preservar dichos productos con compuestos naturales que favorezcan al cuidado de la piel (**Halla et al., 2018**).

### **1.5.1. Composición química y actividad biológica**

Los hidrolatos también son llamados hidrosoles o aguas aromáticas, se componen en gran medida del agua introducida en el proceso de extracción del aceite esencial, del agua y compuestos hidrofílicos presentes en las células del tejido vegetal y de algunos compuestos volátiles hidrosolubles en pequeñas concentraciones (menos de 1g/L). Empleando los métodos de destilación en los materiales vegetales que presentan un bajo contenido de aceite esencial se obtiene únicamente el hidrolato. Las diferencias de los hidrolatos de sus respectivos aceites esenciales radican en sus aromas y

actividades biológicas, siendo mucho más leves y reducidas en los hidrolatos (**Prusinowska et al., 2015**).

La actividad biológica de los hidrolatos depende de los grupos funcionales presentes en los componentes que lo conforman, entre estos, los grupos aldehído, fenol, cetona, alcohol, fenol metil éter y éter (**D'Amato et al., 2018**). Los hidrosoles contienen cantidades moderadas de los principios activos de las plantas, razón por la cual su uso en la medicina popular y su consumo no es riesgoso en comparación con los aceites esenciales, éstos últimos presentan actividades biológicas muy agresivas (**Hamedi et al., 2017**).

El potencial antioxidante de los hidrosoles es una característica de gran interés en la industria de los cosméticos y de alimentos, la capacidad de inhibir los procesos de oxidación puede prolongar la vida útil de los productos de estas dos grandes industrias, además, tiene la capacidad de prevenir enfermedades y controlar el envejecimiento de la piel (**Jakubczyk et al., 2021**).

### **1.5.2. Acción antimicrobiana**

La actividad antimicrobiana de los hidrolatos se relaciona estrechamente con las sustancias activas que presenta el material vegetal, en algunos casos, los compuestos principales encontrados en los aceites esenciales difieren de los presentes en sus respectivos hidrolatos (**Inouye et al., 2008**).

Los mecanismos de acción microbicida de los hidrolatos no están detallados con exactitud, sin embargo, varios estudios demuestran que los hidrolatos obtenidos a partir del tomillo, albahaca, clavo, entre otros, poseen propiedades antibacterianas y antifúngicas. A diferencia de los aceites esenciales, los hidrolatos de *Artemisia pedemontana*, *A. absinthium*, *Thymus* y *Lavandula* también denotan una fuerte actividad nematocida contra *M. javanica* (**González et al., 2019; Prusinowska et al., 2015**).

Según **Sitarek et al., (2020)** estos mecanismos de acción microbicida son variados, generalmente suelen estar relaciones con la inhibición y bloqueo de la síntesis de

algunos componentes indispensables para determinados microbios. Además, algunos principios activos de los extractos también pueden irrumpir en la fijación y colonización del virus en una célula huésped.

Su actividad microbicida se evidencia en el hidrosol de *Epilobium parviflorum*, con una composición del 70% (v/v) de agua muestra una eficiente inhibición de bacterias Gram positivas, Gram negativas y levaduras, esto se debe a la presencia de monoterpenoides como la carvona, isomentona, el linalool, entre otros (**Bajer et al., 2017**).

### **1.5.3. Hidrolato de manzanilla (*Matricaria chamomilla*)**

La manzanilla es una planta que no requiere muchos cuidados para su cultivo, se adapta a distintos climas y se encuentra difundida en el continente europeo y en el americano, su uso en la industria cosmética está relacionado con propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas, cicatrizantes y tonificantes (**Meza & Dicovski, 2020**).

Los extractos de las flores de manzanilla (hidrolato) presentan glucósidos flavonoides como principales constituyentes hidrosolubles, estos componentes son los responsables de la pigmentación de las flores, además, también presenta constituyentes fenólicos como el ácido clorogénico, ácido vanílico, ácido p-anísico, entre otros, así como cumarina y flavonoides con agliconas. Estos componentes pueden variar conforme a la especie de manzanilla, procedencia, método de secado y de obtención del hidrosol (**Nováková et al., 2010**).

Según **Sharafzadeh & Alizadeh, (2011)** la actividad biológica de la manzanilla radica en los flavonoides quercetina, apigenina, patuletina, luteolina y los metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial como los terpenoides  $\alpha$ -bisabolol y sus especies oxidadas, camazuleno, esquiterpenos entre otros. Su uso en la medicina, alimentos y cosméticos se considera seguro según la FDA.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Elaborar un gel antibacterial a partir de alcohol artesanal con hidrolato de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) y aceite esencial de naranja (*Citrus spp.*).

### **1.6.2. Objetivos específicos**

- Extraer el aceite esencial de la cáscara de naranja y el hidrolato de la manzanilla empleando el método de destilación por arrastre de vapor de agua.
- Rectificar el alcohol artesanal mediante destilación según lo establecido en la norma INEN 340:2016.
- Encontrar la formulación óptima del gel antibacterial elaborado a partir de alcohol artesanal con hidrolato de manzanilla y aceite esencial de naranja.



## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Materiales**

##### **2.1.1. Reactivos**

- Alcohol artesanal
- Agua potable
- Agua destilada
- Carbopol 940
- Trietanolamina

##### **2.1.2. Equipos e insumos**

- Balanza analítica
- Balanza de mostrador
- Balanza de precisión PCE-BSH 10000
- Potenciómetro digital Milwaukee 805
- Columna de destilación
- Caldero
- Serpentin de enfriamiento
- Espectrómetro de infrarrojo (FTIR) Perkin Elmer Spectrum TWO
- Alcoholímetro de vidrio
- Viscosímetro rotacional
- Termómetro
- Agitador eléctrico
- Computadora
- Exprimidor eléctrico

- Cáscaras de naranja
- Manzanilla
- Embudo de separación
- Vasos de precipitados
- Colador
- Cedazo de aluminio
- Pipetas
- Pera de succión
- Toallas de papel
- Pissetas
- Embudos
- Recipientes plásticos (20L, 8L, 2L)
- Frascos de vidrio ámbar (5mL, 250mL)
- Frascos de plástico (100mL, 1000mL)

## **2.2. Métodos**

### **2.2.1. Pretratamiento de la materia prima**

Las naranjas fueron adquiridas en el Mercado Mayorista de la ciudad de Ambato, se lavaron cuidadosamente con agua y detergente para eliminar el polvo y otros contaminantes, se separó el jugo de naranja con un exprimidor eléctrico, las cáscaras que no presentaban daños físicos o alteraciones por microorganismos fueron seleccionadas para retirarles la pulpa y el mesocarpio, finalmente se trocearon y deshidrataron secándolas al sol por aproximadamente 5 horas.

La manzanilla se recolectó en una localidad de San Antonio de Pasa en Tungurahua, se separó cuidadosamente las flores del resto de la planta para posteriormente deshidratarlas bajo el sol durante 5 horas.

### 2.2.2. Extracción del aceite esencial de naranja

Se utilizó el método de destilación por arrastre de vapor de agua, 27,5kg de cáscaras de naranja secas fueron colocadas dentro del lecho de destilación de la Empresa D´SANPI, mediante un sistema de tuberías se conectó el caldero y el serpentín de enfriamiento por la parte inferior y superior del tanque respectivamente como se observa en la Figura 10. El vapor de agua (100-115°C) proveniente del caldero entró en contacto con el material vegetal y arrastró los compuestos volátiles e hidrosolubles hacia el sistema de condensación. En la salida del serpentín de enfriamiento se acopló un embudo de decantación en donde se separó el aceite esencial de naranja del hidrolato por diferencia de densidades. Finalmente, el aceite esencial se recolectó en un frasco de vidrio ámbar y se lo almacenó en un lugar oscuro.

#### Figura 10

*Equipo de Destilación por Arrastre de Vapor de Agua.*



La columna de destilación indicó una presión de 1psi y el tiempo de extracción duró aproximadamente 4 horas.

Se calculó el rendimiento de extracción mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento } \left( \frac{p}{p} \right) = \frac{W_{AE}}{W_{MV}} * 100$$

Ec. 1

En donde:

- $W_{AE}$ : peso en kg del aceite esencial obtenido.
- $W_{MV}$ : peso en kg de la materia prima empleada para la extracción.

### **2.2.3. Obtención del hidrolato de manzanilla**

Se aplicó la misma metodología descrita en el apartado 2.2.2, en este caso se recolectó el aceite esencial y el hidrolato resultante del proceso de extracción, posterior a esto, se eliminaron los restos de las flores de manzanilla presentes en el hidrolato con un colador y se lo almacenó a temperatura ambiente en un contenedor oscuro.

Para este proceso, se emplearon 5kg de material vegetal y el tiempo de extracción del aceite esencial de manzanilla duró 1 hora.

### **2.2.4. Caracterización del aceite esencial de naranja y del hidrolato de manzanilla.**

Para identificar de los compuestos presentes el aceite esencial de naranja y en el hidrolato de la manzanilla, se obtuvieron sus respectivos espectros en el Espectrómetro de infrarrojo por transformada de Fourier (Perkin Elmer Spectrum TWO) por medio del Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL). La investigación se llevó a cabo con un rango de número de onda de 4000 a 550 $\text{cm}^{-1}$ . Los espectros infrarrojos fueron analizados y comparados con la información disponible en bibliografía.

### 2.2.5. Rectificación del alcohol artesanal

El alcohol artesanal fue rectificado empleando el método de destilación en base a los principios establecidos en la norma **INEN 340, (2016)**.

Un volumen total de 40L del alcohol artesanal al 61% v/v fue introducido en el lecho de destilación de la Empresa D´SANPI y se acopló un serpentín de enfriamiento en la salida del sistema, posteriormente, se elevó la temperatura del tanque mediante el fuego directo de una hornalla de gas asociada en la parte inferior del equipo para iniciar el proceso de destilación como se visualiza en la Figura 11, por último, se recolectó el alcohol rectificado en 2 recipientes oscuros de 20L (canecas).

#### **Figura 11**

*Equipo de Rectificación del Alcohol Artesanal por Destilación.*



Además, se colocaron 6,9kg de cáscaras de naranja secas en la parte superior del lecho de destilación con la finalidad de reducir el aroma característico del alcohol artesanal, las cáscaras no tuvieron contacto directo con el alcohol, fueron separadas por una rejilla.

Se tomaron muestras del alcohol rectificado en la salida del serpentín de enfriamiento y se midió su concentración de etanol con un alcoholímetro de vidrio en los tiempos: 5min, 15min, 25min, 35min, 45min, 55min, 65min y 75min.

El proceso de destilación se detuvo cuando la concentración del alcohol rectificado en la salida del sistema descendió hasta el 80% (v/v), concentración necesaria para elaborar el gel antibacterial.

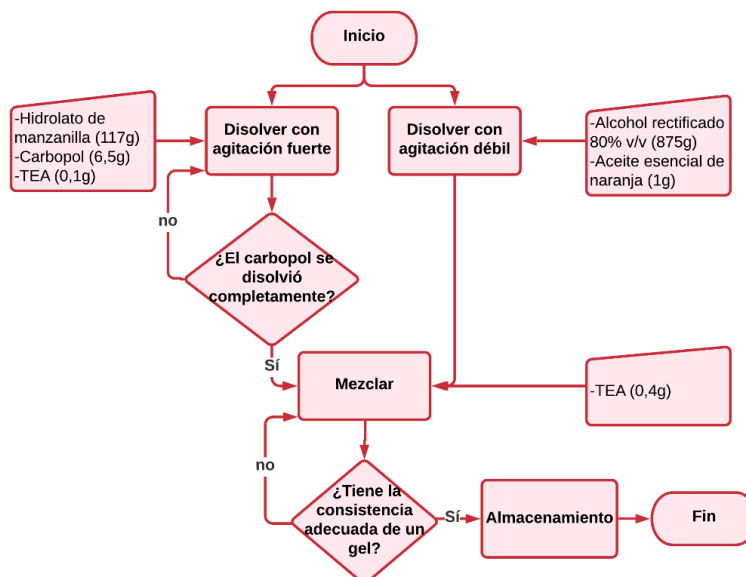
#### **2.2.6. Elaboración del gel antibacterial**

Se empleó el procedimiento descrito por **Surini, Amirtha, & Lestari, (2018)** con ciertas modificaciones realizadas partir de pruebas piloto llevadas a cabo en el laboratorio de D'SANPI del 2 al 5 de agosto del 2021.

Para elaborar 1kg de gel antibacterial, se disolvieron 6,5g de carbopol tamizado en 117g de hidrolato de manzanilla dentro de un recipiente de 2L, se le aplicó una agitación fuerte (200rpm) hasta formar una mezcla muy viscosa y se la dejó reposar por 30 minutos, previamente se le agregó 0,1g de trietanolamina (TEA) al hidrolato para regular el pH y facilitar la disolución del carbopol, por otra parte, se diluyó 1g de aceite esencial de naranja en 875g de alcohol rectificado al 80%. Luego se vertió el alcohol con el aceite esencial diluido en la mezcla del hidrolato y carbopol, finalmente, se le agregó 0,4g de TEA y se agitó hasta lograr la consistencia de un gel. En la Figura 12 se puede visualizar el proceso de elaboración de manera más sencilla.

**Figura 12**

*Diagrama de Flujo de la Elaboración del Gel Antibacterial.*



Empleando el mismo procedimiento, se elaboraron 5 formulaciones del gel antibacterial con distintas concentraciones (p/p) del aceite esencial de naranja y del hidrolato de manzanilla, las cantidades que se emplearon en las formulaciones y su codificación se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Cantidad del Aceite Esencial de Naranja y del Hidrolato de Manzanilla en las 5 Formulaciones.*

<b>Codificación de la formulación</b>	<b>Concentración (p/p) del AE. de naranja</b>	<b>W<sub>AE</sub> por kg de gel</b>	<b>W<sub>HM</sub> por kg de gel</b>
GAF1	0,1%	1g	117g
GAF2	0,5%	5g	113g
GAF3	1,0%	10g	108g
GAF4	1,5%	15g	103g
GAF5	2,0%	20g	98g

**Nota:** W<sub>AE</sub> se define como peso de aceite esencial y W<sub>HM</sub> es el peso del hidrolato.

### 2.2.7. Evaluación de las formulaciones del gel antibacterial

Se midió 5 veces la viscosidad de todas las formulaciones mediante el viscosímetro rotacional QUIMIS de la Figura 13, se trabajó con la aguja N°4 a una velocidad de 40rpm en todos los casos. Los datos obtenidos se analizaron mediante un diseño experimental completamente aleatorizado de un solo factor (Tabla 3) empleando el programa estadístico IBM® SPSS® Statistics, Versión 21.

**Figura 13**

*Viscosímetro Rotacional Relativo QUIMIS.*



**Tabla 3**

*Diseño Completamente Aleatorizado de la Medición de Viscosidades.*

Formulaciones				
$\tau_1$	$\tau_2$	$\tau_3$	$\tau_4$	$\tau_5$
Y <sub>11</sub>	Y <sub>21</sub>	Y <sub>31</sub>	Y <sub>41</sub>	Y <sub>51</sub>
Y <sub>12</sub>	Y <sub>22</sub>	Y <sub>32</sub>	Y <sub>42</sub>	Y <sub>52</sub>
Y <sub>13</sub>	Y <sub>23</sub>	Y <sub>33</sub>	Y <sub>43</sub>	Y <sub>53</sub>
Y <sub>14</sub>	Y <sub>24</sub>	Y <sub>34</sub>	Y <sub>44</sub>	Y <sub>54</sub>
Y <sub>15</sub>	Y <sub>25</sub>	Y <sub>35</sub>	Y <sub>45</sub>	Y <sub>55</sub>



$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

En donde:

- $Y_{ij}$  representa la variable dependiente (viscosidad).
- $\mu$  es la media global de todos los tratamientos.
- $\tau_i$  es el factor de estudio (concentración de aceite esencial).
- $\epsilon_{ij}$  representa el error experimental.

Se empleó un análisis de varianza, con un nivel de significancia del 5%, para evaluar diferencias significativas entre la viscosidad promedio de las 5 formulaciones y determinar si la concentración de aceite esencial de naranja influye en la viscosidad del producto final.

$$H_0: \mu_{0,1\%} = \mu_{0,5\%} = \mu_{1\%} = \mu_{1,5\%} = \mu_{2\%}$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ para ningún } i \neq j$$

Además, se analizaron las propiedades organolépticas (color, olor y consistencia) del gel antibacterial mediante evaluaciones sensoriales de 10 evaluadores de diferentes edades (entre 18 y 65 años) y profesiones. Cada evaluador calificó 3 formulaciones aplicando una escala hedónica de 5 puntos (Tabla 9, Anexo B), primero se evaluó el color del gel antibacterial a simple vista, luego se aplicaron aproximadamente 2mL del gel en las manos para evaluar su consistencia y olor. Se les otorgó una mayor ponderación a los geles translúcidos y de alta viscosidad, en el caso del olor, se evaluó la intensidad y la persistencia del aroma a naranja, además, se consideró la ausencia del aroma característico del alcohol artesanal. Los evaluadores se lavaron las manos con agua y jabón sin aroma entre cada aplicación.

Este procedimiento se repitió en los 2 días posteriores, el promedio de los resultados de cada propiedad organoléptica obtenidos durante los 3 días fue su calificación final. Para procesar los resultados se utilizó el diseño experimental de bloques incompletos balanceados (DBIB) presente en la Tabla 4 empleando el programa estadístico IBM® SPSS® Statistics, Versión 21.

**Tabla 4**

*Diseño de Bloques Incompletos Balanceados para Cada Propiedad Organoléptica del Gel Antibacterial.*

Tratamientos	Bloques									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\tau_1$	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	-	-	-	Y <sub>16</sub>	Y <sub>17</sub>	Y <sub>18</sub>	Y <sub>19</sub>	-
$\tau_2$	Y <sub>21</sub>	-	Y <sub>23</sub>	-	Y <sub>25</sub>	-	Y <sub>27</sub>	-	Y <sub>29</sub>	Y <sub>210</sub>
$\tau_3$	-	-	Y <sub>33</sub>	Y <sub>34</sub>	-	Y <sub>36</sub>	Y <sub>37</sub>	Y <sub>38</sub>	-	Y <sub>310</sub>
$\tau_4$	Y <sub>41</sub>	Y <sub>42</sub>	-	Y <sub>44</sub>	Y <sub>45</sub>	Y <sub>46</sub>	-	-	-	Y <sub>410</sub>
$\tau_5$	-	Y <sub>52</sub>	Y <sub>53</sub>	Y <sub>54</sub>	Y <sub>55</sub>	-	-	Y <sub>58</sub>	Y <sub>59</sub>	-

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

- Y<sub>ij</sub> representa la variable dependiente del tratamiento i y al bloque j.
- $\mu$  es la media global.
- $\tau_i$  es el efecto debido al tratamiento i.
- $\beta_j$  es el efecto debido al bloque j.
- $\varepsilon_{ij}$  representa el error experimental.

Los parámetros que caracterizaron este diseño son los siguientes:

$$t = 5, r = 6, b = 10, k = 3, N = 30 \text{ y } \lambda = 3$$

- t: número de tratamientos.
- b: número de bloques.
- k: número de tratamientos en cada bloque.
- r: número de veces que se repite cada tratamiento en el diseño.
- N: número total de observaciones en el diseño.
- $\lambda$ : número de veces que cada par de tratamientos ocurren juntos.

Se empleó un análisis de varianza para evaluar si existen diferencias significativas entre cada propiedad organoléptica de las 5 formulaciones y determinar si la concentración de aceite esencial de naranja influye en éstas.

$$H_0: \mu_{0,1\%} = \mu_{0,5\%} = \mu_{1\%} = \mu_{1,5\%} = \mu_{2\%}$$

$$H_1: \mu_i \neq \mu_j \text{ para ningún } i \neq j$$

En este diseño la variabilidad total (SCT) es igual a la suma de  $SC_{TRAT^*}$ ,  $SC_B$  y  $SC_E$ , en donde la  $SC_{TRAT^*}$  es la suma de cuadrados ajustada entre los tratamientos.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Rendimiento de extracción del aceite esencial de naranja y manzanilla mediante destilación por arrastre de vapor

**Tabla 5**

*Rendimiento de Extracción de los Aceites Esenciales.*

<b>Material vegetal</b>	<b>W en kg del material vegetal</b>	<b>W en kg del aceite esencial obtenido</b>	<b>Rendimiento de extracción % (p/p)</b>
Cáscaras de naranja	27,5	0,0615	0,22
Flores de manzanilla	5	0	0

En la Tabla 5 se observa que el rendimiento de la extracción del aceite esencial de naranja fue de 0,22% (p/p), este valor es bajo en comparación al resultado obtenido por **Dewi, Prastyo & Wijana, (2018)** del 0,63% (p/p) empleando la misma metodología, esta diferencia se le puede atribuir a la composición y procedencia de la materia prima, **Sagaste et al., (2015)** le otorgaron validez a este criterio al obtener un rendimiento de extracción dos veces superior en *Citrus sinensis* cultivada en Sonora en México, comparadas con el rendimiento de *Citrus sinensis* procedente de California en Estados Unidos con idéntica metodología y condiciones de extracción.

Por otra parte, el bajo rendimiento también se le puede atribuir al pretratamiento del material vegetal, las cáscaras de naranja fueron secadas al sol y se conoce que este método no proporciona un secado uniforme de la materia prima, además, emplea grandes espacios y tiene una velocidad de secado lenta **Chua et al., (2019)**. En una investigación llevada a cabo por **Franco-Vega et al., (2016)** se empleó el método de

secado en horno para deshidratar las cáscaras de naranja, presentando una mejor eficiencia de secado y llegando a la conclusión de que el material vegetal con una humedad del 10% permite obtener mejores rendimientos de extracción del aceite esencial.

El rendimiento de extracción del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) fue nulo, por lo general, esta materia prima presenta rendimientos de extracción muy bajos como lo demostraron **Melo-Guerrero, Ortiz-Jurado, & Hurtado-Benavides, (2020)** al obtener un rendimiento del 0,046% (p/p) a partir de 7,25kg de flores secas empleando la misma metodología utilizada en esta investigación. Sin embargo, un estudio llevado a cabo por **Gawde et al., (2014)** presentó un rendimiento de extracción del 0,31% (p/p) utilizando flores secas certificadas provenientes de Egipto, cabe la posibilidad de que esta diferencia se deba al origen del material vegetal o al método de secado como se mencionó anteriormente.

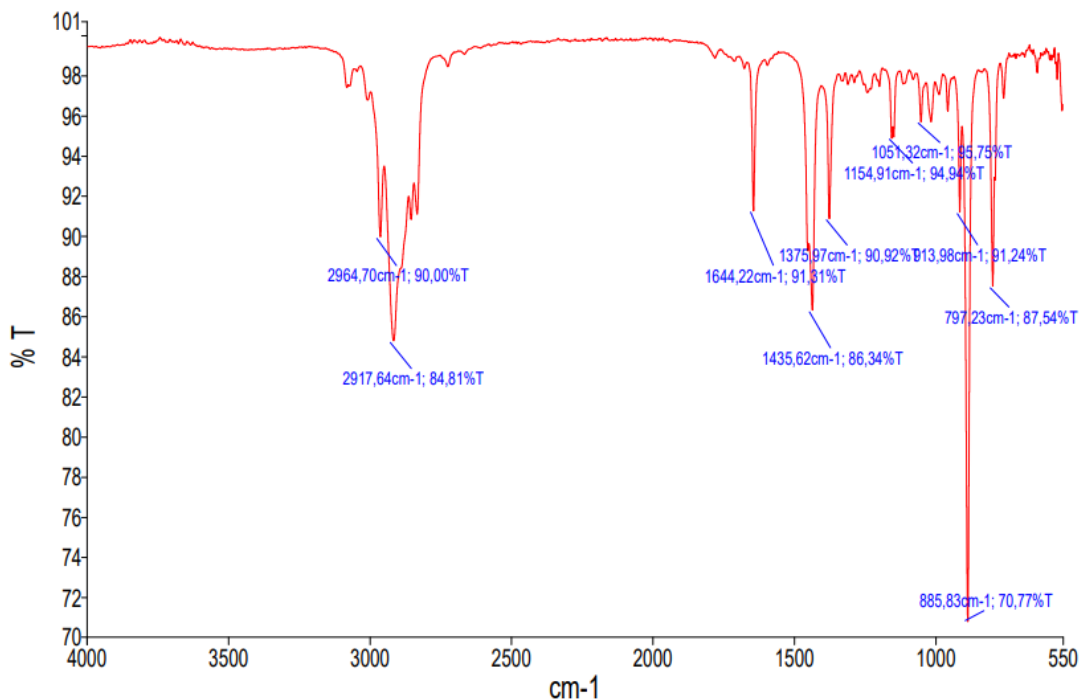
El pH del aceite esencial de naranja es de 4,84 y es muy similar al valor de 4,80 reportado por **Telenchana, (2017)**. Según **Jakubczyk et al., (2021)**, el pH de los hidrosoles se encuentra dentro del rango de 3,31 – 5,42, el hidrolato de manzanilla obtenido se encuentra en el rango indicado presentando un pH de 4,33.

### **3.2. Caracterización del aceite esencial de naranja por espectroscopía FTIR**

El espectro FTIR permite identificar la información química o “huella dactilar” de la sustancia que se evaluó, la Figura 14 muestra algunos picos de absorción en la región 4000 a 550 $\text{cm}^{-1}$ , no obstante, la que tiene mayor relevancia es la banda de absorción presente en el número de onda de 885,36 $\text{cm}^{-1}$ , este pico representa la unión de un monoalqueno sustituido en el D-limoneno, confirmando la presencia del compuesto característico y más abundante del aceite esencial de naranja (**Fernandes et al., 2020**).

**Figura 14**

*Espectro FTIR del Aceite Esencial de Naranja (Citrus spp.).*



*Nota:* El espectro se obtuvo mediante el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, FCIAB-UTA, 2021.

Las bandas presentes en la Figura 14 corresponden a las vibraciones de los enlaces de los grupos funcionales en los compuestos del aceite esencial de naranja, en la Tabla 6 se resume lo obtenido en base a la información presentada por **Benoudjit, Maameri, & Ouared, (2020)** y **Cebi et al., (2021)**.

**Tabla 6**

*Análisis del Espectro FTIR del Aceite Esencial de Naranja (Citrus spp.).*

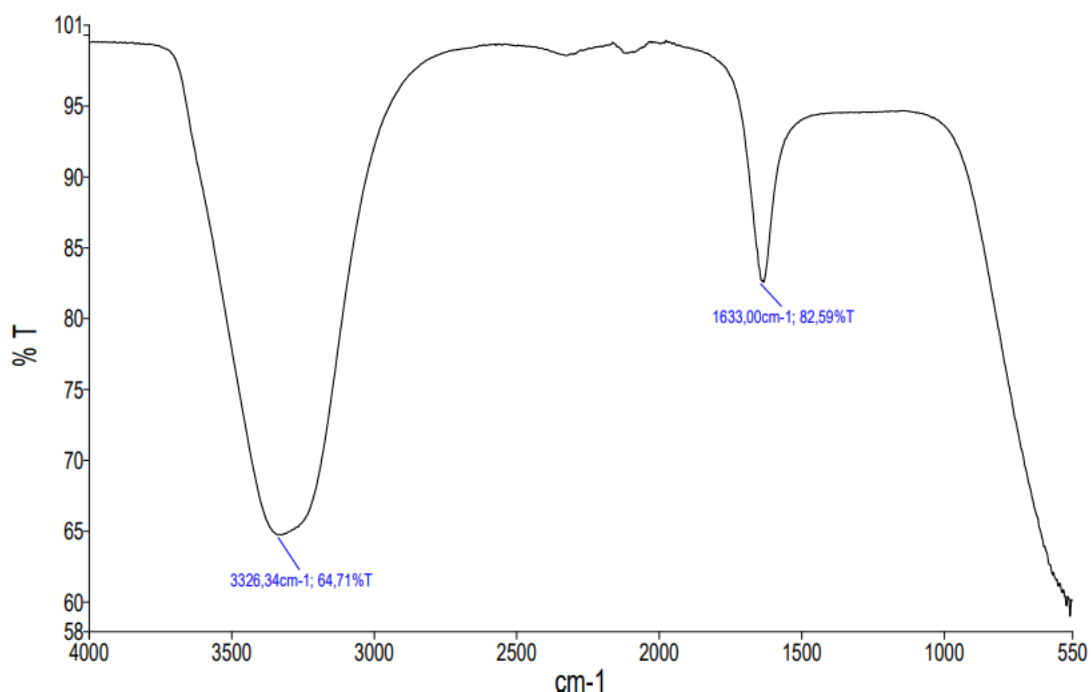
<b>Número de onda (cm<sup>-1</sup>)</b>	<b>Lectura</b>	<b>Grupo funcional</b>
2964,70	Estiramiento -CH <sub>3</sub>	Metilo
2917,64	Estiramiento C-H	Alcanos
1644,22	Estiramiento C=C	Alcanos
1435,62	Flexión C-H	Alcanos
1375,97	Flexión -OH	Fenoles
1154,91	Estiramiento C-O	Alcoholes terciarios
885,83	Estiramiento C-H	Aromáticos
797,23	Flexión C=C	Alcanos

### **3.3. Caracterización del hidrolato de manzanilla (*Matricaria chamomilla*) por espectroscopía FTIR**

Los hidrolatos se componen de agua casi en su totalidad, misma que presenta bandas de absorción alrededor de 1645 y 3350cm<sup>-1</sup>, esto corresponde a las vibraciones de estiramiento del enlace O-H y H-O-H respectivamente (**Mondragón, 2020**). En la Figura 15 se pueden observar las 2 bandas características del espectro FTIR del agua.

**Figura 15**

*Espectro FTIR del Hidrolato de Manzanilla (Matricaria chamomilla).*



*Nota:* El espectro se obtuvo mediante el Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos, FCIAB-UTA, 2021.

La presencia de  $\alpha$ -bisabolol y sus especies oxidadas, terpenoides característico del aceite esencial de manzanilla, generan una banda de absorción en el intervalo  $1080\text{-}900\text{cm}^{-1}$  (Taraj et al., 2017), esto corrobora su presencia en el hidrolato, sin embargo, en la Figura 15 no se visualiza dicha banda, asimismo, no se logra diferenciar las bandas de absorción relacionadas a los glucósidos flavonoides y demás constituyentes debido a que algunos compuestos volátiles e hidrosolubles de las flores de manzanilla se encuentran disueltos en el agua a muy pequeñas concentraciones, las vibraciones de sus enlaces resultan indetectables mediante este método.

### **3.4. Alcohol rectificado**

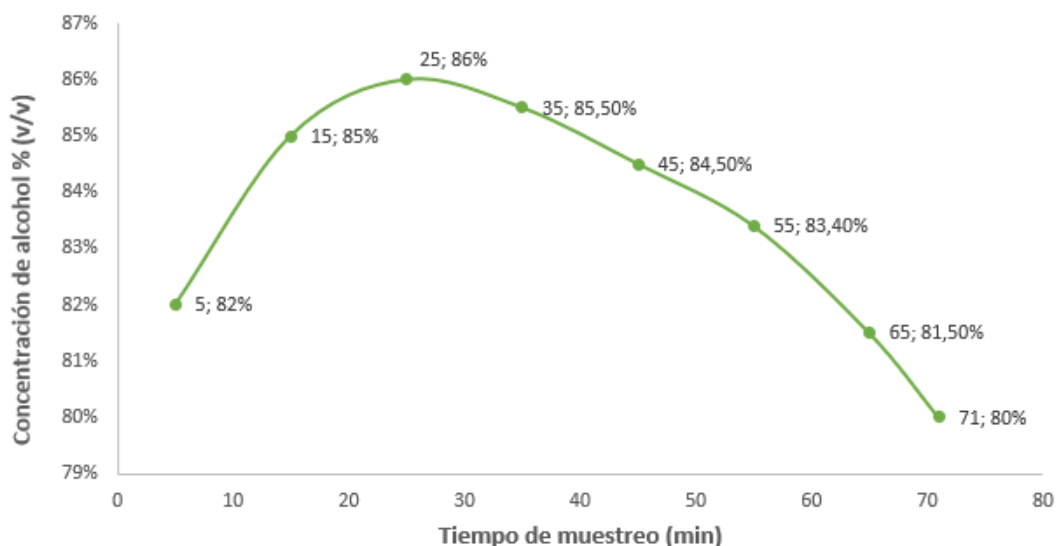
La Figura 16 muestra que la concentración del alcohol rectificado en la salida del sistema de destilación no es constante. La concentración (v/v) del alcohol rectificado



es del 82% transcurrido los primeros 5 minutos de destilación, sin embargo, la concentración incrementa hasta el 86% en el minuto 30, este comportamiento se debe a que la temperatura del interior del lecho de destilación no alcanza con rapidez la temperatura ideal de ebullición del etanol (78°C), provocando que una fracción de éste junto a otros posibles compuestos volátiles presentes en el alcohol artesanal se evaporen y condensen al mismo tiempo, por esta razón **Herrera et al., (2011)** sugieren descartar la fracción de alcohol que sale del sistema al inicio del proceso de destilación.

**Figura 16**

*Rectificación del Alcohol Artesanal.*



Por otra parte, la concentración de etanol disminuye transcurrida la primera media hora de destilación, este comportamiento está relacionado al hecho de que el equipo de destilación no cuenta con un dispositivo que regule y mantenga constante la temperatura de destilación, provocando que la temperatura del lecho supere los 100°C, consecuentemente el agua y etanol se evaporan al mismo tiempo y se juntan en el equipo de condensación (serpentín de enfriamiento).

De los 40L de alcohol empleados en la rectificación se obtuvo una caneca de 20L a una concentración del 81% (v/v) y otra con 13L al 80,5% (v/v), el olor característico del alcohol artesanal se suprimió notoriamente a causa de la interacción del etanol en

estado gaseoso con las cáscaras de naranja, sin embargo, ese aroma no se elimina completamente.

### **3.5. Influencia de la concentración de aceite esencial de naranja en la viscosidad del gel antibacterial**

Empleando las mismas condiciones de medición para cada formulación, en la Tabla 9 (Anexo D) se reportan todos los valores obtenidos de la viscosidad mediante el viscosímetro rotacional, los valores promedio fluctuaron entre de 6471cP y 9828cP.

El análisis de varianza de la viscosidad con un nivel de significancia del 5% de la Tabla 14 (Anexo E) refleja que existen diferencias significativas entre las viscosidades de los 5 tratamientos, con este resultado se puede afirmar que la concentración de aceite esencial de naranja empleado en la formulación de los geles antibacteriales si afecta la viscosidad.

La viscosidad de 9828cP que presenta la formulación GAF3 se acerca a los 10160cP obtenidos por **Wijana et al., (2020)** en un gel antibacterial con la misma concentración de aceite esencial de naranja dulce (1%), corroborando la correcta manipulación del equipo y la veracidad de los resultados de esta investigación. Además, en la misma investigación se demuestra que la viscosidad de las formulaciones si se ve afectada al variar la concentración del aceite esencial de naranja.

Al rechazar la hipótesis nula, es necesario realizar una prueba de comparación múltiple para definir la formulación de gel antibacterial con las mejores características y encontrar la o las medias de los tratamientos que difieren significativamente del resto, para este análisis se emplea la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05; la Tabla 15 (Anexo E) determina la existencia de diferencias en todas las medias de los tratamientos al presentarse en distintos subconjuntos, así mismo, refleja que la formulación GAF3 presenta la mayor viscosidad (9828cP), seguida por GAF4 y GAF2, demostrando que la concentración de aceite esencial de naranja en la formulación debe mantenerse en el rango de 0,5 a 1,5% (p/p) para que las viscosidades sean altas.

Además, se puede observar que la viscosidad media de GAF1 (7545cP) presenta un valor que difiere en gran magnitud de las 3 formulaciones previamente mencionadas, su concentración de aceite esencial de naranja (0,1% (p/p)) está por debajo del rango establecido, razón por la cual presenta una viscosidad inferior al de las formulaciones GAF2, GAF3 y GAF4.

Por otra parte, la formulación GAF5 presenta la viscosidad media más baja de todos los tratamientos (6471cP), a su vez, contiene la más alta concentración de aceite esencial de naranja (2% (p/p)), este resultado permite afirmar que la estabilidad del gel antibacterial se ve afectada cuando dicha concentración supera el 1,5% (p/p) de aceite esencial.

Actualmente, Ecuador no cuenta con una ley o normativa vigente que especifique todos los parámetros a los que se deba ajustar una formulación de gel antibacterial, no obstante, **Hilgert, (2012)** menciona que la formulación base del gel desinfectante presenta viscosidades de entre 7000 a 11000cP, llegando a tener valores altos de 13000cP al emplear el carbopol como agente gelificante según **Felton et al., (2018)**. Además, la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-022-SE/SSA1-2021 menciona que el gel antiséptico de uso tópico debe tener una viscosidad superior a los 3000cP, razón por la cual se puede afirmar que todas las formulaciones de la presente investigación cumplen con este parámetro (**SE/SSA, 2021**).

### **3.6. Influencia de la concentración de aceite esencial de naranja en las propiedades organolépticas del gel antibacterial**

#### **3.6.1. Color**

En la Tabla 10 (Anexo D) se visualizan todos los resultados del atributo color para las 5 formulaciones del gel antibacterial obtenidos mediante la evaluación sensorial de los calificadores, mismos que valoraron la transparencia del gel en base a la escala hedónica de 5 puntos presentada en la Tabla 8 (Anexo B).

Según lo reportado en la Tabla 16 (Anexo F), el análisis de varianza para el color del gel antibacterial con un nivel de significancia del 5% permite afirmar que la concentración de aceite esencial de naranja adicionada a la formulación si afecta el color del producto final.

La prueba Tukey de la Tabla 17 (Anexo F) con un nivel de significancia del 5% muestra que la tonalidad translucida de la formulación GAF4 es la que se considera de mayor agrado para los evaluadores, seguida por GAF3, GAF2 y GAF1, no obstante, no son significativamente distintas al presentarse en el mismo subconjunto, manteniendo su transparencia cuando la concentración de aceite esencial de naranja es menor o igual al 1,5% (p/p).

El color de la formulación GAF5 es significativamente diferente del resto, su concentración de aceite esencial de naranja sobrepasa el 1,5%, este hecho genera interferencia con el paso de la luz a través del gel y reduce su transparencia, razón por la cual los evaluadores la consideran indiferente en este apartado.

### **3.6.2. Consistencia**

En la Tabla 11 (Anexo D) se muestran todos los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de la consistencia de las 5 formulaciones del gel antibacterial, los calificadores puntuaron cada tratamiento de acuerdo con su nivel de agrado durante la aplicación del producto.

El análisis de varianza de la Tabla 18 (Anexo F), aplicada a los resultados de la consistencia del gel antibacterial con un  $\alpha$  del 5%, indica que la concentración de aceite esencial de naranja en las formulaciones si afecta significativamente la consistencia del producto final.

A partir de la prueba Tukey de la Tabla 19 (Anexo F) con un nivel de significancia del 5%, se puede identificar que el tratamiento con la consistencia más agradable para los evaluadores es la formulación GAF4, misma que presenta una concentración de aceite esencial de naranja de 1,5% (p/p), GAF3 se encuentra en segundo lugar seguido muy de cerca por GAF1 presentando valoraciones muy similares. Por otra parte, GAF2

presenta una consistencia de menor agrado, no obstante, las 4 formulaciones se encuentran dentro del subconjunto A, demostrando que no son significativamente diferentes.

Además, esta prueba corrobora que la consistencia de la formulación GAF5 es significativamente diferente del resto al ser considerada indiferente por parte de los evaluadores.

### **3.6.3. Olor**

En la Tabla 12 (Anexo D) se presentan todos los resultados obtenidos a partir de las evaluaciones sensoriales para el atributo olor de las 5 formulaciones de gel antibacterial, los calificadores evaluaron la intensidad y persistencia del aroma a naranja dulce del producto final, así como la ausencia del olor característico del alcohol artesanal.

De acuerdo con lo reportado en la Tabla 20 (Anexo F), el análisis de varianza del olor con un  $\alpha$  del 5% refleja que existen diferencias significativas entre el aroma de los 5 tratamientos percibidos por los calificadores, este resultado permite afirmar que la concentración de aceite esencial de naranja empleada en la formulación de los geles antibacteriales si afecta su aroma.

Según la Tabla 21 (Anexo F), la prueba Tukey con un nivel de significancia del 5% permite identificar que la formulación GAF4 presenta el olor más agradable en comparación con el resto de las formulaciones, es decir, el aceite esencial de naranja a una concentración de 1,5% (p/p) le otorga características superiores al gel antibacterial en este apartado.

Por otra parte, GAF2 y GAF1 resultan ser simplemente agradable e indiferente respectivamente de acuerdo con la escala hedónica de 5 puntos empleada en la evaluación sensorial, estas 2 formulaciones son significativamente diferentes a GAF4 al presentarse en subconjuntos diferentes. La baja concentración de aceite esencial de naranja en estos tratamientos se relaciona a la persistencia del aroma a alcohol

artesanal o al tiempo de duración del aroma a naranja, razón por la cual los evaluadores les otorgan calificaciones bajas en este apartado.

Los resultados de esta investigación se pueden comparar con el análisis sensorial realizado por **Wijana et al., (2020)** para su mejor formulación de gel desinfectante para manos, en la cual se confirma que el aceite esencial de naranja le otorga características favorables en el aroma del producto final y corrobora la buena aceptación del gel en los evaluadores.

### **3.7. pH de las cinco formulaciones de gel antibacterial**

El pH de las cinco formulaciones presentado en la Tabla 7 se mantienen en el rango para geles desinfectantes para manos sugerido por **Surini et al., (2018)** y **Gumala, Anggraini, & Dewi, (2021)** de 4,5 a 6,5 en base a la norma SNI 2588. Estos valores permiten que el gel se adapte al pH fisiológico de la piel y no presente efectos adversos durante su uso.

**Tabla 7**

*pH de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

<b>Formulación</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>pH</b>
GAF1	18,6	5,43
GAF2	18,7	5,60
GAF3	18,6	5,66
GAF4	18,6	5,68
GAF5	18,8	5,94

Además, se observa que el valor del pH del gel antibacterial aumenta a la par que incrementa la concentración del aceite esencial de naranja en la formulación, este

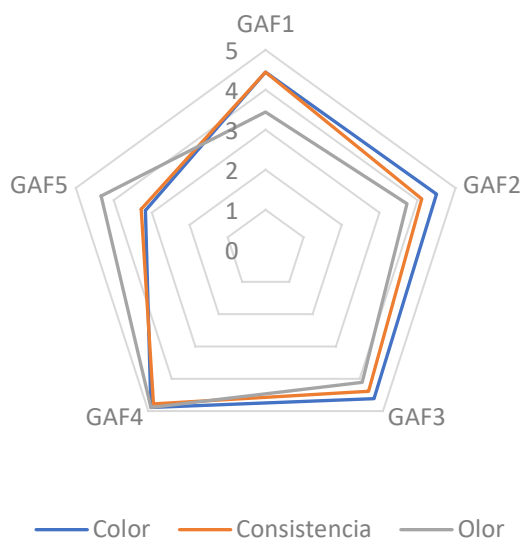
comportamiento también se pudo evidenciar en la investigación realizada por **Wijana et al., (2020)**.

### 3.8. Evaluación de la mejor formulación del gel antibacterial

Con las puntuaciones obtenidas a través de la evaluación sensorial de las propiedades organolépticas de las formulaciones del gel antibacterial, se elaboró la Telaraña de Bernstein presente en la Figura 17 que describe y compara el perfil organoléptico de los 5 tratamientos.

**Figura 17**

*Comparación de las 5 Formulaciones de Gel Antibacterial.*



*Nota:* GAF1, GAF2, GAF3, GAF4 y GAF5 son las codificaciones asignadas a las formulaciones del gel antibacterial con el contenido de aceite esencial de naranja al 0,1, 0,5, 1, 1,5 y 2% (p/p) respectivamente.

A partir de lo presentado en la Figura 17 y de las opiniones de los evaluadores, las formulaciones GAF1, GAF2 y GAF3 resultan agradables debido a que las puntuaciones son buenas en el apartado del color (entre 4,4 a 4,6) y la consistencia

(entre 4,1 a 4,4), no obstante, el olor característico del alcohol artesanal aún se percibe durante su aplicación en las manos y resulta poco agradable en este apartado (valores entre 3,4 a 4,1), este olor disminuye conforme se incrementa la concentración de aceite esencial de naranja en la formulación.

Por otra parte, los resultados de GAF5 son totalmente distintos, el color (3,2) y la consistencia (3,3) del gel no son agradables, siendo turbio y demasiado líquido durante su aplicación en las manos, además, no se percibe el olor a alcohol artesanal y presenta un fuerte y persistente aroma a naranja (puntuación de 4,3).

Por último, la Figura 17 también muestra que la evaluación de las propiedades organolépticas de la formulación GAF4 presenta los mejores resultados, tiene una muy agradable consistencia (puntuación de 4,8) y transparencia (puntuación de 4,9), el olor a alcohol artesanal no se percibe y destaca un agradable aroma a naranja que perdura en las manos después de su aplicación (puntuación de 4,9), todas estas características permiten concluir que GAF4 es la mejor formulación de gel antibacterial.

El perfil de la formulación óptima del gel desinfectante para manos elaborado a partir de alcohol artesanal con hidrolato de manzanilla y aceite esencial de naranja se presenta en la Tabla 8.



**Tabla 8.***Ficha Técnica de la Mejor Formulación del Gel Antibacterial (GAF4).*

<b>GEL ANTIBACTERIAL</b>		
<b>Descripción</b>	Gel desinfectante para manos a base de alcohol al 70%. Producto elaborado con etanol rectificado al 80% (875g), hidrolato de manzanilla (103g), aceite esencial de naranja (15g), carbopol (6,5g) y trietanolamina (0,5g).	
<b>PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Especificación</b>	<b>Método de análisis</b>
<b>Color</b>	Translúcido/incoloro	Perfil sensorial
<b>Consistencia</b>	Viscoso	Perfil sensorial
<b>Olor</b>	Característico a naranja	Perfil sensorial
<b>PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Especificación</b>	<b>Método de análisis</b>
<b>Viscosidad</b>	9288cP	Viscosímetro rotacional QUIMIS
<b>pH</b>	5,68	Potenciómetro digital Milwaukee 805
<b>INFORMACIÓN</b>		
<b>Modo de uso</b>	Producto de uso tópico, aplique de manera local en las manos y difunda el gel por toda la superficie a desinfectar.	
<b>Precaución</b>	No ingerir, mantenga el producto fuera del alcance de los niños pequeños.	
<b>Indicaciones</b>	Conserve el producto bien sellado y evite su exposición a temperaturas superiores a 30°C.	

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

El rendimiento de extracción del aceite esencial de naranja y de manzanilla, empleando el equipo de destilación de la Empresa Agroindustria SANPI, fue de 0,22% (p/p) y nulo (0%) respectivamente, son valores bajos en comparación a otras investigaciones debido al origen del material vegetal y a la metodología de secado empleada en el presente trabajo.

Se elevó el grado alcohólico del alcohol artesanal de 61°GL a 80-81°GL empleando el proceso de destilación, además, se redujo notoriamente su aroma característico debido al empleo de las cáscaras de naranja secas en el proceso, estos factores fueron claves para obtener un producto de alto grado alcohólico con el que se pudo realizar los cálculos y pruebas piloto de las formulaciones del gel antibacterial.

Los resultados del análisis sensorial de las propiedades organolépticas del gel antibacterial demostraron que la formulación GAF4, misma que contiene el aceite esencial de naranja al 1,5% (p/p), es el mejor tratamiento debido a que sus atributos evaluados son de mayor agrado para los calificadores en comparación con las otras formulaciones.

Conforme a lo presente en bibliografía, se puede afirmar que el empleo del aceite esencial de naranja y del hidrolato de manzanilla consigue potenciar la actividad microbicida del gel antibacterial gracias a sus principios activos que tienen mecanismos de disrupción bacteriana, acción fungicida y antiviral, además de otorgarle un agradable aroma al producto e intervenir en el cuidado de la piel en la emergencia sanitaria provocada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19) y sus variantes.

## 4.2. Recomendaciones

- Emplear distintas metodologías de extracción de aceites esenciales que otorguen un mayor rendimiento, tomando en cuenta que el producto de extracción se destina a un producto de cuidado personal.
- Realizar las pruebas de control de la calidad de la mejor formulación del gel antibacterial (GAF4) y comparar los resultados con las normativas vigentes que se aplican a los productos desinfectantes para manos en Ecuador.
- Modificar la formulación GAF4 con el objetivo de eliminar las partículas en suspensión que se forman en el gel antibacterial a causa del aceite esencial de naranja.
- Evaluar otros agentes gelificantes, como la nanocelulosa microfilada, para reducir los gastos de la elaboración del gel antibacterial.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, D., García, J. D., & Arias-Echandi, M. L. (2010). Evaluación de la efectividad del alcohol-gel en la desinfección de manos y su estabilidad a través del tiempo. *Revista Biomédica*, 21(1), 29–31.
- ARCSA. (2020). *RESOLUCIÓN ARCSA-DE-015-2020-LDCL LA DIRECCIÓN EJECUTIVA DE LA AGENCIA NACIONAL DE REGULACIÓN, CONTROL Y VIGILANCIA SANITARIA-ARCSA, DOCTOR LEOPOLDO IZQUIETA PEREZ CONSIDERANDO.*
- Asbahani, A. El, Miladi, K., Badri, W., Sala, M., Addi, E. H. A., Casabianca, H., ... Elaissari, A. (2015). Essential oils: From extraction to encapsulation. *International Journal of Pharmaceutics*, 483(1–2), 220–243.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.12.069>
- Bajer, T., Šilha, D., Ventura, K., & Bajerová, P. (2017). Composition and antimicrobial activity of the essential oil, distilled aromatic water and herbal infusion from *Epilobium parviflorum* Schreb. *Industrial Crops and Products*, 100, 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.016>
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils - A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.  
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- Beatriz, A., Araújo, Y. J. K., & De Lima, D. P. (2011). Glicerol: Um breve histórico e aplicação em sínteses estereosseletivas. *Química Nova*, 34(2), 306–319.  
<https://doi.org/10.1590/S0100-40422011000200025>
- Benoudjit, F., Maameri, L., & Ouared, K. (2020). Evaluation of the quality and composition of lemon (*Citrus limon*) peel essential oil from an Algerian fruit juice industry. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*, 6(4), 1575–1581.
- Boyce, J., Chartier, Y., Chraïti, M., Cookson, B., Damani, N., & Dharan, S. (2009).

WHO Guidelines on Hand Hygiene in Health Care. First Global Patient Safety Challenge Clean Care Is Safer Care. *World Health Organization*. Retrieved from [https://www.who.int/gpsc/5may/tools/who\\_guidelines-handhygiene\\_summary.pdf](https://www.who.int/gpsc/5may/tools/who_guidelines-handhygiene_summary.pdf)

Bueno, R., Suzin, F., Centeno, C., Guimarães, L., Righi, E., & Drawanz, B. (2021). OLÉOS ESSENCIAIS E HIDROLATOS DE CRAVO-DA-ÍNDIA E ORÉGANO NA INIBIÇÃO DO MOFO CINZENTO EM MORANGOS. *Anais Do 10º Siepex*, Vol. 1. Salão Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão da Uergs (SIEPEX).

Cebi, N., Taylan, O., Abusurrah, M., & Sagdic, O. (2021). Detection of orange essential oil, isopropyl myristate, and benzyl alcohol in lemon essential oil by ftir spectroscopy combined with chemometrics. *Foods*, *10*(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010027>

Chirani, N., Yahia<sup>1</sup>, L., Gritsch, L., Motta, F. L., Chirani, S., & Faré, S. (2015). History and Applications of Hydrogels Abstract. *Journal of Biomedical Sciencies*, *04*(02), 1–23. <https://doi.org/10.4172/2254-609x.100013>

Chua, L. Y. W., Chong, C. H., Chua, B. L., & Figiel, A. (2019). Influence of Drying Methods on the Antibacterial, Antioxidant and Essential Oil Volatile Composition of Herbs: a Review. *Food and Bioprocess Technology*, *12*(3), 450–476. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2227-x>

D'Amato, S., Serio, A., López, C. C., & Paparella, A. (2018). Hydrosols: Biological activity and potential as antimicrobials for food applications. *Food Control*, *86*, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.10.030>

Dastider, D., Jyoti Sen, D., Kumar Mandal, S., Bose, S., Ray, S., & Mahanti, B. (2020). Hand Sanitizers Bid Farewell To Germs on Surface Area of Hands. *European Journal of Pharmaceutical And Medical Research*, *7*(4), 648–656.

de Ávila, S. G., Logli, M. A., & Matos, J. R. (2015). Kinetic study of the thermal decomposition of monoethanolamine (MEA), diethanolamine (DEA), triethanolamine (TEA) and methyldiethanolamine (MDEA). *International Journal of Greenhouse Gas Control*, *42*, 666–671.

<https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.10.001>

- Dewi, I. A., Prastyo, A. M., & Wijana, S. (2018). Extraction of essential oil from baby Java orange (*Citrus sinensis*) solid waste using water and steam distillation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 131(1), Article 012054. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/131/1/012054>
- Edmonds, S. L., MacInga, D. R., Mays-Suko, P., Duley, C., Rutter, J., Jarvis, W. R., & Arbogast, J. W. (2012). Comparative efficacy of commercially available alcohol-based hand rubs and World Health Organization-recommended hand rubs: Formulation matters. *American Journal of Infection Control*, 40(6), 521–525. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2011.08.016>
- Farfan, K. T., & Escobar, M. L. (2020). *PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN GEL ANTIBACTERIAL CON BASE EN LAS HOJAS DE Moringa oleifera Lam. (MORINGACEAE) CULTIVADA EN COLOMBIA*. Universidad de América.
- Felton, D. E., Moberly, J. G., Ederer, M. M., Hartzell, P. L., & Waynant, K. V. (2018). Expanding Evaporation Rate Model Determination of Hand-Rub Sanitizers to the General Freshman and Engineering Chemistry Undergraduate Laboratory: Inquiry-Based Formulations, Viscosity Measurements, and Qualitative Biological Evaluations. *Journal of Chemical Education*, 95(7), 1226–1229. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00969>
- Fernandes, J. S., de Souza, E. L., Oliveira, J. R., Alves, A. C., Kotzebue, L. R., da Silva, D. L., ... Tejo, M. (2020). Microencapsulation of sweet orange essential oil (*Citrus aurantium* var. *dulcis*) by liophylization using maltodextrin and maltodextrin/gelatin mixtures: Preparation, characterization, antimicrobial and antioxidant activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 143, 991–999. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.160>
- Fernández, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3), 147–170.
- Franco-Vega, A., Ramírez-Corona, N., Palou, E., & López-Malo, A. (2016). Estimation of mass transfer coefficients of the extraction process of essential oil from orange peel using microwave assisted extraction. *Journal of Food*

- Engineering*, 170, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.09.025>
- Gavahian, M., Chu, Y. H., & Khaneghah, A. M. (2018). Recent advances in orange oil extraction: an opportunity for the valorisation of orange peel waste a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(4), 925–932. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13987>
- Gawde, A., Cantrell, C. L., Zheljzakov, V. D., Astatkie, T., & Schlegel, V. (2014). Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.001>
- Gold, N. A., Mirza, T. M., & Avva, U. (2021). Alcohol sanitizer. Retrieved November 25, 2021, from StatPearls Publishing website: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513254/>
- Golin, A. P., Choi, D., & Ghahary, A. (2020). Hand sanitizers: A review of ingredients, mechanisms of action, modes of delivery, and efficacy against coronaviruses. *American Journal of Infection Control*, 48(9), 1062–1067. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.06.182>
- Golmohammadi, M., Borghei, A., Zenouzi, A., Ashrafi, N., & Taherzadeh, M. J. (2018). Optimization of essential oil extraction from orange peels using steam explosion. *Heliyon*, 4(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00893>
- González-Coloma, A., Sainz, P., Andrés, M. F., Martínez-Díaz, R. A., Bailén, M., Navarro-Rocha, J., & Díaz, C. E. (2019). Chemical composition and biological activities of artemisia pedemontana subsp. Assoana essential oils and hydrolate. *Biomolecules*, 9(10), 1–12. <https://doi.org/10.3390/biom9100558>
- Gooch, J. W. (2010). Encyclopedic dictionary of polymers. In *Springer Science & Business Media* (Vol. 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8>
- Gumala, R., Anggraini, T., & Dewi, K. H. (2021). Characteristics Of Hand Sanitizer With Additional Ingredients Of Red Ginger Essential Oil ( Zingiber Officinale Var Rubrum) And Aloe Vera Gel ( Aloe Vera L). *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 28(1), 419–428.

- Gutowski, I. A., Lee, D., de Bruyn, J. R., & Frisken, B. J. (2012). Scaling and mesostructure of Carbopol dispersions. *Rheologica Acta*, *51*(5), 441–450. <https://doi.org/10.1007/s00397-011-0614-6>
- Halla, N., Fernandes, I. P., Heleno, S. A., Costa, P., Boucherit-Otmani, Z., Boucherit, K., ... Barreiro, M. F. (2018). Cosmetics preservation: A review on present strategies. *Molecules*, *23*(7), 1–41. <https://doi.org/10.3390/molecules23071571>
- Hamed, A., Moheimani, S. M., Sakhteman, A., Etemadfar, H., & Moein, M. (2017). An Overview on Indications and Chemical Composition of Aromatic Waters (Hydrosols) as Functional Beverages in Persian Nutrition Culture and Folk Medicine for Hyperlipidemia and Cardiovascular Conditions. *Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *22*(4), 544–561. <https://doi.org/10.1177/2156587216686460>
- Hanif, M. A., Nisar, S., Khan, G. S., Mushtaq, Z., & Zubair, M. (2019). Essential Oils. In S. Malik (Ed.), *Essential Oil Research. Trends in Biosynthesis, Analytics, Industrial Applications and Biotechnological Production* (pp. 5–7). <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-16546-8>
- Herrera, J., Padilla, V., Cárdenas, M., Carrero, Y., & Alayón, M. (2011). MEJORA DEL PROCESO DE DESTILACIÓN ARTESANAL PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL. *Revista Científica UNET.*, *23*(1), 46–52.
- Hilgert, E. (2012). *FORMULACIÓN Y MANUFACTURA DE PRODUCTOS PARA LA HIGIENE PERSONAL Y COSMÉTICA*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Ilibay, C. G., González, B. D., Muñoz, R. D., Sarduy, L. B., & Diéguez, K. (2021). Estrategia de producción más limpia para la destilería de alcohol artesanal “San Vicente”, Pastaza, Ecuador. *BISTUA*, *19*(1), 24–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.24054/bistua.v19i1.932>
- INEN 340. (2016). *Bebidas Alcohólicas. Determinación Del Contenido De Alcohol Etílico*. 13.
- Inouye, S., Takahashi, M., & Abe, S. (2008). A comparative study on the composition of forty four hydrosols and their essential oils. *International*



- Journal of Essential Oil Therapeutics*, 2, 89–104.
- ISO. (2021). *Aromatic natural raw materials. Vocabulary. (ISO 9235:2021)*. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9235:ed-3:v1:en>
- Jakubczyk, K., Tuchowska, A., & Janda-Milczarek, K. (2021). Plant hydrolates – Antioxidant properties, chemical composition and potential applications. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 142(June), 112033. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112033>
- Jing, J. L. J., Yi, T. P., Bose, R. J. C., McCarthy, J. R., Tharmalingam, N., & Madheswaran, T. (2020). Hand sanitizers: A review on formulation aspects, adverse effects, and regulations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph17093326>
- Kampf, G., Ruselack, S., Eggerstedt, S., Nowak, N., & Bashir, M. (2013). Less and less-influence of volume on hand coverage and bactericidal efficacy in hand disinfection. *BMC Infectious Diseases*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2334-13-472>
- Kim, Y. W., Kim, M. J., Chung, B. Y., Bang, D. Y., Lim, S. K., Choi, S. M., ... Lee, B. M. (2013). Safety evaluation and risk assessment of D-limonene. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part B: Critical Reviews*, 16(1), 17–38. <https://doi.org/10.1080/10937404.2013.769418>
- Kruse, A., & Dahmen, N. (2015). Water - A magic solvent for biomass conversion. *Journal of Supercritical Fluids*, 96, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.09.038>
- Kulkarni, V. S., & Shaw, C. (2016). *Essential Chemistry for Formulators of Semisolid and Liquid Dosages* (1st ed.). San Diego: Elsevier.
- Larson, E. L., Cohen, B., & Baxter, K. A. (2012). Analysis of alcohol-based hand sanitizer delivery systems: Efficacy of foam, gel, and wipes against influenza A (H1N1) virus on hands. *American Journal of Infection Control*, 40(9), 806–809. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2011.10.016>
- Lin, Q., Lim, J. Y. C., Xue, K., Yew, P. Y. M., Owh, C., Chee, P. L., & Loh, X. J.

- (2020). Sanitizing agents for virus inactivation and disinfection. *View*, 1(2).  
<https://doi.org/10.1002/viw2.16>
- Manion, C. R., & Widder, R. M. (2017). Essentials of essential oils. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 74(9), e153–e162.  
<https://doi.org/10.2146/ajhp151043>
- Medina, F. A., & Bautista, L. C. (2015). Aceites esenciales preparados en forma de nanoemulsión para la formulación de productos cosméticos. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 2, 6.  
<https://doi.org/10.23850/24220582.177>
- Melo-Guerrero, M. C., Ortiz-Jurado, D. E., & Hurtado-Benavides, A. M. (2020). Comparison of the composition and antioxidant activity of the chamomile essential oil (*Matricaria chamomilla* L.) obtained by supercritical fluids extraction and other green techniques. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 845–856.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.18257/raccefyn.862>
- Meneguetti, M. G., Laus, A. M., Ciol, M. A., Auxiliadora-Martins, M., Basile-Filho, A., Gir, E., ... Bellissimo-Rodrigues, F. (2019). Glycerol content within the WHO ethanol-based handrub formulation: Balancing tolerability with antimicrobial efficacy. *Antimicrobial Resistance and Infection Control*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0553-z>
- Meza, L. E., & Dicoivskiy, L. M. (2020). USO POTENCIAL DE LA MANZANILLA MATRICARIA CHAMOMILLA L. Y EXPERIENCIAS EN NICARAGUA. *Ciencia y Tecnología*, 10, 1–8.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i1.9927>
- Mondragón, P. (2020). *Principios y aplicaciones de la espectroscopia de infrarrojo en el análisis de alimentos y bebidas* (1st ed.). Jalisco, México.
- Mosquera, J. T., & Menéndez, M. C. (2006). ALCOHOL ETÍLICO: Un tóxico de alto riesgo para la salud humana socialmente aceptado. *Revista de La Facultad de Medicina*, 54(1), 32–47.
- Nanotubes, S. C., Shao, Q., Huang, L., Zhou, J., Lu, L., Zhang, L., ... Carolina, N.

- (2007). *Molecular Dynamics Study on Diameter Effect in Structure of Ethanol Molecules Confined*. 15677–15685.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jp0736140>
- Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., & De Feo, V. (2017). Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals*, 10(4), 1–20.  
<https://doi.org/10.3390/ph10040086>
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., & De Feo, V. (2013). Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12), 1451–1474.  
<https://doi.org/10.3390/ph6121451>
- Nováková, L., Vildová, A., Mateus, J. P., Goncalves, T., & Solich, P. (2010). Development and application of UHPLC-MS/MS method for the determination of phenolic compounds in Chamomile flowers and Chamomile tea extracts. *Talanta*, 82(4), 1271–1280. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.06.057>
- Pelufo, D., & Durante, L. (2021). Diretrizes para implantação de um sistema de saúde e segurança do trabalho em empresas produtoras de álcool em gel. *E&S Engineering and Science*, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.18607/es20211011776>
- Popoola, C. A., Ayo, J. A., Adedeji, O. E., & Akinleye, O. (2015). Triethanolamine (TEA) As Flow Improver For Heavy Crude Oils. *IOSR Journal of Applied Chemistry Ver. I*, 8(3), 34–38. <https://doi.org/10.9790/5736-08313438>
- Proksch, E. (2018). pH in nature, humans and skin. *Journal of Dermatology*, 45(9), 1044–1052. <https://doi.org/10.1111/1346-8138.14489>
- Prusinowska, R., S´migielski, K., Stobiecka, A., & Kunicka-Styczyńska, A. (2015). Hydrolates from lavender (*Lavandula angustifolia*) - Their chemical composition as well as aromatic, antimicrobial and antioxidant properties. *Natural Product Research*, 30(4), 386–393.  
<https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1016939>
- Qu, J. (2016). Is sunspot activity a factor in influenza pandemics? *Reviews in Medical Virology*, 26(5), 309–313. <https://doi.org/10.1002/rmv.1887>
- Razola, M. del C., Guerra, E. J., García, B., & Verardo, V. (2021). Recent

developments in extraction and encapsulation techniques of orange essential oil. *Food Chemistry*, 354(February).

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129575>

Sagaste, C., Montero, G., León, J. A., & Garcia, C. (2015). *EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INHIBITORIA DEL ACEITE ESENCIAL DE NARANJA CONTRA Escherichia coli, Staphylococcus aureus y Candida albicans*. Cancún, México.

SE/SSA. (2021). *ESPECIFICACIONES GENERALES PARA ANTISÉPTICOS TÓPICOS A BASE DE ALCOHOL ETÍLICO O ISOPROPÍLICO- INFORMACIÓN COMERCIAL Y SANITARIA. NOM-EM-022-SE/SSA1-2021*. Retrieved from

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5615147&fecha=05/04/2021](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5615147&fecha=05/04/2021)

Sequinel, R., Lenz, G. F., Baumgardt da Silva, F. J. L., & da Silva, e. F. R. (2020). Soluções a Base De Álcool Para Higienização Das Mãos E Superfícies Na Prevenção Da Covid-19: Compêndio Informativo Sob O Ponto De Vista Da Química Envolvida. *Quimica Nova*, 43(5), 679–684.

<https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170553>

Sharafzadeh, S., & Alizadeh, O. (2011). German and roman chamomile. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 1(10), 1–5.

Siddharta, A., Pfaender, S., Jane, N., Dijkman, R., Friesland, M., Becker, B., ... Steinmann, E. (2017). Virucidal activity of WHO-recommended formulations against enveloped viruses including Zika, Ebola and emerging Coronaviruses Accepted. *The Journal of Infectious Diseases*, 215(6), 902–906.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/infdis/jix046>

Sitarek, P., Merecz-Sadowska, A., Kowalczyk, T., Wieczfinska, J., Zajdel, R., & Śliwiński, T. (2020). Potential synergistic action of bioactive compounds from plant extracts against skin infecting microorganisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(14), 1–25. <https://doi.org/10.3390/ijms21145105>

Structure of Water. (2021). Retrieved November 30, 2021, from

<https://chem.libretexts.org/@go/page/53837>

Suchomel, M., Rotter, M., Weinlich, M., & Kundi, M. (2013). Glycerol significantly

- decreases the three hour efficacy of alcohol-based surgical hand rubs. *Journal of Hospital Infection*, 83(4), 284–287. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2012.11.030>
- Surini, S., Amirtha, N. I., & Lestari, D. C. (2018). Formulation and effectiveness of a hand sanitizer gel produced using Salam bark extract. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 10(Special Issue 1), 216–220. <https://doi.org/10.22159/ijap.2018.v10s1.48>
- Taraj, K., Malollari, I., Andoni, A., Ciko, L., Lazo, P., Ylli, F., ... Como, A. (2017). Eco-extraction of albanian chamomile essential oils by liquid Co2 at different temperatures and characterisation by FTIR spectroscopy. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 18(1), 117–124.
- Telenchana, M. A. (2017). Desarrollo de un desengrasante de manos en espuma a partir de aceite esencial de cortezas de naranja (*Citrus spp.*) para el Laboratorio Génesis LABGENESIS Cía. Ltda. Trabajo. Universidad Técnica de Ambato.
- Thomson, E. L., & Bullied, A. R. (2020). Production of Ethanol-Based Hand Sanitizer in Breweries During the COVID-19 Crisis. *Technical Quarterly*, 57(1), 47–52. <https://doi.org/10.1094/tq-57-1-0417-01>
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014). Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), 1231–1249. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Turek, C., & Stintzing, F. C. (2013). Stability of essential oils: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 40–53. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12006>
- Velasco, A. (2014). Farmacología y toxicología del alcohol etílico, o etanol. *Anales de La Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid*, 51(51), 241–248.
- Villa, C., & Russo, E. (2021). Hydrogels in hand sanitizers. *Materials*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/ma14071577>
- Wang, L., Zhang, Y., Fan, G., Ren, J. N., Zhang, L. L., & Pan, S. Y. (2019). Effects of orange essential oil on intestinal microflora in mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(8), 4019–4028. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9629>

Widmer, A. F., Conzelmann, M., Tomic, M., Frei, R., & Stranden, A. M. (2007).  
Introducing Alcohol-Based Hand Rub for Hand Hygiene The Critical Need for  
Training. *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 28(1), 50–54.  
<https://doi.org/10.1086/510788>

Wijana, S., Pratama, E. P., Rahmah, N. L., & Arwani, M. (2020). Hand sanitizer  
formulation using orange peel essential oil. *IOP Conference Series: Earth and  
Environmental Science*, 524(1). [https://doi.org/10.1088/1755-  
1315/524/1/012021](https://doi.org/10.1088/1755-1315/524/1/012021)

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### CERTIFICADOS

**Figura 18**

*Certificado de los Análisis FTIR del Hidrolato de Manzanilla y del Aceite Esencial de Naranja.*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA**  
**LABORATORIO DE CONTROL Y ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

0000542

CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO

Certificado No: 21- 008S		R01-7.8.03			
Solicitud N°: 21-008S		Pág: 1 de 1			
Fecha recepción:	09 de noviembre de 2021	Fecha de ejecución de ensayos: 11 de noviembre de 2021			
<b>Información del cliente:</b>					
Empresa:	C.I./RUC: 1804409488				
Representante: Leonardo Ismael Aldás Paredes	Tlf: 0982665068				
Dirección: Ambato	Celular:				
Ciudad: Ambato	E mail: laldas9488@uta.edu.ec				
<b>Descripción de las muestras:</b>					
Producto:	Hidrolato de manzanilla; Aceite esencial de cascara de naranja	Peso/ Volumen: 200g			
Marca comercial: n/a	Tipo de envase: funda plástica				
Lote: n/a	No de muestras: dos				
F. Elb.: n/a	F. Exp.: n/a				
Conservación: Ambiente: X Refrigeración: Congelación:	Almac. en Lab: 8 días				
Cierres seguridad: Ninguno: X Intactos: Rotos:	Muestreo por el cliente: 09 de noviembre de 2021				
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>					
Muestras	Código del laboratorio	Código cliente	Servicio Solicitado	Unidades	Resultados
Hidrolato de manzanilla	00821008S	Ninguno	Uso del Equipo Espectrofotometro Infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)	Ver adjunto	
Aceite esencial de cáscara de naranja	00821009S	Ninguno	Uso del Equipo Espectrofotometro Infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR)	Ver adjunto	
Conds. Ambientales: n/a					
Nota: Se adjunta 2 hojas de resultados del equipo.					
 Ing. Gladys Risueño Directora de Calidad					
Autorización para transferencia electrónica de resultados: Si					
Fecha de emisión del certificado: 18 de noviembre de 2021					
Nota: La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados se aplican a la muestra en las condiciones recibidas. El Laboratorio se responsabiliza exclusivamente de los resultados emitidos, en base a la muestra entregada por el cliente. El Laboratorio no es responsable por el uso incorrecto de este certificado. No es un documento negociable. Solo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente. "La información que se está enviando es confidencial, exclusivamente para su destinatario, y no puede ser vinculada. Si usted no es el destinatario de esta información recomendamos eliminarla inmediatamente. La distribución o copia del mismo está prohibida y será sancionada según el proceso legal pertinente".					



Dir.: Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi, Av. Los chasquis y Río Payamino  
 Edificio Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología / Ambato - Ecuador  
 (593) 32400987 ext. 5517; 5518    <http://laconal.uta.edu.ec>    [laconal@uta.edu.ec](mailto:laconal@uta.edu.ec)



**Figura 19**

*Certificado de Realización de la Parte Experimental de la Investigación en los Laboratorios de D'SANPI*





## ANEXO B

### ENCUESTA

**Tabla 9**

*Formato de Evaluación Sensorial de las Propiedades Organolépticas de las Formulaciones del Gel Antibacterial.*

 <b>Universidad Técnica de Ambato</b> <b>Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología</b> <b>Carrera de Ingeniería Bioquímica</b> 				
<p><b>Objetivo:</b> Evaluar las propiedades organolépticas de las distintas formulaciones del gel antibacterial elaborado a partir de alcohol artesanal con hidrolato de manzanilla (<i>Matricaria chamomilla</i>) y aceite esencial de naranja (<i>Citrus spp.</i>).</p> <p>Por favor marque con una <b>X</b> la opción que considere la más apropiada, tome en cuenta los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En el color, lo ideal es que el gel sea translúcido.</li> <li>• En la consistencia, valorar la densidad y sensación en mano al aplicar el gel.</li> <li>• En el olor, evaluar la intensidad del aroma de naranja y ausencia del aroma de caña.</li> </ul>				
Propiedad organoléptica: COLOR		Código de la formulación		
Puntuación	Valoración	...	...	...
5	Muy agradable			
4	Agradable			
3	Indiferente			
2	Poco agradable			
1	Desagradable			
Propiedad organoléptica: CONSISTENCIA		Código de la formulación		
Puntuación	Valoración	...	...	...
5	Muy agradable			
4	Agradable			
3	Indiferente			
2	Poco agradable			
1	Desagradable			
Propiedad organoléptica: OLOR		Código de la formulación		
Puntuación	Valoración	...	...	...
5	Muy agradable			
4	Agradable			
3	Indiferente			
2	Poco agradable			
1	Desagradable			
<b>Observaciones:</b>				
<b>Nombre:</b>		..... <b>Firma</b>		
<b>Número de cédula:</b>				
<b>Fecha:</b>				

## ANEXO C

### ETIQUETAS

**Figura 20**

*Arte de Etiqueta Para las 5 Formulaciones y Para el Producto Final.*



## ANEXO D

### DATOS OBTENIDOS DE LA MEDICIÓN DE VISCOSIDAD Y EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

**Tabla 10**

*Resultados de la Medición de la Viscosidad del Gel Antibacterial en el Viscosímetro Rotacional a 40rpm con la Aguja N° 4.*

<b>Código</b>	<b>Repetición</b>	<b>Torque (%)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Viscosidad (cP)</b>
<b>GAF1</b>	1	50,5	18,6	7575
	2	50,3	18,6	7545
	3	50,2	18,6	7530
	4	50,3	18,6	7545
	5	50,2	18,6	7530
<b>GAF2</b>	1	61,0	18,7	9150
	2	60,8	18,7	9120
	3	61,1	18,8	9165
	4	61,0	18,7	9150
	5	60,8	18,7	9120
<b>GAF3</b>	1	65,2	18,6	9780
	2	65,6	18,6	9840
	3	65,7	18,6	9855
	4	65,4	18,5	9810
	5	65,7	18,6	9855
<b>GAF4</b>	1	61,8	18,6	9270
	2	61,8	18,6	9270
	3	61,9	18,6	9285
	4	62,0	18,6	9300
	5	62,1	18,6	9315
<b>GAF5</b>	1	42,9	18,8	6435
	2	43,1	18,8	6465
	3	43,2	18,8	6480
	4	43,2	18,8	6480
	5	43,3	18,8	6495

**Tabla 11**

*Resultados de la Evaluación Sensorial del Color de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

Evaluador	Código	Calificación		
		Día 1	Día 2	Día 3
1	GAF1	5	5	5
	GAF2	5	4	5
	GAF4	5	5	5
2	GAF1	5	5	5
	GAF4	5	5	5
	GAF5	3	3	3
3	GAF2	5	4	4
	GAF3	5	5	4
	GAF5	2	3	3
4	GAF3	5	4	4
	GAF4	5	5	5
	GAF5	4	4	4
5	GAF2	4	4	4
	GAF4	5	5	5
	GAF5	2	2	2
6	GAF1	4	4	4
	GAF3	5	5	5
	GAF4	4	5	5
7	GAF1	3	4	4
	GAF2	4	5	5
	GAF3	4	4	4
8	GAF1	5	5	5
	GAF3	5	5	5
	GAF5	4	3	3
9	GAF1	4	4	4
	GAF2	5	5	5
	GAF5	4	4	4
10	GAF2	4	4	5
	GAF3	5	5	4
	GAF4	4	5	5

**Tabla 12**

*Resultados de la Evaluación Sensorial de la Consistencia de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

Evaluador	Código	Calificación		
		Día 1	Día 2	Día 3
1	GAF1	4	5	4
	GAF2	3	4	3
	GAF4	4	5	5
2	GAF1	5	5	5
	GAF4	5	5	5
	GAF5	3	4	4
3	GAF2	3	4	4
	GAF3	4	4	4
	GAF5	3	2	3
4	GAF3	4	5	5
	GAF4	5	5	5
	GAF5	4	5	5
5	GAF2	4	4	4
	GAF4	4	5	5
	GAF5	3	3	3
6	GAF1	4	4	4
	GAF3	4	4	4
	GAF4	5	5	4
7	GAF1	5	4	4
	GAF2	5	5	5
	GAF3	5	5	5
8	GAF1	5	5	5
	GAF3	5	5	5
	GAF5	4	2	2
9	GAF1	4	4	4
	GAF2	4	4	4
	GAF5	3	3	3
10	GAF2	5	4	5
	GAF3	5	3	4
	GAF4	4	5	5

**Tabla 13**

*Resultados de la Evaluación Sensorial del Olor de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

Evaluador	Código	Calificación		
		Día 1	Día 2	Día 3
1	GAF1	3	4	3
	GAF2	4	4	4
	GAF4	5	5	5
2	GAF1	4	5	5
	GAF4	5	5	5
	GAF5	4	5	5
3	GAF2	4	4	4
	GAF3	4	4	4
	GAF5	5	5	5
4	GAF3	4	4	4
	GAF4	4	5	5
	GAF5	4	4	4
5	GAF2	3	4	4
	GAF4	5	5	5
	GAF5	4	4	4
6	GAF1	4	4	2
	GAF3	4	4	4
	GAF4	5	5	5
7	GAF1	2	2	2
	GAF2	3	3	3
	GAF3	4	4	4
8	GAF1	2	4	4
	GAF3	3	5	5
	GAF5	4	5	5
9	GAF1	4	4	4
	GAF2	5	5	5
	GAF5	4	4	4
10	GAF2	3	3	2
	GAF3	4	4	5
	GAF4	5	5	4

## ANEXO E

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA MEDICIÓN DE LA VISCOSIDAD DEL GEL ANTIBACTERIAL

**Tabla 14**

*Análisis de Varianza de la Viscosidad en las Formulaciones del Gel Antibacterial.*

Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamientos	39069846	4	9767461,500	18087,892	0,000
Error	10800	20	540		
Total	39080646	24			

**Tabla 15**

*Test de Tukey Para la Viscosidad de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

Tratamientos	Medias	Subconjunto
GAF3	9828	A
GAF4	9288	B
GAF2	9141	C
GAF1	7545	D
GAF5	6471	E

*Nota:* Se muestran los subconjuntos homogéneos basados en las medias observadas para un valor DMS de 43,979 con una media cuadrática del error de 540 y un  $\alpha$  del 0,05.



## ANEXO F

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS DEL GEL ANTIBACTERIAL.

**Tabla 16**

*Análisis de Varianza del DBIB del Color de las Formulaciones del Gel Antibacterial (Tratamientos Ajustados).*

Origen	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamiento ajustado	10,178	4	2,544	11,079	0,000
Bloque	3,367	9	0,374	1,626	
Error	3,675	16	0,230		
Total	17,219	29			

**Tabla 17**

*Test de Tukey Para el Color de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

Tratamientos	Medias	Subconjunto
GAF4	4,889	A
GAF3	4,611	A
GAF2	4,500	A
GAF1	4,445	A
GAF5	3,167	B

*Nota:* Se muestran los subconjuntos homogéneos basados en las medias observadas para un valor DMS de 0,848 con una media cuadrática del error de 0,230 y un  $\alpha$  del 0,05.

**Tabla 18**

*Análisis de Varianza del DBIB de la Consistencia de las Formulaciones del Gel Antibacterial (Tratamientos Ajustados).*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento ajustado	6,592	4	1,648	8,276	0,001
Bloque	5,441	9	0,605	3,04	
Error	3,186	16	0,199		
Total	15,219	29			

**Tabla 19**

*Test de Tukey Para la Consistencia de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>
GAF4	4,778	6	A
GAF3	4,445	6	A
GAF1	4,444	6	A
GAF2	4,111	6	A
GAF5	3,278	6	B

*Nota:* Se muestran los subconjuntos homogéneos basados en las medias observadas para un valor DMS de 0,789 con una media cuadrática del error de 0,199 y un  $\alpha$  del 0,05.

**Tabla 20**

*Análisis de Varianza del DBIB del Olor de las Formulaciones del Gel Antibacterial (Tratamientos Ajustados).*

<b>Origen</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Significancia</b>
Tratamiento ajustado	6,756	4	1,689	6,538	0,003
Bloque	5,144	9	0,572	2,217	
Error	4,134	16	0,258		
Total	16,035	29			

**Tabla 21**

*Test de Tukey Para el Olor de las 5 Formulaciones del Gel Antibacterial.*

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>	
GAF4	4,889	6	A	
GAF5	4,333	6	A	B
GAF3	4,111	6	A	B
GAF2	3,722	6		B
GAF1	3,444	6		B

*Nota:* Se muestran los subconjuntos homogéneos basados en las medias observadas para un valor DMS de 0,899 con una media cuadrática del error de 0,258 y un  $\alpha$  del 0,05.

**ANEXO G**  
**FOTOGRAFÍAS**

**Figura 21**

*Materia Prima de la Investigación: Cáscaras de Naranja (a) y Flores de Manzanilla (b).*



**Figura 22**

*Obtención del Hidrolato de Manzanilla (a) y Extracción del Aceite Esencial de Naranja (b).*



**Figura 23**

*Pruebas Piloto de la Formulación del Gel Antibacterial.*



**Figura 24**

*Gel Antibacterial Elaborado a Partir de Alcohol Artesanal con Hidrolato de Manzanilla y Aceite Esencial de Naranja.*



**Figura 25**

*Evaluadores de las Formulaciones del Gel Antibacterial.*



**Figura 26**

*Potenciómetro (a) y Viscosímetro Rotacional (b).*

