

OBTENCIÓN DE UNA POMADA A BASE DE EXTRACTO NATURAL DE
GUATILA DESTINADA AL USO FITOTERAPÉUTICO

JOHANNA CATALINA CANARIA PÉREZ
ANGELA PATRICIA RAMOS RIVERA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.

2019

OBTENCIÓN DE UNA POMADA A BASE DE EXTRACTO NATURAL DE
GUATILA DESTINADA AL USO FITOTERAPÉUTICO

JOHANNA CATALINA CANARIA PÉREZ

ANGELA PATRICIA RAMOS RIVERA

Proyecto Integral de Grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C.

2019

Nota de aceptación

Jurado 1
Ing. Iván Ramírez

Jurado 2
Diego Rubio

Bogotá D.C., Agosto 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Ing. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Química

Ing. LEONARDO de JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ.

Las Directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a las autoras.

DEDICATORIA

A Dios,

Por brindarme una maravillosa familia y por darme la oportunidad de culminar con éxito una importante etapa de mi vida.

A mi mamá María Elisa,

Por ser mi soporte y apoyo incondicional en los buenos y malos momentos a lo largo de toda mi vida, siendo no solo madre sino también la mejor amiga, maestra y consejera; por sus enseñanzas y su compañía permanente incluso en los más cruciales de mi vida.

A mi papá Freddy,

Por su ayuda y apoyo intelectual, por su paciencia y amor incondicional sin importar sus noches de cansancio.

A mi tía Luisita,

Por su acompañamiento y por impulsarme a no desfallecer, por no perder nunca la fe en mí y por cumplir mis caprichos, por ser mi segunda madre y por guiarme desde el cielo.

A mis hermanas Sofía y Valentina,

Por su compañía constante en mis noches de arduo trabajo, por sus risas inesperadas en el momento adecuado y por compartir conmigo grandes aventuras.

A mi tía Sandra,

Por ser mi gran amiga y confidente, y por sus locuras, que en momentos de angustia me animaban.

A mi madrina Magnolia,

Por su amor, su gran apoyo incondicional, por mostrar su orgullo frente a todos mis logros y por estar siempre al tanto incluso hasta de los mínimos detalles.

A mi compañera Ángela,

Por su compañía en este camino lleno de grandes retos y en mis momentos de mayor dificultad.

Johanna Catalina Canaria Pérez

DEDICATORIA

A Dios, por guiar cada decisión tomada y permitir que lo que parece imposible con un poco de paciencia y dedicación sea realidad, por brindarme las personas indicadas en los momentos correctos.

A mi papá José, por ser mi fuerza incondicional y permanente, por creer en mí y hacerme sentir capaz de todo, porque desde el primer momento sabías que lo lograría y por sentirme orgulloso de cada logro por más pequeño que fuera.

A mi mamá Julita, por ayudarme a ser la persona que soy hoy, por sus palabras de ánimo y sus reconfortantes abrazos y postres que describen el amor al paladar y que más de una vez me sacaron lágrimas, por recordarme diariamente que antes de un título viene la persona, y que hay que soñar en grande con los pies en la tierra.

A mi hermano Camilo, por ser el mejor amigo que podría desear y por tener ese talento innato de sacarme sonrisas en momentos de tensión, por animarme a lograr todo lo que me propongo y por apoyarme en todo este proceso.

A mi abuelita Isabel, por ser el mejor modelo de mujer a seguir que puedo tener y por acompañarme y cuidar de mí desde el cielo.

A mi compañera Catalina, por ser tan paciente en mis momentos de desesperación, por su positivismo e incondicional amistad.

Ángela Patricia Ramos Rivera

AGRADECIMIENTOS

Las autoras del proyecto expresan sus agradecimientos a:

Nuestros padres, por su apoyo económico e intelectual, por su entrega su confianza y su compromiso constante a lo largo de nuestras vidas y nuestra formación como profesionales; y por su motivación para continuar sin desfallecer a pesar de los múltiples obstáculos que se presentaron en el camino.

Ana María Gómez Ortiz, por su vocación y su ayuda incondicional en el desarrollo de este proyecto, por sus consejos y correcciones en el momento adecuado y por hacernos sentir como sus hijas.

Tecnoparque, por abrirnos las puertas para el desarrollo adecuado de nuestro proyecto brindándonos el apoyo intelectual y facilitarnos las herramientas necesarias para lograr con éxito nuestros objetivos.

La Ingeniera Sandra Liliana Mesa, por sus acertadas y oportunas sugerencias en el proceso de revisión del proyecto y por sus consejos para encaminar de manera adecuada el desarrollo del mismo.

El Ingeniero Carlos Alberto Rincón Peña, por su desinteresado apoyo y confianza a futuros colegas de la profesión al facilitarnos el uso de los equipos necesarios para el proceso.

CONTENIDO

	pág
RESUMEN	24
INTRODUCCIÓN	26
1. GENERALIDADES	28
1.1 CUCURBITÁCEA	28
1.1.1 Guatila	29
1.1.1.1 Variedad nigrum xalapensis	30
1.1.1.2 Descripción Morfológica	30
1.1.1.3 Grado de maduración	31
1.1.1.4 Componentes químicos	32
1.2 FITOTERAPIA	32
1.2.1 Producto Fitoterapéutico	33
1.2.1.1 Extractos	33
1.3 POMADA	33
1.3.1 Tipos de Pomada	33
1.3.2 Métodos de preparación de la fase oleosa	34
1.4 PRETRATAMIENTOS PARA LA MATERIA PRIMA VEGETAL	34
1.4.1 Secado	35
1.4.2 Molienda	35
1.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DEL PRINCIPIO ACTIVO	35
1.5.1 Maceración en Frío	35
1.5.2 Extracción por Expresión – Licuado	36
1.5.3 Infusión	36
1.5.4 Decocción	36
1.5.5 Destilación por arrastre de vapor	37
1.5.6 Extracción Soxhlet	37
1.5.7 Hidrodestilación asistida por microondas	38
1.5.8 Extracción asistida por Ultrasonido	38
1.6 MATERIAS PRIMAS FASE OLEOSA	39
1.6.1 Cera de abejas	39
1.6.2 Aceite de Almendras	39
1.6.3 Lanolina	40
1.6.4 Manteca de Cacao	40
1.6.5 Vaselina	41
1.7 CONSERVANTE NATURAL	41
1.7.1 Piña	41
1.7.2 Romero	42
1.8 METABOLITOS SECUNDARIOS	42
1.8.1 Flavonoides	43
1.8.1.1 Mecanismo de acción	44

1.8.1.2 Métodos de determinación de la presencia de flavonoides	45
1.9 ANÁLISIS SENSORIAL DE UN PRODUCTO	46
1.9.1 Prueba hedónica	46
1.10 MARCO LEGAL	47
1.10.1 Resolución 1482 de 2012	47
2. OBTENCIÓN DE EXTRACTO NATURAL DE GUATILA	49
2.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS	49
2.1.1 Guatila	49
2.1.1.1 Caracterización morfológica	50
2.1.1.2 Estado de maduración	52
2.1 OPERACIONES PRELIMINARES	53
2.2.1 Desinfección	53
2.2.2 Secado	54
2.2.3 Molienda – Tamizado	58
2.2 APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN	59
2.3.1 Maceración en frío	59
2.3.2 Licuado	60
2.3.3 Decocción	60
2.3.4 Infusión	60
2.3.5 Destilación por arrastre de vapor	61
2.3.6 Extracción Soxhlet	61
2.3.7 Hidrodestilación asistida por microondas	62
2.3 CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES	62
2.4.1 Prueba cualitativa	63
2.4.2 Curva Patrón	63
2.4.3 Prueba Cuantitativa	64
2.4.4 Elección del mejor método	65
2.4 VARIACIÓN DE PARÁMETROS DEL MEJOR MÉTODO	69
2.5.1 Tamaño de partícula	70
2.5.2 Cantidad de solvente	70
2.5.3 Cuantificación de flavonoides	71
3. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO	74
3.1 MATERIAS PRIMAS FASE OLEOSA	74
3.1.1 Cera de Abejas	74
3.1.2 Aceite de Almendras	75
3.1.3 Lanolina	76
3.1.4 Vaselina	77
3.1.5 Manteca de Cacao	78
3.2 ELECCIÓN DE LA MEJOR PROPORCIÓN	79
3.3 PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS GENERALES DE LA POMADA	86
3.4 ANÁLISIS DE PROPIEDADES	87
3.4.1 Tiempo de solidificación	87
3.4.2 pH	87

3.4.3 Uniformidad	88
3.4.4 Separación de Fases	88
3.4.5 Extensibilidad	89
3.4.6 Esparcibilidad, absorción y remoción	90
3.4.7 Consistencia y textura	90
4. INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE PIÑA Y ROMERO COMO AGENTES CONSERVANTES.	92
4.1 CARACTERIZACIÓN DE AGENTES CONSERVANTES	92
4.1.1 Piña	92
4.1.2 Romero	93
4.2 ESTUDIOS DE ESTABILIDAD	94
4.2.1 Estabilidad térmica	95
4.2.1.1 Estabilidad térmica preliminar	95
4.2.1.2 Estabilidad térmica acelerada	96
4.2.2 Estabilidad Microbiológica	97
4.2.2.1 Recuento total de bacterias	98
4.2.2.2 Recuento total de mohos y levaduras	101
4.3 PANEL SENSORIAL	102
4.4 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO FINAL	109
5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA PRODUCCIÓN A NIVEL DE PLANTA PILOTO	111
5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	111
5.2 BALANCES DE MATERIA	112
5.2.1 Balance de materia a nivel laboratorio	113
5.2.2 Balance de materia a escala planta piloto	116
5.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES	118
5.3.1 Decocción	119
5.3.1.1 Dimensionamiento del sistema de calentamiento	126
5.3.2 Filtración	139
5.3.3 Fusión fase oleosa	141
5.3.3.1 Dimensionamiento del sistema de calentamiento	143
5.3.4 Tanque de mezclado	144
5.3.4.1 Dimensionamiento del sistema de agitación	152
5.3.4.2 Dimensionamiento del sistema de calentamiento	157
5.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LAS DEMÁS OPERACIONES	168
5.4.1 Lavado	168
5.4.2 Desinfección	169
5.4.3 Corte	169
5.4.4 Envase	169
5.4.5 Etiquetado	169
6. CONCLUSIONES	171

7. RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFÍA	173
ANEXOS	188

LISTA DE IMÁGENES

	pág
Imagen 1. Muestra de guatila promedio empleada en el proceso de extracción	50
Imagen 2. Magnitudes para la caracterización morfológica de los frutos de guatila	51
Imagen 3. Tipos de madurez en frutos de guatila var. <i>Nigrum xalapensis</i>	53
Imagen 4. Extractos obtenidos mediante diversos métodos	62
Imagen 5. Tamaños de partícula empleados para la evaluación del método de decocción	70
Imagen 6. Extractos por decocción en trozos de diferentes tamaños y diferente cantidad de solvente	71
Imagen 7. Cera de abejas amarilla empleada como materia prima de la fase oleosa	75
Imagen 8. Aceite de almendras empleado como componente de la fase oleosa de la pomada	76
Imagen 9. Lanolina empleada como agente de inclusión del extracto acuoso en la fase oleosa	77
Imagen 10. Vaselina empleada como materia prima inicial en la pomada	78
Imagen 11. Manteca de cacao como materia prima empleada en la fase oleosa de la pomada	79
Imagen 12. Primeras formulaciones para la obtención de la pomada a base de extracto natural de guatila	81
Imagen 13. Precipitación del extracto acuoso y separación de fases en una formulación de pomada	81
Imagen 14. Formulaciones de pomada con inclusión de lanolina como agente de inclusión del extracto acuoso	82
Imagen 15. Formulaciones de pomada empleando manteca de cacao como sustituto natural de la vaselina	83
Imagen 16. Formulaciones resultantes de la evaluación de la variación del orden de adición de los componentes en la preparación de la pomada	84
Imagen 17. Formulaciones obtenidas al variar el orden de inclusión de las fases acuosa y oleosa en la preparación de la pomada	85
Imagen 18. Mejor formulación para la obtención de la pomada a base de extracto natural de guatila	85
Imagen 19. Formulación en estado líquido y posterior aparición de burbujas sobre la superficie de la pomada	86
Imagen 20. Determinación de la uniformidad de dos formulaciones de pomada	88

Imagen 21. Ensayo de extensibilidad de una de las formulaciones de pomada realizadas	89
Imagen 22. Resultados microbiológicos para recuento total de bacterias primer ensayo	99
Imagen 23. Resultados microbiológicos para recuento total de bacterias segundo ensayo	100
Imagen 24. Resultados de tinción con lactofenol de dos muestras	100
Imagen 25. Resultados microbiológicos para recuento total de mohos y levaduras primer ensayo	101
Imagen 26. Resultados microbiológicos para recuento total de mohos y levaduras segundo ensayo	102
Imagen 27. Etiqueta de la pomada EduleCare	110
Imagen 28. Valla publicitaria del producto fitoterapéutico	110
Imagen 29. Dimensiones básicas de la marmita para decocción	126
Imagen 30. Dimensiones básicas de la marmita para fusión de fase oleosa	143
Imagen 31. Dimensiones básicas del tanque de mezcla	152
Imagen 32. Propiedades del agua	196
Imagen 33. Número de potencia en función de Reynolds	197
Imagen 34. Dimensiones de tubería de acero (IPS)	199
Imagen 35. Valores de los coeficientes totales para el diseño del sistema de calentamiento del tanque	200

LISTA DE GRÁFICAS

	pág
Gráfica 1. Curvas de pérdida de humedad de la guatila a 50, 60 y 70°C	57
Gráfica 2. Curva patrón de quercetina a 425 nm para la cuantificación de flavonoides	64
Gráfica 3. Datos obtenidos de información de edad y género de la muestra encuestada	103
Gráfica 4. Aceptación del aroma como parámetro organoléptico del producto	104
Gráfica 5. Aceptación de la textura como parámetro sensorial del producto	105
Gráfica 6. Aceptación de la apariencia como parámetro organoléptico visual del producto	106
Gráfica 7. Aceptación de la presentación del producto en aspectos de cantidad y envase	107
Gráfica 8. Disposición de adquirir el producto en la presentación de 30 gramos	108
Gráfica 9. Precio de adquisición del producto en una presentación de 30 gramos	109

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Marmita cilíndrica	119
Figura 2. Criba circular de separación de sólidos y líquidos	139
Figura 3. Dimensiones para un agitador de turbina de palas	153

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Datos de caracterización morfológica de los frutos empleados de guatila (<i>Sechium edule</i>)	51
Tabla 2. Referencias bibliográficas intervalos de temperatura de secado de la guatila	54
Tabla 3. Análisis granulométrico por tamizado de tajadas secas y trituradas de guatila	58
Tabla 4. Cuantificación de flavonoides presentes en los diversos métodos de extracción evaluados	64
Tabla 5. Rendimiento porcentual de los métodos de extracción evaluados	66
Tabla 6. Caracterización organoléptica, pH y densidad de los extractos obtenidos	68
Tabla 7. Cuantificación de flavonoides presentes en las variaciones realizadas al mejor método de extracción	72
Tabla 8. Caracterización del hidrolato de cáscaras de piña	93
Tabla 9. Caracterización del Extracto glicólico de Romero	94
Tabla 10. Pérdidas de muestra en gramos en el ensayo de estabilidad acelerada	97
Tabla 11. Tensión máxima permitida en función de la temperatura de los aceros inoxidable según la norma ASME	124
Tabla 12. Dimensionamiento de la marmita para la decocción	125
Tabla 13. Condiciones de operación de la marmita para la decocción	126
Tabla 14. Resultados de propiedades para el cálculo de la temperatura de pared de la marmita en la decocción	135
Tabla 15. Resultados energéticos para la marmita diseñada para decocción	138
Tabla 16. Pesos moleculares, densidades y capacidades caloríficas de los componentes de la fase oleosa de la pomada	141
Tabla 17. Dimensionamiento de la marmita para la fusión de la fase oleosa	142
Tabla 18. Condiciones de operación de la marmita para fusión de fase oleosa	143
Tabla 19. Resultados de propiedades para el cálculo de la temperatura de pared de la marmita para fusión de fase oleosa	144
Tabla 20. Resultados energéticos para la marmita diseñada para fusión de fase oleosa	144
Tabla 21. Dimensiones del tanque cilíndrico vertical para la etapa de mezclado	151
Tabla 22. Viscosidad de los componentes de la fase oleosa	155
Tabla 23. Parámetros para el dimensionamiento del serpentín para el tanque de mezcla de la pomada	159

Tabla 24. Dimensiones del serpentín de calentamiento en función del número de vueltas	162
Tabla 25. Dimensionamiento del sistema de calentamiento con serpentín	166
Tabla 26. Composiciones porcentuales de las formulaciones de pomada realizadas	190
Tabla 27. Criterios de evaluación del brillo de las formulaciones de pomada	191
Tabla 28. Resultados del análisis organoléptico realizado para las formulaciones	191
Tabla 29. Criterios cualitativos de evaluación para los parámetros de esparcibilidad y remoción de las formulaciones	192
Tabla 30. Criterios cualitativos de evaluación de la textura de las formulaciones	192
Tabla 31. Resultados de la evaluación cualitativa y cuantitativa de los parámetros de caracterización de las formulaciones	193
Tabla 32. Requerimientos y rangos de potencia para diversas aplicaciones	198

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Límites de aceptabilidad de microorganismos en diversos productos	48

LISTA DE ECUACIONES

	pág
Ecuación 1. Rendimiento del método	66
Ecuación 2. Densidad de la muestra	68
Ecuación 3. Ecuación general de Balance de Materia	113
Ecuación 4. Balance de Materia sin transformación ni acumulación	113
Ecuación 5. Volumen de Mezcla	120
Ecuación 6. Volumen mínimo del tanque de la marmita	121
Ecuación 7. Volumen del tanque de la marmita	121
Ecuación 8. Relación altura-diámetro para la marmita	122
Ecuación 9. Diámetro del tanque de la marmita	122
Ecuación 10. Altura de la chaqueta de calentamiento de la marmita	123
Ecuación 11. Espesor de la marmita	124
Ecuación 12. Coeficiente de convección por condensación de vapor en el interior de la chaqueta	127
Ecuación 13. Temperatura de evaluación de las propiedades	128
Ecuación 14. Calor ganado por la mezcla de agua y trozos de guatila.	129
Ecuación 15. Área de transferencia de calor	129
Ecuación 16. Flujo de Calor ganado por unidad de área de transferencia	130
Ecuación 17. Coeficiente de convección por ebullición en el interior del tanque de la marmita	131
Ecuación 18. Diferencia de la temperatura entre la pared del tanque de la marmita y el agua que ebulle	131
Ecuación 19. Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior de la chaqueta	132
Ecuación 20. Resistencia térmica de transferencia de calor por conducción en la chaqueta de la marmita	133
Ecuación 21. Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior del tanque de la marmita	133
Ecuación 22. Caída de la temperatura en la película de ebullición	134
Ecuación 23. Temperatura de pared del tanque de la marmita calculada	134
Ecuación 24. Flujo de calor de transferencia	135
Ecuación 25. Flujo de vapor requerido para la operación unitaria de decocción	136
Ecuación 26. Tiempo total empleado en el proceso de decocción	137
Ecuación 27. Tiempo que tarda la transferencia de calor del vapor hacia los trozos de guatila	137
Ecuación 28. Flujo de vapor requerido para cada lote a procesar	138
Ecuación 29. Diámetro del tanque cilíndrico de mezcla	140
Ecuación 30. Cálculo de la altura del tanque cilíndrico	140

Ecuación 31. Cálculo de la densidad de la mezcla	141
Ecuación 32. Cálculo del volumen real del tanque de mezcla	147
Ecuación 33. Cálculo del porcentaje de volumen ocupado por la mezcla en el tanque de mezcla	147
Ecuación 34. Cálculo de la temperatura de diseño del tanque de mezcla	148
Ecuación 35. Determinación de la presión de carga hidrostática de la mezcla	149
Ecuación 36. Altura del Fluido	149
Ecuación 37. Cálculo de la presión de diseño	150
Ecuación 38. Cálculo del diámetro externo del tanque de mezcla	151
Ecuación 39. Relaciones geométricas para el sistema de agitación de turbina con palas	153
Ecuación 40. Determinación del número de Reynolds de la mezcla	154
Ecuación 41. Determinación de la viscosidad de la mezcla	155
Ecuación 42. Determinación de la potencia del agitador	156
Ecuación 43. Criterio de verificación de la validez del diseño planteado	157
Ecuación 44. Ecuación diferencial para un proceso inestable y por lotes	158
Ecuación 45. Parámetros básicos para el dimensionamiento del serpentín	158
Ecuación 46. Cálculo del diámetro interno del serpentín	160
Ecuación 47. Cálculo del diámetro interno de la hélice del serpentín	161
Ecuación 48. Cálculo del diámetro externo de la hélice del serpentín	161
Ecuación 49. Determinación de la longitud del serpentín	162
Ecuación 50. Determinación de la velocidad de flujo	163
Ecuación 51. Determinación del flujo másico del fluido	163
Ecuación 52. Determinación del área de transferencia de calor	164
Ecuación 53. Determinación del número real de vueltas del serpentín	165
Ecuación 54. Cálculo de la altura mínima requerida para el cilindro	165
Ecuación 55. Cálculo del calor transferido	167
Ecuación 56. Determinación de la temperatura de salida del agua	167

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Certificado de análisis de aceite de almendras	189
Anexo B. Formulaciones Realizadas	190
Anexo C. Parámetros organolépticos generales de las formulaciones	191
Anexo D. Criterios de evaluación según puntajes asignados a las características cualitativas de las formulaciones.	192
Anexo E. Formato de encuesta realizada para el panel sensorial de producto EduleCare	195
Anexo F. Tabla de apoyo para los cálculos del dimensionamiento de la marmita	196
Anexo G. Gráficas y tabla de apoyo para cálculos del dimensionamiento del tanque de mezcla	197

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

%: por ciento (porcentaje)
°C: grados Celsius
°F: grados Fahrenheit
K: grados Kelvin
AISI: American Iron and Steel Institute
bar: bar (presión)
cm: centímetro
cm³: centímetro cúbico
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
g: gramo
Hz: hertz - hercio
h: hora
J: Julio - Joule
kcal: kilocalorías
kg: kilogramo
KHz: kilohertz – kilohercio
kW: kilovatio
L: litro
m_x: masa de x
m: metro
mg: miligramo
ml: mililitro
min: minuto
mm: milímetro
m²: metro cuadrado
Mol: mol
nm: nanómetro
ONUDI: Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
Pa: Pascal
pH: potencial de hidrógeno
QE/100 g dw: equivalentes en quercetina sobre 100 gramos de peso seco
rev: revoluciones
rpm: revoluciones por minuto
rps: revoluciones por segundo
s: segundo
T: temperatura
UFC: Unidades Formadoras de Colonias
ufm: unidades formadoras de mohos
UV: ultravioleta
W: vatio

RESUMEN

La guatila es una cucurbitácea poco conocida que en la actualidad es destinada, en su mayoría, a la alimentación de especies pecuarias, lo que la convierte en una especie menospreciada a pesar de sus múltiples propiedades. El presente trabajo de grado se fundamenta en el desarrollo de una pomada a base de extracto natural de guatila destinada al uso en el campo de la fitoterapia, con el fin de explotar una de las tantas propiedades de este fruto, relacionada con su capacidad antifúngica, antibacteriana y antiinflamatoria. Esta investigación comprende el desarrollo secuencial de diferentes etapas, que abarcan desde la recopilación y el análisis de datos teóricos hasta la experimentación a nivel de laboratorio y el procesamiento de resultados, que permiten la selección adecuada del mejor método de obtención del extracto de guatila y el establecimiento de las condiciones óptimas para la producción del preparado fitoterapéutico, considerando los factores fundamentales de cada operación unitaria involucrada y la inclusión de componentes naturales. Se consideran análisis cualitativos y cuantitativos de las materias primas y del producto final, dentro de los que destaca la cuantificación de flavonoides, como principio activo de la pomada encargado de otorgar las propiedades curativas a esta. Por otra parte, y mediante el uso de los resultados a escala de laboratorio, se establecieron las condiciones de proceso a nivel de planta piloto y posteriormente se seleccionaron y dimensionaron los equipos más adecuados para las principales etapas. La pomada EduleCare también fue evaluada mediante la ejecución de un panel de aceptación, cuyos resultados muestran la aprobación del público y de manera directa garantizan la calidad del producto.

Palabras clave: guatila, fitoterapia, extracto natural, pomada, flavonoides.

ABSTRACT

Guatila is a little-known cucurbitaceae that currently is destined, for the most part, to the feeding of livestock species, which makes it a despised specie despite its multiple properties. This degree work is based on the development of an ointment based on natural extract of guatila, intended for use in the phytotherapy field, in order to exploit one of the many properties of this fruit, related to its antifungal, antibacterial and anti-inflammatory capacity. This research includes the sequential development of different stages, ranging from the collection and analysis of theoretical data to experimentation at the laboratory level and the processing of results, which allow the appropriate selection of the best method to obtain the guatila extract and the establishment of the optimal conditions for the production of the phytotherapeutic preparation, considering the main factors of each unit operation involved and the use of natural components. Qualitative and quantitative analyzes of the raw materials and the final product are considered, among which the quantification of flavonoids, as the active principle of the ointment, responsible for granting the product healing properties, stands out. On the other hand, and by using the results at the laboratory scale, the process conditions were established at the pilot plant level and subsequently the most suitable equipment were selected and sized for the main stages. EduleCare ointment was also evaluated through the execution of an acceptance panel, whose results show the approval of the public and directly guarantee the quality of the product.

Key words: guatila, phytotherapy, natural extract, ointment, flavonoids.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los productos naturistas de diversas gamas han gozado de un crecimiento considerable debido a la menor proporción de aditivos químicos sintéticos en su composición, que aseguran la conservación de los metabolitos secundarios y las bondades medicinales y terapéuticas propias de las materias primas. Tal auge se evidencia en las recientes investigaciones de productos tipo crema o pomada cicatrizante y antienvjecimiento que buscan emplear extractos de diversas especies vegetales, como aquellas pertenecientes a la familia cucurbitácea dentro de las cuales se destacan la calabaza blanca o calabaza china, melón amargo, calabaza hiedra y pepino cohombro, entre otros, con el fin de aprovechar los efectos citotóxicos, antiinflamatorios y cardiovasculares específicos que cada grupo de plantas posee.

Es así como extractos provenientes de especies vegetales que hacen parte de dicha familia podrían ser empleados en la solución de problemáticas del tejido cutáneo asociadas al uso de adhesivos cutáneos, ya que una vez retirados ocasionan lesiones que, de acuerdo con estudios, pueden comprometer varias capas de este órgano; adicionalmente, dichas cintas quirúrgicas o apósitos contienen compuestos químicos, como el látex, que resultan nocivos para la piel. En el mercado, aún no se cuenta con un producto que emplee el extracto de la cucurbitácea más común en Colombia, la guatila, ni que contenga ingredientes de origen 100% natural dirigido a las lesiones cutáneas posteriores al uso de los adhesivos en procedimientos médicos, permitiendo la investigación de dicha especie vegetal y su inclusión en la formulación de una pomada tópica desarrollada con el fin de favorecer el enriquecimiento a la industria colombiana e incrementar el consumo de productos nacionales y además con el objeto de dar un uso alternativo a esta especie que, sin importar su diversidad, versatilidad, facilidad de cultivo y variedad de propiedades nutricionales y medicinales, no se emplea en diversos preparados tópicos, pues su consumo se limita a fines domésticos o de consumo local.

Para la producción de la pomada destinada al uso fitoterapéutico, se analizaron siete métodos de extracción con el fin de evaluar cuál de estos permitía obtener la mayor concentración de flavonoides, pues estos representan el principio activo del producto; considerando lo anterior, se establecieron las condiciones de proceso que garantizan la mayor cantidad de este metabolito secundario. Así mismo, se realizaron 30 formulaciones, en las que se variaron las proporciones de las materias primas con el objetivo de determinar la composición adecuada, que garantizara las condiciones organolépticas, físicas y químicas del producto final, y en busca de la inclusión de materiales 100% naturales. Los resultados obtenidos a nivel de laboratorio resultan útiles para la determinación de las condiciones del escalamiento a nivel de planta piloto y permiten dimensionar los equipos principales con el fin de establecer los requerimientos en la cadena de producción de las pomadas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Obtener una pomada a base de extracto natural de guatila destinada al uso fitoterapéutico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar el método y los parámetros para la obtención de una pomada a base de guatila considerando sus características fisicoquímicas.
- Establecer la concentración de guatila adecuada en la formulación de la pomada mediante un desarrollo experimental.
- Determinar el efecto del uso de cáscara de piña y romero como agentes conservantes en la formulación de la pomada.
- Determinar los requerimientos técnicos para el proceso de obtención de la mejor formulación de pomada a nivel de planta piloto.

1. GENERALIDADES

En el presente capítulo se exponen los conceptos relevantes relacionados con el desarrollo general del producto. La contextualización teórica resulta fundamental, dado que este es el punto de partida para llevar a cabo todas las operaciones unitarias del proceso. Es preciso considerar las propiedades de cada una de las materias primas, pues de esta manera es posible establecer las condiciones de operación de cada etapa sin afectar su composición. Así mismo, se presentan los diversos métodos de extracción evaluados y sus principios, con el fin de comprender su funcionamiento y la viabilidad de acuerdo con el material vegetal empleado.

1.1 CUCURBITÁCEA

La familia Cucurbitácea engloba un grupo de plantas, de alrededor 130 géneros y acerca de 800 especies, cultivadas mundialmente en una gran variedad de condiciones ambientales¹. Un estudio de revisión, realizado por Dhiman, K, *et al*, reveló que tanto las semillas como otras partes de los frutos de dichas plantas poseen propiedades purgantes y efectos citotóxicos, hepatoprotectores, antiinflamatorios y cardiovasculares debido al contenido de diversos metabolitos secundarios dentro de los cuales destacan las cucurbitacinas concentradas en los tallos del vegetal.²

En el ámbito de productos tópicos se han investigado los efectos y beneficios *in vitro* de la inclusión de extractos obtenidos de diversas partes de plantas miembros de las cucurbitáceas. Por ejemplo, la acción aclarante y antiacné del extracto de pepino cohombro se evidenció en una crema para el rejuvenecimiento de la piel debido a la reducción de la melanina en manchas y de producción de sebo en las células epiteliales³; también se han evaluado el efecto antienvjecimiento y antioxidante del extracto de semillas de calabaza blanca, también llamada calabaza china, al incluirlo en un preparado tópico para la renovación del tejido cutáneo⁴. De igual manera, se ha comprobado la actividad cicatrizante de un gel tópico herbal con extracto etanólico de calabaza hiedra el cual estimulaba significativamente la contracción de tejido cercano a la herida promoviendo la cicatrización⁵; así mismo, se realizaron

¹ DHIMAN, K, *et al*. A Review on the Medicinally Important Plants of the Family Cucurbitaceae. p. 16. Asian Journal of Clinical Nutrition [en línea]. 2012, enero, 4 (1) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 1992-1470. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/269644382_A_Review_on_the_Medicinally_Important_Plants_of_the_Family_Cucurbitaceae

² *Ibid.*, p. 17.

³ AKHTAR, Naveed, *et al*. Exploring cucumber extract for skin rejuvenation. p. 1215. African Journal of Biotechnology [en línea]. 2011, febrero, 10 (7) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 1684-5315. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260228305_Exploring_cucumber_extract_for_skin_rejuvenation

⁴ SABALE, Vidya; KUNJWANI, Harish y SABALE, Prafulla. Formulation and *in vitro* evaluation of the topical antiageing preparation of the fruit of *Benincasa hispida*. p. 126. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine [en línea]. 2011, julio-septiembre, 2 (3) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 0975-9476. DOI: 10.4103/0975-9476.85550 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3193683/>

⁵ BAMBAL, V, *et al*. Evaluation of Wound Healing activity of herbal gel containing the fruit extract of *Coccinia Indica* Wight and ARN. (Cucurbitaceae). p. 321. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences [en línea]. 2011, julio, 3 (4)

experimentos enfocados a la inhibición en la formación de papilomas, o tumores, en la piel de ratones producto de la adición de sustancias extraídas de la cáscara, pulpa y semilla del melón amargo las cuales demostraban influencia en los sistemas de biotransformación de enzimas⁶.

1.1.1 Guatila. La guatila, cuyo nombre científico en latín es *Sechium edule*, es una cucurbitácea dicotiledónea con enredadera. También es conocida como papa cidra, papa de pobre y chayote. Dichos vegetales se dan en su mayoría en regiones tropicales, existiendo más de 120 variedades, dentro de las cuales, alrededor de diez son las de uso más común.

En el sistema de clasificación Cronquist se encuentra definida de la siguiente forma⁷:

División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Dillinidae
Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitáceas
Género: *Sechium*
Especie: *S. edule* (Jaq.) Swartz.

Su consumo a nivel de América Latina ha sido desde la época precolombina, crónicas de la conquista indican que dicha hortaliza era cultivada por los aztecas antes de la llegada de los españoles. En Colombia, su cultivo es común en la zona Andina, entre 1.800 msnm y 2.600 msnm, destacándose los siguientes departamentos: Cundinamarca, Boyacá, Antioquia, Santander, Nariño y Cauca. Es ampliamente usado como sustituto de la papa común en consumo humano y de animales⁸. Entre las bondades atribuidas a la guatila se encuentra la actividad diurética, antiinflamatoria e hipotensora, así como su potencial antibacteriano en el tratamiento de enfermedades infecciosas⁹; por otra parte “ayuda a la eliminación de cálculos renales, es utilizado como complemento en el tratamiento de arteriosclerosis e hipertensión, alivia la inflamación intestinal y cutánea además de

[Consultado 27 julio 2019]. ISSN 0975-1491. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/3f39/05ca4e3c65ebb722f3d687e36caac75913d3.pdf?_ga=2.197815919.1365609354.1564430612-1810931362.1564186376

⁶ SINGH, A; SINGH, SP y BAMEZAI, R. *Momordica charantia* (Bitter Gourd) peel, pulp, seed and whole fruit extracts inhibits mouse skin papillomagenesis. p. 44. Toxicology Letters [en línea]. 1998, enero, 94 (1) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 0378-4274. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378427497000994?via%3Dihub>

⁷ BARRERA MARÍN, Nancy. La cidra papa o Chayote. p. 2. En: AGRONET [sitio web]. Palmira: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. [Consulta: 01 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11348/4164>

⁸ GIRALDO ESPINAL, Jaime Alberto. Potencial nutricional de la Cidra (*Sechium Edule*) para la Alimentación Animal Sostenible [en línea]. p 24. Trabajo de grado especialista en nutrición animal sostenible. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2012. [Consultado 01 agosto 2018]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1072>

⁹ FRIAS TAMAYO, Javier Ángel, *et al.* *Sechium edule* (jacq) sw: potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano. p. 5. Medisur [en línea]. 2016, noviembre - diciembre, 14 (6) [Consultado 01 agosto 2018]. ISSN 1727897X. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v14n6/ms02614.pdf>

favorecer la cauterización de úlceras. Contiene además peroxidases, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavonoides y cucurbitacinas, a los que se les atribuye actividad anti-alérgica, anti-inflamatoria, antiviral y antitumoral¹⁰. La guatila es una cucurbitácea cuyo fruto es empleado frecuentemente como hortaliza y el cual se caracteriza por su alto contenido de humedad (92-94%).

1.1.1.1 Variedad *nigrum xalapensis*. Es la variedad más común de guatila en Colombia, los frutos pertenecientes a este grupo se caracterizan por ser piriformes o con forma de pera y de color verde oscuro, su longitud se encuentra entre 5.5 y 26.6 cm, siendo esta muy variable, presentan un ancho comprendido entre 4.4 y 18 cm y un grosor de 4 a 10.7 cm. Esta especie presenta cinco costillas no muy marcadas y una hendidura basal notable. El periodo de mayor crecimiento de estos frutos se da de los 6 a 12 días después de la floración.¹¹

1.1.1.2 Descripción Morfológica. De manera general, la guatila se clasifica en tres grandes grupos: blancas, verdes y espinosas; cabe aclarar que los ejemplares de los dos primeros generalmente son lisos. A nivel de botánica acorde con lo expuesto por Avendaño et. al¹², la guatila es una baya caracterizada por sus diversas formas, que van desde obovadas a piriformes, y tamaños; otra de sus particularidades son sus depresiones longitudinales más conocidas como surcos. El color de la epidermis varía de blanco, verde claro u oscuro y suele presentar brillo, este fruto presenta una sola semilla y un número variable de espinas. Cada especie de guatila presenta características particulares que permiten distinguir las unas de las otras, la longitud máxima de este vegetal es de 35 cm. La caracterización morfológica, que consiste en realizar la medición del fruto y la observación de las propiedades físicas, se realiza considerando los siguientes parámetros¹³:

- Forma del fruto: mediante observación y considerando los criterios de normalidad dentro de los que se encuentran: piriforme, subpiriforme, ovoide, redondo y achatado.
- Longitud del fruto (cm): es la distancia desde la base o invaginación de la corteza al extremo opuesto del fruto.

¹⁰ CADENA IÑIGUEZ, Jorge y ARÉVALO GALARZA, María de Lourdes. Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica: El Chayote. p. 8. [en línea]. México, México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C, 2010 [citado el 02 de agosto de 2018]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231857/El_chayote_volumen_1.pdf ISBN:978-607-7533-80-1

¹¹ ARÉVALO GALARZA, María de Lourdes, et al. Rescatando y aprovechando los recursos fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 3: El chayote. p. 3. [en línea]. México, México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C, 2011. [citado el 27 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231852/El_chayote_volumen_3.pdf. ISBN: 978-607-715-022-0.

¹² AVENDANO ARRAZATE, Carlos Hugo. et. al. Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. p. 18. [en línea]. México, México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C, 2010. [citado el 27 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231856/Las_variedades_del_chayote_mexicano.pdf. ISBN: 978-607-7533-79-5.

¹³ CASTRO RODRÍGUEZ, J. et al. Caracterización morfológica y composición química de chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España). p. 245. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. [en línea]. 2015, diciembre, 65 (4) [Consultado 01 agosto 2018]. ISSN: 0004-0622. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/4/art-5/>

- Anchura del fruto (cm): distancia desde el punto lateral derecho y lateral izquierdo de la parte más ancha del fruto.
- Espesor o grosor del fruto (cm): medido en la parte más ancha.
- Color de la epidermis del fruto o exocarpio: considerando que este puede variar entre las tonalidades: verde claro, verde amarillento, verde y verde oscuro.
- Peso del fruto: peso promedio en gramos de cada fruto.
- Cantidad de espinas: determinada mediante conteo visual.
- Rugosidad: se determina mediante observación y considerando la escala: escasa, bastante o muy intensa.
- Largo de semilla (cm): distancia en línea recta desde la base de la semilla al extremo opuesto.
- Ancho de semilla (cm): distancia en la zona más ancha de la semilla.
- Largo del endocarpio (cm): longitud desde su inicio en la base hasta la finalización en el extremo opuesto.
- Espesor del endocarpio (cm): grosor del tegumento que envuelve a la semilla.
- Mesocarpio (cm): distancia desde el final del endocarpio hasta el exocarpio, en la zona central del fruto.

1.1.1.3 Grado de maduración. La maduración de los frutos se define como la secuencia de cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que conducen a la formación de un fruto apto para el consumo humano.¹⁴ Este aspecto resulta de gran importancia para la comercialización de los productos vegetales por razones de cumplimiento de normas y estándares establecidos, estrategias de mercado y otros factores; por otra parte, el estado de maduración de un vegetal determina la presencia en menor o mayor grado de componentes como los principios activos, haciendo de este un factor a tener en cuenta cuando estas materias primas requieran ser empleadas con fines fitoterapéuticos. Para determinar el grado de maduración se emplean índices cronológicos, físicos y químicos.

- Madurez Fisiológica. De acuerdo con la FAO, un fruto se encuentra fisiológicamente maduro cuando ha logrado un estado de desarrollo en el cual ésta puede continuar madurando normalmente para su consumo aún después de cosechada.
- Madurez hortícola. Según la FAO¹⁵, es el estado de desarrollo en que el fruto se encuentra apto para su consumo u otro fin comercial. También se conoce como madurez de corte o madurez comercial. Puede coincidir o no con la madurez fisiológica.

¹⁴ ASENJO VERA, Judith. *et al.* Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. p.1. En: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. [sitio web]. Madrid: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. [Consulta: 22 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf

¹⁵ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. p 13. En: FAO. [sitio web]. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. [Consulta: 10 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>.

1.1.1.4 Componentes químicos. La composición química de la guatila es variada puesto que es baja en calorías, y su contenido de proteínas, almidón y de contenido lípido es poco, este último se refleja en las fracciones de los ácidos palmítico, linolénico, esteárico, oleico, linoleico y palmitoleico. Su contenido de fibra es alto, destacándose gran porcentaje de celulosa. Posee minerales como potasio, calcio, fósforo y magnesio; también es una fuente amplia de aminoácidos: leucina, isoleucina, fenilalanina, arginina e histidina. Dependiendo de su variedad y estado de maduración, su porcentaje de vitaminas C y E, así como de ácido fólico pueden variar. Los frutos se caracterizan por su alto contenido en antioxidantes dentro de los que destacan los flavonoides, cuya concentración a nivel general, se encuentra en un rango de entre 0,43 g QE/100g dw a 2,33 g QE/100g dw en la pulpa o fruta, pudiendo esta ser inferior a superior, según la especie¹⁶. En los últimos años, variedad de proyectos e ideas innovadoras han recurrido a este vegetal como materia prima innovadora dentro de los que se destacan los diferentes realizados para el campo alimenticio como sustituto de grasa en cárnicos¹⁷, la elaboración de arequipe¹⁸ y para obtención de harina con alto contenido de almidón¹⁹; a su vez en el refuerzo de los concentrados animales²⁰.

1.2 FITOTERAPIA

Según el Consejo General de Colegios oficiales de Farmacéuticos²¹, se refiere al tratamiento de las enfermedades con el uso de plantas (phytón: planta, therapeia: terapia). La fitoterapia es la ciencia que estudia la utilización de los productos de origen vegetal con finalidad terapéutica, ya sea para prevenir, para atenuar o para curar un estado patológico. Las fuentes de las que se obtienen las materias primas empleadas en la fitoterapia son las plantas medicinales. En su origen, esta ciencia tenía como base el empirismo, en la actualidad su efectividad ha sido ampliamente comprobada.

¹⁶ VIERA, Elsa, *et al.* Chayote (*Sechium Edule*): A review of Nutritional Composition, Bioactivities and Potential Applications. p. 559. Food Chemistry [en línea]. 2018, marzo, 275 (1) [Consultado 08 agosto 2018]. ISSN 0308-8146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.146>. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618317230>

¹⁷ UMAÑA LEIVA, Nataly. Evaluación del potencial tecnológico de Chayote Deshidratado en Polvo (*Sechium Edule Sw.*) como sustituto de grasa en productos cárnicos, a partir de su aplicación en un modelo cárnico a nivel de laboratorio. [en línea]. p. 3. Trabajo de grado licenciatura en ingeniería de alimentos. Universidad de Costa Rica, 2013. p.3. [Consultado 13 agosto 2018] Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2783>

¹⁸ HENAO RAMIREZ, Paula Victoria y PINZÓN GARCÍA, Yensy Carolina. Estudio de Factibilidad para la creación de una empresa productora de arequipe de Cidra en el municipio de Caicedonia Valle. [en línea]. p 73. Trabajo de grado administración de empresas. Universidad del Valle, 2013. [Consultado 13 agosto 2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10893/11281>

¹⁹ QUINTERO RAMIREZ, María Constanza y ZAMBRANO MUÑOZ, Jhon Jairo. Proceso de Obtención de una harina de Cidra Papa (*Sechium Edule*) y su caracterización Físico-Química. [en línea]. p 12. Trabajo de grado ingeniero de alimentos. Universidad del Valle, 2011. [Consultado 13 agosto 2018]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8980/1/CB-0449735.pdf>

²⁰ GIRALDO. Op. cit, p.32.

²¹ CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE FARMACÉUTICOS. Plantas medicinales en su farmacia. p. 5. En: PORTALFARMA [sitio web]. Madrid: PORTALFARMA [Consulta: 15 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/01_cuaderno_plantas_medicinales_ed.pdf.

1.2.1 Producto Fitoterapéutico. De acuerdo con el Decreto 2266 de 2004, un producto fitoterapéutico “es el producto medicinal empacado y etiquetado, cuyas sustancias activas provienen de material de la planta o fruto medicinal o asociaciones de estas, presentado en estado bruto o en forma farmacéutica que se utiliza con fines terapéuticos. También puede provenir de extractos, tinturas o aceites. No podrá contener en su formulación principios activos aislados y químicamente definidos. Los productos obtenidos de material de la planta medicinal que haya sido procesado y obtenido en forma pura no serán clasificados como producto fitoterapéutico”²². Estos preparados pueden clasificarse en: extractos, tinturas, aceites de infusión, infusión, tisana, decocción, jarabes, lociones, pomadas, cremas y ungüentos.

1.2.1.1 Extractos. Son sustancias que se extraen de plantas o vegetales frescos o secos y que, en forma concentrada, poseen su virtud característica más conocida como principio activo. Son básicamente preparados fitoterapéuticos en los que se emplea un solvente de extracción y el material vegetal determinado.²³ Se obtienen mediante diferentes métodos que pueden ser artesanales o industriales y de los cuales depende la cantidad extraída del componente deseado.

1.3 POMADA

Las pomadas son preparados semisólidos para aplicación externa sobre la piel o las mucosas, habitualmente contienen sustancias medicinales específicas para curar lesiones cutáneas. Las propiedades de estos productos varían, ya que están diseñadas para usos específicos y para facilitar su aplicación. Presentan consistencia blanda y aceitosa que se fija bien a la piel. Estos productos liberan sus principios activos de forma transdérmica para curar afecciones o como protección.²⁴ Las pomadas son de los preparados más espesos y su composición generalmente es 80% fase oleosa y 20% fase acuosa.²⁵

1.3.1 Tipos de Pomada. Estas pueden clasificarse según la naturaleza del componente base mayoritario en la formulación del producto que se selecciona según la naturaleza del extracto o medicamento que se va a incluir y su biodisponibilidad, estabilidad y el tiempo de vida del producto final. Según la

²² COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 2266. p. 2. [en línea]. (15, Julio, 2004). Por el cual se reglamentan los regímenes de registros sanitarios, y de vigilancia y control sanitario y publicidad de los productos fitoterapéuticos. En: SALUD CAPITAL [sitio web]. [Consulta: 27 febrero 2019]. Disponible en: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/decreto_2266_2004.pdf

²³ SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas. p. 5. En: Repositorio SENA [sitio web]. Bogotá D.C.: SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. [Consulta: 16 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11404/1144>

²⁴ LOPEZ, B; ORTONOBES, S y GARCÍA, C. Ungüentos, pomadas, cremas, geles y pastas: ¿es todo lo mismo? p. 184. Formación activa en pediatría de atención primaria [en línea]. 2015, diciembre, 8 (4) [Consultado 17 enero 2019]. ISSN 2171-6811. Disponible en: http://archivos.fapap.es/files/639-1294-RUTA/FAPAP_4_2015_Unguentos_pomadas.pdf

²⁵ SMALL, Rebecca. A practical guide to chemical peels, microdermabrasion and topical products. p.134. [en línea]. Filadelfia, Estados Unidos: Lippincott Williams & Wilkins. [citado el 17 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262261595_A_Practical_Guide_to_A_Practical_Guide_to_Chemical_Peels_Microdermabrasion_Topical_Products ISBN-10: 1609131517

farmacopea estadounidense (USP) existen cuatro tipos de bases:

- Bases oleoginosas o de hidrocarburos: No son costosas, reactivas o irritantes. Son emolientes, protectoras y tienen buena oclusividad. No son lavables por lo que la medicación permanece más tiempo en contacto con la piel; sin embargo, son de naturaleza grasosa haciendo difícil la incorporación de extractos acuosos o alcohólicos.
- Bases de absorción: También llamadas anhídridas puesto que contienen un emulsificante que forma emulsiones agua en aceite y permite que absorba cantidades considerables de agua o alcohol.
- Bases removibles con agua: Son emulsiones aceite en agua por lo que son de naturaleza no grasosa y pueden absorber pequeñas cantidades de agua o alcohol, sin embargo, son menos protectoras, emolientes y oclusivas que las anteriores.
- Solubles en agua: Son bases sin componentes grasos. La mayoría de ellas se constituye de propilenglicol por lo que pueden llegar a ser irritantes y abrasivas a las membranas mucosas y no tienen propiedades emolientes.²⁶

1.3.2 Métodos de preparación de la fase oleosa. La fase oleosa puede prepararse mediante dos métodos generales que dependerán de características específicas, como densidad y punto de fusión, de las materias primas a emplear:

- Incorporación mecánica: Debe elaborarse el núcleo de la pomada e incorporar los sólidos solubles lentamente hasta alcanzar una preparación uniforme.
- Fusión: Específica para componentes sólidos fácilmente fusionables y principios termorresistentes. Se adiciona cada constituyente, previamente tamizado, de mayor a menor punto de fusión respetando una agitación suave sin llegar a incorporar aire a la preparación.²⁷

1.4 PRETRATAMIENTOS PARA LA MATERIA PRIMA VEGETAL

Son operaciones unitarias desarrolladas a la guatila para determinados métodos de extracción, de manera que se preservaran los componentes deseados, se evitara el crecimiento de microorganismos en su superficie antes y durante su manipulación y con el fin de comprobar si dicho procesamiento previo favorecía la concentración de los flavonoides. A continuación, se presentan los fundamentos teóricos de dichas técnicas.

²⁶ DE VILLIERS, Melgardt. Ointment Bases. p. 278 En: A Practical Guide to Contemporary Pharmacy Practice. [en línea] 3ª ed. Wisconsin, Estados Unidos: Lippincott Williams & Wilkins, 2009. [Citado el 13 de febrero de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318380434_Ointment_Bases

²⁷ PALACIOS, Julio. Preparados Farmacéuticos en Hospitales Essalud. p. 15-16. En: DIGEMID [sitio web]. Perú: MINISTERIO DE SALUD. [Consulta: 12 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.digemid.minsa.gob.pe/Upload%5CUpLoaded%5CPDF/EURacMed/TrabSalud/ReuTec/RTN_Oct_2010/MR_DFN_H_1-3-Preparados_farmaceuticos_hos.pdf

1.4.1 Secado. Es el proceso donde partículas volátiles, comúnmente agua, son evaporadas del material para producir un material completamente sólido. Dicha operación involucra procesos de transferencia de calor y masa, puesto que calentar es necesario para evaporar el líquido. El material volátil puede retirarse mediante fenómenos de difusión o convección, que serán seleccionados según la calidad del producto deseado, así como las condiciones físicas y químicas que condicionan el diseño del equipo de secado.²⁸

1.4.2 Molienda. Las operaciones de molienda son determinantes en la mayoría de las industrias incluidas la manufactura de cementos, procesado de alimentos, procesos de agricultura e industrias químicas. La mayoría de material sólido requiere reducir su tamaño en algún punto del proceso productivo ya sea para liberar algún componente deseado o como preparación para alguna reacción química posterior. En esta operación si las partículas tienen un tamaño mayor a 10 μm son fracturadas, de ser más finas se recurre a la desaglomeración.²⁹

1.5 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DEL PRINCIPIO ACTIVO

Son procedimientos o técnicas empleadas para la obtención de componentes o principios activos, generalmente metabolitos secundarios, definidos como compuestos orgánicos químicos sintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales en ellas, y por lo tanto no son imprescindibles para su crecimiento³⁰, tales como los compuestos fenólicos o pigmentos, de material vegetal fresco o seco. Estos hacen uso de solventes de origen natural o artificial como agentes de arrastre de los componentes requeridos, pueden ser artesanales o industriales y de acuerdo con sus especificaciones y condiciones de proceso permiten una mayor o menor extracción en diferentes rangos de tiempo. Los compuestos necesarios no se obtienen aislados o completamente puros, se encuentran en una mezcla con el solvente usado la cual se conoce con el nombre de extracto.

1.5.1 Maceración en Frío. Es un proceso de extracción sólido-líquido de tipo discontinuo, donde la materia prima posee diversos compuestos, solubles en el líquido de extracción, que son los que se quieren recuperar o extraer. Existen dos tipos de maceración que difieren en la temperatura del proceso: en frío y caliente. La maceración en frío consiste en sumergir el producto a macerar en un recipiente con una cantidad tal de solvente que lo cubra por completo, este proceso requiere

²⁸ GREEN, Don y PERRY, Robert. Solids-Drying Fundamentals. En: Perry's Chemical Engineers' Handbook. [en línea]. 8ª ed. Nueva York, Estados Unidos: McGraw Hill Professional, 2008. [Citado el 25 de abril de 2019]. Disponible en: https://ezproxy.uamerica.edu.co:2183/browse/perrys-chemical-engineers-handbook-eighth-edition/p200139d899712_25001.

²⁹ GREEN, Don y PERRY, Robert. Principles of Size Reduction. En: Perry's Chemical Engineers' Handbook. [en línea]. 8ª ed. Nueva York, Estados Unidos: McGraw Hill Professional, 2008. [Citado el 25 de abril de 2019]. Disponible en: https://ezproxy.uamerica.edu.co:2183/browse/perrys-chemical-engineers-handbook-eighth-edition/p200139d899721_45001.

³⁰ LANDETA MALDONADO, Jhon Estiguar. Evaluación de la actividad antibacteriana de *Desmodium molliculum* (Kunth) DC. Treinta Reales, utilizando un modelo in vivo [en línea]. p. 16. Trabajo de grado Químico Farmacéutico. Universidad Central del Ecuador, 2015. [Consultado 16 julio 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6365/1/T-UCE-0008-071.pdf>

de un lapso prolongado de tiempo que depende de la materia prima empleada, con el fin de garantizar una extracción adecuada y efectiva. Una de las ventajas principales de este tipo de maceración radica en que se asegura amplio contacto entre el solvente y el producto a macerar permitiendo una extracción mayoritaria de las propiedades necesarias. Agentes de extracción común son los aceites naturales, pues estos no representan daños a la materia prima ni contaminan el extracto final, además de esto, tienen costos menores que los solventes químicos.³¹

1.5.2 Extracción por Expresión – Licuado. Este método, comúnmente conocido como licuado, es de tipo mecánico. El método puede realizarse con o sin disolvente y de este se obtienen dos fases, la solución acuosa o extracto y un bagazo que es residuo. En este método extractivo, la planta o vegetal fresco se introduce en una prensa hidráulica, en un exprimidor o en una licuadora y se exprime hasta obtener su jugo que contiene el extracto requerido.³² La principal desventaja del método es que no es selectivo para la extracción de un componente específico, pues se emplea el material vegetal original completo.

1.5.3 Infusión. Este método, de tipo discontinuo, consiste en llevar a punto de ebullición una cantidad determinada de agua sobre la cual posteriormente se agrega cierta cantidad de material vegetal seco en un recipiente con tapa o cierre ajustado con el fin de evitar la pérdida de los principios activos, se deja en reposo de 5 a 20 minutos, se filtra y se recoge el extracto. Generalmente esta técnica es empleada para flores, hojas y tallos tiernos.³³ Es un método que usa el agua como el solvente de extracción, por lo tanto, es de tipo natural y generalmente artesanal.

1.5.4 Decocción. Comparado con la infusión, la decocción es una técnica más fuerte de extracción de componentes activos de una planta o vegetal. Consiste en agregar el material vegetal fresco en agua en punto de ebullición y dejarlo hervir durante 5 o 20 minutos, en un recipiente cerrado que permita evitar la evaporación y la consecuente pérdida de los principios activos. Este método se emplea para raíces, tallos fuertes y cortezas.³⁴ Resulta importante controlar la temperatura en el proceso, pues al elevarla demasiado es posible degradar los compuestos de interés.³⁵ Es una extracción con solvente de tipo discontinua.

³¹ MONROY GARCÍA, Darwin Alejandro y ARÉVALO GIRALDO, Diana Marcela. Desarrollo de la ingeniería conceptual para la producción de la pomada Calendae a base de extracto natural de caléndula [en línea]. p. 30. Trabajo de grado ingeniero químico. Fundación Universidad de América, 2017. [Consultado 01 agosto 2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6369>

³² FARMAQUÍMICA SUR. [sitio web]. Málaga: FARMAQUÍMICA, Extractos secos, fluidos y glicólicos. párr. 11. [Consulta: 02 mayo 2019]. Disponible en: <https://farmaquimicasur.com/extractos-secos-fluidos-glicolicos/>

³³ ESTRADA OROZCO, Silvia Paola. Determinación de la actividad bacteriana in vitro de los extractos de romero (*Rosmarinus officinalis*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) [en línea]. p. 20. Trabajo de grado bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010. [Consultado 12 marzo 2019]. Disponible en: <http://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/699>

³⁴ Ibid. p. 20.

³⁵ CAÑIGUERAL, S. Fitoterapia, 2015, citado por LÓPEZ MORALES, Lizbeth Nathaly. Identificación y caracterización de los metabolitos secundarios específicos de *Piper carpubya*, con acción antifúngica. [en línea]. p. 9. Trabajo de titulación para

1.5.5 Destilación por arrastre de vapor. Es un proceso común usado en la extracción de aceites esenciales. En esta técnica se aprovecha la propiedad que tienen las moléculas de agua en estado de vapor de asociarse con moléculas de aceite. La extracción se efectúa cuando el vapor de agua entra en contacto con el material vegetal y libera la esencia, para luego ser condensada. Con el fin de asegurar una mayor superficie de contacto y exposición de las glándulas de aceite, se requiere picar el material según su consistencia.³⁶ La destilación por arrastre con vapor se emplea con frecuencia para separar aceites esenciales de tejidos vegetales, este método basa su principio en la vaporización selectiva del componente volátil de una mezcla formada por éste y otros compuestos no volátiles mediante la inyección de vapor de agua, conocido como vapor de arrastre, directamente en el interior de la mezcla; el vapor cumple la función de condensarse para formar otra fase inmiscible que cederá su calor latente a la mezcla a destilar con el fin de alcanzar su evaporación. En el proceso de extracción se tienen dos fases, una orgánica y una acuosa, y cada una de estas ejerce su propia presión de vapor que corresponde a la de un líquido puro a una temperatura de referencia.³⁷

1.5.6 Extracción Soxhlet. De acuerdo con la Royal Society of Chemistry de Londres, esta extracción se define como el proceso de transferencia de los componentes parcialmente solubles de un sólido a la fase líquida mediante el uso un extractor Soxhlet, se realiza con solventes y es de tipo continua. En esta, el material sólido se coloca en un dedal de papel de filtro que luego se ubica en la cámara principal del extractor Soxhlet. De acuerdo con la Royal Society of Chemistry³⁸, el disolvente, que es permanentemente calentado a reflujo, viaja a la cámara principal y los componentes parcialmente solubles se transfieren lentamente al disolvente, permitiendo con ello la extracción de los agentes de interés presentes en el material sólido empleado. En este método el componente deseado son las grasas y aceites, por ello es frecuentemente utilizado en la extracción de aceites esenciales de productos vegetales. Este método se basa en la extracción tipo sólido-líquido también conocida como lixiviación y toma como principio la solubilidad del líquido disuelto en el sólido con el disolvente empleado.³⁹ El fin principal de la extracción soxhlet es la separación de un componente determinado, de una mezcla mediante el uso de un disolvente líquido. Este proceso involucra un sinnúmero de extracciones de manera automática, empleando el mismo solvente que se

grado. Universidad de las Fuerzas Armadas, 2017. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13582>.

³⁶SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Op. cit, p. 34.

³⁷ GONZALEZ VILLA, Ángela Andrea. Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas [en línea]. p. 13. Trabajo de grado profundización en tecnología en alimentos. Universidad Nacional de Colombia, 2004. [Consultado 12 marzo 2019]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandreagonzalezvilla.2004.pdf>

³⁸ ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. [sitio web]. Londres: ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, Extracción Soxhlet. párr. 1. [Consulta: 12 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.rsc.org/publishing/journals/prospect/ontology.asp?id=CMO:0001609&MSID=c0py00136h>

³⁹ UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE. Determinación del contenido grado de leche en polvo: extracción soxhlet. p. 1. En: UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE [sitio web]. Sevilla: UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE. [Consulta: 12 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf.

evapora y condensa llegando de manera pura al material.⁴⁰

1.5.7 Hidrodestilación asistida por microondas. Esta técnica de extracción es una alternativa a los métodos convencionales como por ejemplo la destilación por arrastre de vapor o hidrodestilación simple. Los equipos para llevar a cabo la extracción empleando este método se pueden acondicionar modificando un horno microondas convencional doméstico mediante la abertura de un orificio en la parte superior a través del cual se conecta un matraz de fondo plano con un condensador, encargado de la refrigeración; esta conexión actúa como sello en la unión con el horno con el fin de evitar la fuga de las microondas del mismo. En la hidrodestilación asistida por microondas la transferencia de masa y de calor a lo largo del proceso ocurre en la misma dirección, desde el interior del material hacia el exterior, lo cual permite que el aceite esencial y el agua in situ del material sean extraídos mediante la hidrodifusión y posteriormente sean separados por gravedad.⁴¹

La metodología de extracción tiene como fuente generadora de calor el microondas, una vez se ha aplicado el calor a la mezcla agua-sólido, dentro de las células de los materiales vegetales, hay evaporación, expansión y una consecuente generación de alta presión en la pared celular de las glándulas de aceite, la cual empuja la pared de la celda de la glándula de aceite y la extiende de forma intensiva hasta el punto de romperse facilitando el proceso de liberación o lixiviación del aceite esencial del material de la planta al disolvente, que generalmente es agua. Durante la extracción la energía del microondas es absorbida por el agua, y posteriormente convertida en energía térmica que luego se transfiere al material de la planta, provocando una localización del calor en las partes deseadas del material vegetal, especialmente la porción que contiene la glándula de aceite.⁴²

1.5.8 Extracción asistida por Ultrasonido. Tobón define el ultrasonido como “un tipo especial de vibración de onda de sonido con frecuencia más allá de la audición humana (20000 Hz), es decir, a más de 20 KHz.”⁴³ El ultrasonido introducido en líquidos o materiales viscosos causa efectos extremos; al sonar líquidos a altas intensidades, las ondas sonoras que se propagan en el medio dan lugar a ciclos alternados de alta y baja presión, es decir compresión y rarefacción. Durante el ciclo de baja presión, las ondas ultrasónicas de alta intensidad crean pequeñas burbujas de vacío en el líquido y cuando estas alcanzan un volumen al cual ya no absorben

⁴⁰ NÚÑEZ, Carlos Eduardo. Extracciones con equipo Soxhlet. p. 1. En: CENUNEZ [sitio web]. Posadas: CENUNEZ. [Consulta: 12 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://cenunez.com.ar/archivos/39-ExtraccinconequipoSoxhlet.pdf>

⁴¹ PEREDO LUNA, H, PALOU GARCÍA, E y LÓPEZ MALO, A. Aceites esenciales: Métodos de extracción. p. 29. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos [en línea]. 2009, enero – mayo, 3 (1). [Consultado 20 marzo 2019]. ISSN En trámite. Disponible en: <https://tsia.udlap.mx/aceites-esenciales-metodos-de-extraccion/>

⁴² NITTHIYAH, Jeyaratnam, *et al.* Microwave assisted hydrodistillation – an overview of mechanism and heating properties. p. 23. Australian Journal of Basic and Applied Sciences [en línea]. 2017, enero, 11 (3) [Consultado 25 abril 2019]. ISSN 1991-8178. Disponible en: <http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/17389/1/fkksa-2017-jeya-Microwave%20Assisted%20Hydrodistillation.pdf>

⁴³ TOBÓN ARROYAVE, Norbey de la Cruz. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo [en línea]. p. 64. Trabajo de grado magister en innovación alimentaria y nutrición. Corporación Universitaria Lasallista, 2015. [Consultado 25 abril 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/1800>

energía, colapsan violentamente durante un ciclo de alta presión, esto se conoce como cavitación. Durante la implosión ocasionada se alcanzan temperaturas y presiones elevadas, y además flujos de hasta 280 m/s de velocidad, lo que da lugar a la sonólisis, definida esta como el fenómeno en el cual las paredes celulares se rompen y se genera la extracción del material intracelular. Esta es una técnica de uso frecuente para la extracción de materiales vegetales con disolventes líquidos y oleosos, es un proceso rápido y eficaz, ya que la superficie entre la fase sólida y la líquida es significativamente mayor debido a la interrupción celular y a la gran dispersión de las partículas.⁴⁴

1.6 MATERIAS PRIMAS FASE OLEOSA

La elección de los componentes de la fase oleosa es primordial ya que ésta constituye la base de la pomada y es determinada según la naturaleza del componente natural activo a incorporar, de la biodisponibilidad de la materia prima, de la finalidad, acción y vida útil que se espera del producto final⁴⁵. Estos ingredientes deben ser química y físicamente estables en condiciones usuales de uso y almacenamiento, no tóxicos o irritantes ni reactivos con otros medicamentos o preparados tópicos, libre de olores fuertes y desagradables y deben ser fácilmente removibles.⁴⁶

1.6.1 Cera de abejas. Es el producto secretado por las glándulas ceríparas ubicadas en la zona ventral del abdomen de las abejas, inicialmente presenta un color blanquecino y con el tiempo se torna amarilla por el contenido de polen y la acumulación de restos de mudas de larvas. Se caracteriza por su bajo punto de fusión entre 61-65°C y está compuesta por ésteres de ácidos grasos y alcoholes, lo que la lleva a ser una sustancia insoluble en agua, a temperatura ambiente es sólida y de consistencia firme o dura. La cera de abejas está compuesta por más de 300 componentes, mezclas complejas de hidrocarburos parafínicos, ácidos grasos libres, ésteres de ácidos grasos, alcohol graso y di ésteres, además contiene flavonoides y lactonas⁴⁷. La cera de abejas es empleada con el fin de otorgar consistencia en productos cosméticos, especialmente en cremas y pomadas, pues es sólida a temperatura ambiente. Además de dar estabilidad, este componente aporta propiedades hidratantes.

1.6.2 Aceite de Almendras. El aceite de almendras es obtenido de la pepita de almendra mediante una serie de procedimientos: el primero consiste en la recolección, que en países líderes productores de este fruto seco, como lo son

⁴⁴ MORALES BERMÚDEZ, María Fernanda. Determinación de hidrocarburos en muestras de agua por extracción líquido-líquido asistida por ultrasonido [en línea]. p. 5. Trabajo de grado magister en gestión sostenible y tecnologías del agua. Universidad de Alicante, 2011. [Consultado 27 marzo 2019]. Disponible en: <https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/maria-fernanda-morales.pdf>

⁴⁵ DE VILLIERS. Op. cit., p. 279

⁴⁶ Ibid., p. 279.

⁴⁷ BOGDANOV, Stefan. Beeswax: Quality Issues Today. p 47. Bee world [en línea]. 2004, septiembre, 85 (3) [Consultado 18 febrero 2019]. ISSN 0005-772X. DOI: 10.1080/0005772X.2004.11099623. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277611945_Beeswax_Quality_issues_today

Estados Unidos y España, se realiza en otoño, durante los meses de agosto y septiembre, seguido del descortezado donde se elimina la cáscara verde que está adherida exteriormente, luego el fruto es secado mediante corrientes de aire para reducir su contenido de humedad y descascarado con el fin de prepararlo para la extracción del aceite que puede ser por medios mecánicos de prensado, usando prensa hidráulica y de tornillo, o empleando disolventes. Destacan entre los componentes los siguientes ácidos grasos: ácido oleico, ácido linoleico, ácido palmítico, ácido palmitoleico y ácido esteárico los cuales constituyen el 95% del total del aceite. Además de estos, el aceite de almendras es rico en antioxidantes como carotenoides y polifenoles, así como en vitamina E, y en fitoquímicos, especialmente los fenoles, en el mesocarpio de la almendra, que dotan a este producto de gran capacidad antioxidante.⁴⁸

1.6.3 Lanolina. Es una cera natural que constituye del 5 al 25% de la grasa de la lana de las ovejas y los carneros, producida por las glándulas sebáceas de la piel de estos animales para su protección. A pesar de que el producto se presenta como una grasa, químicamente se le considera como una cera que se funde entre 36 y 42 grados centígrados. La lanolina es insoluble en agua, pero se mezcla bien con ella en la proporción de 1:2, es soluble en alcohol, éter y cloroformo. Es una sustancia compleja constituida por ésteres y poliésteres de alto peso molecular, ácidos grasos, esteroides y alcoholes, ésta solo puede tener como impurezas 0.56% de ácidos grasos libres como el ácido oleico, 0.5% de humedad, 0.1% de cenizas y trazas de cloruros. En estado natural contiene entre un 25 y 35% de agua que puede separarse por fusión generando lanolina anhidra. Su capacidad de incorporar abundante agua se debe a la presencia de los alcoholes grasos como el colesterol que actúa como emulgente, lo cual la hace una buena base de absorción. Presenta alta compatibilidad con la piel por la similitud con los lípidos cutáneos.⁴⁹

1.6.4 Manteca de Cacao. De acuerdo con la NTC 574, la manteca de cacao es la grasa obtenida a partir del grano de cacao.⁵⁰ Según Zuriday⁵¹, la norma COVENIN 1397, establece que esta manteca, de origen natural, es la grasa producida de una o más de las siguientes fuentes: granos de cacao, pasta de cacao, torta de cacao y la extraída mediante procesos mecánicos o con solventes. Esta grasa no contiene la cáscara ni el germen, a temperatura ambiente se presenta en estado sólido y su coloración varía entre amarilla y blanca. Esta se emplea en el campo de los

⁴⁸ RONCERO HERAS, José María. Optimización del proceso de extracción de aceite de almendra virgen y aprovechamiento agrícola de las harinas generadas en el mismo [en línea]. p. 74. Tesis en producción vegetal y tecnología agraria. Universidad de Castilla - La Mancha, 2017. [Consultado 15 agosto 2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10578/16513>

⁴⁹ DI PRISCO, Juan. Concepto actual de la capacidad sensibilizante de la lanolina. p 1. Revista Dermatología Venezolana [en línea]. 1984, marzo, 22 (3) [Consultado 14 abril 2019]. ISSN 2343-5755. Disponible en: <http://revista.svderma.org/index.php/ojs/article/view/1004>.

⁵⁰ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites animales y vegetales comestibles: Manteca de Cacao. [en línea]. NTC 574. Bogotá. D.C: El Instituto, 2008. p. 2. [Consulta: 22 marzo 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/148841508/NTC-574>.

⁵¹ ZURIDAY, Soledad. Extracción de manteca a partir de las semillas del cacao (*Theobroma cacao L.*) utilizando dióxido de carbono en condiciones supercríticas como solvente [en línea]. p. 29. Trabajo de grado en ingeniería química. Universidad Central de Venezuela, 2007. [Consultado 23 abril 2019]. Disponible en: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/EXTRACCI%C3%93N_DE_MANTECA_A_PARTIR_DE_LAS_SEMILLAS....pdf

alimentos y en productos cosméticos para otorgar consistencia y además por sus diversos beneficios para la piel. El punto de ebullición de la manteca de cacao se encuentra entre 34 y 38 °C. Un grano de cacao promedio contiene de 50 a 57% de manteca de cacao dentro de su estructura celular, esta grasa se encuentra situada fundamentalmente en células agrupadas.

1.6.5 Vaselina. También conocida como parafina líquida o petrolato, la vaselina es una mezcla homogénea y purificada de hidrocarburos saturados líquidos de cadena larga (C14-C18) e hidrocarburos cíclicos, obtenida por destilación del petróleo, es prácticamente insoluble en agua y miscible con hidrocarburos y sustancias de tipo oleoso. Se caracteriza por ser incolora o transparente. Dependiendo de la composición y el proceso de preparación, su punto de fusión varía de 36 a 50.5 °C.⁵² La vaselina es un emoliente y protector dermatológico empleada como excipiente de pomadas, ungüentos y como disolvente en la industria cosmética y farmacéutica. Este producto es empleado para hidratar pieles secas y agrietadas y curar heridas cutáneas leves.

1.7 CONSERVANTE NATURAL

Son aquellas sustancias químicas incorporadas en productos tópicos en pequeñas concentraciones con el fin de prevenir la contaminación y multiplicación microbiana durante los procesos de fabricación, almacenamiento y uso que podrían generar características no deseadas cambiando aspectos organolépticos como el olor, color y textura. Existen diversas características que se espera cumplan los conservantes, dentro de las cuales se destacan: amplio espectro de actividad microbiana, estructura química conocida, no tóxico ni nocivo, completamente soluble en agua, estabilidad en condiciones adversas de pH y temperatura, compatibilidad con los demás ingredientes de la formulación y sin capacidad de alterar color y aroma al producto que se incorpore.⁵³

1.7.1 Piña. La piña, cuyo nombre científico es *Ananás comosus L.*, es una planta de tipo herbáceo y perenne, de corto tallo y su fruto es tropical. Se trata de una planta terrestre, rústica, con forma de roseta y de hojas largas y rígidas que presentan espinas en sus bordes⁵⁴. Gracias a la gran cantidad de componentes, la piña cuenta con varias propiedades benéficas como lo son su alto valor nutritivo, su variedad de vitaminas A, B y C, además de varios minerales como el calcio, el fósforo y el hierro. La piña también posee flavonoides encargados de otorgarle actividad antioxidante. De acuerdo con Hossain y Rahman, los resultados en el análisis de la piña,

⁵² ACOFARMA. Ficha de Información técnica, vaselina líquida. p. 1. En: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada [sitio web]. Granada: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada. [Consulta: 13 febrero 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.cofgranada.com/ufc/documentos/modulos/VASELINA%20LIQUIDA.pdf>

⁵³ LERANOZ, Sonia. Conservantes Cosméticos. p. 75. Offarm [en línea]. 2002, julio-agosto, 21 (7) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 1578-1569. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-conservantes-cosmeticos-13034831>

⁵⁴ GARCIDUEÑAS PAZ, José Alfredo. Caracterización morfológica y molecular de Piña (*Ananas Comosus*) L. Híbrido MD-2 y su establecimiento in Vitro. [en línea]. p 13. Trabajo de grado magister en biotecnología agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, 2013. [Consultado 08 agosto 2018]. Disponible en: <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCA2013120210127862.pdf>

indicaron que el grado de actividad antioxidante del extracto de este fruto es acorde a la cantidad de fenólicos y flavonoides presentes en el mismo y que la fruta de piña que es rica en fenólicos puede proporcionar una buena fuente de antioxidante. Por otra parte, uno de los compuestos principales de la piña es la bromelina, una enzima proteolítica presente en el fruto, las hojas, la corona y el tallo de la planta. Los componentes químicos de mayor relevancia son B-caroteno, tiamina, riboflavina, potasio y vitamina C.

1.7.2 Romero. El romero, con nombre científico *Rosmarinus officinalis* L., es una planta de porte arbustivo con tallos prismáticos, hojas estrechas y pequeñas con forma de espigas de color verde y tallo leñosos con desprendimientos de corteza⁵⁵. Esta planta es ampliamente usada como conservante de alimentos y productos cosméticos, permitiendo la reducción de componentes químicos sintéticos y tóxicos en estos.

La planta posee diversos compuestos químicos de diversos grupos como ácidos fenólicos, flavonoides, aceites esenciales y ácidos y alcoholes triterpénicos. Las hojas de romero tienen un alto contenido de ácido rosmarínico y su derivado, la rosaricina, también contiene ácido carnósico que al oxidarse forma carnosol, rosmanol, epirosmanol y 7-metil-epirosmanol, que son compuestos terpenos fenólicos responsables de una alta actividad antioxidante. Además del ácido rosmarínico, esta planta posee ácido caféico y pigmentos naturales como la capsaicina y la curcumina que incrementan la actividad antioxidativa.⁵⁶ La proporción de aceite esencial en las hojas y las flores de esta es del 1.2 a 2 %, éste es un líquido con un ligero color entre amarillo y verdoso, de olor alcanforado y sabor amargo; el aceite está compuesto por α -pineno, cafeno, cineol, alcanfor y borneol (terpenos).⁵⁷

1.8 METABOLITOS SECUNDARIOS

Son aquellos compuestos químicos producidos en las células vegetales por vías metabólicas subsidiarias de las vías metabólicas primarias y, por lo tanto, no se encargan de las funciones básicas tales como la división, crecimiento, respiración, almacenamiento y reproducción celular. Estos se clasifican según su estructura química en compuestos fenólicos, alcaloides, saponinas, terpenos, lípidos y carbohidratos.⁵⁸

⁵⁵ ÁVILA-SOSA, Raúl, *et al.* Romero (*Rosmarinus Officinalis*): Una revisión de sus usos no culinarios. p. 24. Revista Ciencia y Mar [en línea]. 2011, abril, 15 (43) [Consultado 08 agosto 2018]. ISSN 1665-0808. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273319161_Romero_una_revision_de_sus_usos_no_culinarios

⁵⁶ *Ibid.*, p. 25.

⁵⁷ ASTUDILLO SEGOVIA, Servio Rodrigo. Utilización de Aceites Esenciales naturales como conservantes en la elaboración de Salchichas de Pollo [en línea]. p 27. Trabajo de grado magister en agroecología tropical andina. Universidad Politécnica Salesiana, 2014. [Consultado 08 agosto 2018]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7009>

⁵⁸ HUSSEIN, Rehab A. y EL-ANSSAR, Amira A. Plants Secondary Metabolites: The Key Drivers of the Pharmacological Actions of Medicinal Plants. p. 12. En: INTECHOPEN [sitio web]. Giza: NATIONAL RESEARCH CENTER. [Consulta: 22 julio

Mediante diversos estudios se han demostrado sus efectos biológicos como antibióticos, antifúngicos y antivirales puesto que su liberación en las plantas se presenta como mecanismo de defensa y a fin de desempeñar funciones fisiológicas y protectoras; por ejemplo, cuando éstas se encuentran bajo la acción de patógenos y en condiciones de recibir una gran cantidad de radiación UV que pudieran dañar las células.⁵⁹

Según Pérez-Alonso y Jiménez⁶⁰, el cultivo *in vitro* de plantas puede favorecer la producción de metabolitos secundarios dado que se pueden controlar factores como la interacción con patógenos y la exposición a luz ultravioleta y condiciones extremas de temperatura de la planta desencadenando la producción de dichos componentes en mayor o menor cantidad. En condiciones naturales, la distribución de dichas sustancias varía según los estímulos que las células de la planta en cuestión hayan recibido lo cual depende estrechamente de las características de la zona de cultivo.

1.8.1 Flavonoides. Proviene del latín *flavus*, que significa color entre amarillo y rojo, similar al color miel. Los flavonoides son un grupo aromático de pigmentos naturales heterocíclicos constituyendo la mayoría de las tonalidades de amarillo y rojo presentes en los vegetales y las frutas.⁶¹ Éstos constituyen el grupo de compuestos fenólicos más diverso y ampliamente distribuido en las plantas. Su estructura básica conocida como flaván, consta de dos grupos fenilo unidos por un puente de tres carbonos que forma un anillo heterocíclico oxigenado.⁶²

Los flavonoides contienen en su estructura química varios grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades de quelación del hierro además de otros metales de transición, lo que en conjunto les confiere una gran capacidad antioxidante que eleva su efecto terapéutico en diversas patologías. De igual manera, presentan otras bondades como la estimulación de comunicación entre células y la regulación del crecimiento celular. Estos metabolitos tienen una temperatura de ebullición variable entre cada tipo que va desde los 100 °C en adelante.⁶³

2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/herbal-medicine/plants-secondary-metabolites-the-key-drivers-of-the-pharmacological-actions-of-medicinal-plants>

⁵⁹ PÉREZ-ALONSO, Naivy y JIMÉNEZ, Elio. Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo *in vitro*. p. 197. Biotecnología Vegetal [en línea]. 2011, octubre – diciembre, 11 (4) [Consultado 22 julio 2019]. ISSN 2074-8647. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/255/837>

⁶⁰ *Ibid.*, p. 199

⁶¹ ESCAMILLA JIMÉNEZ, Christopher Isaac; CUEVAS MARTÍNEZ, Elvis Yane y GUEVARA FONSEC, Jorge. Flavonoides y sus acciones antioxidantes. p. 73. Revista de la Facultad de Medicina UNAM [en línea]. 2009, marzo – abril, 52 (2) [Consultado 05 agosto 2018]. ISSN 0026-1742. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no52-2/RFM052000207.pdf>

⁶² MANACH, Claudine, *et. al.* Polyphenols: food sources and bioavailability. p. 727. The American Journal of Clinical Nutrition [en línea]. 2004, mayo, 79 (5) [Consultado 25 julio 2019]. ISSN 1938-3207. Disponible en: <https://academic.oup.com/ajcn/article/79/5/727/4690182>

⁶³ CALDERÓN, Yessi. Determinación de la cantidad de flavonoides presentes en la mandarina (*Citrus Reticulata*). p. 16. En: ACADEMIA [sitio web]. Estados Unidos: ACADEMIA. [Consulta 05 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.academia.edu/29403839/flavonoides_en_mandarina

El ser humano al consumir alimentos o absorber de productos cosméticos dichos componentes se benefician con sus capacidades antiinflamatorias, antimicrobianas, antitrombóticas, antialérgicas, antitumorales, anticancerígenas y antioxidantes. Pueden clasificarse según el control que ejercen en los niveles de auxinas u hormonas vegetales en diferentes grupos como ácido elálgico, antocianidinas Catequina, citroflavonoides, isoflavonoides, kaemferol y proantocianidinas. Los flavonoides que priman en la composición de la guatila son los isoflavonoides y las flavononas.⁶⁴

Es válido mencionar que, de acuerdo con Elzbieta E.Brand-Garny, no se han reportado datos sobre posibles efectos adversos al administrar una dosis excesiva de flavonoides y se destaca que la concentración efectiva de flavonoides, para lograr un efecto terapéutico, tales como la quercetina, la quercitrina y la rutina, en las preparaciones cosméticas, es baja y está comprendida entre 0.05 y 0.15% sobre el total de la preparación. Es preciso aclarar que a pesar de que partir de este rango se hace efectiva la acción de estos metabolitos, el porcentaje puede aumentarse con el fin de mejorar los efectos curativos en la piel.⁶⁵

1.8.1.1 Mecanismo de acción. Los compuestos fenólicos y especialmente los flavonoides son destacados en la actualidad por su actividad benéfica en la piel, pues a estos se asocian excelentes niveles de capacidad antioxidante, antiinflamatoria, antialérgica y antimicrobiana. La capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos en general y su actividad en los diversos productos que los contienen como agente activo, se ve influenciada por su estructura química, haciendo que existan grandes diferencias en la efectividad como agentes antioxidantes entre los distintos grupos de compuestos. Los flavonoides pueden actuar como antioxidantes mediante dos mecanismos principales⁶⁶:

- Captador de radicales libres: Estos compuestos fenólicos actúan como donantes de hidrógeno o de electrones en reacciones que interrumpen el ciclo de obtención de nuevos radicales libres, deteniendo las reacciones en cadena en las que estos se encuentran, el resultado es un radical fenoxilo que posee menor reactividad pues ha sido estabilizado por resonancia con los electrones del anillo aromático. Existen dos características estructurales que, para el caso específico de la quercetina, determinan su capacidad para captar radicales libres, la primera de estas es la presencia de dos grupos hidroxilo en posición orto en el anillo B del flaván (ver ilustración) y la segunda es la presencia del hidroxilo en el anillo del doble enlace entre los carbonos 2 y 3.

⁶⁴ MARTINEZ FLÓREZ, S, *et al.* Los Flavonoides: Propiedades y Acciones Antioxidantes. p. 272. Nutrición Hospitalaria [en línea]. 2002, agosto, 17 (6) [Consultado 05 agosto 2018]. ISSN 0212-1611. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

⁶⁵ BRAND-GARNYS, Elzbieta, DENZER, Horst, MEIJER, Hamke, BRAND, Hans. Flavonoids: a review for cosmetic application. p. 149. Journal of Applied Cosmetology [en línea]. 2007, octubre - diciembre, 25 (4) [Consultado 26 julio 2019]. Disponible en: <http://www.iscd.it/files/FLAVONOIDS---A-REVIEW-FOR-COSMETIC-APPLICATION---PART-TWO.pdf>

⁶⁶ GARCÍA ALONSO, Francisco Javier. Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes [en línea]. p. 31. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, 2006. [Consultado 25 julio 2019]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11052/GarciaAlonso2de2.pdf?sequence=2>

- Quelantes de metales: Para este mecanismo es necesaria la presencia de grupos hidroxilos cercanos en el anillo aromático del compuesto, de tal manera que estos, en forma de orto dihidroxifenoles, son buenos captadores de iones metálicos e inhiben la generación de radicales libres asociados a la oxidación de la piel.

Por otra parte, existen otros factores que tienen gran influencia en la actividad antioxidante de los compuestos fenólicos tales como el número y la posición de los grupos hidroxilo, el grado de polimerización o la presencia de azúcares, estos en conjunto determinan propiedades de los compuestos fenólicos como la solubilidad y la tendencia a ceder electrones o átomos de hidrógeno, permitiendo clasificarlos como buenos o malos antioxidantes. En general, la actividad antioxidante de los flavonoides se deriva de la combinación de sus propiedades quelantes de los metales como el hierro y de la inhibición de oxidasas, lo que evita la formación de especies reactivas de oxígeno y de hidroperóxidos orgánicos. Por lo anterior, se destaca que todos los flavonoides tienen actividad terapéutica asociada a la antioxidación por la captación, destrucción e inhibición de radicales libres determinada por la infaltable presencia de hidroxilos en la estructura de estos compuestos.

Así mismo, la actividad antiinflamatoria de los flavonoides, se encuentra relacionada con la inhibición de diversas enzimas involucradas en el metabolismo del ácido araquidónico tales como la ciclooxigenasa, la lipooxigenasa, el fosfato dinucleótido adenina nicotinamida (NADPH) oxidasa y la xantina oxidasa, y así mismo con la inactivación de radicales libres, reduciendo con ello el estrés oxidativo asociado al envejecimiento y el daño de la piel. Cabe destacar que, de igual forma, los flavonoides actúan inhibiendo la migración celular, en la que a lo largo del proceso inflamatorio los leucocitos se dirigen por quimiotactismo hacia el foco inflamatorio, donde son activados liberando eicosanoides y otros agentes proinflamatorios e inhibiendo la liberación de la histamina, que además de relacionarse con la inflamación se asocia principalmente con la actividad alérgica de la piel. Los flavonoides de los tipos flavonoles e isoflavonas se caracterizan por ser buenos agentes antiinflamatorios.⁶⁷

1.8.1.2 Métodos de determinación de la presencia de flavonoides. Existen diversas técnicas para determinar si en la muestra se encuentra el metabolito secundario deseado; éstas varían desde la prueba de colorimetría de la reacción de Shinoda hasta métodos de carácter cuantitativo que requieren la construcción de una curva patrón a determinadas absorbancias empleando sustancias patrones que suelen ser flavonoides de venta comercial concentrados y altamente puros como la catequina o la quercetina.

⁶⁷ ENCISO, Edwin y ARROYO, Jorge. Efecto antiinflamatorio y antioxidante de los flavonoides de las hojas de *Jungia rugosa* Less (matico de puna) en un modelo experimental en ratas. p. 235. Anales de la facultad de Medicina [en línea]. 2011, 72 (4) [Consultado 26 julio 2019]. ISSN 1025-5583. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v72n4/a02v72n4>

- **Reacción de Shinoda.** Es una técnica cualitativa de detección de flavonoides en la que se emplea magnesio y ácido clorhídrico concentrado (37%). Conforme con lo expuesto por Alayo y Guevara⁶⁸, en la reacción de Shinoda, el magnesio metálico es oxidado por el HCl concentrado, dando como productos al hidrógeno, que es eliminado en forma de gas y el cloruro de magnesio (MgCl₂), formando complejos con los flavonoides dando coloraciones características entre amarillo y rojo. El magnesio divalente intensifica la coloración por estar doblemente coordinado.
- **Técnica de Espectrofotometría.** Es una técnica cuantitativa de conteo de flavonoides en extractos acuosos o alcohólicos, que emplea como equipo un espectrofotómetro de luz visible o UV. La espectrofotometría es uno de los métodos de análisis ópticos más usados, y se basa en la relación que existe entre la absorción de luz por parte de un compuesto y su concentración⁶⁹. Este método implica la realización de una curva patrón o estándar que emplee algún metabolito secundario determinado, como referencia, y además requiere de la preparación de la muestra con compuestos químicos con el fin de garantizar una lectura adecuada. Los datos arrojados por el equipo corresponden a valores de absorbancia que deben relacionarse con la curva patrón correspondiente para la obtención de datos referentes a un conteo de metabolitos válido y generalmente se expresan con base en el componente patrón como mg de metabolito/ml de muestra.

1.9 ANÁLISIS SENSORIAL DE UN PRODUCTO

También llamada evaluación sensorial, permite establecer las preferencias y las características percibidas de un producto por un panel que puede ser de expertos o de consumidores de cierto producto. Se ha definido como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído”⁷⁰. Mediante dicha herramienta es posible realizar controles del proceso de elaboración y vigilancia al producto, así como, la influencia de cierto tiempo de almacenamiento comparando la sensación experimentada y la aceptación por parte de los consumidores.

1.9.1 Prueba hedónica. Conocida como prueba de preferencia o de clasificación. Este tipo de pruebas se enfocan en el resultado producido por el estímulo brindado

⁶⁸ALAYO RODRÍGUEZ, Nilder Marino y GUEVARA ENRIQUEZ, Leslie Katherine. Identificación preliminar de fitoconstituyentes en las inflorescencias de bejaria aestuans L. (purum-rosa) [en línea]. p.25. Trabajo de grado bachiller en farmacia y bioquímica. Universidad Nacional de Trujillo, 2012. [Consultado 05 agosto 2018]. Disponible en: <http://dspace.unitr.u.edu.pe/handle/UNITRU/4063>

⁶⁹ABRIL DÍAZ, Nieves., et al. Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. p. 2. En: UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA [sitio web]. Córdoba: UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. [Consulta: 19 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf

⁷⁰HERNANDEZ ALARCÓN, Elizabeth. Evaluación Sensorial. p. 30. En: INOCUA [sitio web]. Bogotá D.C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. [Consulta: 06 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>

a la hora de consumir el producto. Se usa ampliamente para determinar el interés o preferencia hacia productos nuevos comparándolos con la competencia y así evaluar la posibilidad de entrada al mercado de dicho ítem. Utilizan escalas hedónicas estructuradas, las cuales exponen mayores opciones de selección, y no estructuradas, con solo dos opciones a elegir para expresar la preferencia.⁷¹

1.10 MARCO LEGAL

Considerando que el producto fitoterapéutico está destinado a entrar en contacto con la piel, es preciso tener en cuenta la normatividad establecida para este tipo de preparaciones con el fin de garantizar que estas no afecten la salud de este órgano ni pongan en riesgo la vida humana. Se hace uso de la resolución 1482 de 2012 de la Comunidad Andina y se asegura su estricto cumplimiento.

1.10.1 Resolución 1482 de 2012. Es la modificación realizada a la resolución 1481 por parte de la Comunidad Andina, en la cual Colombia participa como miembro activo, mediante la que se establecen los límites de aceptabilidad de contenido microbiológico en productos cosméticos, el rango de pH más adecuado, la actividad del agua y la temperatura de llenado del envase del producto.⁷² Los parámetros previamente mencionados se enlistan en el cuadro 1, considerando para la pomada el área de aplicación de demás productos cosméticos susceptibles de contaminación microbiológica.

⁷¹ CATANIA, C y AVAGNINA, S. El Análisis Sensorial. p. 14. En: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA [sitio web]. Mendoza: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. [Consulta: 06 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-29__el_analisis_sensorial.pdf

⁷² PERÚ. COMUNIDAD ANDINA. Resolución 1482. p. 1. [en línea]. (2, Julio, 2012). Modificación de la Resolución 1418: Límites de contenido microbiológico de productos cosméticos. En: COMUNIDAD ANDINA [sitio web]. [Consulta: 06 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/DocOf/RESO1482.pdf>

Cuadro 1. Límites de aceptabilidad de microorganismos en diversos productos.

Área de aplicación y Fase Etaria	Límite de aceptabilidad
<ul style="list-style-type: none"> • Productos para uso en infantes (hasta 3 años) • Productos para uso en área de ojos. • Productos que entran en contacto con las membranas mucosas 	<ul style="list-style-type: none"> a. Recuento de microorganismos mesófilos aerobios totales. Límite máximo 5×10^2 UFC/g ó ml. b. Ausencia de <i>Pseudomonas aeuriginosa</i> en 1 g ó ml. c. Ausencia de <i>Staphylococcus aureus</i> en 1 g ó ml. d. Ausencia de <i>Escherichia coli</i> en 1 g ó ml.
<ul style="list-style-type: none"> • Demás productos cosméticos susceptibles de contaminación microbiológica 	<ul style="list-style-type: none"> a. Recuento de microorganismos mesófilos aerobios totales. Límite máximo 5×10^3 UFC/g ó ml. b. Ausencia de <i>Pseudomonas aeuriginosa</i> en 1 g ó ml. c. Ausencia de <i>Staphylococcus aureus</i> en 1 g ó ml. d. Ausencia de <i>Escherichia coli</i> en 1 g ó ml.
<ul style="list-style-type: none"> • Productos a ser utilizados en los órganos genitales externos. 	<ul style="list-style-type: none"> a. Ausencia de <i>Candida albicans</i>

Fuente. PERÚ. COMUNIDAD ANDINA. Resolución 1482. p. 2. [en línea]. (2, Julio, 2012). Modificación de la Resolución 1418: Límites de contenido microbiológico de productos cosméticos. En: COMUNIDAD ANDINA [sitio web]. [Consulta: 06 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/DocOf/RESO1482.pdf>

2. OBTENCIÓN DE EXTRACTO NATURAL DE GUATILA

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos una vez realizada la evaluación de diversos métodos de extracción, que a nivel bibliográfico cuentan con el respaldo que indica cuáles componentes activos importantes, tales como los flavonoides, se preservan en el extracto obtenido a fin de garantizar los beneficios que estos proveen al producto final. La concentración de flavonoides en los extractos obtenidos se cuantificó mediante el uso de la curva patrón presentada en la figura 5, la cual fue realizada con quercetina como estándar, que tal como se menciona en la sección 1.8.1.2, es un compuesto específico para dicho proceso. Así mismo y dada su relevancia, se presentan los cálculos correspondientes al rendimiento de cada método de extracción evaluado, pues estos representan un indicador complementario a la cuantificación del principio activo para determinar que el mejor método de obtención del extracto natural de guatila es la decocción; por otra parte, con el fin de establecer los parámetros y condiciones del método elegido, se evaluó la variación de ciertos criterios del proceso con el fin de obtener la mayor concentración del principio activo en el extracto.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Existen diversas variedades de guatila las cuales se diferencian entre sí por factores como lo son la facilidad de cultivo, el tiempo de cosecha y floración, la composición química porcentual, entre otros; a su vez, cada una de estas especies presenta características específicas como color, forma, longitud, ancho, masa, número de costillas y rugosidad, por lo que fue preciso realizar el reconocimiento de estos aspectos a fin de clasificar la materia prima empleada en los procesos de extracción siguientes.

2.1.1 Guatila. La guatila o chayote, como se menciona en la sección 1.1.1, es una cucurbitácea cuyo fruto es empleado frecuentemente como hortaliza y de la cual se encuentran alrededor de 120 variedades diferentes⁷³, aproximadamente 10 de ellas de habitual uso; en Colombia la variedad de guatila con mayor tasa de cultivo, consumo y comercialización es la *nigrum xalapensis*. Para la obtención de los extractos mediante la evaluación de varios métodos, se emplearon frutos recolectados durante el período comprendido entre octubre de 2018 y marzo de 2019 en el municipio de Anolaima, Cundinamarca y adquiridos en la central de Abastos de Bogotá. Todas las muestras de guatila fueron analizadas y usadas, en los diversos métodos de extracción, con su exocarpo o piel exterior. La masa promedio de las cucurbitáceas seleccionadas se encuentra entre 350 y 550 gramos, éstas no presentaban espinas, tenían brillo moderado y mostraban rugosidad variable, la muestra promedio de estas se presenta en la imagen 1.

⁷³ BARRERA. Op. cit, p.2.

Imagen 1. Muestra de guatila promedio empleada en el proceso de extracción.

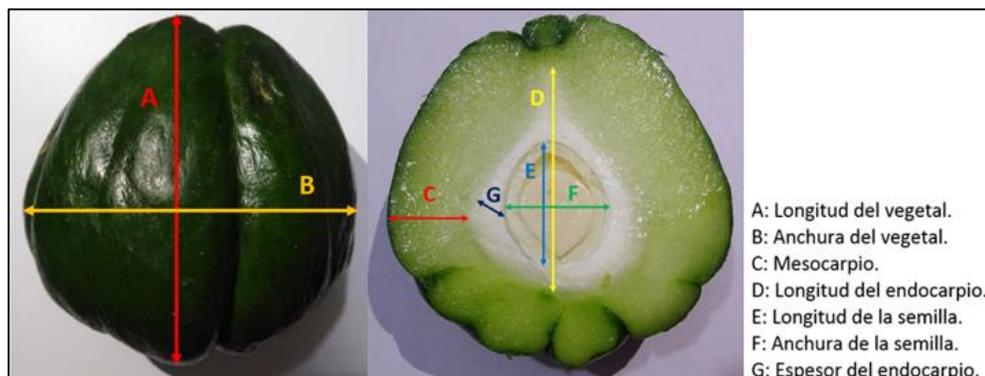


Fuente: elaboración propia.

2.1.1.1 Caracterización morfológica. Un aspecto de suma importancia al realizar la caracterización de la materia prima principal, es su morfología, pues este factor permite realizar una clasificación fundamentada en criterios botánicos, que garantiza una homogeneidad relativa en la muestra seleccionada, con el fin de reducir al máximo los factores que ocasionan diferencias significativas entre los distintos frutos y los cuales dan lugar a resultados dispersos generando incertidumbre con respecto a las propiedades del producto final como preparado fitoterapéutico. La caracterización morfológica de los frutos de guatila comprende una serie de índices y parámetros que se encuentran enlistados y detallados en la sección 1.1.1.2, ésta fue realizada con el uso de una cinta métrica con escala de medición en centímetros y teniendo en cuenta las magnitudes ilustradas en la imagen 2. Al tratarse de una partícula que es asimétrica en sus tres dimensiones se empleó el diámetro medio de Feret⁷⁴, tomando un promedio del diámetro máximo, entendido como la longitud de la guatila, y el diámetro mínimo, consistente en la anchura del fruto, con el fin de reportar de forma simplificada el tamaño de partícula a utilizar.

⁷⁴ GREEN, Don y PERRY, Robert. Particle-Size Analysis. En: Perry's Chemical Engineers' Handbook. [en línea]. 8ª ed. Nueva York, Estados Unidos: McGraw Hill Professional, 2008. [Citado el 27 de julio de 2019]. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2183/content/book/9780071422949/toc-chapter/chapter21/section/section2>

Imagen 2. Magnitudes para la caracterización morfológica de los frutos de guatila



Fuente: elaboración propia, con base en. CASTRO RODRÍGUEZ, J. *et al.* Caracterización morfológica y composición química de chayotas (*Sechium edule*) cultivadas en las Islas Canarias (España). p. 245. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. [en línea]. 2015, diciembre, 65 (4) [Consultado 01 agosto 2018]. ISSN: 0004-0622. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/4/art-5/>

Los resultados obtenidos una vez realizadas las mediciones previamente mencionadas se exponen en la tabla 1.

Tabla 1. Datos de caracterización morfológica de los frutos empleados de guatila (*Sechium edule*)

Número	1	2	3	4	5	6
Forma	Redonda	Piriforme	Piriforme	Piriforme	Piriforme	Piriforme
Color	Verde oscuro					
Longitud (cm)	14.3	14.1	14.8	14.4	16.9	10.3
Anchura (cm)	14.8	16.3	17.6	15.7	15.9	9.8
Diámetro medio de Feret (cm)	14.5	15.2	16.2	15.1	16.4	10.1
Peso (g)	337	416	381	425	436	400
Rugosidad	Bastante	Escasa	Bastante	Escasa	Ausente	Ausente
Largo de semilla (cm)	2.8	3.1	4.3	4.2	3.3	3.5
Ancho de semilla (cm)	2.9	2.1	3.9	3.9	2.7	2.7

Tabla 1. (Continuación)

Número	1	2	3	4	5	6
Largo del endocarpio (cm)	5.5	6.2	6.0	5.7	5.9	6.3
Espesor del endocarpio (cm)	0.5	0.6	0.4	0.7	0.5	0.8
Mesocarpio (cm)	1.97	2.30	2.53	3.05	2.17	2.21

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con los datos presentados en la tabla 1 es válido concluir que los frutos usados en el proceso corresponden a la variedad de guatila *nigrum xalapensis*, por tratarse de ejemplares cuyos parámetros morfológicos coinciden con los típicos de esta variedad y que se encuentran descritos de manera detallada en la sección 1.1.1.1. La elección de este tipo particular de guatila, a pesar de representar una muestra relativamente homogénea, no garantiza que los parámetros físicos y químicos de los ejemplares sean idénticos, dado que se trata de un fruto muy irregular altamente dependiente de las condiciones climáticas y de cultivo, factores que resultan difíciles de controlar en su totalidad.

2.1.1.2 Estado de maduración. A nivel práctico, el índice de cosecha determina el estado de un fruto y es un criterio relevante pues este se basa en los criterios dependientes de las necesidades de consumo en el mercado, con base en lo anterior y como se detalla en la sección 1.1.1.3 los frutos pueden cosecharse en dos estados de maduración distintos: hortícola y fisiológica. La madurez hortícola es el estado en el que se cosechan la mayoría de guatilas, se aprecia una madurez adecuada para el consumo, y característico por la firmeza y el brillo, por otra parte, en la madurez fisiológica se evidencian ejemplares recios o duros, con presencia de estrías en la epidermis y con germinación de la semilla en su interior; estos factores varían según la variedad, para el caso específico de la variedad *nigrum xalapensis*, los dos estados de maduración se ilustran en la imagen 3.

Imagen 3. Tipos de madurez en frutos de guatila var. *Nigrum xalapensis*.



Fuente. ARÉVALO GALARZA, María de Lourdes, *et al.* Rescatando y aprovechando los recursos fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 3: El chayote. p. 5. [en línea]. México, México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C, 2011. [citado el 27 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231852/El_chayote_volumen_3.pdf. ISBN: 978-607-715-022-0.

La materia prima empleada en el proceso de producción de la pomada fue seleccionada en un estado de madurez hortícola, pues la mayor cantidad de flavonoides se encuentra en frutos en este estado o una etapa anterior a ésta. Los ejemplares pertenecientes a la variedad *nigrum xalapensis* alcanzan su madurez hortícola a los 18 ± 2 días después de la antesis o floración y corresponden a frutos de tamaño medio, turgentes, brillantes, firmes en su superficie, de consistencia suave en la epidermis y sin estrías o indicios de germinación⁷⁵. La elección de este parámetro permite contar con una muestra específica que garantiza que el contenido de flavonoides será alto en relación con frutos en otros estados de maduración asegurando una concentración adecuada del principio activo en el producto final.

2.1 OPERACIONES PRELIMINARES

Las operaciones de desinfección, secado, molienda y tamizado, son etapas fundamentales en el proceso ya que, además de tener influencia en la preservación de las propiedades la guatila, son medidas que permiten evitar o reducir el crecimiento de microorganismos como bacterias, mohos y levaduras a lo largo de la producción y especialmente durante la obtención del extracto mediante los diferentes métodos considerados; en conjunto las anteriores consideraciones conllevan a evaluar si la aplicación de procedimientos previos favorece la concentración de los flavonoides en el extracto final obtenido.

2.2.1 Desinfección. En esta primera etapa, se realizó una limpieza general de la guatila con una solución de hipoclorito al 1% con el objetivo de retirar elementos contaminantes propios de las actividades de cultivo, cosecha y transporte del

⁷⁵ARÉVALO. Op. Cit, p. 9.

material, tales como restos de suelo, material particulado, sustancias fertilizantes, pesticidas, entre otros. Así mismo, esta operación inactiva agentes patógenos que, mediante su actividad biológica y por la existencia de un sustrato óptimo para el crecimiento, podrían afectar la composición y la calidad del extracto. Este procedimiento resulta fundamental y debe realizarse de manera exhaustiva, dado que en todos los métodos de extracción se emplea la guatila con su exocarpo o cáscara, la cual ha estado en contacto directo con agentes contaminantes. Una segunda fase, donde se empleó un detergente suave de cocina, agua y escobillas facilitando la limpieza de zonas difíciles de alcanzar como lo son los surcos y hendiduras, propios de la morfología de la guatila, en los que es usual encontrar depósitos de suelo y demás agentes contaminantes.

2.2.2 Secado. Esta operación es necesaria como tratamiento anterior a los procesos de extracción, dado que es recomendado contar con un porcentaje de humedad menor al 10% en muestras alimenticias, para evitar el crecimiento de microorganismos que en conformidad con la Resolución 1482 de la Comunidad Andina, presentada en la sección 1.10.1, debe ser nulo en el producto final. De acuerdo con diferentes referencias consultadas alusivas a las temperaturas óptimas de secado del material vegetal, mostradas en la tabla 2, se realizaron curvas de secado para la guatila a tres diferentes temperaturas, puesto que la zona de cultivo, las condiciones climáticas y de crecimiento proporcionan características fisicoquímicas diferentes, dentro de las que, para efectos de análisis, se destaca el porcentaje de agua contenido en la masa total del fruto. Lo anterior se realizó con el fin de concluir cuál valor de temperatura empleado es el más favorable para alcanzar el porcentaje de humedad requerido y a la vez evitar la evaporación de los flavonoides como principio activo.

Tabla 2. Referencias bibliográficas intervalos de temperatura de secado de la guatila

Título	Autor	Año	Temperaturas empleadas (°C)
Análisis fisicoquímico preliminar y determinación de las actividades anti-inflamatoria y cardiaca de los frutos de <i>Sechium Edule</i>	Mohamed, A; Polo, A; Contreras, C; Maldonado, L.	2010	50

Tabla 2. (Continuación)

Título	Autor	Año	Temperaturas empleadas (°C)
Bioactive compounds and antioxidant capacity of fruit on <i>Sechium Edule</i>	Albarracín, G; López, R; Arellano, M; Marchevsky, E; Escudero, N.	2010	40 -45
Effect of blanching and osmotic pre-treatment on drying kinetic, Shrinkage and Rehydration of Chayote (<i>Sechium edule</i>) during convective drying.	Akonor, P; Tortoe, C.	2014	65
Effect of drying on the physico-chemical and organoleptic characteristics of Chayote (<i>Sechium edule</i> Sw.)	Kaur, K; Sharma, H; Verma, R.	2010	55, 65, 75
Proceso de obtención de una harina de cidra papa y su caracterización fisicoquímica.	Quintero, M; Zambrano, Z.	2011	50, 60
The drying and rehydration process of chayote (<i>Sechium edule</i>)	Ramirez, A	2018	60

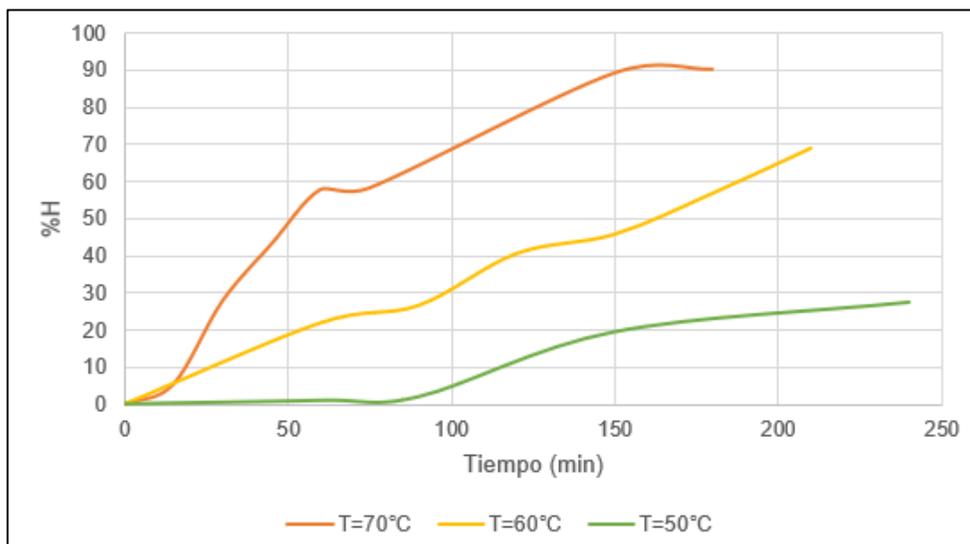
Tabla 2. (Continuación)

Título	Autor	Año	Temperaturas empleadas (°C)
Obtención de fruta Confitada a partir del Chayote (<i>Sechium edule</i> L.) por el método del proceso lento.	Yurivilca C	2002	60
Physicochemical análisis and nutritional properties of fresh, osmo-dehydrated and dried chayote (<i>Sechium edule</i> L.)	Sahijul, I; Avinash, K; Kshirod, K; Saddam, A.	2017	55

Fuente: elaboración propia.

La guatila, previamente cortada en láminas de 1 a 2 mm aproximadamente, se secó a tres temperaturas diferentes 50°C, 60°C y 70°C por espacio cercano a cuatro horas, en una estufa de secado marca Memmert con circulación de aire fresco. Para realizar las curvas de secado a las temperaturas correspondientes se tomó el peso de dos láminas de guatila, seleccionadas al azar, al inicio de la operación y de manera simultánea se repitió este procedimiento cada media hora para el caso de las láminas sometidas a un secado de 70°C, y cada hora para las láminas de vegetal secados a 50 y 60°C, los tiempos fueron determinados en concordancia con los valores de temperatura, pues a menor temperatura mayor tiempo de secado; con dichos datos se determinó el porcentaje de humedad retirada de manera progresiva en el proceso secado conforme pasa el tiempo, el cual se evidencia para cada ensayo en la gráfica 1.

Gráfica 1. Curvas de pérdida de humedad de la guatila a 50, 60 y 70°C



Fuente: elaboración propia.

Las curvas de pérdida de humedad en función del tiempo, permiten evidenciar que al someter las láminas de guatila a una temperatura de 70 °C el tiempo de secado se reduce en una magnitud entre 65 y 30 minutos con respecto a las temperaturas de 50 y 60 °C, lo cual concuerda con la condición estipulada donde la temperatura de secado no puede exceder a la temperatura de ebullición de los flavonoides, que de acuerdo con literatura se reporta a partir de 100 °C⁷⁶ y difiere entre variedades de guatila, pues estos se volatilizan; sin embargo, un valor superior a 60°C no es recomendable para el secado de este vegetal dado que, además de ocasionar cambios organolépticos evidentes, se disminuyen las concentraciones de componentes nutricionales como las vitaminas A, C, K y E, ácido fólico y tiamina⁷⁷ puesto que su estabilidad es sensible al incremento de la temperatura⁷⁸ lo que conlleva a la pérdida de beneficios aportados tales como la regeneración y protección de las células de la piel.

Por las razones previamente mencionadas, se estableció la temperatura de secado en 50°C con un tiempo de operación de 4 horas aproximadamente con el fin de permitir la fijación de los flavonoides y evitar el crecimiento microbiano en las láminas de guatila sin conllevar a la volatilización de los demás componentes benéficos y respetando los límites recomendados para el tratamiento de alimentos de tipo vegetal.

⁷⁶ CALDERÓN, Yessi. Op. cit, p. 16.

⁷⁷ VIERA, Elsa, *et al.* Op. cit, p. 559.

⁷⁸ DSM. [sitio web]. Estados Unidos: Royal DSM, Vitamin Stability. párr. 5. [Consulta: 24 julio 2019]. Disponible en: https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/Compendium/vitamin_basics/vitamin_stability.html

2.2.3 Molienda – Tamizado. Para los métodos de destilación por arrastre de vapor y extracción soxhlet fue necesaria la molienda de la guatila previamente secada, pues era fundamental contar con un tamaño de partícula menor y estándar con el fin de establecer si un mayor contacto soluto-solvente favorece la extracción del compuesto de interés. La operación de molienda se realizó con el uso de una trituradora eléctrica durante un tiempo de 5 minutos, la muestra obtenida aproximada de 60 g de material vegetal molido fue posteriormente separada mediante el uso de tamices número 4, 10 y 20 de la serie Tyler standard durante 4 minutos para determinar el tamaño de partícula predominante. En la tabla 3 se presentan los resultados del análisis granulométrico realizado a la muestra seca, molida y posteriormente tamizada.

Tabla 3. Análisis granulométrico por tamizado de tajadas secas y trituradas de guatila.

Malla	Abertura (mm)	Cantidad (g)	X_i Fracción de masa retenida	X_{ia} Fracción de masa retenida acumulada	Diámetro de partícula (mm)
3	6.668	0	0.0000	0.0000	-
4	4.715	5	0.0870	0.0870	5.6915
10	1.667	36.5	0.6348	0.7217	3.1910
20	0.833	11.5	0.2000	0.9217	1.2500
Fondo (35)	0.417	4.5	0.0783	1	0.6250

Fuente: elaboración propia

Considerando los resultados anteriores, es válido precisar que el tamaño de partícula representativo para emplear en los métodos de extracción por destilación con arrastre de vapor y soxhlet, es de aproximadamente 3 mm, pues la mayor fracción de masa retenida, equivalente a un 63%, se acumuló en el tamiz de malla 10 al cual corresponde el diámetro mencionado. Cabe anotar que durante la operación de tamizado se presentaron pérdidas inherentes al proceso cercanas a los 5 gramos. Añadido a lo anterior es preciso mencionar que es válido emplear las

fracciones de masa retenidas en los demás tamices para posteriores etapas del proceso, como el enriquecimiento del aceite con material vegetal seco.

2.2 APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

Con el fin de obtener la mayor concentración de flavonoides, que como metabolitos secundarios representan el principio activo del producto a realizar, y así mismo en busca del mejor rendimiento, se evaluaron seis métodos de obtención del extracto natural de la guatila, dentro de los que se incluyen tres de tipo artesanal. Cabe destacar que de acuerdo con lo mencionado en la sección 1.8.1.1, todos los flavonoides tienen efecto terapéutico asociado a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antihistamínicas, por consiguiente, la mezcla extraída de estos metabolitos en fase acuosa no requiere ser separada, ni ningún componente de la misma aislado. Los métodos usados son de diferentes tipos, de tal manera que permiten evaluar cuál de estos resulta ser más eficiente, se consideran métodos de destilación directa, extracción con solventes y una técnica de vanguardia.⁷⁹ La elección de los diferentes métodos se fundamentó en procesos ya realizados, consultados en literatura avalada científicamente, cada uno de estos es apropiado para la extracción de componentes a partir de materia prima vegetal con características como las que presenta la guatila.

2.3.1 Maceración en frío. En este método directo de extracción de tipo artesanal, se utilizó aceite de almendras como solvente de extracción. La cantidad de solvente de extracción para este método debe ser suficiente para cubrir por completo el material vegetal a macerar, dependiendo de los recipientes destinados para este proceso estos valores cambian, no obstante, se mantienen bajo el principio de que la cantidad de solvente es superior a la de soluto.⁸⁰ Para dicho proceso se empleó guatila cortada en julianas, previamente secadas a temperatura ambiente por 48 horas, aproximadamente. La maceración fue llevada a cabo por un lapso de 2 meses en ausencia de luz y en recipientes de vidrio tapados.

El método se descartó dados los resultados obtenidos una vez se alcanzó el tiempo previsto para el macerado, por lo tanto, no se realizó para éste la cuantificación de flavonoides. Se evidencia la presencia de hongos y bacterias, indicando que las condiciones de pretratamiento de la materia prima deben ser elevadamente controladas, dentro de estas cabe destacar el proceso de secado, en el cual se debe garantizar una humedad inferior al 10%, para este proceso específicamente, con el

⁷⁹ CONTRERAS PUENTES, Escarleth del Carmen y RUIZ PÉREZ, Juan Diego. Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial presente en la cáscara de pomelo (*Citrus maxima*) [en línea]. p. 35-36. Trabajo de grado ingeniería química. Universidad de Cartagena, 2012. [Consultado 16 marzo 2019]. Disponible en: http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/108/1/Proyecto%20final%20de%20grado%20_14-11-2012_.pdf

⁸⁰ ROMERO LOZANO, Carlos Andrés. Elaboración de macerados y mistelas con especies vegetales disponibles en la provincia del Azuay [en línea]. p. 34. Trabajo de grado licenciado en gastronomía y servicios de alimentos y bebidas. Universidad de Cuenca, 2013. [Consultado 25 noviembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3697>

fin de evitar la fermentación responsable del crecimiento de dichos microorganismos.

2.3.2 Licuado. Con el fin de evaluar la proporción de flavonoides en el material vegetal fresco sin ser sometido a procesos térmicos, se realizó un licuado sin el uso de ningún solvente. Para este método de tipo directo, se empleó un fruto de 340 gramos⁸¹. El extracto total obtenido fue de 300 ml, no obstante, al tratarse de un vegetal verde rico en clorofila fue necesario retirar este pigmento mediante filtración al vacío haciendo uso de carbón activado, por lo que el extracto posterior a la remoción de clorofila fue de 72 ml. Este método también presenta pérdidas ya que la pulpa del vegetal se descarta, pues se trata de un procedimiento más de separación que de extracción al emplearse medios mecánicos para dividir la pulpa de la sustancia líquida y no requerirse un solvente de naturaleza orgánica.

2.3.3 Decocción. Es un método de tipo artesanal en el que se empleó agua como solvente de extracción natural. En el proceso se llevaron a cabo dos variaciones con el fin de evaluar la mejor obtención del principio activo. Si no se especifica de algún modo especial, las decocciones se preparan desde un 5% p/v en adelante (5% de material vegetal, 95% solvente), siempre siendo inferior la cantidad de soluto⁸². La primera decocción se realizó con una guatila entera con masa equivalente a 335 gramos la cual fue introducida en 700 ml de agua en su punto de ebullición, en un recipiente con tapa durante 20 minutos. El extracto obtenido es equivalente a 660 ml. El segundo ensayo del proceso se realizó con una guatila con 340 gramos de masa en 700 ml de agua; la cantidad de extracto obtenida fue de 670 ml.

La segunda decocción fue realizada con una guatila de 300 gramos, picada en cubos de aproximadamente 3 cm de lado, la cual fue puesta en 700 ml de agua en ebullición en un recipiente con tapa, durante 20 minutos. Se obtuvieron 680 ml de extracto. Para la segunda prueba del proceso se emplearon 350 gramos de materia vegetal en 700 ml de agua; la cantidad de extracto obtenida fue de 675 ml.

2.3.4 Infusión. Es un método de tipo artesanal en cual se utiliza agua como solvente de extracción. Se emplearon dos procedimientos con el fin de evaluar el mejor en cuanto a extracción de flavonoides. En la primera infusión se vertieron 175 ml de agua en su punto de ebullición sobre 5 gramos de guatila previamente seca en un recipiente con cierre ajustado y se dejó reposar 15 minutos⁸³ obteniéndose 150 ml

⁸¹ ZARATE, G, *et al.* Formulación de una bebida hidratante de chayote (*Sechium edule*) y lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka). p. 447. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos [en línea]. 2018, enero, 3 (1) [Consultado 06 agosto 2018]. ISSN 2448-7503. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/8/74.pdf>

⁸² ATIENZA FERNÁNDEZ, Manuela, ÁLVAREZ DEL VAYO, Concepción y MARTÍNEZ ATIENZA, Juliana. Protocolo para la preparación de líquidos orales. En: Formulación en farmacia pediátrica [en línea]. 4ª ed. Madrid, España: Antonio Madrid Vicente. 2011. [Citado el 10 de marzo de 2019]. Disponible en: <http://www.formulistasdeandalucia.es/ficherosgrandes/Symposium.pdf>.

⁸³ GUERRA CORADO, Alvaro Enrique. Obtención, caracterización y evaluación de las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como las tinturas del rizoma y de la fronda de calahuala (*phlebodium pseudoaureum*) a

de extracto. En la segunda infusión se mantuvo 5 minutos en su punto de ebullición la misma cantidad de agua, posterior a este tiempo se agregaron 5 gramos de guatila seca y se dejó hervir 5 minutos más⁸⁴, obteniéndose 160 ml de extracto.

2.3.5 Destilación por arrastre de vapor. Este método de amplio uso a nivel industrial fue realizado por duplicado y con dos variantes en la forma o disposición del material vegetal, a una temperatura de 94 °C. En las destilaciones la cantidad de solvente debe ser superior a la de materia vegetal, dependiendo del balón de destilación empleado, la proporción varía, no obstante, debe garantizarse que el solvente cubra por completo al soluto para evitar los daños por quemaduras en el material.⁸⁵ En el primer proceso se emplearon 30 gramos de guatila seca, con un porcentaje de humedad inferior al 10%, cortada en julianas. Se realizó una destilación simple con contacto directo solvente - vegetal, en 300 ml de agua destilada, usada como solvente de arrastre, por un tiempo aproximado de 5 horas para obtener 33 ml de extracto. El segundo ensayo del primer proceso se realizó en condiciones idénticas de temperatura y cantidades de solvente - vegetal, el tiempo de extracción en éste fue de 4 horas y media y se obtuvo una cantidad de extracto equivalente a 35 ml.

La variación al método fue realizada con guatila seca molida, con el fin de evaluar la eficiencia de la extracción al emplear un tamaño de partícula inferior al original. Se empleó una cantidad de solvente de 250 ml y 35 gramos de guatila; el tiempo de extracción se redujo a 3 horas y media y se obtuvo una cantidad de extracto equivalente a 88 ml. La segunda prueba de este proceso fue realizada a las mismas condiciones y en esta se obtuvieron 71 ml de extracto.

2.3.6 Extracción Soxhlet. De manera equivalente al método de destilación por arrastre de vapor, se realizaron dos procedimientos que difieren en la disposición del material vegetal utilizado, por cada uno de estos se realizó un segundo ensayo. El solvente de extracción empleado en este método fue etanol al 96%.⁸⁶ Para la obtención del primer extracto se usaron 11.5 gramos de guatila seca en julianas, con un porcentaje de humedad inferior al 10%, en 300 ml de etanol. El proceso de extracción se realizó en tres ciclos a 74°C, durante 5 horas y 10 minutos; posterior a la rotaevaporación mediante la cual se retiró el solvente, se obtuvieron 2 ml de extracto. Para el ensayo número 2 se usaron las mismas condiciones y el tiempo de

nivel de laboratorio [en línea]. p. 8. Trabajo de grado ingeniero químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. [Consultado 19 marzo 2019]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0951_Q.pdf

⁸⁴ SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Op. cit, p 6.

⁸⁵ ALBARRACÍN MONTOYA, Gloria Cristina y GALLO PALMA, Sonia Giovanna. Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando Piper aduncum (Cordoncillo) procedente de la zona cafetera [en línea]. p. 36. Trabajo de grado ingeniero químico. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 19 marzo 2019]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/989/1/gloriacristinaalbarracinmontoya.2003.pdf>

⁸⁶ RAY SARKAR, Bapi y KUMAR DEY, Biplab. Pharmacognostical and Preliminary Phytochemical screening of roots of *Sechium Edule* (Jacq.)sw. p. 1014. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences [en línea]. 2016, junio, 5 (7) [Consultado 09 marzo 2019]. ISSN 2278 – 4357. Disponible en: <https://www.wjpps.com/download/article/1467266083.pdf>

extracción se incrementó a 6 horas y 15 minutos, y se obtuvo una cantidad de extracto de 5 ml.

El segundo extracto fue obtenido mediante el uso de 15 gramos de guatila seca molida en 300 ml de etanol.⁸⁷ En el proceso de extracción se realizaron tres ciclos durante un tiempo de 5 horas y 5 minutos a una temperatura de 74°C, y se obtuvieron 12.6 ml de extracto. Para la segunda prueba se emplearon las mismas condiciones de temperatura y cantidad de solvente- vegetal molido, obteniendo en tres ciclos, cuya duración fue de 4 horas, un extracto equivalente a 16.2 ml.

2.3.7 Hidrodestilación asistida por microondas. En este método empleado para la obtención de extractos de materias primas vegetales, el cual es una técnica de vanguardia, la cantidad de materia prima se estableció de acuerdo con el mismo principio empleado en la destilación con arrastre de vapor, el material vegetal debe quedar completamente cubierto por el agua, aproximadamente un 50% del balón de destilación debe estar lleno de solvente. Para efectos del proyecto, fue utilizada una cantidad de guatila seca en julianas de 50 gramos en contacto directo con 1200 ml de agua destilada empleada como agente de extracción. La potencia suministrada al equipo fue de 60 kW y el proceso se realizó por un tiempo de 60 minutos.⁸⁸ Se obtuvieron 92 ml de extracto. En el segundo ensayo se emplearon las mismas condiciones de potencia, cantidad de guatila y agua y tiempo, y se obtuvieron 84 ml de extracto. Los extractos obtenidos mediante los diferentes métodos se aprecian en la imagen 4.

Imagen 4. Extractos obtenidos mediante diversos métodos.



Fuente: elaboración propia.

2.3 CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES

Una vez obtenidos los extractos mediante la realización de los métodos previamente descritos, como se demuestra en la figura 4, se realizó la cuantificación de flavonoides, lo cual permitió la elección acertada del mejor proceso de obtención del extracto de guatila.

⁸⁷ MOHAMED SALAMA, Ahmed, *et al.* Análisis Fitoquímico preliminar y determinación de las actividades anti-inflamatoria y cardiaca de los frutos de *Sechium Edule*. p. 80. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas [en línea]. 1986. Enero, 15 (1) [Consultado 09 marzo 2019]. ISSN 1909-6356. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/download/56630/55549>.

⁸⁸ GUARÍN, Oscar Darío y BARAJAS SOLANO, Andrés Fernando. Hidrodestilación asistida con microondas (MWHD) para la extracción de hidrolatos de plantas aromáticas. p. 52. Revista Politécnica [en línea]. 2015, julio – diciembre, 11 (21) [Consultado 09 marzo 2019]. ISSN 2256-5353. Disponible en: <http://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/619>

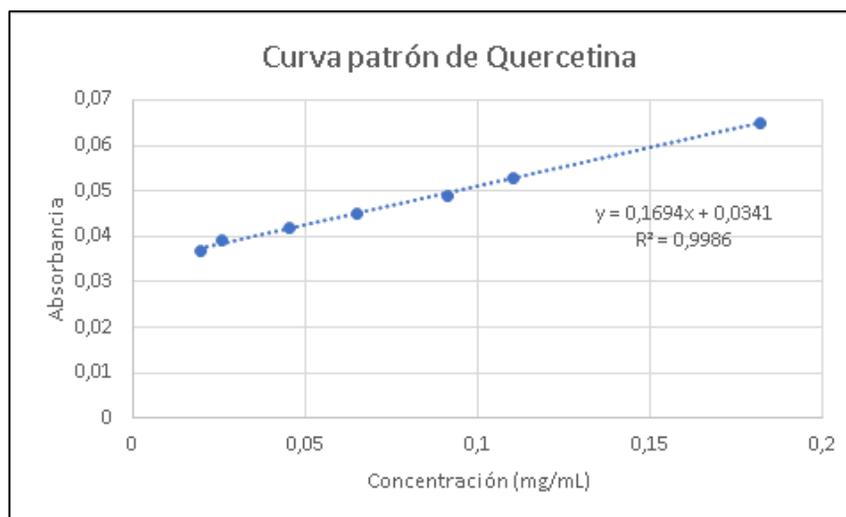
2.4.1 Prueba cualitativa. Como una prueba preliminar para la verificación de la presencia de flavonoides en los diferentes extractos obtenidos, se empleó la Reacción de Shinoda, descrita en la sección 1.18.1.2, en la que se usó ácido clorhídrico concentrado al 37% y limaduras de magnesio. El resultado de esta prueba fue negativo, no se observó cambio alguno en la coloración de las muestras. Lo anterior se justifica mediante el hecho de que la mayoría de extractos analizados son de tipo acuoso, y esta es una prueba destinada a extractos alcohólicos; por otra parte, considerando el hecho de que los extractos obtenidos mediante destilación soxhlet son de tipo etanólico, se esperaría una respuesta de coloración positiva, no obstante, en estos se evidencia un alto contenido de clorofila que otorga una coloración verde oscura y se superpone sobre los flavonoides, dificultando la correcta detección de dichos metabolitos secundarios.

2.4.2 Curva Patrón. Como patrón se empleó quercetina al 97%, como flavonoide de referencia, para la realización de la curva estándar. Se pesaron 2.6 gramos de quercetina en polvo y se diluyeron en 10 ml de etanol al 80%, de la solución se tomaron alícuotas de 75, 100, 175, 250, 350, 425 y 700 μ L, las cuales se llevaron a volumen en balones aforados de 10 ml con etanol. Posteriormente se tomaron 2 ml de cada muestra, se agregaron 2 ml de solución de cloruro de aluminio al 2% y se dejó en reposo por un tiempo de 20 a 30 minutos.⁸⁹ El reposo garantizó un contacto suficiente entre la solución de cloruro de aluminio y las muestras, el cual las prepara para obtener una correcta lectura de las absorbancias que luego serán útiles para la cuantificación de los flavonoides.

Se empleó un espectrofotómetro visible con referencia Jenway 6320 D. Se realizó un barrido inicial en un rango de longitudes de onda de 400 a 460 nm, para determinar la mejor, considerando los mayores valores de absorbancia arrojados, obteniendo como resultado una longitud de onda de 425 nm. La curva presentada en la gráfica 2 es válida para posteriores cálculos de cuantificación de flavonoides de los extractos que se incluirán en el producto final.

⁸⁹ CHÁVEZ RAMOS, María Guadalupe. Evaluación de la actividad antihipertensiva de nutraceuticos de fresa silvestre y comercial [en línea]. p. 34. Trabajo de grado magister en ciencias en producción agrícola sustentable. Instituto Politécnico Nacional, 2011. [Consultado 16 marzo 2019]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12234>.

Gráfica 2. Curva patrón de quercetina a 425 nm para la cuantificación de flavonoides.



Fuente: elaboración propia.

2.4.3 Prueba Cuantitativa. Con el fin de garantizar la presencia de flavonoides en los extractos de guatila obtenidos se realizó la cuantificación mediante el uso de espectrofotometría visible, en un rango de longitudes de onda de 415 a 430 nm con espacios de 5 en 5 nm, pues de acuerdo con la curva patrón la mejor lectura de este metabolito se encuentra en este intervalo. Dado que se emplearon muestras acuosas y etanólicas, fue necesario hacer uso de dos blancos diferentes: agua destilada y etanol al 96%. La tabla 4 permite observar la cantidad de flavonoides presentada en cada extracto y en los segundos ensayos respectivos, expresados en mg de quercetina/ ml de muestra, dichos valores se calcularon mediante la ecuación de la recta de la curva patrón.

Tabla 4. Cuantificación de flavonoides presentes en los diversos métodos de extracción evaluados.

Método	Ensayo 1	Ensayo 2
	Cantidad de flavonoides (mg quercetina/ml muestra)	Cantidad de flavonoides (mg quercetina/ml muestra)
Licudo	1.208	1.195
Decocción entera	1.206	1.156
Decocción en trozos	4.907	4.879
Hidrodestilación	0.171	0.482
Infusión método 1	3.409	3.390
Infusión método 2	0.117	0.110
Destilación por arrastre de vapor	0.025	0.028
Destilación por arrastre de vapor (molido)	0.075	2.540

Tabla 4. (Continuación)

Método	Ensayo 1	Ensayo 2
	Cantidad de flavonoides (mg quercetina/ml muestra)	Cantidad de flavonoides (mg quercetina/ml muestra)
Destilación Soxhlet	1.524	4.862
Destilación Soxhlet (molido)	3.992	1.195

Fuente: elaboración propia.

El valor inicial de contenido de flavonoides presente en el fruto fresco es proporcionado por la extracción por expresión o licuado, dado que dicho procedimiento al no involucrar solvente de extracción constituye un índice de referencia que permite determinar cuál de los métodos aplicados presenta mayor cantidad obtenida del metabolito secundario de interés.

De esta forma se observa en la tabla 4 que los métodos que propiciaron la extracción de un mayor contenido de flavonoides fueron aquellos que involucraron tratamiento térmicos y agua como disolvente, como la decocción e infusión, lo que concuerda con lo establecido por Peña *et al*⁹⁰. Dichos procesamientos implican un fenómeno de intercambio de nutrientes entre la guatila y el medio de cocción denominado expansión donde se presenta pérdida de los componentes por parte del alimento dado que la temperatura degrada las moléculas en el fruto cambiando su estructura química que sumado al gran poder disolvente del líquido de cocción y a la naturaleza hidrosoluble de los flavonoides favorece su extracción tanto en la pulpa como en la cáscara. En el caso de la extracción Soxhlet, al emplearse un solvente polar como el etanol se facilitó la extracción de los componentes orgánicos presentándose afinidad entre la clorofila y los flavonoides por lo que visualmente presentaba un color verde concentrado. A su vez se evidencia que la operación preliminar de molienda contribuye a la interacción entre solvente y guatila seca debido a la disminución del tamaño de partícula aumentando la concentración del componente bioactivo obtenido comparando el mismo método con los mismos parámetros.

2.4.4 Elección del mejor método. El rendimiento de cada uno de los métodos de extracción evaluados y sus respectivos segundos ensayos, se presenta en la tabla 5 y fue calculado mediante la ecuación 1.

⁹⁰ PEÑA GALVÁN, Mónica Lia; SOSA MORALES, María Elena y CERÓN GARCÍA, Abel. Determinación de Fenoles, Flavonoides y Parámetros Físicoquímicos en Chayote (*Sechium edule*) procesado térmicamente. p. 103. Jóvenes en la Ciencia [en línea]. 2017, junio, 3 (2) [Consultado 24 marzo 2019]. ISSN 2395-9797. Disponible en: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1683/1190>

Ecuación 1. Rendimiento del método

$$\frac{\text{Cantidad de producto}}{\text{Cantidad de materia prima}} * 100\% = \text{Rendimiento}$$

Fuente. LEÓN MÉNDEZ, Glicerio, OSORIO FORTICH, María del Rosario y MARTÍNEZ USECHE, Sonia Ruby. Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de Citrus sinensis L. p.745. REVISTA CUBANA DE FARMACIA [en línea]. 2015, diciembre, 49 (4). [Consultado 29 marzo 2019]. ISSN 1561-2988. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v49n4/far14415.pdf>

Tabla 5. Rendimiento porcentual de los métodos de extracción evaluados

Método	Extracción inicial			Réplica		
	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de extracto obtenido (g)	% Rendimiento	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de extracto obtenido (g)	% Rendimiento
Licudo	340	67.240	19.776	342	68.352	19.986
Decocción entera	1035	659.705	63.740	1040	669.701	64.394
Decocción en trozos	1000	683.278	68.3278	1050	678.254	64.596
Hidrodestilación	1250	91.653	7.332	1250	83.927	6.714
Infusión	180	150.637	83.687	180	162.250	90.139
Destilación por arrastre de vapor	330	32.776	9.932	330	34.889	10.572
Destilación por arrastre de vapor (molido)	285	87.917	30.848	285	70.931	24.888
Destilación Soxhlet	250.9	1.992	0.794	250.9	4.977	1.984
Destilación Soxhlet (molido)	254.4	12.549	4.933	254.4	16.234	6.381

Fuente: elaboración propia.

Los resultados presentados en la tabla 5 permiten evidenciar que los mayores rendimientos fueron obtenidos en los procedimientos que emplearon agua en su punto de ebullición como disolvente y en los cuales se controló la evaporación de éste mediante cubrimiento del recipiente, que garantiza que todo el volumen producido contenga flavonoides en solución acuosa. Es válido precisar que en la elaboración del producto no se emplean los flavonoides de manera aislada, pues se plantea una pomada fitoterapéutica, que de acuerdo con lo mencionado en la

sección 1.2.1 no puede contener principios activos aislados o químicamente definidos, para hacer parte de esta clasificación natural. Además, estos métodos presentan otras ventajas dentro de las que cabe resaltar los bajos costos de producción e implementación y la inclusión, únicamente, de productos naturales pues no se requiere de solventes de extracción de carácter alcohólico, lo que asegura que el producto final será elaborado con materias primas de origen natural. Por otra parte, en los procesos donde se involucraron diversos elementos en el montaje para ayudar a la condensación del líquido deseado se encontraron pérdidas relacionadas a la evaporación inherente del solvente, que disminuyeron la cantidad de extracto obtenido, luego de cumplirse el tiempo especificado para la extracción.

Es válido resaltar que, para las plantas medicinales, el uso de técnicas de muestreo como la extracción Soxhlet, a menudo genera como resultado la extracción no selectiva de cantidades relativamente grandes de componentes indeseables (por ejemplo, lípidos, esteroides, clorofilas) lo que puede afectar severamente la calidad del producto, por dicha razón, además del elevado tiempo de extracción, este método no presenta viabilidad.⁹¹ Así mismo la extracción soxhlet, dado que involucra la realización de varios sifones o ciclos, hace que en el proceso se degrade una proporción de los componentes activos que otorgan la actividad fitoterapéutica al material vegetal.

De manera conjunta, se consideró una caracterización organoléptica y de pH y densidad dado que dichos parámetros representan criterios relevantes para la caracterización de la materia prima principal. Cada uno de estos se fundamenta en consideraciones referentes a la normatividad establecida y así mismo relacionadas con la generación de beneficios y no perjuicios a la piel humana. En primer lugar, el pH permite determinar si es necesaria la adición de estabilizantes ácidos o básicos previa a la inclusión de determinado componente a la pomada de manera que se cumpla con lo establecido en la Resolución 1482, en la que se estipulan los límites de dicha propiedad puesto que la capacidad protectora ante microorganismos, hongos e infecciones del manto ácido presente en la epidermis depende de forma directa del pH de la piel humana. Debido a esto, cambios mínimos en dicho valor, que se encuentra entre 4.1 y 5.8, conducen a reacciones desfavorables en el tejido cutáneo como resequedad, cambio en la composición de la flora bacteriana benéfica y en la actividad enzimática⁹², por lo que se requiere un producto que presente pH neutro o ligeramente ácido para permitir el rápido ajuste de dicha característica en la piel tras su aplicación. De forma similar, la densidad permite seleccionar las materias primas correctas para la fracción oleosa, el método y momento de inclusión

⁹¹ BONO, Awang, KRISHNAIAH, Duduku y SARRBATLY, Rosalam. Phytochemical antioxidants for health and medicine – A move towards nature. p. 102. *Biotechnology and Molecular Biology Review* [en línea]. 2007, septiembre 1 (4) [Consultado 26 marzo 2019]. ISSN 1538-2273. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.826.1370&rep=rep1&type=pdf>

⁹² INSTITUTO DE DERMOCOSMÉTICA. [sitio web]. Navarra: INSTITUTO DE DERMOCOSMÉTICA. El pH de la piel y de los cosméticos. párr. 7. [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en internet <<https://www.institutodermocosmetica.com/el-ph-de-la-piel-y-de-los-cosmeticos/>>

entre las dos fases y la necesidad de un ingrediente emulsificante a fin de garantizar una emulsión estable.

Para el análisis del pH y la densidad de los extractos se empleó un pHmetro marca Jenway y un picnómetro, respectivamente; la determinación de la densidad se realizó midiendo primero la masa del picnómetro vacío, luego con el líquido de referencia, que para el análisis fue agua destilada y posteriormente se tomó la masa del instrumento de medición con la muestra. El valor de la densidad fue calculado mediante la ecuación 2, teniendo en cuenta que la densidad del agua a 20°C es de 0.9982 g/ml.

Ecuación 2. Densidad de la muestra.

$$\rho_{muestra} = \frac{masa_{picnómetro+muestra} - masa_{picnómetro vacío}}{masa_{picnómetro+agua destilada} - masa_{picnómetro vacío}} * \rho_{agua destilada}$$

Fuente. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro. p. 5. En: RIUNET [sitio web]. Valencia: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. [Consulta: 29 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11.%20Art%C3%ADculo%20docente.%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20densidad%20de%20un%20l%C3%ADquido%20con%20el%20m%C3%A9todo%20del%20picn%C3%B3metro.pdf?sequence=1>

Tabla 6. Caracterización organoléptica, pH y densidad de los extractos obtenidos.

Método	Ensayo 1				Ensayo 2			
	pH	Densidad	Color	Olor	pH	Densidad	Color	Olor
Licuada	7.80 3	0.934	Verde Oscuro	Cítrico	7.75 6	0.942	Verde Oscuro	Cítrico
Decocción entera	5.83 2	1.000	Transparente verdoso	Cítrico	5.84 3	1.001	Transparente verdoso	Cítrico
Decocción en trozos	4.01 7	1.005	Transparente verdoso	Cítrico	4.02 5	1.003	Transparente verdoso	Cítrico
Hidrodestilación	6.82 7	0.996	Transparente	Cítrico	5.46 7	0.999	Transparente	Cítrico
Infusión	4.81 7	1.004	Transparente amarillento	Cítrico	5.07 3	1.014	Transparente amarillento	Cítrico

Tabla 6. (Continuación)

Método	Ensayo 1				Ensayo 2			
	pH	Densidad	Color	Olor	pH	Densidad	Color	Olor
Destilación por arrastre de vapor	6.793	0.993	Transparente	Cítrico	7.941	0.997	Transparente	Cítrico
Destilación por arrastre de vapor (molido)	5.186	0.999	Transparente	Cítrico	6.923	0.999	Transparente	Cítrico
Destilación Soxhlet	4.734	0.998	Verde Oscuro	Etanol	4.717	0,995	Verde Oscuro	Etanol
Destilación Soxhlet (molido)	4.683	0.996	Verde Oscuro	Etanol	4.713	1.002	Verde Oscuro	Etanol

Fuente: elaboración propia.

Los resultados presentados en la tabla 6 dejan entrever que el extracto directo, producto del licuado, posee un pH que varía de neutro a básico descartando su selección por las razones mencionadas anteriormente lo que ratifica el uso de los demás métodos evaluados. Por otra parte, los procedimientos de decocción, tanto entera y en trozos, infusión y destilación Soxhlet presentaron valores comprendidos en el rango especificado para la piel humana. En el aspecto de densidad, todas las sustancias se acercan al valor referencia del agua destilada lo que permite seleccionar el método de fusión para la preparación del producto.

Considerando los resultados tanto de la cuantificación de flavonoides, rendimiento y caracterización de pH y densidad es válido concluir que el mejor método de extracción es la decocción de guatila en trozos, ya que, su implementación a un proceso a escala piloto es sencilla y el consumo de materias primas se ve justificado en la cantidad de extracto obtenido, a su vez, las propiedades del mismo permiten la inclusión del principio activo sin una excesiva manipulación previa que comprometiera la concentración de flavonoides en la pomada.

2.4 VARIACIÓN DE PARÁMETROS DEL MEJOR MÉTODO

Una vez seleccionada la decocción como el mejor método de extracción, se realizó un análisis de la influencia de aspectos tales como el tamaño de partícula de la guatila y la cantidad de solvente empleado, en la concentración de flavonoides del extracto final considerando este como el factor principal de selección, de manera

que estos criterios de proceso puedan ser parametrizados o fijados para posteriores extracciones. Estandarizar las condiciones de esta operación unitaria involucrada en el proceso de producción, garantiza un bajo nivel de incertidumbre en el resultado esperado, pues a pesar de que cada fruto de guatila posee composiciones que de manera moderada difieren entre sí, debido a la naturaleza del cultivo y la cosecha, contar con una referencia reduce la pérdida innecesaria de materia prima y a la vez establece un posible rango de concentraciones, a obtener, del principio activo, haciendo posible la caracterización global de esta etapa. Todas las extracciones se realizaron con la misma cantidad de guatila, equivalente a 420 gramos, con el fin de contar con un punto de referencia adecuado para establecer un paralelo entre los diferentes métodos.

2.5.1 Tamaño de partícula. Teniendo en cuenta la caracterización inicial de la materia prima y a pesar de la peculiar asimetría de los frutos, fue posible determinar la geometría y el tamaño más adecuados de materia vegetal a emplear en la decocción. Considerando lo anterior, se seleccionaron medidas para los cubos de guatila de 1 cm, 2 cm, 3 cm, 5 cm y 7 cm de arista, las cuales se ilustran en la imagen 5.

Imagen 5. Tamaños de partícula empleados para la evaluación del método de decocción.



Fuente: elaboración propia.

2.5.2 Cantidad de solvente. Al tratarse de un método de extracción que depende en gran medida de la proporción de solvente, se consideró pertinente variar este parámetro en dos cantidades equivalentes para así determinar el cambio en la concentración de flavonoides en el extracto obtenido. La primera consistió en 700 ml de agua dado que dicha cantidad fue la empleada inicialmente en la aplicación del método de decocción; la segunda correspondió a una fracción de tres cuartos de la cantidad inicial, debido a que dicho volumen cubría en su totalidad la cantidad de 420 gramos de guatila, requisito necesario para garantizar el contacto durante todo el proceso entre las partículas y el solvente.

La normalización o estandarización de esta variable permitió que durante el proceso de análisis se compararan datos procedentes de diferentes muestras o ejemplares de manera adecuada.

2.5.3 Cuantificación de flavonoides. Una vez establecidos los valores y parámetros de las variables influyentes en el proceso de extracción por decocción, se realizó la prueba de espectrofotometría y mediante el uso de la curva patrón ilustrada en la imagen 6, se realizó la cuantificación de flavonoides. Con la determinación de estos datos, presentados en la tabla 7, se contó con un indicador que facilitó la elección y estandarización de las cantidades específicas de materia prima a emplear en la etapa extracción, de tal forma que el procedimiento de obtención de la fase acuosa del producto final siga los mismos protocolos, para asegurar que las variaciones en los resultados están influenciadas por las propiedades intrínsecas de la materia vegetal y no por alteraciones o cambios durante el proceso mismo. Cabe destacar que las propiedades intrínsecas de los frutos empleados no afectan los resultados del proceso de manera significativa, pues a pesar de que cada ejemplar presenta cierto grado de diferencia con respecto a los demás, se garantiza que todos contienen, ya sea en menor o en mayor proporción, una concentración determinada de flavonoides que actuarán sobre la piel de manera terapéutica, asegurando que el producto final mantenga sus propiedades y funcione de manera adecuada en la curación de heridas cutáneas.

Imagen 6. Extractos por decocción en trozos de diferentes tamaños y diferente cantidad de solvente.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Cuantificación de flavonoides presentes en las variaciones realizadas al mejor método de extracción.

Cantidad de Solvente (ml)	Longitud de la arista de la partícula (cm)	Extracción inicial	Réplica
		Cantidad de flavonoides (mg quercetina/ml)	Cantidad de flavonoides (mg quercetina/ml)
700	1	1.087	1.087
	2	1.467	1.453
	3	1.020	1.028
	5	0.789	0.803
	7	1.225	1.234
525	1	0.959	0.951
	2	0.603	0.609
	3	0.884	0.892
	5	0.410	0.402
	7	0.382	0.378

Fuente: elaboración propia

Posterior a la cuantificación de flavonoides para cada uno de los extractos obtenidos, se evidencia que la mayor concentración de este metabolito se logra al emplear 700 ml de agua como solvente de extracción y una longitud de arista de cubo equivalente a 2 cm o cubos de 8 cm³ de volumen. Se concluye que un tamaño de cubo relativamente pequeño es adecuado para la obtención de una concentración mayor de flavonoides, no obstante, un tamaño demasiado pequeño no favorece de la misma manera dicha extracción dado que estos tienden a unirse y compactarse, cubriendo entre sí su superficie lateral y dificultando la extracción. El material vegetal en trozos permite que exista una mayor área de contacto con el solvente y por consiguiente una mayor extracción, esto en conjunto con una regularidad en los cubos empleados hace que se cuente con más superficie interfacial y por consiguiente se favorece la transferencia de masa entre ambas fases.⁹³

De acuerdo con Angkawijaya *et al.*⁹⁴, en un estudio relacionado con la extracción de compuestos fenólicos con distintos disolventes y con el uso de diferentes métodos, se concluye que la concentración de dichos metabolitos incrementa con el aumento del contenido de agua, esto se atribuye a la facilidad de extracción ocasionada por la solubilidad característica de los compuestos de la muestra. Lo

⁹³ TABIO GARCÍA, Danger, *et al.* Extracción de aceites de origen vegetal. p. 15. En: RESEARCHGATE [sitio web]. La Habana: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA. [Consulta: 03 abril 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317007345_Extraccion_de_aceites_de_origen_vegetal

⁹⁴ DIEM DO, Quy, *et al.* Effect of extraction solvent in total phenol content, total flavonoids content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatic*. p. 297. Journal of Food and Drug Analysis [en línea]. 2014, septiembre, 22 (3) [Consultado 03 abril 2019]. ISSN 1021-9498. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1021949813001348>

anterior justifica de manera acertada las cantidades obtenidas de materia prima a emplear. Desde otra perspectiva, Pinelo *et al.*⁹⁵, aseguran que es óptimo trabajar con relaciones masa/ solvente que involucren un mayor volumen de solvente, por considerarlo como un fenómeno adecuado de acuerdo con los principios de transferencia de masa.

Así mismo, resulta óptimo considerar las conclusiones realizadas por Soto y Rosales⁹⁶ en las que aseguran que el rendimiento y la eficacia de los métodos de extracción de compuestos fenólicos, como los flavonoides, depende principalmente de la naturaleza del componente o metabolito de importancia, de su estructura y evidentemente de su relación con la polaridad del solvente utilizado. Teniendo en cuenta lo anterior, es válido resaltar que la mayor cantidad de flavonoides fue obtenida con una mayor cantidad de solvente, lo cual se debe a que estos metabolitos son hidrosolubles y presentan una fuerte afinidad por el agua.

⁹⁵ PINELO, M., et al. Effect of solvent, temperature and solvent-to. Solid ratio on the total phenolic content and atiradical activity of extracts from different components of grape pomace. p. 2113. Journal of agricultural and food chemistry [en línea]. 2005, febrero, 53 (6) [Consultado 03 abril 2019]. ISSN 1520-5118. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0488110>. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0488110>

⁹⁶ ROSALES CASTRO, Martha y SOTO GARCÍA, Marcela. Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad de antioxidante de extractos de corteza de *Pinus duragensis* y *Quercus sideroxylo*.p. 705. Maderas, Ciencia y tecnología [en línea]. 2016, marzo, 18 (4) [Consultado 03 abril 2019]. ISSN 0718-221X. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2016000400017

3. FORMULACIÓN DEL PRODUCTO

Teniendo en cuenta las proporciones que definen el producto tópico como pomada según la farmacopea estadounidense, se establecieron, mediante varias pruebas de tipo experimental, las cantidades de los ingredientes que conforman las dos fases que componen el producto final. La fase acuosa en las diversas formulaciones fue equivalente al extracto vegetal obtenido anteriormente mediante la decocción y la fase oleosa consistió en diversos productos, cada uno de ellos elegido con un propósito específico en la pomada. Con el fin de otorgar mejores cualidades al producto, tales como su apariencia, olor, color, estabilidad y compatibilidad de ambas fases, se realizaron diversas combinaciones entre los integrantes de la fase oleosa, lo anterior también con el objetivo de obtener un producto lo más natural posible.

3.1 MATERIAS PRIMAS FASE OLEOSA

En la siguiente sección se exponen los beneficios aportados de cada componente en la fase oleosa, la influencia, función e importancia y los cambios generados por la adición de dichas materias primas en diversas propiedades del producto final tales como la consistencia, las características organolépticas y la homogeneidad del mismo evidenciada en una separación de fases.

3.1.1 Cera de Abejas. Se empleó cera de abejas amarilla la cual fue rallada manualmente para disminuir su tiempo de fusión y evitar pérdidas, tal como se evidencia en la imagen 7. Su punto de fusión se determinó entre 60 a 65°C⁹⁷, aunque es importante destacar que dicho parámetro varía según el origen y la especie de abeja que la produce. Esta materia prima presenta propiedades curativas sobre todo para la piel seca, dado que crea una barrera que conserva la humedad en la piel y protege a la epidermis de toxinas presentes en el ambiente⁹⁸. Además, posee un alto contenido de vitamina A la cual promueve la regeneración de las células epiteliales y mejora la hidratación⁹⁹ propiciando la cicatrización de la zona afectada.

⁹⁷ BOGDANOV, Stefan. Beeswax Production, Properties, composition and control. En: Beeswax Book [en línea]. Muehlethurn, Suiza: ResearchGate, 2016. [Citado 25 mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304012435_Beeswax_Production_Properties_Composition_Control

⁹⁸ MARQUEZ, Ronald. Aprovechamiento tecnológico de la cera de abeja para la obtención de la cera de abeja para la obtención de productos sintéticos orgánicos, no tóxicos para el ser humano. p. 4. En: WEB DEL PROFESOR [sitio web]. Mérida: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. [Consulta: 25 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/marquezronald/?p=8052>

⁹⁹ WELLNESS MAMA. [sitio web]. Estados Unidos: WELLNESS MAMA. 12 Creative ways to Use Beeswax and benefits. párr. 16. [Consulta: 26 mayo 2019]. Disponible en: <https://wellnessmama.com/124235/beeswax-uses/>

Imagen 7. Cera de abejas amarilla empleada como materia prima de la fase oleosa.



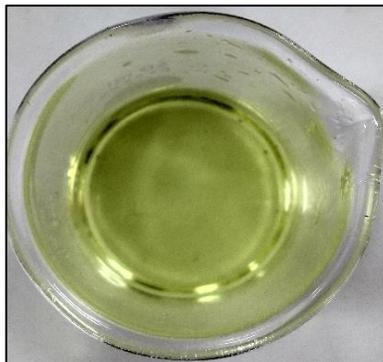
Fuente: elaboración propia.

En el producto físicamente este componente se encargó de aportar dureza y cuerpo, dado que su punto de fusión es elevado y se presenta en estado sólido a temperatura ambiente, por lo que su inclusión es propicia y necesaria. Sin embargo, como se determinó en la anterior sección, su porcentaje en la composición no puede ser mayor a 30% ya que las operaciones de retiro del envase y aplicación del producto se hacen más complejas para el consumidor.

3.1.2 Aceite de Almendras. El certificado de análisis de las propiedades del aceite de almendras empleado en el proceso fue proporcionado por Golden Chemicals S.A.S. al momento de la compra, se adjunta dicho documento (ver anexo A). El aceite de almendras ilustrado en la imagen 8, no es tóxico o irritante, es un líquido no comedogénico, esto es que no obstruye los poros de la piel haciendo de este un buen hidratante. También posee un efecto antiinflamatorio¹⁰⁰ y suaviza reacondicionando la piel después de traumas en el tejido epitelial.

¹⁰⁰ AHMAD, Zeeshan. The uses and properties of almond oil. p. 11-12. Complementary Therapies in Clinical Practice [en línea]. 2010, febrero, 16 (1) [Consultado 26 mayo 2019]. ISSN 1744-3881. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2009.06.015>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1744388109000772>

Imagen 8. Aceite de almendras empleado como componente de la fase oleosa de la pomada.



Fuente: elaboración propia.

Su adición en la formulación proporcionó suavidad y consistencia ligera al producto, al igual que un sutil aroma a almendras. En concentraciones muy altas como se observó en la formulación número 8 que sólo consistía en aceite y cera, se producía una consistencia demasiado grasosa al tacto, dejando rastro en la piel al momento de probar el producto.

Adicionalmente, se realizó un enriquecimiento mediante extracción asistida por ultrasonido, método explicado en la sección 1.18, con material vegetal seco y molido para aumentar la concentración de los flavonoides en el producto final. Se emplearon proporciones guatila-aceite 1:3 y 1:6¹⁰¹ y se programó el equipo marca WiseClean por espacio de una hora a una frecuencia de 40 KHz. No obstante, la cuantificación del metabolito secundario posterior al procedimiento no fue posible dado que la muestra, disuelta previamente en acetona, junto con la solución de cloruro de aluminio al 2%, necesaria para la obtención del valor, presentaba pequeñas micelas que desviaban el haz de luz del espectrofotómetro impidiendo una correcta lectura.

3.1.3 Lanolina. Se empleó lanolina de color marrón pálido. Su punto de fusión se encuentra entre 35 y 40°C¹⁰². La imagen 9 permite evidenciar la consistencia y el color de esta materia prima. Su función en su estado natural es proteger la piel de la oveja a condiciones climáticas adversas por lo que su composición se asemeja a los lípidos intercelulares (colesterol, derivados del colesterol y ácidos grasos libres)

¹⁰¹ ALTEMIMI, Ammar, *et al.* Ultrasound Assited Extraction of Phenolic Compounds from Peaches and Pumpkins. p 3. PloS One [en línea]. 2016, febrero, 11 (2) [Consultado 26 mayo 2019]. ISSN 1932-6203. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148758>. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0148758>

¹⁰² SENGUPTA, Amit y BEHERA, Jagadananda Comprehensive vie won chemistry, manufacturing & applications of lanolin extracted from wool pretreatment. p. 35. American Journal of Engineering Research [en línea]. 2014, enero, 3 (7). [Consultado 26 mayo 2019]. ISSN 2320-0847. Disponible en: [http://ajer.org/papers/v3\(7\)/F0373343.pdf](http://ajer.org/papers/v3(7)/F0373343.pdf)

del estrato córneo, la capa más externa y superficial de la piel humana interpretando un papel fundamental en el control de la humedad e hidratación del tejido cutáneo. Debido a esto, se puede emplear como emoliente, suavizante, antimicrobiano y desinfectante en los procesos de cicatrización.¹⁰³

Imagen 9. Lanolina empleada como agente de inclusión del extracto acuoso en la fase oleosa.



Fuente: elaboración propia.

Para el producto se requirió este componente en su fase anhidra de manera que actuara como base de absorción del ingrediente activos y fuera emulsionante en el preparado fitoterapéutico. A pesar de que ésta puede absorber más del 200% de su peso en agua¹⁰⁴, condiciones como la agitación, el tamaño de la muestra y la naturaleza de los demás ingredientes de la fase oleosa disminuyeron dicha capacidad absorbente. En las formulaciones número 9 y 10 se observó que no existía separación de fases, sin embargo, se mostraba una consistencia bastante cremosa que no corresponde a las especificaciones bibliográficas esperadas en el producto junto con un olor marcado a lanolina.

3.1.4 Vaselina. Es una mezcla saturada de hidrocarburos extraída del petróleo, empleada como emoliente, hidratante, lubricante, suavizante, antiespumante y en general para la protección de la piel ante irritaciones, resequedad y picazón¹⁰⁵, la vaselina usada en el proceso se ilustra en la imagen 10. Su punto de fusión se

¹⁰³ Ibid., p 41.

¹⁰⁴ Ibid., p 41.

¹⁰⁵ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Petroleum Jelly. p. 1 En: FAO. [sitio web]. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. [Consulta 26 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa_additives/docs/Monograph1/Additive-310.pdf

encuentra entre 38 y 60°C.¹⁰⁶ A pesar de sus propiedades, al ser proveniente de fuente mineral no permite que el producto sea completamente natural. Adjunto a ello, su forma refinada es más propensa a la oxidación por lo que la USP (Farmacopea de Estados Unidos) restringe la cantidad de antioxidante en formulaciones que incluyan a la vaselina como base de la pomada¹⁰⁷ y su gran oclusividad, cuando forma la capa protectora en la piel, no permite que los poros del tejido cutáneo respiren adecuadamente si se aplica grandes cantidades por lo que para el objeto del producto es inconveniente. En cuanto a consistencia, como se observó en el desarrollo de la pomada, aportó cremosidad al juntarlo con la lanolina.

Imagen 10. Vaselina empleada como materia prima inicial en la pomada.



Fuente: elaboración propia.

3.1.5 Manteca de Cacao. Es una materia prima rica en antioxidantes y con altos niveles de vitamina K y vitamina E, ilustrada en la imagen 11. Debido a su composición natural actúa como emoliente al incluirse en un producto tópico, hidrata profundamente la piel que presenta picazón y lesiones, es antiinflamatoria, suavizante, elimina bacterias y retrasa el envejecimiento de la epidermis.¹⁰⁸ Su punto de fusión puede tomar valores de 31 a 35°C¹⁰⁹, por lo que al agregarlo al producto permite que a temperatura ambiente sea sólido y al momento de aplicación se disuelva rápidamente resultado de la temperatura corporal humana. Su adición sustituyó a la vaselina, aportando moderadamente la oclusividad, aroma y color,

¹⁰⁶ DE VILLIERS, Op. cit, p. 286a.

¹⁰⁷ Ibid., p. 286 c.

¹⁰⁸ HERBAL DYNAMICS BEAUTY. [sitio web]. Scottsdale: HERBAL DYNAMICS BEAUTY. Cocoa Butter Benefits for skin: healing the damage of oxidative stress. párr. 8 [Consulta 26 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.herbaldynamicsbeauty.com/blogs/herbal-dynamics-beauty/cocoa-butter-benefits-for-skin-healing-the-damage-of-oxidative-stress>.

¹⁰⁹ FIRESTONE, David. Characteristics of Oils and Fats of Plant Origin. En: Physical and Chemical Characteristics of oils, fats and waxes. [en línea]. 3ª ed. Illinois, Estados Unidos: AOCs Press, 2013. [Citado el 26 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpPCCOFW02/cid:kt00C44011/viewerType:khtml/root_slug:1-characteristics-of-oils-and-fats-of-plant-origin/url_slug:characteristics-oils?b-q=Physical%20and%20chemical%20characteristics%20of%20oils%2C%20fats%2C%20and%20waxes&sort_on=default&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no&b-toc-cid=kpPCCOFW02&b-toc-root-slug=&b-toc-url-slug=characteristics-oils&b-toc-title=Physical%20and%20Chemical%20Characteristics%20of%20Oils%2C%20Fats%2C%20and%20Waxes%20\(3rd%20Edition\)&page=59&view=collapsed&zoom=1](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpPCCOFW02/cid:kt00C44011/viewerType:khtml/root_slug:1-characteristics-of-oils-and-fats-of-plant-origin/url_slug:characteristics-oils?b-q=Physical%20and%20chemical%20characteristics%20of%20oils%2C%20fats%2C%20and%20waxes&sort_on=default&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no&b-toc-cid=kpPCCOFW02&b-toc-root-slug=&b-toc-url-slug=characteristics-oils&b-toc-title=Physical%20and%20Chemical%20Characteristics%20of%20Oils%2C%20Fats%2C%20and%20Waxes%20(3rd%20Edition)&page=59&view=collapsed&zoom=1)

además de sus beneficios inherentes. No obstante, si su porcentaje se excedía se presentaba sensación grasosa al usarse.

Imagen 11. Manteca de cacao como materia prima empleada en la fase oleosa de la pomada.



Fuente: elaboración propia.

3.2 ELECCIÓN DE LA MEJOR PROPORCIÓN

Todos los prototipos, cada uno de ellos de 30 gramos de contenido, fueron producidos bajo el método de fusión de los componentes correspondientes a la fase oleosa, la inclusión de estos fue realizada en orden descendente de mayor a menor temperatura de fusión, de acuerdo con lo especificado en la sección 1.3.2. Los diferentes componentes de la fase oleosa fueron seleccionados según el comportamiento presentado por el producto una vez realizada su inclusión a este y en conformidad con aquellos avalados por la Farmacopea Estadounidense¹¹⁰. Los envases usados para el empaque y la conservación de las pomadas tenían una capacidad de 30 gramos y su material de elaboración fue polietileno de alta densidad.

De acuerdo con el concepto de pomada presentado en la sección 1.3, los porcentajes adecuados de composición, que permiten catalogar el producto tópico en este grupo, son 80% de fase oleosa y 20% de fase acuosa. La primera formulación fue realizada considerando la proporción previamente descrita y empleando como materias primas el extracto acuoso y para la fase oleosa, vaselina y cera de abejas. Una vez mezclados los ingredientes y esperado el tiempo de solidificación, se evidenció que la pomada presentaba una excesiva dureza y su esparcibilidad era compleja, por lo anterior, se agregó aceite de almendras con el fin de otorgar suavidad al producto y con ello mejorar su extensibilidad. Las tres siguientes formulaciones se realizaron partiendo de la composición establecida (20-80) para corroborar la veracidad y factibilidad de este valor, para ello, se emplearon tres relaciones porcentuales diferentes de fase acuosa/ fase oleosa equivalentes a

¹¹⁰ DE VILLIERS, Op. cit, p 279.

10%/90%, 20%/80% y 30%/70%. De igual manera, en estas formulaciones al igual que en las tres posteriores a estas, se evaluaron los porcentajes de inclusión de los ingredientes oleosos, los cuales fueron aceite de almendras, cera de abejas y vaselina, con el fin de establecer los valores adecuados para brindar al producto una calidad adecuada. De acuerdo con lo sugerido por una patente¹¹¹ en la que se recomiendan ciertos rangos de porcentaje de cera de abejas, siendo el más general de 1 a 10% y preferiblemente de 4 a 8% en peso, se varió el porcentaje de este componente. Así mismo, en este documento, se establece una inclusión de la vaselina en un porcentaje usual de 60 a 90% destacándose el rango comprendido entre 70 y 95% en peso, el cual fue empleado como base para la incorporación de esta materia prima.

El método inicial de preparación de las pomadas, consistió en la fusión de los componentes de la fase oleosa previamente mencionados, con un control fundamental de temperatura mediante el uso de baño maría, para garantizar que dicho valor no superara los puntos de fusión de los componentes, comprendidos entre 65 y 70 °C. Posteriormente, se realizó la inclusión del extracto acuoso, a mayor temperatura que la fase oleosa, a fin de asegurar una adecuada homogeneidad entre las fases; la agitación de la mezcla fue realizada de forma manual con uso de un agitador de vidrio. Finalmente, se envasaron las pomadas en estado líquido y fueron almacenadas a temperatura ambiente. Luego de 24 horas, se realizó un análisis de esparcibilidad y estabilidad, mediante el cual se comprobó que el porcentaje adecuado consistía en 80% fase oleosa y 20% fase acuosa, se evidenció que las propiedades de la pomada se ven afectadas al emplear cantidades inferiores o superiores a esta proporción, su extensibilidad se hace compleja y además no existe homogeneidad entre las fases involucradas.

Con el propósito de evaluar la posibilidad de prescindir de la vaselina como materia prima y solo emplear aceite de almendras y cera de abejas, se planteó una formulación para garantizar una composición totalmente natural, no obstante, esta pomada generaba una sensación altamente grasosa al ser aplicada en la piel, lo que conllevó a plantear la inclusión de otros componentes al producto. Las primeras formulaciones se presentan en la imagen 12.

¹¹¹ TAKATA PHARMACEUTICAL CO LTD. Tacrolimus preparation for external application. Inventores: MASUI, Hironori y SATO, Shimpei. PCT/UP2009/067488. Fecha de solicitud: 07, octubre, 2011. Estados Unidos, patente de investigación. US2011/0212988 A1. 05, junio, 2013.

Imagen 12. Primeras formulaciones para la obtención de la pomada a base de extracto natural de guatila.



Fuente: elaboración propia.

La precipitación del extracto acuoso en el fondo de los recipientes de la pomada y la consecuente separación de ambas fases, apreciables en la imagen 13, fueron factores comunes en todas las formulaciones anteriormente descritas, esto se justifica por la acción en conjunto de diversos factores, como lo son la naturaleza acuosa del extracto y su incompatibilidad innata con ingredientes oleosos, el tipo de agitación poco controlado y el porcentaje de ingredientes usados, los cuales impedían la emulsión completa de los componentes y la estabilidad de los mismos.

Imagen 13. Precipitación del extracto acuoso y separación de fases en una formulación de pomada.



Fuente: elaboración propia.

Considerando los resultados anteriores, se evaluó un método ampliamente usado, para la incorporación de extractos acuosos en bases oleosas de preparados fitoterapéuticos, que consiste en mezclar una pequeña cantidad de extracto con lanolina anhidra, pues este componente, como se menciona en la sección 1.6.3, se

caracteriza por su elevada capacidad de absorción y su naturaleza oleosa¹¹². Según la ficha de información técnica del producto, éste puede absorber hasta el doble de su peso en agua o hasta un 75% si es mezclada con vaselina o un sustituto similar, por lo que su dosificación puede variar en un rango de 5 a 30% en peso según sea la formulación, permitiendo que la emulsión sea estable y evitando con ello la separación de fases.¹¹³ De esta forma, se realizaron distintas pruebas preliminares para evaluar la capacidad absorbente de esta cera natural, incluso evaluando el resultado de la inserción de porcentajes superiores al 20% de extracto acuoso; ésta fue hidratada previo a ser adjuntada a la fase oleosa. Una vez obtenidas estas formulaciones se evidenció una apariencia excesivamente cremosa que se aprecia en la imagen 14, similar a la mantequilla, ocasionando resultados indeseados con propiedades distantes de las propias de una pomada; por otra parte, gracias a este componente se obtuvo una mejor integración del extracto en la fase oleosa y la reducción del precipitado del mismo aumentando considerablemente la homogeneidad del producto.

Imagen 14. Formulaciones de pomada con inclusión de lanolina como agente de inclusión del extracto acuoso.



Fuente: elaboración propia.

Dado que uno de los valores agregados que se deseaba dar al producto fitoterapéutico era su composición, tanto de la fase acuosa como de la fase oleosa completamente natural, y en busca de una mejora de las propiedades del mismo, en comparación con las obtenidas previamente, se empleó como sustituto de la vaselina la manteca de cacao; ésta materia prima aportó cuerpo al producto y brindó oclusividad al agente emoliente del mismo sin alterar de manera negativa las propiedades de la pomada, las formulaciones con este ingrediente en su composición se observan en la imagen 15. Para verificar la estabilidad y los resultados obtenidos, se realizó una revisión 24 horas después de la preparación,

¹¹² AL-ACHI, Antoine. Topical Applications: Botanicals for skin disorders. En: An Introduction to Botanical Medicines: History, Science, Uses and Dangers. [en línea]. Westport, Connecticut: Praeger Publishers, 2008. [Citado el 25 de mayo de 2019]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=HMzxKua4_rcC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=formulation+of+beeswax+and+white+petrolatum+ointment&source=bl&ots=Cx5Wn_g7EF&sig=ACfU3U004pQWi66F1rMzTd6sWxmoSMzomQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiXtY-puL_hAhXPTlkKHWEZB7U4ChDoATADegQICBAB#v=onepage&q=formulation%20of%20beeswax%20and%20white%20petrolatum%20ointment&f=false

¹¹³ ACOFARMA. Ficha de Información técnica, lanolina. p. 1. En: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada [sitio web]. Granada: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada. [Consulta: 09 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.cofgranada.com/ufc/documentos/modulos/lanolina%20anhidra.pdf>

en ésta se evidenció una mayor homogeneidad entre las fases, no obstante, aún se apreciaban algunas gotas de extracto suspendidas en la superficie de las pomadas al tomar una cantidad para ser aplicada.

Imagen 15. Formulaciones de pomada empleando manteca de cacao como sustituto natural de la vaselina.



Fuente: elaboración propia.

En vista de que aún existía separación de fases, aunque en menor grado, debido a la forma de adición de los diversos componentes se procedió a corroborar la metodología de inclusión. La primera prueba se realizó agregando la fase oleosa sobre la lanolina hidratada y la segunda prueba invirtiendo el orden anteriormente mencionado. Los resultados arrojados por estas formulaciones permitieron evidenciar cambios notables entre ellas, apreciables en la imagen 16, en cuanto a la apariencia, el olor y la consistencia, a pesar de que las cantidades de materias primas empleadas en estas fueron exactamente las mismas, el único factor diferenciador fue el orden de adición o mezcla de los componentes; de manera análoga a las formulaciones previas el extracto acuoso aún se separaba en una pequeña cantidad de la fase oleosa. Es válido mencionar que posterior a la solidificación se evidenció la presencia de pequeños cúmulos de burbujas sobre la superficie del producto ocasionadas por la agitación empleada para mezclar las diferentes materias primas, esta se observa en las formulaciones al costado derecho de la imagen 16.

Imagen 16. Formulaciones resultantes de la evaluación de la variación del orden de adición de los componentes en la preparación de la pomada.



Fuente: elaboración propia.

Mediante un análisis de los factores que podrían estar ocasionando resultados indeseables, se optó por modificar la agitación durante la mezcla de los componentes, dado que esta se realizaba de forma manual, lo que genera que no sea un parámetro controlado y, por consiguiente, no se garantiza una adecuada homogeneidad; para esto, se empleó una batidora eléctrica pequeña, de acero inoxidable, con velocidad de agitación equivalente a 1200 revoluciones por minuto. Por otra parte, se recurrió a evaluar el efecto de realizar la fusión de la lanolina de manera simultánea con los demás componentes grasos, dado que, según literatura todas las materias primas de la fase oleosa deben mezclarse entre sí antes de ser adicionadas a la fase acuosa, para evitar defectos en el producto y la separación de los ingredientes. Se realizaron dos formulaciones en las que se varió el orden de adición y mezcla de las fases, para la primera se incluyó el extracto sobre la fase grasa y en la segunda, la fase grasa sobre el extracto acuoso, para estas se mantuvieron estandarizadas las cantidades de los componentes usados. Cabe destacar que la mezcla de las fases debe realizarse lenta y moderadamente, conforme se realiza la agitación.

Con las formulaciones solidificadas y envasadas a temperatura ambiente durante 24 horas, se realizó la prueba de estabilidad y homogeneidad aplicada a las anteriores, los resultados de ambos ensayos se aprecian en la imagen 17. Se observó que para el caso de la formulación en la que se agregó el extracto sobre la fase oleosa aún se presentaba separación de fases, por el contrario, al agregar la fase oleosa sobre la fase acuosa se evidenciaba una mezcla completamente homogénea, la cual se puede observar en la imagen 18, no se percibieron restos de

agua en la superficie ni en el fondo del recipiente de envase y tampoco se encontraron restos de esta en el centro de la pomada, indicando una buena compatibilidad entre las fases y conllevando a establecer esta formulación como la más adecuada para la producción de la pomada final. Es preciso destacar que durante el proceso debe garantizarse que ambas fases se encuentren a una temperatura entre 60 y 65 °C, la cual garantiza la preservación de los flavonoides, como principio activo, y a la vez propician la fusión adecuada de los componentes oleosos del producto; por otro lado, cabe mencionar que en algunas de estas formulaciones también se encontraron cúmulos blancos de burbujas, ocasionados por la acción de la agitación.

Imagen 17. Formulaciones obtenidas al variar el orden de inclusión de las fases acuosa y oleosa en la preparación de la pomada.



Fuente: elaboración propia.

La mejor formulación fue obtenida posterior a la realización de 30 formulaciones diferentes, las cantidades porcentuales en peso de las más relevantes se presentan en la tabla 26 (Ver anexo B).

Imagen 18. Mejor formulación para la obtención de la pomada a base de extracto natural de guatila.



Fuente: elaboración propia.

3.3 PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS GENERALES DE LA POMADA

Para la determinación de los parámetros organolépticos del producto, se evaluaron criterios como el color y el olor, teniendo en cuenta que éstos no afectan directamente las propiedades, los beneficios y la acción del principio activo de la pomada, en cambio, sí influyen en la aceptación y adquisición del producto por parte del consumidor.

En la tabla 28 (ver anexo C) se recopila la información de dichas características correspondientes a todas las formulaciones realizadas. El color, como se evidencia la tabla mencionada, variaba de beige a amarillo pálido al incluir como agente emoliente a la vaselina blanca, en el momento de su sustitución por manteca de cacao el color se oscurece a ocre, lo cual al momento de la preparación no se evidenciaba, sin embargo, pasadas las 24 horas era apreciable. La forma de adición de los compuestos oleosos en los diversos métodos explicados en el desarrollo metodológico de la sección 3.2 ocasionaba la aparición de pequeñas burbujas apreciables como manchas blancas en la superficie de la pomada luego del proceso de solidificación, tal y como se observa en la imagen 19.

Imagen 19. Formulación en estado líquido y posterior aparición de burbujas sobre la superficie de la pomada.



Fuente: elaboración propia.

El olor, por su parte, sufrió diversos cambios durante el proceso realizado. En las primeras formulaciones, como se evidencia en la tabla, el aceite de almendras, que, dependiendo de su proporción, aportaba su aroma característico en mayor o menor medida. Las preparaciones a las cuales se les agregó como emulsificante lanolina anhidra adquirieron una fragancia característica a lana, fuente de la lanolina, que no era muy agradable al momento de la aplicación de una pequeña muestra puesto que, después de su absorción, permanecía un olor residual característico. Dicha sensación se disminuyó en los prototipos en los cuales se sustituyó la vaselina por la manteca de cacao, la cual aportó su aroma característico.

Por último, se evaluó el brillo mediante una examinación visual del producto envasado pasado el tiempo de solidificación, clasificando los valores en puntajes para permitir la comparación de los prototipos. Como se observa en la tabla 28, en las formulaciones donde la lanolina y la manteca de cacao presentaban mayor porcentaje dentro de la fase oleosa, la pomada era brillante o muy brillante, debido a la composición química elevada en triglicéridos de dichas materias primas; dicha propiedad no era permanente en la aplicación de las muestras dado la buena absorción y esparcibilidad que éstas poseían.

3.4 ANÁLISIS DE PROPIEDADES

Todos los ensayos para los análisis correspondientes a esta sección fueron realizados en conformidad con el “Control de calidad de fórmulas dermatológicas” propuesto por Fernández¹¹⁴. Se analizó la influencia de factores intrínsecos y extrínsecos sobre el producto final y los resultados de estas propiedades se presentan en la tabla 31 (ver anexo D). Los análisis de propiedades presentados corresponden a pruebas de calidad realizadas con el fin de garantizar los atributos adecuados del producto fitoterapéutico para su uso en piel humana.

3.4.1 Tiempo de solidificación. El tiempo de solidificación, como factor intrínseco de la pomada, comprendió el intervalo desde el momento final del envasado hasta que la superficie de la pomada presentara cambio en su coloración, firmeza y dureza, determinado mediante examinación visual. Dicho valor se presentó de forma similar en un rango de 20 a 25 minutos. En contraste, en formulaciones donde algún componente de la fase oleosa faltaba sin su correspondiente sustituto o predominaba de manera representativa, el tiempo aumentaba dado que la textura no era propia de una pomada y por lo tanto se apreciaba un grado aparente de solidez, sin embargo, al momento del tacto se percibía una consistencia cremosa.

3.4.2 pH. La determinación de esta propiedad resulta muy relevante, pues el producto final está destinado a entrar en contacto con la piel humana, la cual presenta un pH entre 4.1 y 5.8, dependiendo de la zona cutánea y del género (hombre o mujer), siendo el valor de 5.5 el más común empleado como punto de partida para la realización de análisis de esta propiedad en productos tópicos. El pH natural de la piel ligeramente ácido y el sebo y la sudoración en ésta crean un ambiente ácido en su superficie, con un pH entre 4.4 y 6.5, conocido como manto ácido¹¹⁵, el cual es clave para la creación de la barrera protectora de este órgano, pues se encarga de neutralizar los agentes agresivos de base alcalina, inhibe el

¹¹⁴ FERNÁNDEZ MONTES, Enrique Alía. Control de Calidad, Fórmulas dermatológicas. p. 72. Farmacia Profesional [en línea]. 2003, febrero, 17 (2) [Consultado 27 mayo 2019]. ISSN 0213-9324. Disponible en: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=13044494&r=3>

¹¹⁵ MUÑOZ RODRÍGUEZ, Ana, *et al.* Manual de protocolos y procedimientos en el cuidado de las heridas. p. 14. En: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS PALIATIVOS [sitio web]. Madrid: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS PALIATIVOS. [Consulta: 27 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.secpal.com/%5CDocumentos%5CBlog%5Carchivo_308.pdf

crecimiento microbiano, restaura y mantiene el entorno ácido óptimo de tal manera que pueda prosperar la flora natural de la piel. Si el pH de la piel se eleva hacia valores alcalinos puede verse afectada por la imposibilidad de sintetizar lípidos esenciales, además se ocasiona una deshidratación que conduce a la resequedad, a la hipersensibilidad y a una posible dermatitis.¹¹⁶

Todas las formulaciones realizadas presentan un pH con valores entre 5 y 6, los cuales se encuentran en el rango cercano al pH típico de la piel, permitiendo con ello concluir que son productos químicamente compatibles con este órgano y por consiguiente no generarán afecciones o alteraciones.

3.4.3 Uniformidad. Otro aspecto fundamental considerado fue la uniformidad, ésta se entiende como la presencia o ausencia de grumos en la preparación y permitió determinar qué tan homogéneo estaba el producto. Esta propiedad se evaluó mediante la extensión de una pequeña cantidad de muestra de 1 a 2 gramos de cada prototipo en un portaobjetos de vidrio y posteriormente se situó sobre una superficie oscura, procediendo a su visualización. Como se observa en la tabla 31 (ver anexo D), a partir de la formulación número 20 donde se mecanizó la agitación, se modificaron los procesos de inclusión y se controló la temperatura de las fases, dicho parámetro mostró resultados favorables. En esta prueba se evidenció también la presencia de pequeñas gotas de agua en algunas formulaciones, con lo que se ratificó la no homogeneidad de fases en éstas. La imagen 20 presenta una muestra de este ensayo, al costado izquierdo se aprecian claramente grumos irregularmente dispersos debido a una incorporación inadecuada de los ingredientes, al costado derecho la presencia de grumos es nula, dado que la adición de componentes y la agitación se realizaron de manera correcta.

Imagen 20. Determinación de la uniformidad de dos formulaciones de pomada.



Fuente: elaboración propia.

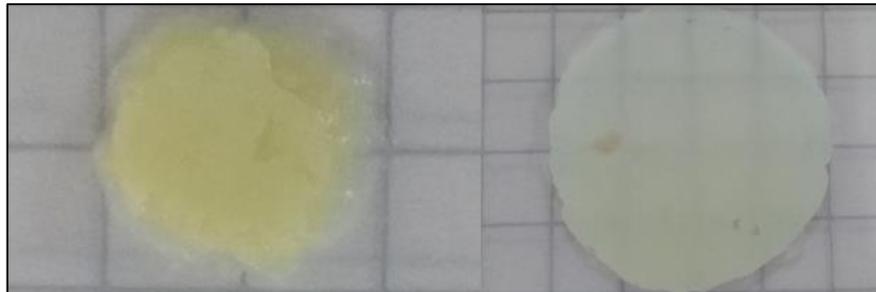
3.4.4 Separación de Fases. Uno de los parámetros cruciales a la hora de realizar seguimiento a las distintas formulaciones, fue la separación de fases o la homogeneidad entre estas como factor intrínseco, lo que permite evidenciar la existencia o no de una adecuada compatibilidad de los ingredientes entre sí. De las 30 formulaciones realizadas, solo 5 presentaron una adecuada homogeneidad entre la fase acuosa y la oleosa y, sin embargo, dos de ellas fueron descartadas pues su

¹¹⁶ EUCERIN. [sitio web]. Hamburgo: EUCERIN, Comprender el pH de la piel. [Consulta: 27 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.eucerin.es/acerca-de-la-piel/conocimientos-basicos-sobre-la-piel/ph-de-la-piel>

alto contenido en lanolina dentro de la formulación al mezclarse con la gran capacidad oclusiva de la vaselina generaba resultados indeseables en la consistencia y apariencia de la pomada haciendo de estas muestras grasosas al tacto. Con el fin de mejorar este parámetro fue estrictamente necesario agregar las fases en el orden adecuado, es decir, la fase oleosa sobre la fase acuosa, además, factores extrínsecos como la temperatura y la agitación presentan una fuerte influencia en el resultado.

3.4.5 Extensibilidad. Otro de los factores evaluados en este análisis, fue la extensibilidad, definida como el incremento de superficie que experimenta una cierta cantidad de emulsión cuando se la somete a la acción de un peso específico, en un intervalo fijo de tiempo.¹¹⁷ Esta propiedad se realizó situando en un portaobjetos una cantidad aproximada de 1 gramo de pomada y ubicándolo sobre una superficie cuadrículada; sobre dicho portaobjetos se colocó otro para cubrir la muestra y posteriormente se situó un peso fijo de 352.5 gramos, se esperó 1 minuto y se registró el radio del círculo formado. Con los valores de los radios obtenidos se calcularon las superficies correspondientes de cada formulación, con un peso estándar, dado que con uno diferente los resultados cambian. Una muestra de este ensayo se presenta en la figura 23.

Imagen 21. Ensayo de extensibilidad de una de las formulaciones de pomada realizadas.



Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos y presentados en la tabla 31 (ver anexo D), se expresan en unidades de superficie (cm) y permiten evidenciar que unas formulaciones presentan mayor extensibilidad que otras, lo que de manera indirecta da idea de la facilidad de aplicación del producto. Las formulaciones con mayor dureza presentaron menor superficie de extensión. En este criterio se consideró para la mejor formulación un término medio, donde la extensibilidad no fuera excesiva, pues esta era muestra de una pomada muy grasosa, y tampoco fuera muy rígida, pues con esto se evidenciaba la falta de un humectante.

¹¹⁷ FERNÁNDEZ. Op. cit, p. 71.

3.4.6 Esparcibilidad, absorción y remoción. El análisis de estos tres parámetros fue realizado de forma cualitativa mediante la asignación de puntajes con valores entre 1 y 5, la tabla 29 presenta los criterios empleados (ver anexo D).

La esparcibilidad fue un factor evaluado mediante la aplicación de una pequeña cantidad de producto sobre la piel del antebrazo, esta propiedad se determinó teniendo en cuenta la facilidad de aplicación de la misma sobre la piel. Fue posible evidenciar que la aplicación sobre la piel de las formulaciones con dureza excesiva fue compleja, por el contrario, algunas formulaciones al ser muy cremosas se extendieron con mayor facilidad, pero dejaron una sensación muy grasosa sobre la piel. La mejor formulación presenta una esparcibilidad adecuada, que no requirió de un gran esfuerzo de aplicación y que a la vez no dejaba restos ni sensaciones indeseadas en la superficie de la piel.

En cuanto refiere a la absorción, esta fue evaluada de acuerdo con el tiempo requerido por cada formulación para ser absorbida por la piel sin dejar material particulado en su superficie ni sensación grasosa al tacto, de igual forma se evidenció que ninguna de las pomadas realizadas generaba resequedad en la piel. Por lo anterior se destaca que la mejor formulación se absorbe de manera adecuada en un rango de tiempo comprendido entre 1 y 3 minutos. La remoción va de la mano con el factor de absorción, esta fue probada mediante el uso de toallas de limpieza comunes; se determinó que las formulaciones con mayor contenido de aceite y lanolina presentaron más resistencia a la remoción por su excesivo contenido graso. La mejor formulación se removía con gran sencillez de la piel, no obstante, al contar con una eficaz facilidad de absorción, su remoción no se hace estrictamente necesaria.

3.4.7 Consistencia y textura. Estos factores fueron evaluados de manera cualitativa mediante observación; los resultados para el análisis de la textura de cada formulación se encuentran la tabla 31 (ver anexo D), junto con la puntuación y descripción asignada para cada criterio considerado. La consistencia de una pomada, en el ámbito de los preparados fitoterapéuticos sólidos, se define como la cualidad de una emulsión que le permite resistir sin quebrarse, agrietarse, ni deformarse fácilmente a temperatura ambiente, sin la acción de una fuerza externa. A nivel general las formulaciones presentaron una consistencia adecuada y pasadas 24 y 48 horas ninguna presentó agrietamientos en su superficie ni en su cuerpo.

Por otra parte, la textura es un factor clave directamente relacionado con la sensación que un producto genera al ser aplicado sobre la piel. Las texturas más comunes son las ligeras y las grasosas, y las más adecuadas varían entre moderada y ligera. Este aspecto debe atender a la finalidad destinada del producto, en este caso se espera una consistencia moderada o ligera, pues excesivamente grasosa tiende a ocasionar capas gruesas de emulsión en la piel generando incomodidad en las heridas cutáneas y evitando la respiración natural de la misma.

La mejor formulación presentó una textura moderada, agradable al tacto, más densa que la de una crema, pero más suave que la de un ungüento.

4. INCLUSIÓN DE CÁSCARA DE PIÑA Y ROMERO COMO AGENTES CONSERVANTES

Los principios activos naturales actúan de manera coordinada en las células de las cuales provienen, por lo que los efectos antibacteriano y antimicrobiano son el resultado de la acción combinada de varias de estas sustancias que, en conjunto, pueden proveer efectos adicionales como el antiinflamatorio; esto conlleva a que la curación envuelva una red completa de reacciones entre los compuestos activos¹¹⁸. Con la inclusión de diversas materias primas que conforman la fase oleosa en el producto era necesario evaluar si las nuevas interacciones entre los diversos ingredientes activos naturales afectaban las propiedades antibacterianas que se espera posea el preparado tópico y a su vez la necesidad e influencia de incluir conservantes naturales a la mejor formulación obtenida anteriormente, en aspectos relacionados con la estabilidad microbiológica y la estabilidad térmica.

Fueron valoradas cuatro opciones empleando hidrolato de cáscara de piña y extracto glicólico de romero debido a que su composición química, indicada en la presente sección, les otorga acción conservante; lo anterior, con el objeto de establecer si la cantidad inicial de extracto de guatila era suficiente para que ésta actuara como agente antibacteriano y antifúngico sin necesidad de la adición de un ingrediente conservante, conforme a lo expuesto en la sección 1.1.1. Cada conservante individual fue incluido en una cantidad equivalente a 15 gotas y para la formulación con ambos conservantes se agregaron 8 gotas de cada uno, sobre la pomada en estado líquido.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE AGENTES CONSERVANTES

La extracción de los conservantes naturales se llevó a cabo con hidrodestilación asistida por microondas. Como se especificaba en la sección 2.4.4. los parámetros de pH, densidad, así como los organolépticos son fundamentales para determinar la conveniencia de su adición al producto. De manera similar a la empleada en la caracterización de los extractos de guatila, para los análisis de pH y densidad se usaron un pHmetro marca Jenway y un picnómetro, respectivamente. Los cálculos para la densidad se realizaron con la ecuación 2 del método de medición con picnómetro.

4.1.1 Piña. Las cáscaras de piña variedad Golden fueron obtenidas de la plaza de mercado de Fontibón, proveniente de Lebrija Santander. Éstas se cortaron en trozos pequeños de 1 a 2 cm y posteriormente fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito al 1%. Se realizaron 2 extracciones, mediante hidrodestilación asistida

¹¹⁸IONESCU, Mihaela Ileana. Are Herbal Products an Alternative to Antibiotics?. p. 11. En: INTECHOPEN [sitio web]. Romania: UNIVERSITY OF MEDICINE AND PHARMACY. [Consulta: 27 julio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/bacterial-pathogenesis-and-antibacterial-control/are-herbal-products-an-alternative-to-antibiotics->

por microondas, cada una de ellas con 400 gramos aproximadamente de cáscaras en 750 ml de agua destilada¹¹⁹, por espacio de una hora con una potencia de 60 kW; obteniéndose 300 ml de hidrolato en cada proceso, cuya caracterización se encuentra en la tabla 8.

Tabla 8. Caracterización del hidrolato de cáscaras de piña.

	pH	Densidad	Color	Olor
Extracción 1	4.20	0.9973	Transparente	Característico a Piña
Extracción 2	4.18	0.9981	Transparente	Característico a Piña

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con Poveda, Ramírez y Reyes¹²⁰, la siembra del concentrado de jugo de la pulpa la piña presenta actividad antimicrobiana moderada específicamente contra la *Pseudomona aeruginosa*; adicional a ello, los componentes naturales de dicha fruta tales como el ácido tartárico¹²¹ y los compuestos fenólicos, incluidos en estos los flavonoides, cuyo valor aproximado en la cáscara de la variedad amarilla de *Ananas comosus* es de 12 mg EAG/g (Equivalentes en Ácido Gálico/gramo), presentan actividad antioxidante. El contenido fenólico puede ser utilizado como un indicador de la capacidad antioxidante de las cáscaras de piña, pues estos demuestran una efectiva inactivación de las cadenas de radicales libres y promueven la prevención de la conversión de hidroperóxido en oxiradicales reactivos¹²². Las razones anteriormente descritas permitieron la selección de la piña para evaluar su actividad conservante en la pomada.

4.1.2 Romero. El romero se adquirió de un cultivo propio de la ciudad de Bogotá D.C. Al igual que las cáscaras de piña, fue limpiado y desinfectado con una solución de hipoclorito al 1%. Se separaron las hojas del tronco, dado que el tallo no se deseaba emplear para la obtención del extracto. Se realizó una extracción mediante hidrodestilación asistida por microondas con 80 gramos de vegetal en 300 ml de

¹¹⁹ ŽEMLIČKA, Lukaš, *et al.* Analysis of natural aroma and flavor of MD2 pineapple variety (*Ananas comosus* [L.] Merr.). p. 123. Acta Chimica Slovaca [en línea], 2013, mayo, 6 (1) [Consultado 28 mayo 2019]. ISSN 1337-978X. DOI: 10.2478/acs-2013-0019. Disponible en: <https://content.sciendo.com/view/journals/acs/6/1/article-p123.xml>

¹²⁰ POVEDA ROJAS, César Antonio; RAMÍREZ MARTÍNEZ, María Azucena y REYES MENDOZA, Isela Roxana. Estudio de la actividad antimicrobiana de la pulpa *Ananas comosus* (Piña dorada) por el método Dilución en Caldo, Febrero-Marzo 2015 [en línea]. p 62. Trabajo de grado licenciado químico-farmacéutico. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, 2015. [Consultado 27 julio 2019]. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/5813>

¹²¹ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Fruit processing: Preservatives. p 3 En: FAO. [sitio web]. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. [Consulta 26 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au117e.pdf>

¹²² SALAS HUAYAN, Andrés Michel. Actividad antioxidante y factor de protección solar de cáscara de *Ananas comosus* (L.) Merrill" piña" [en línea]. p. 14. Trabajo de grado bachiller en farmacia y bioquímica. Universidad Nacional de Trujillo, 2016. [Consultado 28 mayo 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4448/Salas%20Huayan%20Andres%20Michel.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

agua destilada¹²³ durante un tiempo de una hora y con una potencia de 60 kW; obteniéndose 0,5 ml del aceite esencial. No obstante, dicha cantidad fue considerada insuficiente para el total de muestras que se deseaba realizar, de este modo se recurrió al uso de un extracto glicólico de romero obtenido comercialmente, cuya caracterización se presenta en la tabla 9.

Tabla 9. Caracterización del Extracto glicólico de Romero.

	pH	Densidad	Color	Olor
Muestra 1	6.43	1.0366	Naranja claro	Característico a Romero
Muestra 2	6.45	1.0369	Naranja claro	Característico a Romero

Fuente: elaboración propia.

El romero fue elegido como posible conservante, pues en esta planta se encuentran compuestos fenólicos tales como el ácido carnósico, el carnosol¹²⁴ y el ácido rosmarínico¹²⁵, los cuales son responsables de la acción conservante del romero. Especialmente, el ácido carnósico y el carnosol son los encargados de la acción antioxidante de los extractos liposolubles de esta planta, destacándose el ácido carnósico por presentar tanto propiedades antibacteriales como antioxidantes.¹²⁶

4.2 ESTUDIOS DE ESTABILIDAD

La estabilidad de un producto tópico se define, según la ONUDI como “la propiedad que tiene el producto de mantener sus especificaciones de calidad dentro del rango establecido por el fabricante, durante el periodo de vida útil asignado y en un material de envase determinado”.¹²⁷

Los estudios de estabilidad hacen posible que el encargado del producto cosmético registre, documente y comprenda los posibles cambios, tanto físicos como organolépticos, químicos y microbiológicos, que pueden presentarse al exponer el producto tópico a diversos factores ambientales dentro de los que se destacan la temperatura y la luz. La pomada puede verse afectada por factores de dos tipos:

¹²³ BOUSBIA, Nabil, *et al.* Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. p. 356. Food Chemistry [en línea]. 2009, mayo, 114 (1) [Consultado 29 mayo 2019]. ISSN 0308-8146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.106> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608011825>

¹²⁴ ARUOMA, O., *et al.* Antioxidant and prooxidant properties of active rosemary constituents: Carnosol and Carnosic Acid. p. 258. Xenobiotica [en línea]. 1992, febrero, 22 (2) [Consultado 29 mayo 2019]. ISSN 00498254. DOI: <https://doi.org/10.3109/00498259209046624>. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00498259209046624>

¹²⁵ DEL BAÑO, María José *et al.* Phenolic Diterpenes, Flavones and Rosmarinic Acid distribution during the development of leaves, flowers, stems and roots of *Rosmarinus officinalis*. p 4247. Journal of Agricultural and Food Chemistry [en línea]. 2003, junio 51 (15) [Consultado 30 mayo 2019]. ISSN 1520-5118. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/10671668_Phenolic_Diterpenes_Flavones_and_Rosmarinic_Acid_Distribution_during_the_Development_of_Leaves_Flowers_Stems_and_Roots_of_Rosmarinus_officinalis_Antioxidant_Activity-

¹²⁶ ARUOMA. Op. cit., p. 259

¹²⁷ ONUDI. Recomendaciones para el desarrollo de estudios de estabilidad de productos cosméticos. p. 32. En: PROGRAMA DE TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA [sitio web]. Bogotá: ONUDI. [Consulta: 30 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.ptp.com.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=04719234-05ec-4e7b-95e5-192845ef68da>

intrínsecos, relacionados con la naturaleza de las formulaciones provenientes de la interacción entre los componentes, y extrínsecos, referentes a circunstancias externas como la temperatura ambiente, la luz, microorganismos, vibraciones, entre otros; la estabilidad permite estudiar la influencia de estos factores en el producto. Estos análisis son útiles para definir ciertos ajustes requeridos en la fórmula, para seleccionar los materiales adecuados, para determinar el tiempo aproximado de vida útil del producto y para establecer las condiciones más apropiadas de almacenamiento y transporte, todo esto con el objetivo de garantizar que la pomada sea funcional, segura y aceptable para el uso humano.

En general, la estabilidad es relativa, pues esta varía con el tiempo en función de factores que aceleren o retarden la aparición de alteraciones en los diferentes parámetros de calidad del producto. Cabe precisar, que algunas modificaciones que se presenten dentro de los límites establecidos no constituyen de manera estricta o rigurosa una razón para rechazar el producto, pues estas pruebas son procedimientos predictivos basados en datos obtenidos al someter a los productos a condiciones que buscan acelerar la aparición de ciertas alteraciones posibles a suceder en las condiciones de venta o distribución de estos; los procedimientos predictivos generan resultados que no son absolutos, pero que tienen probabilidad de suceder.¹²⁸ La estabilidad es una medida inmediata de la calidad global del producto, considerando especificaciones de tipo organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas.

4.2.1 Estabilidad térmica. El factor extrínseco más importante para considerar fue la temperatura a la cual se realizó el ensayo, ya que esta incide de manera directa en los resultados concernientes al producto final. Para el desarrollo de los estudios de estabilidad referentes a la temperatura y humedad, la ONUDI sugiere considerar las condiciones climáticas en las que será comercializado y almacenado el producto.¹²⁹ Para el caso de la pomada se evaluó una condición natural a una temperatura ambiente equivalente a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una condición acelerada a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

4.2.1.1 Estabilidad térmica preliminar. Es preciso realizar un estudio de estabilidad preliminar que permita orientar la adecuada elección de ingredientes y del envase empleado de acuerdo con los requerimientos de la pomada que se desean conservar, como la consistencia, textura y uniformidad, a diversas temperaturas de almacenamiento. La estabilidad preliminar no es útil para determinar el tiempo de vida útil del producto, pero si es fundamental para contar con una base para posteriores análisis exhaustivos.

La estabilidad térmica preliminar, se realizó sometiendo muestras diferentes a cuatro condiciones de temperatura distintas, la primera muestra fue puesta a

¹²⁸ Ibid, p. 33.

¹²⁹ Ibid, p. 38.

temperatura baja de 5°C en un refrigerador convencional, la segunda a temperatura baja de -4°C en congelador, la tercera fue dejada a temperatura ambiente aproximada de 20°C y la cuarta se sometió a una temperatura elevada de 50 °C en estufa; cada uno de los ensayos descritos anteriormente fue realizado durante un periodo de 24 horas. Los resultados observados una vez realizados los ensayos, permiten concluir que el producto es completamente estable a temperatura ambiente, relativamente estable a temperaturas bajas, pues se presentó cierto grado de sudoración en la superficie, e inestable a temperaturas bastante elevadas. Dentro de este ensayo, también se evaluó el método de ciclos de temperatura, en el cual se sometió una de las muestras a cambios bruscos de temperatura seguidos. La muestra se mantuvo durante 24 horas a una temperatura baja de 4°C, posteriormente se dejó durante 24 horas a temperatura ambiente y finalmente se sometió a una temperatura alta de 50 °C. Los resultados de este método permiten ratificar las conclusiones del anterior ensayo.

Los estudios hechos de estabilidad térmica preliminar dan garantía de que el producto mantiene intactas sus propiedades físicas, químicas y organolépticas a temperatura ambiente, equivalente a la temperatura de Bogotá, lugar donde este será inicialmente comercializado. Se evidencia que las temperaturas elevadas no favorecen la conservación de las características propias del producto, no obstante, esto se justifica mediante el hecho de que un producto tópico como lo es la pomada, no requiere de almacenamiento en condiciones térmicas extremas, por otra parte, en Colombia no se registran valores de temperatura equivalentes a 50 °C en ninguna ciudad. En condiciones extremas, de acuerdo con la ONUDI¹³⁰, la incidencia de las alteraciones fisicoquímicas es frecuente y de hecho muy esperada, esto se debe a que no necesariamente los cambios presentados en estos panoramas se observan en la estabilidad normal o natural o en la comercialización del producto, estas, por el contrario, son circunstancias mucho más severas.

4.2.1.2 Estabilidad térmica acelerada. La ONUDI¹³¹, especifica que este tipo de pruebas se realiza en ambientes con condiciones controladas que simulan el medio al cual estará sometido el producto, en especial en lo relacionado con la temperatura, la humedad y la luz. Así mismo, se menciona que estos estudios generalmente involucran condiciones menos extremas que las usadas en la estabilidad preliminar. La estabilidad acelerada, fue realizada a una temperatura de 50 °C durante 4 días y a tres tipos de iluminación evaluando la influencia de incidencia de la luz natural, de la luz de una bombilla eléctrica directamente sobre la pomada y en ausencia de luz. Los resultados obtenidos reflejan que la pomada no es estable a la temperatura evaluada y además durante el periodo de 4 días se presentan pérdidas por evaporación del producto cuyos valores se observan en la tabla 10. El efecto de la luz no es causante de reacciones negativas o cambios en la apariencia de la misma. Los recipientes empleados para la evaluación de las

¹³⁰ Ibid, p. 48-49.

¹³¹ Ibid, p. 54.

condiciones de estabilidad son fabricados en polietileno de alta densidad, su color es blanco y presentan un doble fondo con geometría cóncava; en estos envases se evidencia la estabilidad adecuada requerida para el producto final.

Tabla 10. Pérdidas de muestra en gramos en el ensayo de estabilidad acelerada.

Muestra	Peso con muestra de pomada (g)	Pérdida total (g)
1	59,958	2,247
2	73,802	2,378
3	57,602	3,655
4	74,736	2,877
5	43,282	6,417
6	51,956	3,138
7	44,485	3,426
8	47,032	7,469

Fuente: elaboración propia.

4.2.2 Estabilidad Microbiológica. Se emplearon las modificaciones propuestas por Gudiño¹³² al manual de Bacteriología Analítica (BAM) y al Manual de Calidad Microbiológica (MQM) en las prácticas de preparación de medios de cultivo, siembra superficial de las muestras e incubación y conteo para recuento total de bacterias (RTB) y recuento total de mohos y levaduras (RTML).

Las pomadas fueron preparadas el día previo a su siembra respetando técnicas asépticas que incluyeron el uso de barrera físicas como guantes, gorro, mascarilla y bata de laboratorio, la limpieza de la superficie y de todos los instrumentos y elementos de vidrio involucrados, así como de los envases, con etanol al 70% y un adecuado aislamiento del área del laboratorio donde se llevó a cabo la elaboración del producto tópico. Las muestras del producto fueron almacenadas en un lugar limpio, seco y a temperatura ambiente.

Por otra parte, en las prácticas microbiológicas se emplearon cajas de Petri, asas, pipetas y erlenmeyers de vidrio y una microespátula de acero inoxidable los cuales se lavaron previamente, con un detergente suave usando escobillas y se dejaron secar sobre una toalla de papel; posteriormente, dichos elementos se envolvieron en papel de estraza para su debida esterilización en un autoclave con un ciclo de temperatura corto de 15 minutos hasta una temperatura de 80°C, en conformidad a lo expuesto por el Manual de Prácticas del laboratorio de Microbiología general¹³³.

¹³² GUDIÑO CANDO, Raquel. Control Microbiológico de Cremas Faciales, a base de productos naturales, comercializadas en centros naturistas de la Ciudad de Quito [en línea]. p. 32. Trabajo de grado químico farmacéutico. Universidad Central del Ecuador, 2013. [Consultado 30 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1125>.

¹³³ AQUIAHUATL RAMOS, María de los Angeles y PÉREZ CHABELA, María de Lourdes. Manual de prácticas del laboratorio de Microbiología General. p. 14. En: UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA [sitio web]. México: UNIVERSIDAD

Se elaboraron cuatro formulaciones: la primera contenía solo el extracto de guatila en la cantidad especificada en el capítulo anterior, la segunda además del extracto se conformaba por hidrolato de cáscara de piña, en la tercera se adicionó extracto glicólico de romero y en la última se agregó una mixtura de las sustancias empleadas como conservantes. Para la toma de las correspondientes muestras de cada formulación analizar se desinfectó el envase con Etanol al 70% y, con ayuda de una microespatula, se procedió a depositar una cantidad de alrededor de 1 gramo en una mezcla que contenía 8 ml de agua de peptona al 0.1% y 1 ml de Tween 80, esto dado que la pomada a temperatura ambiente se encontraba en estado sólido y su siembra en el cultivo se dificultaba, con esta dilución su esparcibilidad era más sencilla; generando de esta forma una disolución 1:10¹³⁴, sobre el medio de cultivo específico para cada aspecto. Las siembras se realizaron mediante el método de superficie de 1 ml de la muestra de cada pomada previamente disuelta en los medios específicos tanto para el recuento total de bacterias como para el correspondiente a mohos y levaduras.

4.2.2.1 Recuento total de bacterias. Se preparó Agar soya tripticaseína (TSA) como medio de cultivo de 8 gramos del polvo en 200 ml de agua, teniendo en cuenta las proporciones consultadas equivalentes a 40 gramos para 1 litro¹³⁵, para 9 cajas de Petri que constituían los ensayos por duplicado y una correspondiente a control ambiente. Posteriormente se esterilizó el medio y se dejó enfriar a una temperatura aproximada de 45°C.

La siembra en superficie se llevó a cabo en una cabina de flujo laminar, previamente desinfectada con etanol al 70% y UV aplicada por 15 minutos, vertiendo primero la cantidad aproximada de 20ml del cultivo a cada caja de Petri de vidrio y luego 1 ml de la disolución 1:10 de cada muestra tomada de las diferentes pomadas elaboradas que fue extendido en movimientos circulares usando un asa de vidrio. Cada una se selló con cinta para placa Parafilm M y se incubaron a una temperatura de 32 a 35°C por espacio de 3 días¹³⁶. Para el control ambiente se dispuso solamente los 20 ml del cultivo especificado anteriormente.

Al día siguiente no se evidenciaba crecimiento bacteriano en las muestras, sin embargo, el control ambiente presentaba algunos puntos visibles de color crema signo de que los procedimientos de vertimiento del medio de cultivo y sellado realizados fueron incorrectos permitiendo la contaminación del este y, por tanto, no se tenía seguridad de los resultados obtenidos. Sin embargo, se continuó con el proceso de incubación y tres días después en las muestras que contenían el hidrolato de piña como conservante se apreciaban varias manchas de color marrón

AUTONOMA METROPOLITANA-IZTAPALAPA. [Consulta 27 julio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/diversos/AQUIAHUATL_RAMOS_MARIA_DE_LOS_ANGELES_Manual_de_practicas_de.pdf

¹³⁴ GUDIÑO. Op. Cit, p 33.

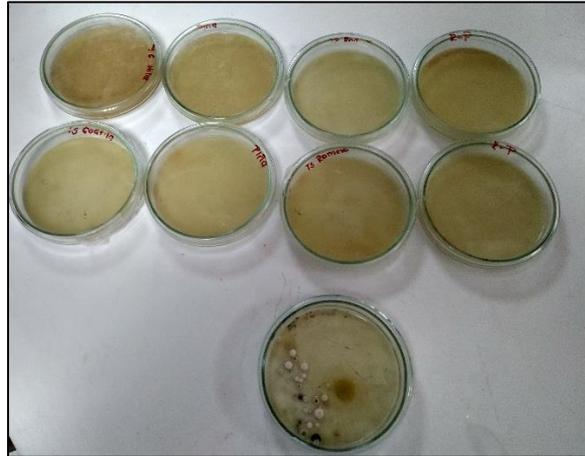
¹³⁵ Ibid., p 33.

¹³⁶ Ibid., p 33.

oscuro, como se evidencia en la imagen 22, así como un olor predominante característico de un proceso de fermentación.

Esto debido a que el fruto del cual se obtuvo la cáscara para la extracción del hidrolato se encontraba en su madurez fisiológica lo cual hacía de la composición de éste alta en azúcares que, diluidos en el agua empleada como solvente en la hidrodestilación asistida por microondas, brindaron las condiciones propicias para el proceso de crecimiento bacteriano y por tanto para la fermentación del hidrolato. A su vez, la concentración empleada de hipoclorito de sodio y el tiempo de desinfección de las cáscaras no inactivaron las bacterias que dicha materia prima traía consigo desde el momento de su recolección, disminuyendo la capacidad antibacteriana del hidrolato.

Imagen 22. Resultados microbiológicos para recuento total de bacterias primer ensayo.



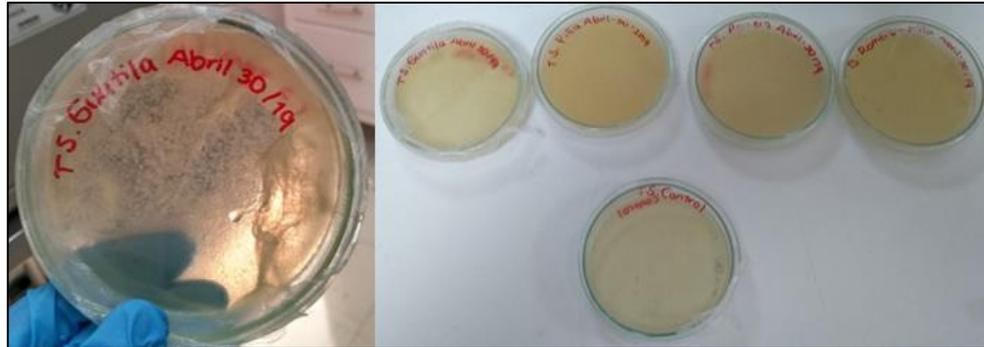
Fuente: elaboración propia.

A causa de la contaminación del control ambiente, el ensayo se repitió con la metodología antes descrita, encontrándose que a las 72 horas no se evidenciaba contaminación ni manchas de color pronunciado en este, permitiendo que los resultados de las siembras de las muestras fueran concluyentes. No obstante, se apreciaba una capa levemente blanquecina, como se aprecia en la imagen 23, por lo que se procedió a realizar tinción con azul de lactofenol para determinar si dicha capa se trataba de crecimiento bacteriano o era producto de la solidificación de la muestra de la pomada que había sido diluida anteriormente. Para dicha tinción se siguió el protocolo del Manual de Prácticas del laboratorio de Microbiología general¹³⁷ para tinciones simples, donde se disponían de dos a tres gotas del

¹³⁷ AQUIAHUATL. Op. Cit, p. 23.

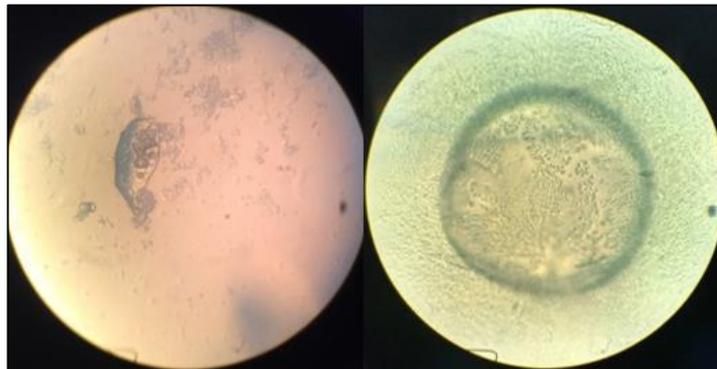
colorante sobre una pequeña muestra del cultivo incubado y posteriormente se analizó a con ayuda del microscopio.

Imagen 23. Resultados microbiológicos para recuento total de bacterias segundo ensayo.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 24. Resultados de tinción con lactofenol de dos muestras.



Fuente: elaboración propia.

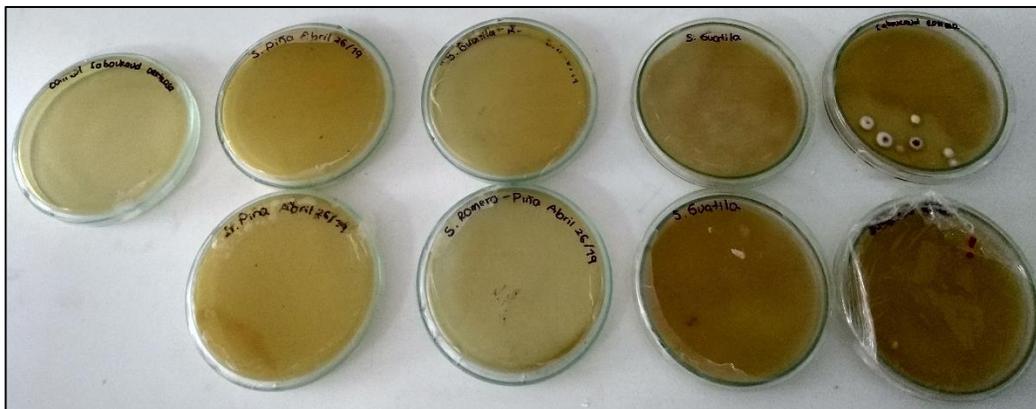
Este procedimiento permitió determinar que en la muestra de pomada sin ningún conservante se trataba de la misma consistencia de la pomada como se demuestra en la parte izquierda de la imagen 24, en contraste, en las muestras con hidrolato de cáscara de piña y extracto glicólico de romero si existía crecimiento bacteriano, como se muestra en el lado derecho de la imagen 24, esto a causa del estado de madurez fisiológica de la piña de la cual se obtuvieron las cáscaras, el alto contenido de azúcares que aportaban de demás al medio y la naturaleza acuosa del hidrolato propiciando un ambiente adecuado para las bacterias. Por su parte el extracto glicólico de romero, al ser una maceración de dicha planta en ácido glicólico, no posee la misma composición de compuestos fenólicos y su inclusión aumenta la disponibilidad de agua, demostrando una respuesta desfavorable en su uso como conservante.

De esta forma, es válido concluir que la inclusión de conservantes naturales, si bien puede incrementar la capacidad antioxidante del producto, afecta las propiedades antibacterianas encontradas en el extracto de guatila. Esto debido a las cualidades proporcionadas por la composición que, tanto con el hidrolato como con el extracto glicólico, poseían propiciando el crecimiento bacteriano, tales como los azúcares y disponibilidad de agua. Dicho resultado, a su vez, permite entrever que la formulación desarrollada es altamente sensible a pequeños cambios porcentuales en su composición.

4.2.2.2 Recuento total de mohos y levaduras. De forma semejante al procedimiento anterior, se preparó Agar Dextrosa según Sabouraud de acuerdo con la proporción de 65 gramos por cada litro¹³⁸, que para las 9 cajas de Petri fue de 13 gramos para 200 ml de agua. Este medio de cultivo también fue esterilizado y enfriado hasta una temperatura aproximada de 45°C.

La metodología de siembra fue análoga a la descrita en la sección anterior y de manera similar, cada caja de Petri se selló con cinta para placa Parafilm M y se llevó a incubación a una temperatura de 28°C a 30°C por espacio de 5 días¹³⁹. Al tercer día se revisaron las muestras, la correspondiente a la formulación con romero presentaba pequeños agujeros en el papel de sellado producto de la extensión de este permitiendo que esporas que se encontraban en la incubadora, provenientes de procesos diferentes al estudiado, ingresaran a la muestra haciendo que se encontraran seis unidades formadoras de mohos (ufm) como se muestra en la imagen 25.

Imagen 25. Resultados microbiológicos para recuento total de mohos y levaduras primer ensayo.



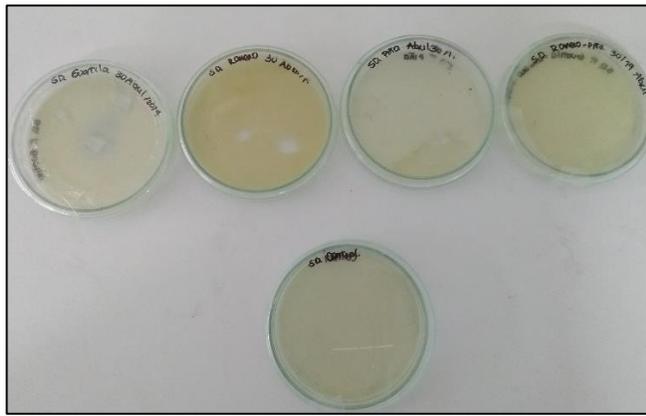
Fuente: elaboración propia.

¹³⁸ GUDIÑO. Op. Cit, p 34.

¹³⁹ Ibid., p 34.

Por consiguiente, se repitió el proceso de siembra con la metodología previamente expuesta y prestando especial cuidado que la cinta asegurara tanto la parte superior como la inferior de las cajas de Petri en el proceso de sellado. A la semana de revisión no se encuentra ninguna unidad formadora de moho, como se evidencia en la imagen 26, lo cual indica que ninguna formulación presenta un ambiente propicio para el crecimiento de mohos y levaduras a la temperatura de incubación establecida.

Imagen 26. Resultados microbiológicos para recuento total de mohos y levaduras segundo ensayo.



Fuente: elaboración propia.

En consecuencia, se corroboró que los principios activos preservados en la obtención del extracto de guatila poseen capacidad antimicrobiana suficiente para concordar con los límites de aceptabilidad requeridos por la Resolución 1482 de 2012 de la Comunidad Andina para productos cosméticos que, al ser aplicados manualmente, son altamente susceptibles a la contaminación microbiológica. La inclusión de sustancias naturales provenientes de frutas depende en gran medida del estado de maduración de estas el cual determina los azúcares aptos para procesos fermentativos posteriores; por otra parte, a pesar de que los conservantes empleados fueron agregados en cantidad menor de 1 mililitro aumentaron el porcentaje de la fase acuosa y, por tanto, la disponibilidad para el crecimiento de microorganismos permitiendo descartar su uso para este preparado tópico.

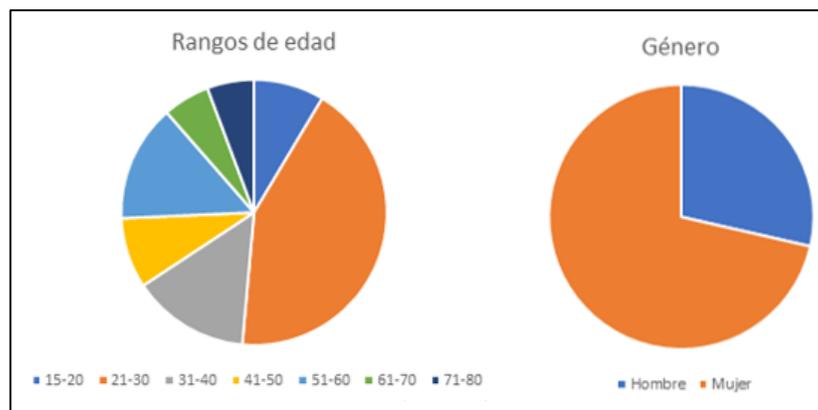
4.3 PANEL SENSORIAL

Con los resultados de las pruebas presentadas anteriormente, se determinó que no era necesaria la inclusión de conservantes en el producto, por lo tanto y con el fin de evaluar la aceptación del producto, se desarrollaron varias muestras las cuales fueron sometidas a un panel sensorial conformado por 35 personas, con edades de entre los 15 y 70 años. Este panel, cuyo formato se adjunta al documento (ver anexo E), consistió en seis preguntas y fue realizado con el fin de analizar parámetros

fundamentales del producto tales como su aroma, textura, apariencia y presentación, así como la disposición de adquirir el producto y el precio que los consumidores están dispuestos a pagar por éste, en una presentación de 30 gramos. Los resultados tabulados para cada pregunta son de carácter cualitativo y por lo tanto estos no representan una razón absoluta de aprobación o desaprobación del producto final.

La tabulación de los resultados relacionados con el género y la edad de las personas encuestadas se presenta en la gráfica 3.

Gráfica 3. Datos obtenidos de información de edad y género de la muestra encuestada.

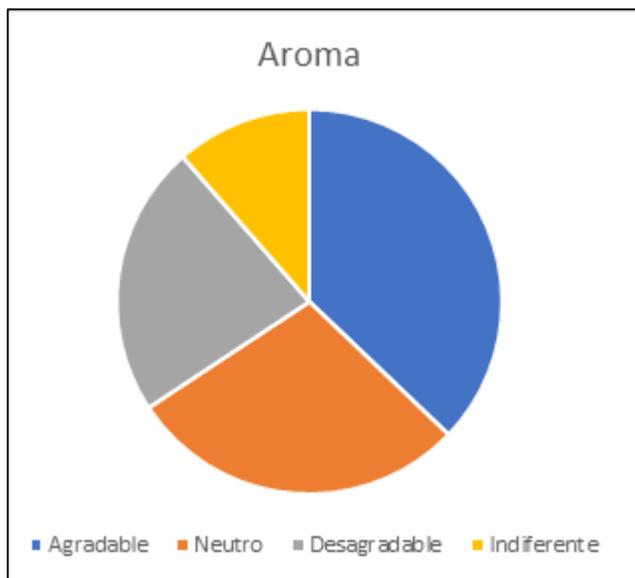


Fuente: elaboración propia.

Se evidenció que las mujeres encuestadas representan un 71% de la población, este factor tiene gran influencia en los resultados, dado que en la actualidad son las mujeres quienes más consumen este tipo de productos. Los rangos de edad considerados son amplios con el fin de evaluar qué grupo presenta más aceptación frente al producto, un 43% de la población seleccionada se encuentra entre los 21 y 30 años y un 26% presentan edades superiores a los 50 años.

La primera pregunta considerada fue realizada con base en el aroma de la pomada, los resultados tabulados se presentan en la gráfica 4.

Gráfica 4. Aceptación del aroma como parámetro organoléptico del producto.

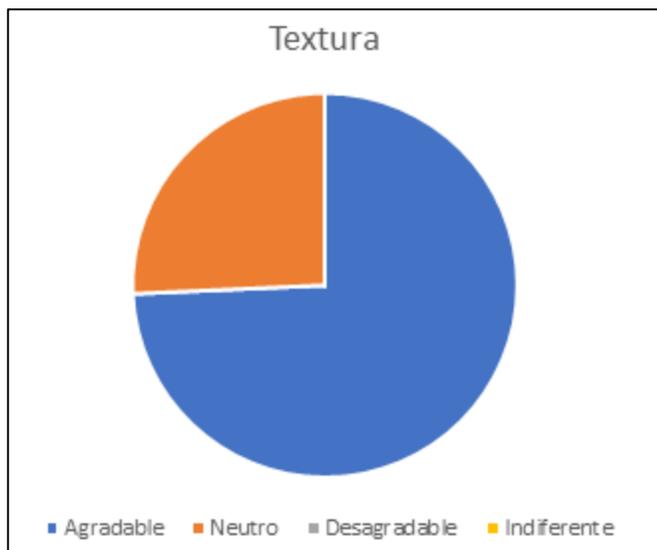


Fuente: elaboración propia.

Este parámetro fue controversial a la hora de dar a probar el producto, no obstante, se evidencia que un 66% de las personas encuentran el aroma como agradable o neutro, dando con esto una aceptación del mismo en la pomada. Por otra parte, un 23% de la población afirmó sentir desagrado por el aroma del producto. Al realizar la tabulación se halló un patrón en la percepción de este parámetro, pues se encontró que las personas con edades entre los 15 y 30 años gustan del aroma o no encuentran inconveniente alguno con este, por el contrario, las personas que no aceptan este parámetro organoléptico presentan edades superiores, comprendidas entre los 40 y 80 años.

La segunda pregunta se relacionó con la textura del producto, referente a la sensación dejada por ésta al ser aplicada sobre la piel. Los resultados se encuentran en la gráfica 5.

Gráfica 5. Aceptación de la textura como parámetro sensorial del producto.

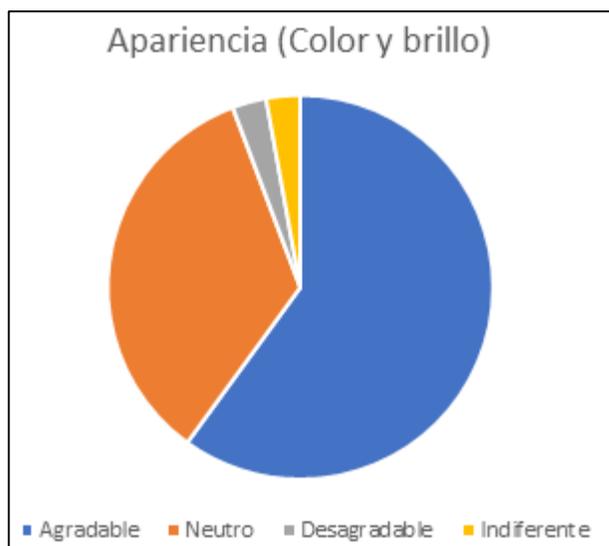


Fuente: elaboración propia.

Se evidencia que ninguna persona de la muestra encuestada encuentra desagradable o indiferente este parámetro y que para un 74% de la población el producto presenta una textura agradable, la cual describen como ligera y refrescante. Lo anterior permite aprobar esta propiedad para el producto y da garantía de que la formulación es adecuada, pues uno de los aspectos más relevantes de un producto tópico es la percepción sensorial que éste genere en la piel.

La tercera pregunta corresponde a la percepción visual del consumidor en aspectos relacionados con la apariencia, considerando dos factores: el color y el brillo, los resultados de esta se ilustran en la gráfica 6.

Gráfica 6. Aceptación de la apariencia como parámetro organoléptico visual del producto.

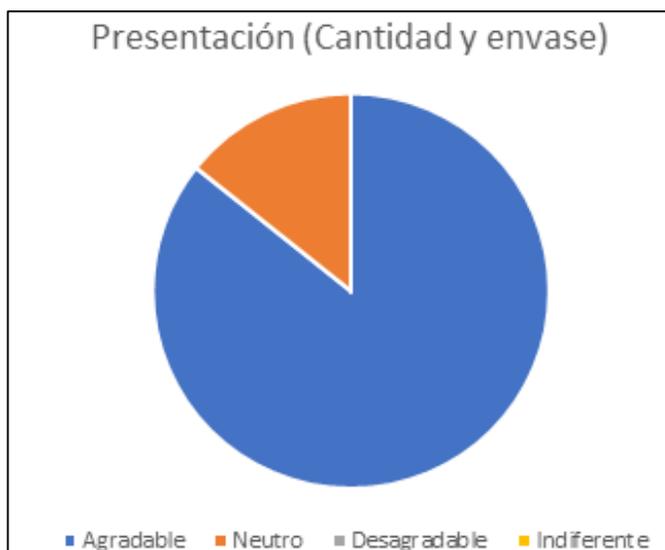


Fuente: elaboración propia.

Los resultados muestran que la apariencia en general fue agradable para un 60% de los encuestados, siendo un buen indicio de aceptación de este parámetro para el producto final, así mismo, un 34% encuentra neutralidad en estas características, indicando que este no es un factor que desapruében. Se evidencia que para un 3%, correspondiente a una sola persona, estos parámetros no son aceptables.

La cuarta pregunta se realizó en relación con la percepción del consumidor sobre la presentación del producto, incluyendo aspectos relacionados con la cantidad de 30 gramos y el envase plástico empleado para su distribución. Los resultados se encuentran ilustrados en la gráfica 7.

Gráfica 7. Aceptación de la presentación del producto en aspectos de cantidad y envase.

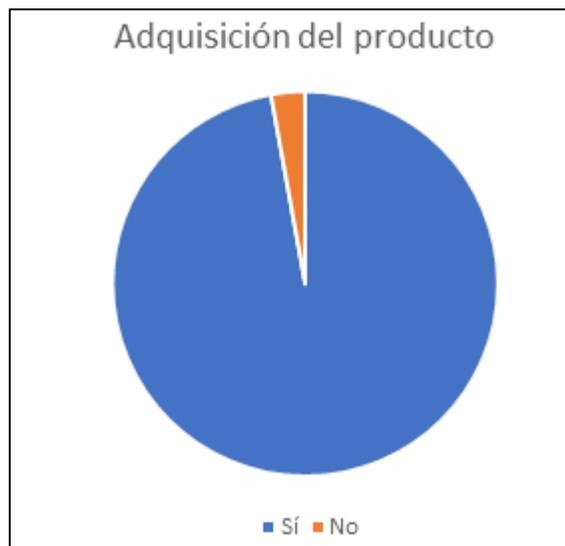


Fuente: elaboración propia.

La gráfica anterior permite concluir que la mayoría de la población encuestada correspondiente a un 86% encuentra agradable la presentación de la pomada y aseguran que la cantidad envasada es adecuada y suficiente, así mismo, algunas de las personas consideran que los envases son livianos, fáciles de llevar y permiten la aplicación sencilla del producto. Ninguna persona desaprueba este parámetro por lo que se determina como óptimo y aceptado.

La quinta pregunta fue realizada con el fin de determinar si las personas seleccionadas adquirirían el producto, los resultados se presentan en la gráfica 8.

Gráfica 8. Disposición de adquirir el producto en la presentación de 30 gramos.

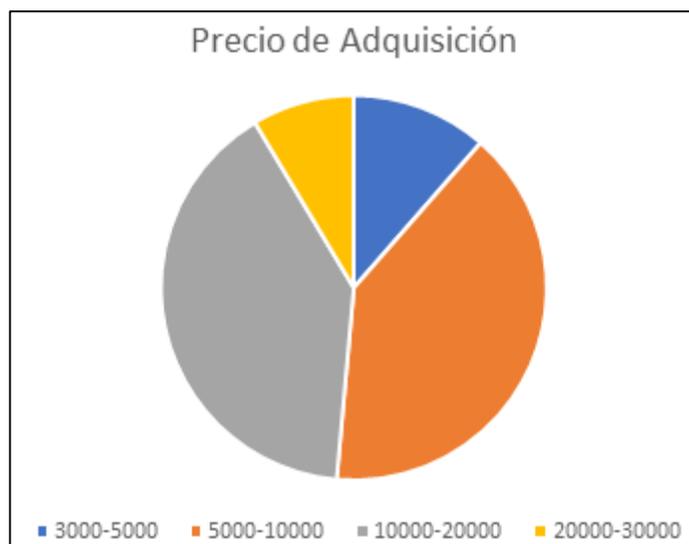


Fuente: elaboración propia.

Los resultados permiten observar que un 97% de las personas adquirirían el producto, lo cual permite visualizar un panorama relacionado con el éxito de la comercialización del producto. Se evidencia que solo un 3% de la población, es decir una persona, no estaría dispuesta a adquirir el producto, el cual es un resultado favorable.

Finalmente, la sexta pregunta se relacionó con el precio que los consumidores estarían dispuestos a pagar por el producto en la presentación de 30 gramos, las respuestas a esta fueron registradas y se presentan en la gráfica 9.

Gráfica 9. Precio de adquisición del producto en una presentación de 30 gramos.



Fuente: elaboración propia.

Este factor evaluado, permite determinar los posibles valores a los cuales podría venderse la pomada a base de extracto natural de guatila. Se evidencia así, que un 40% de los encuestados pagaría entre 5,000 y 10,000 pesos colombianos, y de manera equivalente otro 40% pagaría entre 10,000 y 20,000 pesos colombianos. En el mercado colombiano el precio de estos productos se encuentra en el rango entre 5,000 y 20,000 pesos dependiendo la marca, los componentes y la posición comercial de la empresa productora. Por lo anterior, se destaca que el producto fue bien valorado lo que lo hace óptimo para iniciar su comercialización en Bogotá.

En conclusión, el producto fue bien aceptado por la población encuestada correspondiente a 35 personas, lo que garantiza que este tiene una amplia viabilidad en el mercado fitoterapéutico colombiano, pues además de ser innovador presenta el valor agregado de ser producido con ingredientes 100% naturales.

4.4 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO FINAL

El nombre de la pomada EduleCare, hace referencia al nombre científico de la guatila en latín, *Sechium Edule*, y a sus propiedades curativas, con la palabra “care” en inglés cuyo significado es cuidado, haciendo alusión al cuidado de la piel. La pomada EduleCare, es un preparado fitoterapéutico a base de extracto natural de guatila y con ingredientes de origen 100% natural, destinado a la cura y el tratamiento de lesiones y afecciones cutáneas, ocasionadas por el uso de adhesivos médicos. La presentación final de la pomada tiene un contenido equivalente a 30 gramos, la etiqueta del envase se presenta en la imagen 27 y la valla publicitaria con el logo del producto en la imagen 28.

Imagen 27. Etiqueta de la pomada EduleCare.



Fuente: elaboración propia.

Imagen 28. Valla publicitaria del producto fitoterapéutico.



Fuente: elaboración propia.

5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA PRODUCCIÓN A NIVEL DE PLANTA PILOTO

La siguiente sección, describe el escalamiento del proceso de fabricación de pomadas EduleCare a nivel planta piloto teniendo en cuenta toda la información obtenida en los ensayos realizados en el laboratorio. Primeramente, se organizaron las etapas en un diagrama de bloques y se plantearon los balances de materia de las operaciones unitarias primordiales con la finalidad de realizar el diseño de equipos con las especificaciones requeridas. Para las demás divisiones se planteó maquinaria que existe a nivel comercial. La demanda que permitió determinar los lotes de producción fue establecida teniendo en cuenta las empresas nacionales que se dedican actualmente a la producción y comercialización de esta gama de productos conteniendo diversos extractos y al aumento de interés de parte de los consumidores a los productos más naturales y del campo fitoterapéutico.

5.1 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

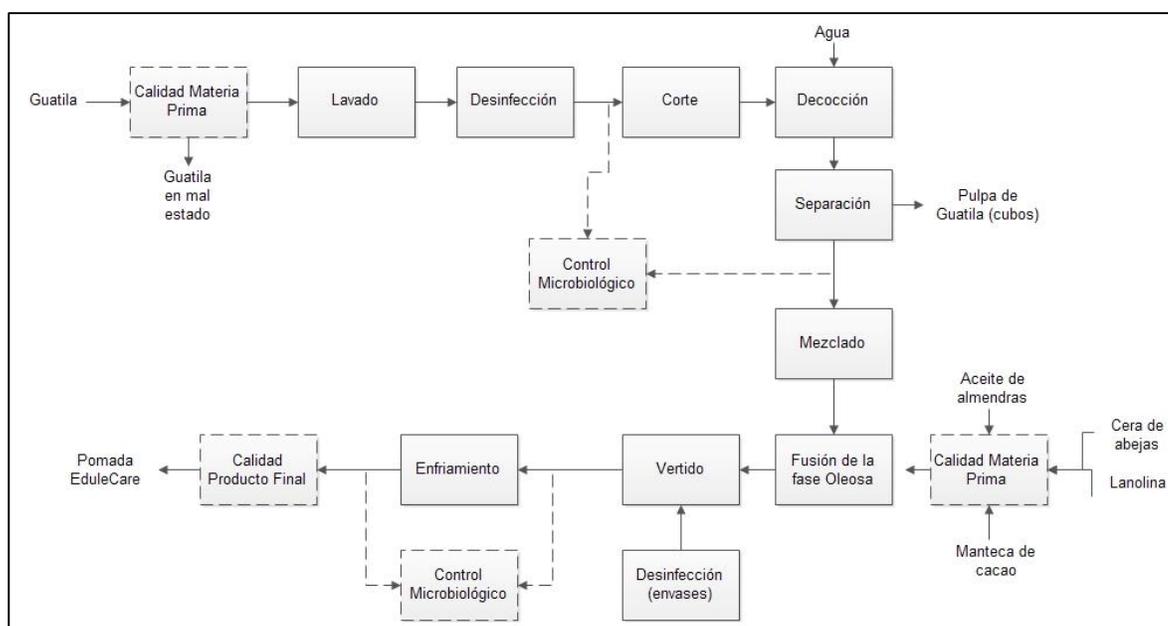
El proceso de producción de la pomada EduleCare involucra una serie de operaciones unitarias fundamentales, dentro de las que se incluyen los tratamientos preliminares para asegurar la inocuidad de las materias primas, con el fin de obtener productos con alto grado de calidad.

La producción tiene inicio con la etapa de lavado a la cual ingresa la materia prima principal, la guatila, en esta etapa preliminar se emplea agua para retirar las impurezas y la suciedad ocasionada en la siembra y cosecha de los frutos, posteriormente la guatila lavada pasa a una etapa de desinfección en la que se emplea una solución de hipoclorito de sodio al 0,1% para eliminar la carga microbiológica. La materia vegetal desinfectada pasa a una operación de cortado en la cual se obtienen cubos de 2 cm de arista, posteriormente este material ingresa al proceso central de extracción conocido como decocción el cual se realiza en una marmita y con adición de agua, esta operación es seguida por una etapa de filtración en la que se separa la pulpa de la guatila en cubos del extracto acuoso de guatila. Una vez se tiene la primera fase, se prepara la fase oleosa en un tanque mediante la fusión de los diferentes componentes hasta alcanzar una solución homogénea entre estos; el mezclado de ambas fases se realiza en un tanque mezclador con agitación hasta lograr la compatibilidad adecuada entre estas. La siguiente operación del proceso es el envasado de la pomada preparada, en estado líquido, en los recipientes finales previamente desinfectados; finalmente se somete al producto envasado y sellado a enfriamiento, para obtener la pomada EduleCare. Este procedimiento es válido para extractos obtenidos de la variedad *nigrum xalapensis* de guatila cultivada en el municipio de Anolaima, Cundinamarca con un rango de concentración de flavonoides de alrededor de 1.45 a 1.47 mg quecetina/ml.

Se definen tres estaciones de calidad, la primera previa al proceso de lavado donde se inspecciona la materia prima de entrada y se desecha aquella que evidencia un

estado de maduración no adecuado, agujeros y una coloración diferente a la especificada; la segunda se encuentra antes del mezclado de los ingredientes de la fase oleosa donde se evalúa el estado de llegada de dichas materias primas y la última estación está después del enfriamiento de la pomada, esto con el fin de garantizar los parámetros físicos esperados en el producto y tener trazabilidad de las características del lote elaborado. A su vez, se establecen etapas de control microbiológico donde se analizarán muestras aleatorias de las materias primas y pomadas de cada lote, con el fin de evitar el crecimiento de microorganismos que puedan comprometer la calidad del producto y la salud del consumidor, así como el aval por la norma establecida. Su ubicación se especifica el diagrama siguiente.

Diagrama 1. Flujo del proceso de producción de pomada EduleCare.



Fuente: elaboración propia

5.2 BALANCES DE MATERIA

Según De La Peña¹⁴⁰, para realizar el dimensionamiento de los equipos es preciso contar con ecuaciones desarrolladas en la escala pequeña que proporciona información base que será escalonada y permite una comparación entre ambos sistemas. Por esto, se recurre a los balances de materia, asumiendo un estado estacionario y una producción en lotes, para las operaciones unitarias de decocción, filtración, fusión de la fase oleosa y mezclado.

¹⁴⁰ DE LA PEÑA, Ramón. Técnicas de Escalamiento Aplicadas al diseño de Procesos Químicos. p 1-2. En: SLIDESHARE [sitio web]. México: ACADEMIA DE INGENIERÍA DE MÉXICO. [Consulta 28 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en <https://es.slideshare.net/AcademiaDeIngenieriaMx/tecnicas-de-escalamiento-aplicadas-al-diseno-de-procesos-quimicos>

5.2.1 Balance de materia a nivel laboratorio. A nivel laboratorio se prepararon formulaciones de 30 gramos de contenido. No obstante, en las operaciones de decocción y filtración se emplearon las cantidades especificadas en la sección 2.5, por lo que con los valores obtenidos y realizando proporciones se estima que lo producido puede ser distribuido en 153 pomadas puesto que cada pomada requiere de 5 gramos de extracto.

La ecuación 3 presenta el principio general de conservación de la masa. Sin embargo, en el proceso al no presentarse generación dado que no involucra reacciones químicas ni acumulación puesto que el proceso se realizará por lotes, se obtiene la ecuación 4.

Ecuación 3. Ecuación general de Balance de Materia.

$$Entrada + Generación - Salida - Consumo = Acumulación$$

Fuente. ÁLVAREZ ZAPATA, Hernán Darío. Balances de materia y energía. Formulación, solución y usos en procesos industriales [en línea] p. 44. Medellín: 2011. Capítulo 3. Principio General de Conservación, Ecuaciones de Balance y Algoritmo de Solución. pp. 43-60. [fecha de consulta: 25 abril 2019]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/46991/>.

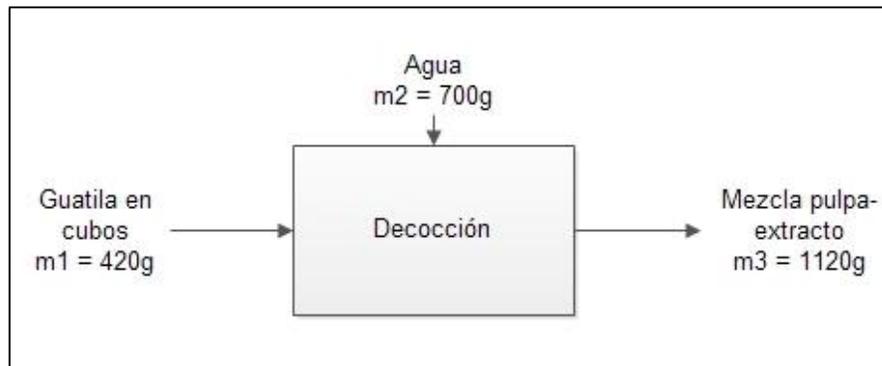
Ecuación 4. Balance de Materia sin transformación ni acumulación.

$$m_{entrada} = m_{salida}$$

Fuente. ÁLVAREZ ZAPATA, Hernán Darío. Balances de materia y energía. Formulación, solución y usos en procesos industriales [en línea] p. 44. Medellín: 2011. Capítulo 3. Principio General de Conservación, Ecuaciones de Balance y Algoritmo de Solución. pp. 43-60. [fecha de consulta: 25 abril 2019]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/46991/>

Para cada operación unitaria se determinó el cálculo de la corriente de salida de cada proceso usando la ecuación 4.

Diagrama 2. Balance de materia a nivel laboratorio de la operación de Decocción.



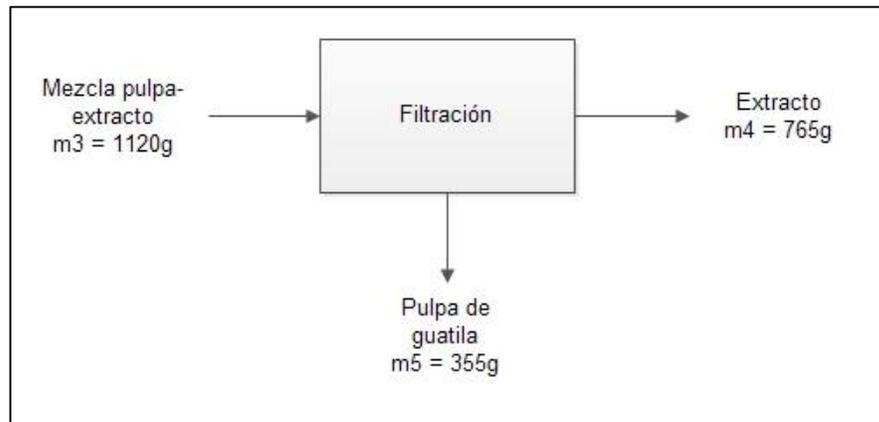
Fuente: elaboración propia.

$$m1 + m2 = m3$$

$$420g + 700g = m3$$

$$m3 = 1120 \text{ gramos Mezcla Pulpa Extracto}$$

Diagrama 3. Balance de materia a nivel laboratorio de la operación de Filtración



Fuente: elaboración propia.

$$m3 = m4 + m5$$

$$m3 - m5 = m4$$

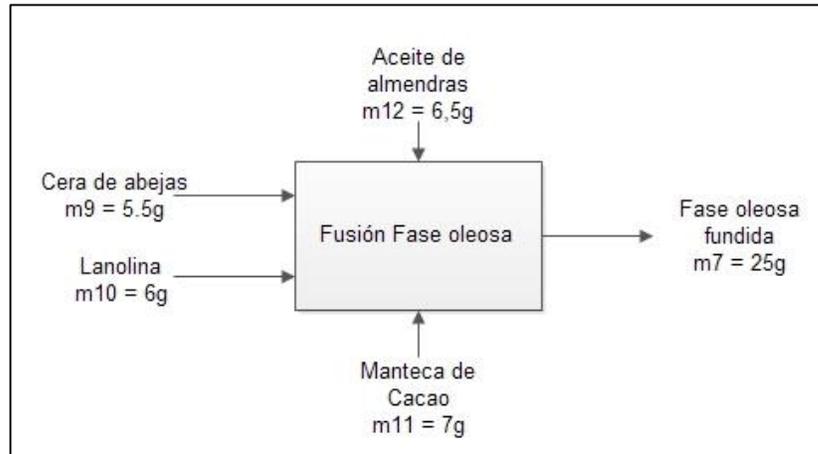
$$1120g - 355g = m4$$

$$m4 = 765 \text{ gramos Extracto}$$

En esta etapa se calculó la cantidad del extracto teniendo en cuenta la cantidad de pulpa de guatila que se retiró y a la densidad del extracto calculada en la sección 2.4.4 que era semejante a la del agua, permitiendo expresar el resultado en unidades de masa. Como se observa, durante el proceso de extracción la guatila en

trozos puede perder peso, por lo que la cantidad retirada en esta operación es menor a la ingresada en la decocción.

Diagrama 4. Balance de materia a nivel laboratorio de la operación de Fusión fase Oleosa.



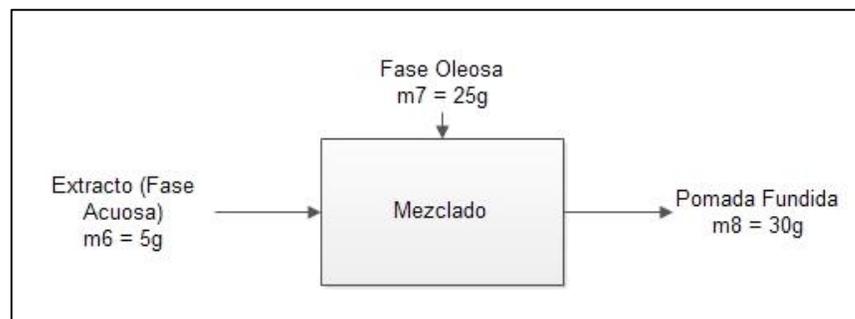
Fuente: elaboración propia.

$$m9 + m10 + m11 + m12 = m7$$

$$5.5g + 6g + 7g + 6.5g = m7$$

$$m7 = 25 \text{ gramos Fase oleosa fundida}$$

Diagrama 5. Balance de materia a nivel laboratorio de la operación de Mezclado.



Fuente: elaboración propia.

$$m6 + m7 = m8$$

$$5g + 25g = m8$$

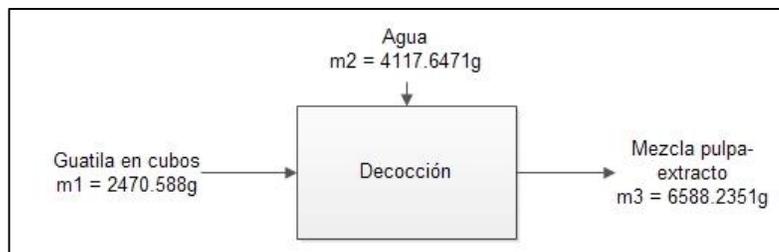
$$m8 = 30 \text{ gramos Pomada Fundida}$$

En este balance la corriente m4 no corresponde a la m6 a pesar de que se trata de la misma materia prima, extracto guatila o fase acuosa, esto debido a las cantidades de guatila y solvente presentadas en el proceso de decocción para garantizar la

mayor concentración de flavonoides, sección 2.5.3. En dicho procedimiento no es posible realizar extracciones pequeñas y por tanto se suplirían alrededor de 153 pomadas con dicha sustancia, este detalle no se repite en el dimensionamiento a escala piloto dado que las cantidades son correctamente proporcionadas.

5.2.2 Balance de materia a escala planta piloto. Se estableció una producción en lotes de 900 pomadas cada dos semanas, 1800 unidades al mes. Los cálculos se realizaron con reglas de tres para las unidades deseadas, teniendo en cuenta las relaciones obtenidas a nivel laboratorio, y posteriormente se aplicó el balance de materia ecuación 4. para determinar corrientes de salida.

Diagrama 6. Balance de materia de la operación de Decocción para la producción de 900 unidades.



Fuente: elaboración propia.

$$x = 900 \text{ pomadas} * \frac{420 \text{ gramos de Guatila}}{153 \text{ pomadas}} = 2470.588 \text{ gramos de Guatila}$$

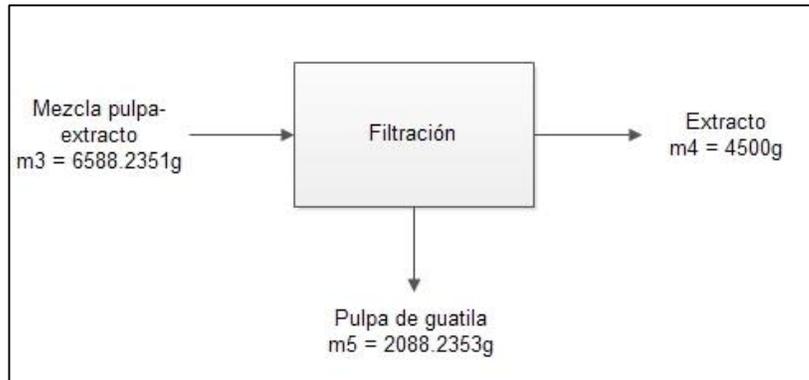
$$x = 900 \text{ pomadas} * \frac{700 \text{ gramos de Agua}}{153 \text{ pomadas}} = 4117.647 \text{ gramos de Agua}$$

$$m1 + m2 = m3$$

$$2470.588g + 4117.647g = m3$$

$$m3 = 6588.235 \text{ gramos Mezcla Pulpa Extracto}$$

Diagrama 7. Balance de materia de la operación de Filtración para la producción de 900 unidades.



Fuente: elaboración propia.

En este caso, se calculó cuanto extracto se requiere para el lote de producción especificado mediante regla de tres, y con el balance de materia se halló la proporción correspondiente a la pulpa de guatila que se retirará.

$$x = 900 \text{ pomadas} * \frac{5 \text{ gramos de Extracto}}{1 \text{ pomada}} = 4500 \text{ gramos de Extracto}$$

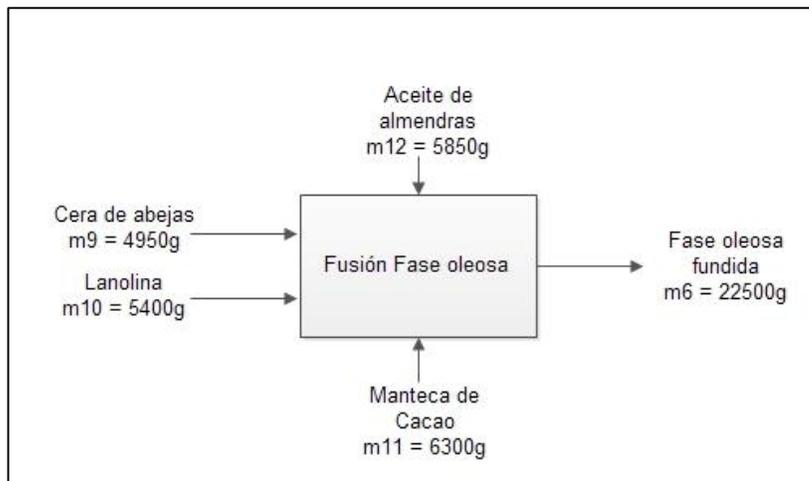
$$m3 = m4 + m5$$

$$m3 - m4 = m5$$

$$6588.235g - 4500g = m5$$

$$m5 = 2088.235 \text{ gramos de Pulpa de Guatila}$$

Diagrama 8. Balance de materia de la operación de Fusión Fase Oleosa para la producción de 900 unidades.



Fuente: elaboración propia.

Para cada componente de la fase oleosa se realizó regla de tres, según la proporción que se utilizó para una muestra de 30 gramos y posteriormente se empleó el balance de materia de la ecuación 4.

$$x = 900 \text{ pomadas} * \frac{5.5 \text{ g de cera de abejas}}{1 \text{ pomada}} = 4950 \text{ g de cera de abejas}$$

$$x = 900 \text{ pomadas} * \frac{6 \text{ g de Lanolina}}{1 \text{ pomada}} = 5400 \text{ g de Lanolina}$$

$$x = 900 \text{ pomadas} * \frac{7 \text{ g de Manteca de cacao}}{1 \text{ pomada}} = 6300 \text{ g de Manteca de cacao}$$

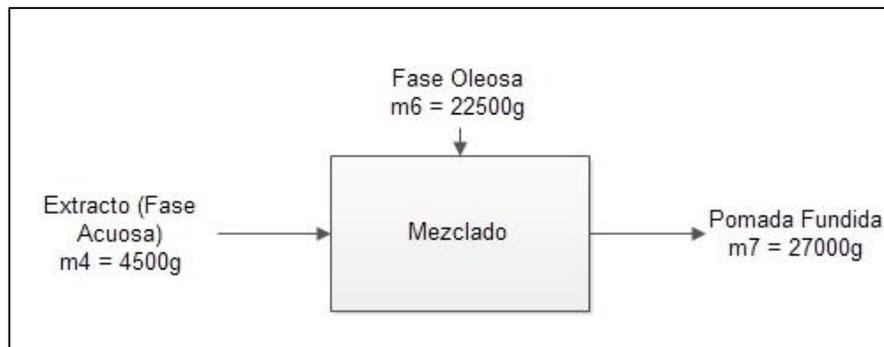
$$x = 900 \text{ pomadas} * \frac{6.5 \text{ g de Aceite de almendras}}{1 \text{ pomada}} = 5850 \text{ g de Aceite de almendras}$$

$$m9 + m10 + m11 + m12 = m6$$

$$4950g + 5400g + 6300g + 5850g = m6$$

$$m7 = 22500 \text{ g Fase oleosa fundida}$$

Diagrama 9. Balance de materia de la operación de Mezclado para la producción de 900 unidades.



Fuente: elaboración propia.

$$m4 + m6 = m7$$

$$4500g + 22500g = m8$$

$$m8 = 27000 \text{ gramos Pomada Fundida}$$

5.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS PRINCIPALES

Para la realización del dimensionamiento de los equipos principales se consideran los balances de materia previamente presentados en la sección 5.2.2 con el fin de determinar la capacidad de cada equipo empleado correspondiente con la cantidad

de materia requerida en cada etapa; de igual forma, estas consideraciones permiten determinar los equipos más adecuados para cada operación unitaria involucrada en el proceso de producción. Por otra parte, cabe anotar que el dimensionamiento exhaustivo fue realizado para los equipos empleados en las operaciones de decocción, filtración o separación, fusión de la fase oleosa y mezclado y que para cada uno de estos se establecen y evalúan tres parámetros que son la geometría, el sistema de calentamiento y el sistema de agitación, estos dos últimos en caso de ser requeridos. El material establecido para la fabricación de todos los equipos que se describen a continuación fue acero inoxidable tipo AISI 316 puesto que, al tratarse de un producto que entrará en contacto con la piel humana, se requiere un material que garantiza asepsia y se emplea cuando se requiere que el contenido esté libre de contaminantes; este tipo de acero presenta molibdeno en su composición lo que lo hace más resistente a la corrosión que pudiese generar alteraciones físicas y químicas en el producto.

5.3.1 Decocción. Para este proceso se seleccionó una marmita con tanque cilíndrico y fondo semicircular con salida en la parte inferior, y calentamiento por chaqueta de calentamiento con vapor como se muestra en la figura 47. A continuación, se describe el dimensionamiento de ambas partes.

Figura 1. Marmita cilíndrica.



Fuente. FAGOR. [sitio web]. México: FAGOR. Marmitas cilíndricas: Catálogo de productos de cocción horizontal. [Consulta: 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.fagorlatinoamerica.com/es/cocinas-industriales/gran-produccion/marmitas-cilindricas>.

Primero, se calculó el volumen de mezcla considerando la corriente de salida m³ del balance de materia para el proceso a escala piloto, presentado en la figura 43, y la densidad del extracto la cual fue de 1.0032 g/ml y la siguiente ecuación.

Ecuación 5. Volumen de mezcla.

$$V = \frac{M}{\rho}$$

Fuente. PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. [en línea]. 6ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/308251594/Perry-Manual-del-ingeniero-quimico-pdf>.

Donde

V : Volumen de la mezcla en cm³.

M : Masa total de la mezcla en gramos.

ρ : Densidad de la mezcla en g/cm³.

$$V = \frac{6588.235g}{1,0032 \frac{g}{cm^3}} = 6567.22 \text{ cm}^3$$

Para calcular el volumen mínimo del tanque de la marmita de geometría cilíndrico se empleó la siguiente ecuación que contempla una dimensión por concepto de espacio de seguridad que es recomendable tener.

Ecuación 6. Volumen mínimo del tanque de la marmita.

$$V_{\text{tanque,mín}} = \frac{V_{\text{mezcla}}}{(1-0.15)}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 43. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$V_{\text{tanque,min}}$: Volumen del tanque cilíndrico mínimo en cm^3 .

V_{mezcla} : Volumen de la mezcla en cm^3 .

$$V_{\text{tanque,min}} = \frac{6567,22 \text{ cm}^3}{(1 - 0.15)} = 7726.1412 \text{ cm}^3$$

Con dicho volumen se realizaron los cálculos respectivos al diámetro de la marmita teniendo presente que el parte inferior existe una porción semiesférica.

Ecuación 7. Volumen del tanque de la marmita.

$$V_{\text{marmita}} = V_{\text{cilindro}} + V_{\text{semiesfera}} = \frac{\pi}{4} (D)^2 * h + \frac{\pi}{12} (D)^3$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 56. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

V_{marmita} : Volumen mínima de la marmita en cm^3 .

D : Diámetro de la marmita cm

h : Altura de la marmita en cm.

Despejando junto con la relación que Calle¹⁴¹ establece entre altura y diámetro se plantea la ecuación 9.

Ecuación 8. Relación altura-diámetro para la marmita.

$$h = 1.20 * D$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 56. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Ecuación 9. Diámetro del tanque de la marmita.

$$D = \left(\frac{12 * V}{\pi[(3 * 1,20) + 1]} \right)^{1/3}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 56. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

¹⁴¹ CALLE, Mario. 2004. Citado por: VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 56. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

$$D = \left(\frac{12 * 7726.1412 \text{ cm}^3}{\pi[(3 * 1,20) + 1]} \right)^{1/3} = 18.5814 \text{ cm}$$

Para el cálculo de la altura de la marmita se recurrió a la relación de la ecuación 8

$$h = 1.20 * 18.5814 \text{ cm} = 22.2976 \text{ cm}$$

Como se requiere una chaqueta de calentamiento, se procedió a calcular también su altura.

Ecuación 10. Altura de la chaqueta de calentamiento de la marmita.

$$h_{chaqueta} = \frac{h}{(1 + f)}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 57. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$h_{chaqueta}$: Altura de la chaqueta de calentamiento de la marmita en cm.

h : Altura del tanque de la marmita en cm.

f : Factor de seguridad con el fin de evitar derrames, equivalente a 0.10.

$$h_{chaqueta} = \frac{22.2976}{(1 + 0.10)} = 20.2705 \text{ cm.}$$

Para calcular el espesor del equipo, se emplea la ecuación 11.

Ecuación 11. Espesor de la marmita

$$T_c = \frac{P_c \times R}{S \times E - 0,6 \times P_c} + C.A$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 18. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf

Donde:

T_c : Espesor del cilindro en mm.

P_c : Presión interna del cilindro en atm.

R : Radio interno del cilindro en mm.

S : Esfuerzo del material en atm.

E : Factor de soldadura, equivalente a 0.85.

$C.A$: Tolerancia de corrosión, equivalente a 2mm.

Tabla 11. Tensión máxima permitida en función de la temperatura de los aceros inoxidables según la norma ASME.

Especificación		Valores Máximos permitidos de Tensiones en Aceros de alta presión Multiplicar por 1000 para obtener psi					
Número	Grado	Temperatura °F					
		-20 a 100	200	300	400	500	600
SA-240	304	18.8	17.8	16.6	16.2	15.9	15.9
SA-240	304L	15.7	15.7	15.3	14.7	14.4	14
SA-240	316	18.8	18.8	18.4	18.1	18.0	17.0
SA-240	316L	15.7	15.7	15.7	15.5	14.4	13.5

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 47. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

El esfuerzo del material permite definir la resistencia del material al aplicarse una fuerza externa¹⁴² teniendo en cuenta las condiciones de operación. La norma ASME

¹⁴² DURAND PORRAS, Juan Carlos, *et al.* Esfuerzo. p 1. En: SLIDESHARE [sitio web]. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. [Consulta: 15 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://es.slideshare.net/borisacunagaray/esfuerzo-y-deformacin-uni>

proporciona una tabla para calcular el valor máximo permitido según la clase de acero dado que, en cada referencia, las propiedades mecánicas cambian. Teniendo en cuenta que la máxima temperatura de operación del proceso fue de 100°C (212°F), al tratarse de un proceso donde se requiere agua en su punto de ebullición, se realizó la lectura de valor para el grado 316 y, por medio de una interpolación, se halló valor de 18642.667 psi correspondiente a 1268.5582 atm.

$$T_c = \frac{1 \text{ atm} * 92.907 \text{ mm}}{1268.5582 \text{ atm} * 0.85 - 0.6 * 1 \text{ atm}} + 2 \text{ mm} = 2.0862 \text{ mm} = 2,1 \text{ mm}$$

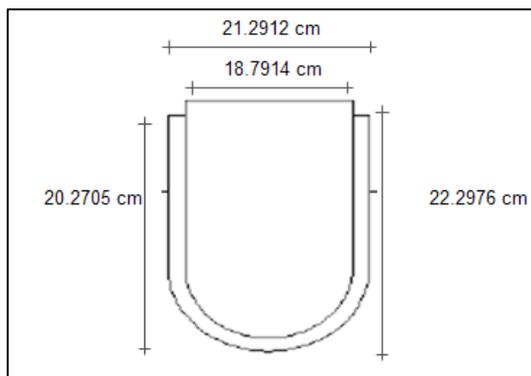
Con dicho valor se calculó el diámetro externo de la marmita, así como el diámetro interno de la chaqueta de esta, con la ecuación 11 también se calculó el espesor de la chaqueta. Los resultados del dimensionamiento de la marmita se presentan en la tabla 12.

Tabla 12. Dimensionamiento de la marmita para la decocción.

Aspecto	Especificación	Unidades
Material	Acero inoxidable AISI 316	-
Geometría	Cilíndrica con fondo semiesférico	-
Volumen del tanque de la marmita	7726.1412	cm ³
Diámetro interno del tanque de la marmita	18.5814	cm
Diámetro externo del tanque de la marmita	18.7914	cm
Altura del tanque de la marmita	22.2976	cm
Espesor del tanque de la marmita	0.21	cm
Diámetro interno de la chaqueta de la marmita	21.0814	cm
Diámetro externo de la chaqueta de la marmita	21.2912	cm
Altura de la chaqueta de la marmita	20.2705	cm
Espesor de la chaqueta de la marmita	0.20978	cm
Ubicación del drenaje del tanque de la marmita	Al Fondo	-

Fuente: elaboración propia.

Imagen 29. Dimensiones básicas de la marmita para decocción.



Fuente: elaboración propia

5.3.1.1 Dimensionamiento del sistema de calentamiento. Según los resultados obtenidos a nivel laboratorio, se establecieron unas condiciones de operación en la tabla 13 para los cálculos de cantidad de vapor en la chaqueta de calentamiento con el fin de alcanzar las temperaturas necesarias para la decocción y extracción del principio activo.

Tabla 13. Condiciones de operación de la marmita para la decocción.

Condiciones de operación	Valor	Unidades
Presión atmosférica de la planta	560	mmHg
Temperatura de entrada del agua	20	°C
Temperatura de salida del agua	95	°C
Temperatura de entrada de la guatila	20	°C
Temperatura de salida de la guatila	75	°C
Presión del vapor saturado	15	psi

Fuente: elaboración propia

Determinar la temperatura más aproximada a una real de la pared del tanque de la marmita en el proceso es fundamental para especificar la cantidad de vapor necesario que permite realizar la decocción a las temperaturas que se usaron en el laboratorio. Inicialmente, se planteó un rango de temperaturas cercanas al punto de ebullición del solvente (100, 98 y 96°C) evaluando diversas propiedades, como el coeficiente de convección y conducción y sus respectivas resistencias a lo largo de un procedimiento que propició el valor adecuado de temperatura de pared del tanque.

Ecuación 12. Coeficiente de convección por condensación de vapor en el interior de la chaqueta.

$$h_{\text{interno chaqueta}} = 0,943 * \left\{ \frac{(k_L)^3 * \rho_L * (\rho_L - \rho_V) * g * \left[\lambda + \left(\frac{2}{g} \right) * C_{pL} * (T_{\text{sat}} - T_o) \right]}{L * \mu_L * (T_{\text{sat}} - T_o)} \right\}^{1/4}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 59. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$h_{\text{interno chaqueta}}$: Coeficiente de convección por condensación de vapor en el interior de la chaqueta en kcal/h*m²*°C

k_L : Conductividad térmica del vapor en fase líquida. En kcal/h*m*°C

ρ_L : Densidad del vapor en fase líquida en kg/m³.

ρ_V : Densidad del vapor en fase gaseosa, tomando la presión de saturación como gas ideal kg/m³.

g : Aceleración por la gravedad, equivalente a 1.27*10⁸ m/h².

λ : Entalpía de vaporización kcal/kg

C_{pL} : Calor específico del vapor en fase líquida kcal/kg*°C

T_{sat} : Temperatura de saturación del vapor en el interior de la chaqueta de la marmita a presión de saturación, equivalente a 373.30K.

T_o : Temperatura de la pared del tanque de la marmita en K.

L : Longitud que recorre el vapor, equivalente a 1.0624 metros.

μ_L : Viscosidad del vapor en fase líquida en kg/m*h

Los valores para la densidad de vapor en fase líquida, densidad de vapor en fase gaseosa, conductividad térmica del vapor en fase líquida, entalpía de vaporización, calor específico del vapor en fase líquida y viscosidad del vapor en fase líquida se obtuvieron de la iteración entre los valores obtenidos con la ecuación 13. con la tabla de las propiedades del agua presentadas en la tabla 32 (ver anexo F).

Ecuación 13. Temperatura de evaluación de las propiedades.

$$t' = \frac{3}{8}(T_{sat} - T_o)$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 60. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

T_{sat} : Temperatura de saturación del vapor en el interior de la chaqueta de la marmita a presión de saturación, equivalente a 373.30K.

T_o : Temperatura de la pared del tanque de la marmita en K.

Para una temperatura de 100, resultó un coeficiente de convección de la ecuación 12 de la siguiente manera.

$$\begin{aligned}
 h_{\text{interno chaqueta}} &= 0.943 \\
 & * \left(\frac{\left((0.5839 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{C}})^2 * 957.6151 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (957.6151 - 0.6017) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1.27 \times 10^8 * [539.2247 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} + \frac{3}{8} * 1.0073 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} * (373.30\text{K} - 373.15\text{K}) \right)^{1/4}}{1.0624\text{m} * 1.0093 \frac{\text{kg}}{\text{mh}} * (373.30\text{K} - 373.15\text{K})} \right) \\
 &= 11378.4391 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^2\text{C}}
 \end{aligned}$$

El calor ganado se calculó mediante la ecuación 14 como se muestra a continuación:

Ecuación 14. Calor ganado por la mezcla de agua y trozos de guatila.

$$Q_{ganado} = m_a * Cp_a * (T'sat - t_e) + B * Cp_{guatila} * (Ts - Te)$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 60. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

Q_{ganado} : Cantidad de calor ganado por el agua y los trozos de guatila en kcal/h

m_a : Masa del agua para cubrir las guatilas en kg/lote.

Cp_a : Calor específico del agua, equivalente a 1.00 kcal/kg*°C

B : Flujo de materia prima que ingresa al proceso en kg/lote.

$Cp_{guatila}$: Calor específico de las guatilas, se toma como el calor específico de las papas, equivalente a 0.8240 kcal/kg*°C

$T'sat$: Temperatura de saturación del agua en el interior del tanque de la marmita a presión atmosférica en °C

t_e : Temperatura de entrada de agua en °C

Ts : Temperatura de entrada de los trozos de guatila en °C

Te : Temperatura de salida de los trozos de pulpa de guatila en °C

$$Q_{ganado} = 4.1176kg * 1.00 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * (95 - 20)^{\circ}C + 2.4706 \frac{kg}{lote} * 0.8240 \frac{kcal}{kg^{\circ}C} * (75 - 20)^{\circ}C = 420.7930 \frac{kcal}{lote}$$

También se halló en área de transferencia de calor con la ecuación 15 teniendo en cuenta la geometría de tanque cilíndrico con fondo semiesférico de la marmita.

Ecuación 15. Área de transferencia de calor.

$$A_{transferencia} = A_{cilindro} + A_{semiesfera} = \frac{\pi}{2} * D * (2 * h + D)$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 61. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$A_{transferencia}$: Área total de transferencia de calor, en

D : Diámetro interno del tanque de la marmita

h : Altura el tanque de la marmita.

$$A_{transferencia} = \frac{\pi}{2} * 18.5814cm * (2 * 22.2976cm + 18.5814cm) = 1843.973 cm^2$$

$$= 0.18439 m^2$$

Con los resultados anteriores fue posible hallar el flujo de calor ganado en unidad de área, teniendo en cuenta que en promedio cada lote demora 20 minutos, para definir la relación a emplear en el cálculo del coeficiente de convección por ebullición en el interior del tanque de la marmita como se muestra a continuación.

Ecuación 16. Flujo de Calor ganado por unidad de área de transferencia.

$$\frac{Q_{ganado}}{A_{transferencia}}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 62. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en:
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

$$\frac{Q_{ganado}}{A_{transferencia}} = \frac{1262.379 \frac{kcal}{h}}{0.18439 m^2} = 6846.2443 \frac{kcal}{h * m^2} = 7.9620 \frac{kW}{m^2}$$

Ecuación 17. Coeficiente de convección por ebullición en el interior del tanque de la marmita.

$$\text{Para, } \frac{Q_{\text{perdido}}}{A_{\text{transferencia}}} < 16 \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right)$$
$$h_{\text{ebullición}} = \{1043 * (\Delta T)^{1/3}\} * 0,86$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 62. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$h_{\text{ebullición}}$: Coeficiente de convección por ebullición en el interior del tanque de la marmita en $\text{kcal/h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

ΔT : Diferencia de la temperatura entre la pared del tanque de la marmita y el agua que ebulle en K.

Ecuación 18. Diferencia de la temperatura entre la pared del tanque de la marmita y el agua que ebulle.

$$\Delta T = T'_{\text{sat}} - T_o$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 62. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

T'_{sat} : Temperatura de saturación del agua en el interior del tanque de la marmita a presión atmosférica, equivalente a 373.7°K

T_o : Temperatura de la pared del tanque de la marmita K.

$$\Delta T = (373.7 - 373.25)K = 0.55$$

$$h_{ebullición} = \left[1043 * (0.55)^{1/3} * 0.86 \right] = 734.9147 \frac{kcal}{hm^2°C}$$

Las resistencias térmicas de transferencia también fueron calculadas sin tener en cuenta el factor de ensuciamiento, dado que el proceso es en lotes y entre cada uno de ellos se realizará una limpieza.

Ecuación 19. Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior de la chaqueta.

$$R_{interno\ chaqueta} = \frac{1}{h_{interno\ chaqueta}}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 62. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$R_{interno\ chaqueta}$: Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior de la chaqueta de la marmita en °C*h*m²/kcal.

$h_{interno\ chaqueta}$: Coeficiente de convección por condensación de vapor en el interior de la chaqueta en kcal/h*m²*°C.

$$R_{interno\ chaqueta} = \frac{1}{11378.4391 \frac{kcal}{hm^2°C}} = 8.7885 \times 10^{-5} \frac{hm^2°C}{kcal}$$

Ecuación 20. Resistencia térmica de transferencia de calor por conducción en la chaqueta de la marmita

$$R_o = \frac{e_{chaqueta}}{k_{inoxidable}}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 63. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

R_o : Resistencia térmica de transferencia de calor por conducción en la chaqueta de la marmita en $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^2/\text{kcal}$.

$k_{inoxidable}$: Conductividad térmica del acero inoxidable AISI 316, equivalente a $11.5219 \text{ kcal}/\text{h}\cdot\text{m}\cdot^{\circ}\text{C}$

$e_{chaqueta}$: Espesor de la chaqueta de la marmita en metros.

$$R_o = \frac{2.1 \times 10^{-3} \text{ m}}{11.5219 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^{\circ}\text{C}}} = 1.8226 \times 10^{-4} \frac{\text{hm}^2\text{C}}{\text{kcal}}$$

Ecuación 21. Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior del tanque de la marmita

$$R_{ebullición} = \frac{1}{h_{ebullición}}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 63. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$R_{ebullición}$: Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior del tanque de la marmita en $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^2/\text{kcal}$

$h_{ebullición}$: Coeficiente de convección por ebullición en el interior del tanque de la marmita en $\text{kcal}/\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

$$R_{ebullición} = \frac{1}{734.9147 \frac{\text{kcal}}{\text{hm}^{\circ}\text{C}}} = 0.001361 \frac{\text{hm}^2\text{C}}{\text{kcal}}$$

Ecuación 22. Caída de la temperatura en la película de ebullición.

$$\Delta T_{\text{calculado}} = \left(\frac{R_{\text{ebullición}}}{\Sigma R} \right) * (T_{\text{condensación}} - T'_{\text{sat}})$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 63. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$\Delta T_{\text{calculado}}$: Caída de temperatura en la película de ebullición en $^{\circ}\text{C}$.

$R_{ebullición}$: Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior en el tanque de la marmita en $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^2/\text{kcal}$.

ΣR : Sumatoria de las resistencias térmicas por transmisión de calor por convección y conducción en $^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^2/\text{kcal}$

$T_{\text{condensación}}$: temperatura de condensación del vapor saturado a la presión de saturación, equivalente a 100.55°C

T'_{sat} : Temperatura de saturación del agua en el interior del tanque de la marmita a presión atmosférica, equivalente a 90°C

Ecuación 23. Temperatura de pared del tanque de la marmita calculada

$$T_o \text{ Calculada} = T'_{\text{sat}} + \Delta T_{\text{calculado}}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 64. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$T_{ocaulada}$: Temperatura de la pared calculada del tanque de la marmita en °C.

T'_{sat} : Temperatura de saturación del agua en el interior del tanque de la marmita a presión atmosférica, equivalente a 90°C.

$\Delta T_{calculado}$: Caída de temperatura en la película de ebullición en °C.

$$\Delta T_{calculado} = \left(\frac{0.001361 \frac{hm^2 \circ C}{kcal}}{0.001631 \frac{hm^2 \circ C}{kcal}} \right) * (100.55 - 90) \circ C = 8.8024 \circ C$$

$$T_{ocaulada} = 90 \circ C + 8.8024 \circ C = 98.8024 \circ C$$

Tabla 14. Resultados de propiedades para el cálculo de la temperatura de pared de la marmita en la decocción.

To (°C)	h interno chaqueta (kcal/hm ² °C)	h ebullición (kcal/hm ² °C)	R interno chaqueta (hm ² °C/kcal)	Ro (hm ² °C/kcal)	R ebullición (h m ² °C/ kcal)	T calculada (°C)	To calculada (°C)
100	11378.439	734.915	8.789E-05	0.000182	0.00136	8.802	98.802
98	7741.285	1225.453	0.000129	0.000182	0.000816	7.636	97.636
96	6686.942	1486.346	0.000149	0.000182	0.000672	7.0655	97.065

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla 14, la temperatura de la pared del tanque corresponde a 98 °C, con las propiedades calculadas en dicho valor se procedió a calcular el calor de transferencia, así como la cantidad de vapor requerida por lote.

Ecuación 24. Flujo de calor de transferencia.

$$Q_{transferencia} = \left(\frac{1}{R_{interno chaqueta}} + \frac{1}{R_{ebullición}} \right) * A_{transferencia} * \Delta T_{calculado}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 65. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$Q_{transferencia}$: Flujo de calor que se puede transferir en la marmita en kcal/h

$R_{interno chaqueta}$: Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el interior de la chaqueta de la marmita en °C*h*m²/kcal

$R_{ebullición}$: Resistencia térmica de transferencia de calor por convección en el tanque de la marmita en °C*h*m²/kcal

$A_{transferencia}$: Área total de transferencia de calor en m².

$\Delta T_{calculado}$: Caída de temperatura en la película de ebullición

$$Q_{transferencia} = \left(\frac{1}{0.0001297 \frac{hm^{2\circ C}}{kcal}} + \frac{1}{0.0008160 \frac{hm^{2\circ C}}{kcal}} \right) * 0.18439m^2 * 7.6357^{\circ C}$$

$$= 12624.8212 \frac{kcal}{h}$$

Ecuación 25. Flujo de vapor requerido para la operación unitaria de decocción.

$$m_v = \frac{Q_{transferencia}}{\lambda}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 65. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

m_v : Flujo de vapor requerido para el proceso de decocción en kg/h

$Q_{transferencia}$: Flujo de calor que se puede transferir en la marmita en kcal/h

λ : Entalpía de vaporización evaluada a la temperatura resultado, equivalente a 539.6907 kcal/kg.

$$m_v = \frac{12624.8212 \frac{kcal}{h}}{539.6907 \frac{kcal}{kg}} = 23.3927 \frac{kg}{h}$$

Ecuación 26. Tiempo total empleado en el proceso de decocción

$$\theta_{decocción} = \theta_{Ec} + \theta_{Em}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 65. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

$\theta_{decocción}$: Tiempo total que se demora el proceso de decocción en horas/lote

θ_{Ec} : Tiempo que tarda en transferirse el calor desde el vapor hacia los trozos de guatila para calentarlos y ebulir el agua en horas.

θ_{Em} : Tiempo promedio de escaldado a la temperatura promedio de decocción, equivalente a 0.25 horas.

Ecuación 27. Tiempo que tarda la transferencia de calor del vapor hacia los trozos de guatila.

$$\theta_{Ec} = \frac{Q_{ganado}}{Q_{transferencia}}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 66. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

θ_{Ec} : Tiempo que tarda en transferirse el calor desde el vapor hacia los trozos de guatila para calentarlos y ebulir el agua en horas.

$Q_{transferencia}$: Flujo de calor que se puede transferir en la marmita en kcal/h

Q_{ganado} : Cantidad de calor ganado por el agua y los trozos de guatila en kcal/h

$$\theta_{Ec} = \frac{420.7930 \frac{kcal}{lote}}{12624.8212 \frac{kcal}{h}} = 0.03333 \frac{h}{lote} = 1.9998 \frac{min}{lote}$$

$$\theta_{decocción} = 0.03333 \frac{h}{lote} + 0.25 \frac{h}{lote} = 0.28333 \frac{h}{lote} = 16.9998 \frac{min}{lote}$$

Ecuación 28. Flujo de vapor requerido para cada lote a procesar

$$m_{v-lote} = m_v * \theta_{decocción}$$

Fuente. VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. p. 66. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

Donde:

m_{v-lote} : Flujo de vapor requerido para cada lote de guatila para decocción en kg/lote.

m_v : Flujo de vapor requerido para el proceso de escaldado en kg/h

$\theta_{decocción}$: Tiempo total que se demora el proceso de decocción en horas/lote.

$$m_{v-lote} = 23.3927 \frac{kg}{h} * 0.28333 \frac{h}{lote} = 6.6278 \frac{kg}{lote}$$

A continuación, se presenta una tabla con los aspectos energéticos más importantes en el diseño de la marmita para el proceso de decocción

Tabla 15. Resultados energéticos para la marmita diseñada para decocción.

Concepto	Valor	Unidades
Temperatura de la pared del tanque de la marmita	98	°C
Coefficiente de convección por condensación de vapor en el interior de la chaqueta	7741.285	kcal/hm ² °C
Coefficiente de convección por ebullición en el interior del tanque de la marmita	1225.45	kcal/hm ² °C
Flujo de calor ganado por los trozos de guatila y el agua	420.7930	kcal/lote
Área de transferencia de calor	0.18439	m ²
Flujo de calor que se puede transferir en la marmita	12624.821	kcal/h
Flujo de vapor requerido para la operación de decocción	23.392	kg/h

Tabla 15. (Continuación)

Concepto	Valor	Unidades
Tiempo total que se demora el proceso de decocción	0.283	horas/lote
Flujo de vapor requerido para cada lote de guatila entrante a la decocción	6.628	kg/lote

Fuente: elaboración propia.

5.3.2 Filtración. Se seleccionó una criba circular de separación de sólidos y líquidos con descarga directa como el presenta en la figura 48, con dos tamices de la serie Tyler número 2 ½ y 20 que permitan la separación de la pulpa de la guatila cortada en cubos de tamaño de 2cm de arista y de partículas más pequeñas que pudieran resultar de la operación de corte. El material sugerido, como se explicó al principio de esta sección, fue el acero inoxidable AISI 316.

Figura 2. Criba circular de separación de sólidos y líquidos



Fuente. DIRECT INDUSTRY. [sitio web]. España: ERIMAKI. Criba circular sólidos/líquidos. Catálogo de productos. [Consulta: 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.directindustry.es/prod/erimaki/product-75808-1560637.html>.

Se realizaron los cálculos para el diámetro necesario de los tamices y del tanque cilíndrico de la criba, así como su altura teniendo en cuenta el volumen de mezcla y volumen mínimo hallados con las ecuaciones 5 y 6 reemplazándolos en las siguientes expresiones.

Ecuación 29. Diámetro del tanque cilíndrico de mezcla.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * V_{tanque}}{2\pi}}$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 76. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Ecuación 30. Cálculo de la altura del tanque cilíndrico.

$$\frac{H}{D} = 2$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 76. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

$$V = \frac{6588.235g}{1,0032 \frac{g}{cm^3}} = 6567.22 \text{ cm}^3$$

$$V_{tanque,min} = \frac{6567,22 \text{ cm}^3}{(1 - 0.15)} = 7726.1412 \text{ cm}^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 7726.1412 \text{ cm}^3}{2\pi}} = 17.0065 \text{ cm}$$

$$H = 2 * 17.0065 \text{ cm} = 34.013 \text{ cm}$$

5.3.3 Fusión fase oleosa. Para esta operación se seleccionó una marmita con tanque cilíndrico y fondo semicircular como la mostrada en la figura 47 con calentamiento por chaqueta con vapor. Es necesario determinar la densidad de la mezcla para los valores de dimensionamiento; al tratarse de una mezcla de componentes de diversos pesos moleculares se recurrió a la siguiente ecuación teniendo en cuenta que las cantidades empleadas fueron determinadas en el balance de materia en la figura 45 y los pesos moleculares usados son los correspondientes a la tabla 16.

Ecuación 31. Cálculo de la densidad de la mezcla

$$\rho_{Mezcla} = \sum x_i * \rho_i$$

Fuente. PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. [en línea]. 6ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/308251594/Perry-Manual-del-ingeniero-quimico-pdf>.

Tabla 16. Pesos moleculares, densidades y capacidades caloríficas de los componentes de la fase oleosa de la pomada.

Compuesto	Peso molecular (g/mol)	Densidad (g/ml)	Capacidad calorífica (kJ/kgK)
Aceite de almendras	106.130	0.849	2.400
Cera de abejas	677.200	0.939	3.400
Manteca de cacao	276.275	0.950	2.900
Lanolina	58.0361	0.940	1.589

Fuente: elaboración propia.

Inicialmente, se calculó la cantidad de moles totales y la fracción correspondiente a cada componente de la fase oleosa

$$4950 \text{ g} * \frac{1 \text{ mol de cera de abejas}}{677.200 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 7.3095 \text{ mol de cera de abejas}$$

$$5850 \text{ g} * \frac{1 \text{ mol de aceite de almendras}}{106.130 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 55.1211 \text{ mol de aceite de almendras}$$

$$5400 \text{ g} * \frac{1 \text{ mol de lanolina}}{58.0361 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 93.0455 \text{ mol de lanolina}$$

$$6300 \text{ g} * \frac{1 \text{ mol de manteca de cacao}}{276.275 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 22.8033 \text{ mol de manteca de cacao}$$

Las moles totales son equivalentes a la sumatoria de las moles de cada componente.

$$\text{Moles totales de mezcla} = (7.3095 + 55.1211 + 93.0455 + 22.8033) \text{ mol} = 178.2794 \text{ mol}$$

Las fracciones molares de cada uno de los componentes en la mezcla son:

$$x_{\text{Cera de abejas}} = \frac{7.3095 \text{ mol}}{178.2794 \text{ mol}} = 0.041$$

$$x_{\text{Aceite de almendras}} = \frac{55.1211 \text{ mol}}{178.2794 \text{ mol}} = 0.3092$$

$$x_{\text{Lanolina}} = \frac{93.0455 \text{ mol}}{178.2794 \text{ mol}} = 0.5219$$

$$x_{\text{Manteca de Cacao}} = \frac{22.8033 \text{ mol}}{178.2794 \text{ mol}} = 0.1279$$

Mediante la ecuación 31 se halló la densidad de la mezcla, correspondiente a 0.9131 g/cm³. La cual se empleó en la ecuación 5.

$$V = \frac{22500 \text{ g}}{0.9131 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 24641.3317 \text{ cm}^3$$

De forma similar a la empleada en la sección 5.3.1 se calcularon las dimensiones correspondientes al tanque de la marmita y a la chaqueta de calentamiento. Es importante destacar que la temperatura de esta operación es de 60°C dado que según la información presente en la sección 3.2 de caracterización de las materias primas permite que todas estas se fusionen uniformemente. Dicho valor impacta también en la lectura del valor del esfuerzo del material de la tabla 11.

Tabla 17. Dimensionamiento de la marmita para la fusión de la fase oleosa.

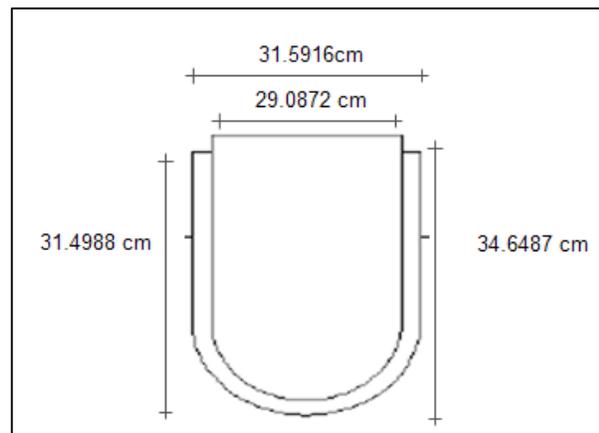
Aspecto	Especificación	Unidades
Material	Acero inoxidable AISI 316	-
Geometría	Cilíndrica con fondo semiesférico	-
Volumen del tanque de la marmita	28989.802	cm ³
Diámetro interno del tanque de la marmita	28.8739	cm

Tabla 17. (Continuación)

Aspecto	Especificación	Unidades
Diámetro externo del tanque de la marmita	29.0872	cm
Altura del tanque de la marmita	34.6487	cm
Espesor del tanque de la marmita	0.2133	cm
Diámetro interno de la chaqueta de la marmita	31.3772	cm
Diámetro externo de la chaqueta de la marmita	31.5916	cm
Altura de la chaqueta de la marmita	31.4988	cm
Espesor de la chaqueta de la marmita	0.2144	cm
Ubicación del drenaje del tanque de la marmita	Al Fondo	-

Fuente: elaboración propia

Imagen 30. Dimensiones básicas de la marmita para fusión de fase oleosa.



Fuente: elaboración propia.

5.3.3.1 Dimensionamiento del sistema de calentamiento. Según los resultados obtenidos a nivel laboratorio, se establecieron unas condiciones de operación en la tabla 18 para los cálculos de cantidad de vapor en la chaqueta de calentamiento con el fin de alcanzar las temperaturas necesarias para la fusión apropiada de todos los componentes de la fase oleosa.

Tabla 18. Condiciones de operación de la marmita para fusión de fase oleosa.

Condiciones de operación	Valor	Unidades
Presión atmosférica de la planta	560	mmHg
Temperatura de entrada de los componentes de la fase oleosa	20	°C
Temperatura de salida de los componentes de la fase oleosa	60	°C
Presión del vapor saturado	15	psi

Fuente: elaboración propia.

El proceso de determinación de la cantidad de vapor requerida para el proceso también fue similar al especificado en la sección 5.3.1.2. Sin embargo, en el cálculo del calor ganado, ecuación 14, las capacidades caloríficas de los componentes fueron tomadas de la tabla 16.

Tabla 19. Resultados de propiedades para el cálculo de la temperatura de pared de la marmita para fusión de fase oleosa.

To (°C)	h interno chaqueta (kcal/hm ² °C)	h ebullición (kcal/hm ² °C)	R interno chaqueta (hm ² °C/kcal)	Ro (hm ² °C/kcal)	R ebullición (hm ² °C/kcal)	T calculada (°C)	To calculada (°C)
60	3076.422	3081.624	0.000325	0.000186	0.000325	4.095	56.095
58	3029.346	3131.477	0.000330	0.000186	0.000319	4.031	56.031
56	2984.756	3179.791	0.000335	0.000186	0.000314	3.969	55.969

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla 19, la temperatura de la pared del tanque corresponde a 56°C, con las propiedades calculadas en dicho valor se procedió a calcular el calor de transferencia, así como la cantidad de vapor requerida por lote, los resultados se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 20. Resultados energéticos para la marmita diseñada para fusión de fase oleosa.

Concepto	Valor	Unidades
Temperatura de la pared del tanque de la marmita	56	°C
Coefficiente de convección por condensación de vapor en el interior de la chaqueta	2984.7557	kcal/hm ² °C
Coefficiente de convección por ebullición en el interior del tanque de la marmita	3179.7916	kcal/hm ² °C
Flujo de calor ganado por los componentes de la fase oleosa	472.9743	kcal/lote
Área de transferencia de calor	0.4452	m ²
Flujo de calor que se puede transferir en la marmita	4521.1513	kcal/h
Flujo de vapor requerido para la operación de fusión de la fase oleosa	8.0147	kg/h
Tiempo total que se demora la fusión de la fase oleosa	0.3546	horas/lote
Flujo de vapor requerido para cada lote de fase oleosa entrante a la fusión	2.8421	kg/lote

Fuente: elaboración propia.

5.3.4 Tanque de mezclado. La etapa de mezclado de la fase acuosa con la fase oleosa requiere de un tanque con agitación a fin de garantizar la adecuada homogeneización de los componentes y de un sistema de calentamiento útil para evitar que la pomada se solidifique antes de su envasado. El procedimiento para diseño del tanque de mezclado es similar al realizado para la marmita de decocción.

La primera dimensión y una de las más importantes es el volumen del tanque, el cual se calculó con la ecuación 5, es preciso tener en cuenta que, al tratarse de una mezcla de distintos componentes, la densidad debe ser equivalente a la sumatoria de las densidades individuales de cada especie, presentadas en la tabla 16 usada en la sección 5.3.3, por la fracción molar de estas en la mezcla tal como se evidencia en la ecuación 31.

Las cantidades de entrada a esta operación unitaria se evidencian en la figura 46. El peso molecular del extracto acuoso de guatila presenta una masa molar aproximada a la del agua, por dicha razón se usó este dato para efectos de cálculos. Las moles de extracto son necesarias para determinar la fracción molar de esta especie en la mezcla, estas fueron determinadas como se muestra a continuación, mediante la conversión de cantidades máxicas a cantidades molares. Para los componentes de la fase oleosa se emplearon los valores obtenidos en la etapa de fusión (sección 5.3.3).

$$4500 \text{ g} * \frac{1 \text{ mol de extracto}}{18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 250 \text{ mol de extracto}$$

Las moles totales son equivalentes a la sumatoria de las moles de cada componente.

$$\text{Moles totales de mezcla} = (55.121 + 7.309 + 22.803 + 93.0455 + 250) \text{ mol}$$

$$\text{Moles totales de mezcla} = 428.279 \text{ mol}$$

Las fracciones molares de cada uno de los componentes en la mezcla son:

$$x_{\text{Aceite de almendras}} = \frac{55.121 \text{ mol}}{428.279 \text{ mol}} = 0.129$$

$$x_{\text{Cera de abejas}} = \frac{7.309 \text{ mol}}{428.279 \text{ mol}} = 0.0171$$

$$x_{\text{Manteca de cacao}} = \frac{22.803 \text{ mol}}{428.279 \text{ mol}} = 0.0532$$

$$x_{\text{Lanolina}} = \frac{93.0455 \text{ mol}}{428.279 \text{ mol}} = 0.217$$

$$x_{\text{Extracto de guatila}} = \frac{250 \text{ mol}}{428.279 \text{ mol}} = 0.584$$

Una vez calculadas las fracciones molares de cada componente y con las densidades individuales, se calculó la densidad de la mezcla usando la ecuación

31. La densidad de la mezcla es de 0.966 g/cm^3 . Con este valor, se procedió a calcular el volumen de la mezcla con la ecuación 5.

$$V_{mezcla} = \frac{27000 \text{ g}}{0.966 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 27950.311 \text{ cm}^3$$

Con el valor del volumen de la mezcla se calculó el volumen mínimo del tanque considerando un factor de sobrediseño del 15% mediante la ecuación 6.

$$V_{tanque \text{ mín}} = \frac{27950.311 \text{ cm}^3}{1 - 0.15} = 32882.719 \text{ cm}^3$$

El valor del volumen mínimo del tanque fue empleado para determinar las dimensiones del tanque cilíndrico vertical tales como su diámetro y posteriormente su altura. El diámetro del tanque se determinó con la ecuación 29.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 32882.719 \text{ cm}^3}{2\pi}} = 27.560 \text{ cm}$$

La altura del tanque se calculó con la ecuación 30. Este parámetro es fundamental para considerar el espacio vertical que el equipo ocupará en la planta, para el caso del tanque de mezclado de las fases que componen la pomada, se obtuvo una altura aproximada de 55 centímetros, equivalente a 0,55 metros.

$$H = 2 * 27.560 \text{ cm} = 55.120 \text{ cm}$$

El volumen del tanque real se calculó haciendo uso de la ecuación 32.

Ecuación 32. Cálculo del volumen real del tanque de mezcla.

$$V \text{ Tanque} = \frac{\pi}{4} * D^2 * H$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 76. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Reemplazando los valores de diámetro y altura del tanque en la ecuación 32 se obtuvo el valor del volumen real del tanque.

$$V \text{ Tanque real} = 32881.946 \text{ cm}^3$$

Posteriormente se calculó el porcentaje de volumen ocupado por la mezcla de ambas fases con la ecuación siguiente.

Ecuación 33. Cálculo del porcentaje de volumen ocupado por la mezcla en el tanque de mezcla.

$$\% \text{ Volumen ocupado} = \frac{V \text{ mezcla}}{V \text{ Tanque real}} * 100\%$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 16. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Sustituyendo los valores en la ecuación 33 se obtuvo un valor de 85% ocupado por la mezcla. Se cuenta así, con un porcentaje restante equivalente al 15% del tanque total, útil como factor de sobrediseño, dado que al diseñar equipos de mezcla no deben darse valores muy cercanos a los ocupados por la mezcla puesto que pueden existir derrames que ocasionan pérdidas de producto.

Dos factores de gran relevancia a considerar en el diseño de un tanque de mezcla son la temperatura y la presión de diseño, pues estos en conjunto se relacionan de manera directa con la seguridad, la confiabilidad y así mismo con la economía del proceso. La fijación de estos parámetros determina el material a emplear, el espesor del equipo y los accesorios o servicios auxiliares que se requieran; además estos deben ser establecidos de manera adecuada, de tal manera que sean óptimos y adecuados para cubrir la totalidad de las condiciones de operación previsible dentro de las que cabe mencionar el arranque, las paradas y las perturbaciones del proceso. Para ambos factores se requirió considerar un incremento a las condiciones normales de operación con el objetivo de cubrir las posibles variaciones en el proceso y con ello evitar pérdidas, daños en el equipo y gasto excesivo de energía; este dato es preciso también para considerar la posible expansión del material a causa de una sobrecarga térmica.

La temperatura de diseño fue calculada mediante la ecuación 34, este parámetro está relacionado con la condición térmica más elevada a la que el sistema puede estar sujeto y a la vez depende del criterio de operación considerado como la temperatura de fluido del proceso prevista para la operación normal.

Ecuación 34. Cálculo de la temperatura de diseño del tanque de mezcla.

$$T_{Diseño} = T_{Operación} + 20^{\circ}C$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 17. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Reemplazando en esta ecuación el valor de la temperatura de operación previamente mencionado, se obtuvo una temperatura de diseño de 80 °C.

La presión de diseño se consideró teniendo en cuenta como base la presión de operación máxima en el proceso y se especifica en el tope del tanque. La consideración de un valor por encima del establecido en condiciones normales es requerida para prevenir la apertura prematura del tanque o las posibles rupturas. Para la determinación de este parámetro es pertinente realizar el cálculo de la presión de carga hidrostática que ejerce el líquido, a este valor se adicionó la presión de operación y fue calculado con la ecuación 35.

Ecuación 35. Determinación de la presión de carga hidrostática de la mezcla.

$$P_{\text{carga hidrostática}} = g \cdot \rho \cdot h$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 78. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Donde:

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s²)

ρ : Densidad de la mezcla (kg/m³)

h : Altura que alcanza el fluido (m)

La altura del fluido se calcula mediante la ecuación 36.

Ecuación 36. Altura del Fluido.

$$h = \frac{V_{\text{fluido}}}{\frac{\pi}{4} D^2}$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 78. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

El valor de la altura alcanzada por el fluido es de 0.469 metros.

$$h = \frac{0.027950 \text{ m}^3}{\frac{\pi}{4} (0.2756 \text{ m})^2} = 0.469 \text{ m}$$

Con el valor previamente hallado se determinó la presión de la carga hidrostática ejercida por el fluido.

$$P_{\text{carga hidrostática}} = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 966 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.4685 \text{ m} = 4439.722 \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2}$$

$$P_{\text{carga hidrostática}} = 4439.722 \text{ Pa} = 0.044 \text{ bar}$$

Considerando que la presión inicial de operación es de 2 bar, fue necesario sumar la presión de carga hidrostática hallada, para lo cual se obtuvo un valor de 2.044 bar.

$$P_{\text{operación}} = 2 \text{ bar} + 0.044 \text{ bar} = 2.044 \text{ bar}$$

Para determinar la presión de diseño se usaron las dos alternativas mostradas en la ecuación 37, de las cuales se eligió el mayor valor para emplearlo en el diseño del tanque de mezcla.

Ecuación 37. Cálculo de la presión de diseño

$$P_{\text{diseño},1} = 1.1 \cdot P_{\text{operación}}$$

$$P_{\text{diseño},2} = P_{\text{operación}} + 2 \text{ bar}$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 78. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

$$P_{\text{diseño},1} = 1.1 \cdot 2.044 \text{ bar} = 2.249 \text{ bar}$$

$$P_{\text{diseño},2} = 2.044 + 2 \text{ bar} = 4.044 \text{ bar}$$

De los valores anteriores el mayor es el correspondiente al diseño 2, es decir, 4.004 bar, la cual representa la presión de diseño que debe emplearse para el tanque.

Una vez se establecieron los criterios de operación requeridos en el proceso de producción de pomadas, fue posible determinar el valor del espesor del tanque

cilíndrico de mezcla, haciendo uso de la ecuación 11 previamente empleada para el diseño de la marmita, reemplazando los valores se obtiene el valor del espesor.

$$T_c = \frac{1 \text{ atm} * 137.8 \text{ mm}}{1275.9979 \text{ atm} * 0.85 - 0.6 * 1 \text{ atm}} + 2 \text{ mm} = 2.127 \text{ mm}$$

$$T_c = 2.127 \text{ mm} = 0.213 \text{ cm}$$

Con el valor del espesor se logró un diseño más preciso de todo el equipo y a la vez fue posible determinar el diámetro externo del tanque mediante la ecuación 38.

Ecuación 38. Cálculo del diámetro externo del tanque de mezcla.

$$D_{ext,tanque} = D_{tanque} + 2t_c$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 82. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TF_G_VamIndustry_v11.pdf.

Reemplazando los valores en la anterior ecuación se obtuvo el valor del diámetro externo del tanque.

$$D_{ext,tanque} = 27.560 + 2 * 0.213 \text{ cm}$$

$$D_{ext,tanque} = 27.986 \text{ cm} = 0.2799 \text{ m}$$

Las dimensiones establecidas para el tanque de mezcla mediante cálculos se presentan en la tabla 21 y algunas se ilustran en la imagen 31. Algunos valores fueron redondeados con el fin de facilitar la adquisición de los materiales, pues a nivel industrial se cuentan con medidas específicas y al manejar cifras muy exactas se incurre en gastos elevados de inversión.

Tabla 21. Dimensiones del tanque cilíndrico vertical para la etapa de mezclado.

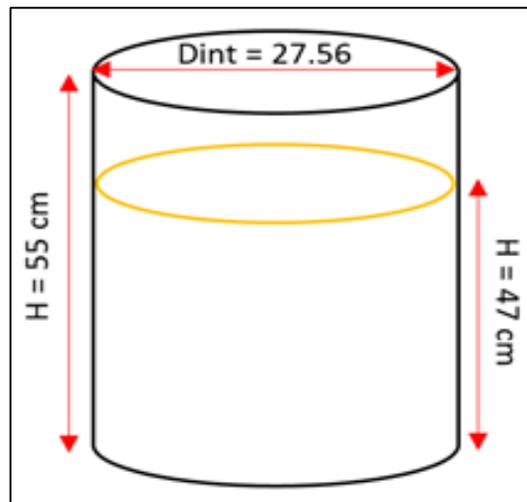
Material	Acero inoxidable tipo AISI 316L
Volumen de la mezcla	27950.311 cm ³
Volumen de tanque mínimo	32883 cm ³
Volumen real del tanque	32882 cm ³
% Volumen ocupado	85%
Diámetro interno	27.560 cm

Tabla 21. (Continuación)

Material	Acero inoxidable tipo AISI 316L
Diámetro externo	27.986 cm
Altura	55 cm
Espesor	0.213 cm

Fuente: elaboración propia.

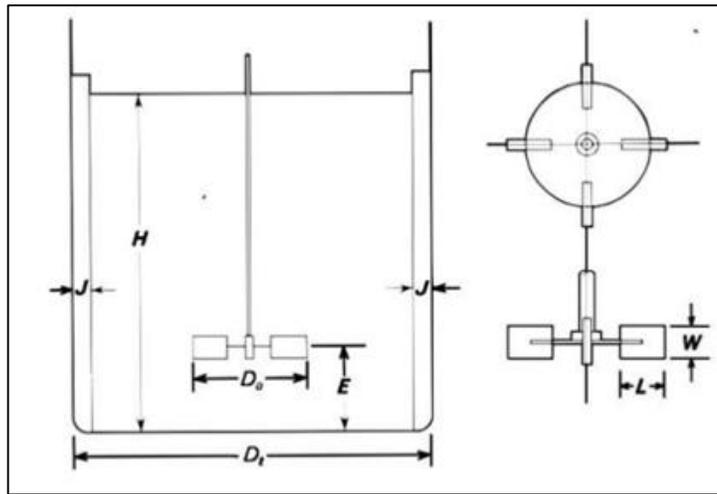
Imagen 31. Dimensiones básicas del tanque de mezcla.



Fuente: elaboración propia.

5.3.4.1 Dimensionamiento del sistema de agitación. El dimensionamiento del sistema de agitación se considera fundamental para el proceso de mezclado, dado que el producto que ingresa a este equipo debe conservarse homogéneo y en su fase líquida antes del envasado. El tipo de agitador seleccionado es de turbina, pues este trabaja de manera eficaz en amplios rangos de viscosidad favoreciendo la homogeneidad permanentemente, lo que lo hace óptimo para condicionar la pomada en estado líquido. Se optó por un agitador con cuatro palas planas y se consideró la inclusión de placas deflectoras, cuyo valor es estándar, con el fin de evitar la posible formación de vórtices y el consecuente daño del producto y del equipo. Una vez determinado el tipo de agitador, se procedió a realizar el cálculo de las dimensiones del sistema de agitación teniendo en cuenta las relaciones geométricas presentadas en la figura 3 y las relaciones geométricas que se encuentran en la ecuación 39.

Figura 3. Dimensiones para un agitador de turbina de palas.



Fuente. QUISPE SOLANO, Miguel Ángel. Operaciones Unitarias II: Agitación y mezclado. p. 10. En: WordPress [sitio web]. Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE PERÚ. [Consulta: 15 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://maqsolano.files.wordpress.com/2013/09/clase-de-agitacion-y-mezclado-de-alimentos-i.pdf>.

Ecuación 39. Relaciones geométricas para el sistema de agitación de turbina con palas.

$\frac{D_a}{D_t} = \frac{1}{3}$	$\frac{J}{D_t} = \frac{1}{12}$	$\frac{E}{D_t} = \frac{1}{3}$
$\frac{W}{D_a} = \frac{1}{5}$	$\frac{L}{D_a} = \frac{1}{4}$	$\frac{H}{D_t} = 1$

Fuente. HERAS NERI, Mayra Alejandra. Diseño de tanque de agitación. p. 3. En: ResearchGate Proyecto Log [sitio web]. Puebla: UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA. [Consulta: 15 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.researchgate.net/project/Diseno-de-Tanques-de-Agitacion>.

Donde:

Da: Diámetro del agitador

Dt: Diámetro interno del tanque

J: Ancho de las placas deflectoras

E: Altura desde la turbina hasta el fondo del tanque

W: Altura de las palas de la turbina

L: Ancho de las palas de la turbina

Sustituyendo los valores en las relaciones presentadas se obtuvieron los siguientes resultados:

Ecuación 40. Determinación del número de Reynolds de la mezcla.

$$Re = \frac{\rho * n * Da^2}{\mu}$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 87. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Donde:

Re: Número de Reynolds

ρ : Densidad de la mezcla (kg/m^3)

n: Revoluciones por segundo

Da: Diámetro del agitador (m)

μ : Viscosidad de la mezcla (kg/ms)

Dado que se requiere el valor de la viscosidad de la mezcla, se procedió a calcularla siguiendo la ecuación 41.

Ecuación 41. Determinación de la viscosidad de la mezcla.

$$\text{Log}\mu_{\text{Mezcla}} = \sum x_i * \text{log}\mu_i$$

Fuente. KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. p. 46. [en línea]. 3ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 16 de mayo de 2019]. Disponible en:

https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos_de_transferencia_de_calor_-_kern__31_ed_.pdf. ISBN: 968-26-1040-0.

Se emplearon los valores individuales de viscosidad de cada componente de la mezcla, presentados en la tabla 22.

Tabla 22. Viscosidad de los componentes de la fase oleosa.

Componente	Viscosidad (Pa*s)
Aceite de almendras	0.025
Cera de abejas	0.015
Manteca de cacao	0.0205
Lanolina	0.45
Extracto de guatila	0.001002

Fuente: elaboración propia.

Reemplazando los valores en la ecuación 41 se obtuvo un valor de para la viscosidad de la mezcla de 0.007008 Pa s. Con este dato se procedió a calcular el número de Reynolds.

$$Re = \frac{966 \frac{kg}{m^3} * 25 \frac{rev}{s} * (0.09187m)^2}{0.007008 Pa \cdot s} = 29085.0942$$

Se evidencia que el flujo es de régimen turbulento. El número de Reynolds permite obtener el número de potencia N_p , de forma gráfica, el cual fue empleado para conocer la potencia necesaria por el agitador del tanque de mezcla. El valor de N_p se determinó con el uso de la imagen 33 (ver anexo G), empleando un número de Reynolds de $2.9085 \cdot 10^4$. El tipo de agitador empleado corresponde a la curva 1 por lo que se considera un valor de 5 para el número de potencia, con el cual se calculó la potencia del agitador usando la ecuación 42.

Ecuación 42. Determinación de la potencia del agitador.

$$P = \frac{Np * Da^5 * n^3 * \rho}{g}$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 87. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Donde:

P: Potencia del agitador (Kw)
Da: Diámetro del agitador (m)
n: Revoluciones del agitador por segundo
 ρ : Densidad de la mezcla (kg/m^3)
g: Aceleración de la gravedad (m/s^2)

Reemplazando los datos en la anterior ecuación:

$$P = \frac{5 * (0.09187\text{m})^5 * (25)^3 * 966 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} * \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = 0.05035 \text{ kW}$$

Para verificar que el valor obtenido de potencia corresponda al rango de valores adecuados para una mezcla emulsión se calculó la relación entre la potencia y el volumen de la mezcla según la ecuación 43.

Ecuación 43. Criterio de verificación de la validez del diseño planteado.

$$Pd = \frac{P}{V_{mezcla}}$$

Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 88. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

Reemplazando los valores:

$$Pd = \frac{0.05035 \text{ kW}}{0.02795 \text{ m}^3} = 1.801 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3}$$

De acuerdo con los valores presentados en la tabla 32 (ver anexo G), se evidencia que el rango adecuado para este criterio, considerando que se trata de una emulsión, debe estar entre 1.5 y 2. que el valor obtenido se encuentra dentro del rango, lo que indica una validez del diseño planteado.

5.3.4.2 Dimensionamiento del sistema de calentamiento. Para el calentamiento de la mezcla se decidió emplear un serpentín en un medio con una razón de flujo constante, por tratarse de un proceso por lotes y en estado inestable, caracterizado por una diferencia de temperatura variable con el tiempo. Se asume que las pérdidas de calor son despreciables y se empleó como fluido calefactor, agua. Para el dimensionamiento de este sistema se tomó como base la ecuación 44.

Ecuación 44. Ecuación diferencial para un proceso inestable y por lotes.

$$\frac{dQ}{d\theta} = Mc \frac{dt}{d\theta} = WC(T_1 - T_2) = UAA\Delta t$$

Fuente. KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. p. 712. [en línea]. 3ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 16 de mayo de 2019]. Disponible en: https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos_de_transferencia_de_calor_-_kern__31_ed_.pdf. ISBN: 968-26-1040-0.

Donde:

$\frac{dQ}{d\theta}$

: Flujo de calor con respecto al tiempo (J/s)

W: Razón de flujo constante del fluido calefactor no isotérmico (g)

C: Capacidad calorífica del fluido calefactor (°C)

T₁: Temperatura de entrada del fluido calefactor (°C)

T₂: Temperatura de salida del fluido calefactor (°C)

U: Coeficiente global de transferencia de calor (J/cm²s)

A: Área de transferencia de calor (cm²)

En primer lugar, se procedió a realizar el cálculo de los parámetros básicos y fundamentales del serpentín con el fin de contar con todos los valores necesarios para la aplicación de la ecuación diferencial presentada. Estos parámetros se encuentran descritos en la ecuación 45.

Ecuación 45. Parámetros básicos para el dimensionamiento del serpentín.

$$r = \frac{D_H}{2}$$

$$D_H = B + 2 d_o$$

$$B = C - 4 d_o$$

$$P = 1.5 d_o$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa "Productos alimenticios don Rafa LTDA" [en línea]. p. 52. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

Donde:

B: Diámetro externo del cilindro interno.

C: Diámetro interno del cilindro externo.

D_H: Diámetro medio de la hélice.

d_o: Diámetro externo del serpentín.

P: Espacio entre cada vuelta del serpentín (centro a centro).

Considerando que el diámetro del tanque es 27.560 cm, correspondiente a 10 pulgadas aproximadamente, se empleó la tabla 34 (ver anexo G), que expone las dimensiones de una tubería de acero (IPS), para determinar que a este diámetro y con una cédula 60 corresponde un diámetro interno de 9.75 pulgadas. Se consideró un diámetro externo de serpentín de 3 cm y al reemplazar los valores en la ecuación 45, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 23.

Tabla 23. Parámetros para el dimensionamiento del serpentín para el tanque de mezcla de la pomada.

Parámetro	Valor
C (cm)	24.765
B (cm)	12.765
D _H (cm)	18.765
r (cm)	9.383
P (cm)	4.5

Fuente: elaboración propia.

Para la determinación del diámetro interno del serpentín se hizo uso de la relación existente entre el diámetro externo e interno, expresada en la ecuación 46.

Ecuación 46. Cálculo del diámetro interno del serpentín.

$$D = \frac{d_o}{1.2}$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa "Productos alimenticios don Rafa LTDA" [en línea]. p. 52. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177

Reemplazando el valor de 3 cm de diámetro interno se obtuvo el valor del diámetro externo del serpentín.

$$D = \frac{3 \text{ cm}}{1.2} = 2.5 \text{ cm}$$

En el dimensionamiento del sistema de calentamiento, también fue preciso determinar los diámetros interno y externo de la hélice del serpentín, para lo cual se emplearon las ecuaciones 47 y 48.

Ecuación 47. Cálculo del diámetro interno de la hélice del serpentín.

$$D_{H1} = D_H - d_o$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 52. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

Ecuación 48. Cálculo del diámetro externo de la hélice del serpentín

$$D_{H2} = D_H + d_o$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 52. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

Reemplazando los valores se obtuvieron los siguientes datos:

$$D_{H1} = 18.765 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 15.765 \text{ cm}$$

$$D_{H2} = 18.765 \text{ cm} + 3 \text{ cm} = 21.765 \text{ cm}$$

La longitud del serpentín se determinó en función del número teórico de vueltas del serpentín (N), usando la ecuación 49.

Ecuación 49. Determinación de la longitud del serpentín.

$$L = N\sqrt{(2\pi r)^2 + P^2}$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 51. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

Reemplazando los valores, se obtuvo la longitud.

$$L = N\sqrt{(2 * \pi * 9.383 \text{ cm})^2 + (4.5 \text{ cm})^2} = 59.127 \text{ N}$$

Con los valores previamente determinados se procedió a realizar el cálculo de las demás dimensiones del serpentín de calentamiento, haciendo uso de las expresiones presentadas en la tabla 24, los resultados se evidencian en la misma.

Tabla 24. Dimensiones del serpentín de calentamiento en función del número de vueltas.

Parámetro	Expresión	Valor
Volumen ocupado por el serpentín (cm ³)	$V_c = \frac{\pi}{4} * d_o^2 * L$	417.944 N
Volumen ocupado por el ánulo (cm ³)	$V_a = \frac{\pi}{4} * (C^2 - B^2) * P * N$	1591.704 N
Volumen disponible para el flujo de fluido en el ánulo (cm ³)	$V_f = V_a - V_c$	1173.760 N
Diámetro equivalente (cm)	$D_e = \frac{4V_f}{\pi * d_o * L}$	8.425

Fuente: elaboración propia con base en. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 53. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

Teniendo en cuenta que por el ánulo del serpentín fluye agua como fluido calefactor, la cual debe encontrarse en régimen laminar, se consideró un número de Reynolds equivalente a 1000. Dado que la temperatura de entrada del agua es de 60 °C, se determinó la viscosidad de este fluido a dicha temperatura, para la cual se tiene un valor de 0.000467 kg/ms, el cual fue útil para hallar la velocidad del flujo expresada en la ecuación 50.

Ecuación 50. Determinación de la velocidad de flujo.

$$G_s = \frac{N_{Re} * \mu}{D_e}$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 53. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

Reemplazando los valores se obtuvo la velocidad de flujo del fluido.

$$G_s = \frac{1000 * 0.000467 \frac{kg}{ms}}{0.0843 m} = 5.540 \frac{kg}{m^2s}$$

Con este valor, se determinó el flujo másico, empleando la ecuación 51.

Ecuación 51. Determinación del flujo másico del fluido.

$$M = G_s * \frac{\pi}{4} ((C^2 - B^2) - (D_{H2}^2 - D_{H1}^2))$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 54. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

$$M = 5.540 \frac{kg}{m^2s} * \frac{\pi}{4} (((0.2477m)^2 - (0.1277m)^2) - ((0.1577 m)^2 - (0.2177 m)^2))$$

$$M = 0.2940 \frac{kg}{s}$$

El área de transferencia de calor se determinó con las dimensiones del tanque de mezclado presentadas en la tabla 24 y empleando la ecuación 52, cabe mencionar que se consideró el área total del cilindro, pues se estableció que el serpentín estuviera completamente sumergido en este.

Ecuación 52. Determinación del área de transferencia de calor.

$$A = \pi * (Di + 2x)Ht$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 58. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

Reemplazando los valores se halló el área de transferencia de calor.

$$A = \pi * (27.560 \text{ cm} + 2 * 0.213 \text{ cm}) * 55 \text{ cm} = 4835.634 \text{ cm}^2$$

Una vez determinada el área se calculó el número real de vueltas del serpentín mediante la ecuación 53.

Ecuación 53. Determinación del número real de vueltas del serpentín.

$$N = \frac{A}{\pi * d_o * \frac{L}{N}}$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 58. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

$$N = \frac{4835.634 \text{ cm}^2}{\pi * 3 \text{ cm} * \frac{59.127 \text{ N}}{N}} = 8.7$$

El número real de vueltas del serpentín es el número entero siguiente al número teórico, por consiguiente, este requiere de 9 vueltas. Con este parámetro se calculó la altura mínima requerida para estas vueltas con la ecuación 54.

Ecuación 54. Cálculo de la altura mínima requerida para el cilindro.

$$H = np + d_o$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p. 58. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

$$H = 9 * 4.5 \text{ cm} + 3 \text{ cm} = 43.5 \text{ cm}$$

La altura mínima del tanque para las 9 vueltas es adecuada, pues la altura real del tanque obtenida es de 55 cm, de esta manera se validaron las dimensiones para el

sistema de calentamiento mediante el uso de un serpentín. Las dimensiones finales obtenidas, reemplazando el número de vueltas reales se presentan en la tabla 25.

Tabla 25. Dimensionamiento del sistema de calentamiento con serpentín

Parámetro	Expresión	Valor
Longitud del serpentín (cm)	$L = N\sqrt{(2\pi r)^2 + P^2}$	469.143
Volumen ocupado por el serpentín (cm ³)	$V_c = \frac{\pi}{4} * d_o^2 * L$	3761.496
Volumen ocupado por el ánulo (cm ³)	$V_a = \frac{\pi}{4} * (C^2 - B^2) * P * N$	14325.336
Volumen disponible para el flujo de fluido en el ánulo (cm ³)	$V_f = V_a - V_c$	10563.840
Diámetro equivalente (cm)	$D_e = \frac{4V_f}{\pi * d_o * L}$	8.425
Espesor del serpentín (cm)	$x = \frac{d_o - D}{2}$	0.250

Fuente: elaboración propia con base en. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. p.57. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

En este dimensionamiento es necesario considerar el coeficiente de transferencia de calor para el serpentín, dado que la mezcla en cuestión es una mezcla orgánica clasificada como sustancia orgánica pesada, se hace uso de la imagen 35 (ver anexo G), para establecer los valores aproximados de los coeficientes de diseño. Se consideró un valor de U_D de 33 Btu/hpie²°F o 0.010 J/cm²s y un factor de obstrucción de 0.003.

Ecuación 55. Cálculo del calor transferido

$$Q = m_{\text{agua}} C_p \Delta T$$

Fuente. KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. p. 90. [en línea]. 3ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 16 de mayo de 2019]. Disponible en: https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos_de_transferencia_de_calor_-_kern__31_ed_.pdf. ISBN: 968-26-1040-0.

El calor transferido se determinó usando la ecuación 55.

$$Q = 90 \text{ g} * 4.186 \frac{\text{J}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 16415.818 \text{ J}$$

Para determinar la temperatura de salida del fluido calefactor se usó la ecuación 56, considerando que el sistema en cuestión trabaja con una temperatura de servicio que disminuye a medida que se entrega calor al fluido cuya temperatura inicial era de 20 °C.

Ecuación 56. Determinación de la temperatura de salida del agua.

$$T_2 = t + \frac{T_1 - t}{e^{UA/WC}}$$

Fuente. ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa "Productos alimenticios don Rafa LTDA" [en línea]. p.57. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

$$T_2 = 20 + \frac{60 - 20}{e^{(0.010)(4835.634)/(90)(4.186)}} = 55.182^\circ\text{C}$$

Se evidenció un descenso en la temperatura del fluido calefactor dado que conforme el agua fluye por el serpentín ofrece calor a la mezcla de la pomada contenida en el tanque; cabe resaltar que la disminución de temperatura no presenta un valor elevado, dado que las cantidades de los componentes no son elevadas ni se requieren producciones de gran magnitud, lo que hace que el espacio y el tiempo recorrido por este fluido de servicio no sea prolongado.

5.4 SELECCIÓN DE EQUIPOS PARA LAS DEMÁS OPERACIONES

Considerando que los equipos para las principales operaciones unitarias fueron dimensionados y especificados de manera detallada en la sección 5.4, en este apartado se presentan los criterios básicos y fundamentales que se tuvieron en cuenta al momento de seleccionar los equipos adecuados para las operaciones restantes. Dado que en las demás operaciones no es prescindible considerar condiciones rigurosas ni dimensiones específicas, únicamente se presenta la selección de los equipos, sus características principales según la materia de entrada y su importancia en cada etapa.

5.4.1 Lavado. Esta etapa preliminar es fundamental en el proceso de producción de la pomada. Los frutos y vegetales que se encuentran particularmente expuestos a las condiciones ambientales son muy susceptibles a contaminarse con sustancias o agentes patógenos, por ello resulta crítico realizar un lavado exhaustivo y adecuado antes de emplearlos en cualquier producto. Esta etapa es el punto de partida en la producción y por lo tanto tiene una influencia indirecta en las condiciones del producto final. La guatila es un fruto que por su característica irregularidad requiere de un proceso de limpieza minucioso, pues sus surcos albergan la mayor carga contaminante. El equipo escogido para satisfacer las necesidades de limpieza requeridas fue una lavadora hidrodinámica industrial continua para vegetales y frutas con filtro especial para la separación de material particulado e insectos. El agua no requiere de una temperatura especial, por lo tanto, se decidió emplear agua a temperatura ambiente. Se precisa que el equipo este fabricado en acero inoxidable calidad AISI 304, al ser el más adecuado para garantizar las condiciones sanitarias y de asepsia adecuadas.

En esta etapa no se requiere de la intervención de personal, dado que se considera un equipo con filtro receptor tipo colador, encargado de separar la materia prima del fluido de limpieza y de la posterior disposición en canastas para su desplazamiento a la siguiente etapa del proceso. El equipo debe ser preciso para satisfacer la producción mensual, por lo tanto, se determinó una capacidad de limpieza de 5000 gramos por hora. Se propuso que la lavadora contara con una cinta transportadora que, después de la inmersión del vegetal en agua, lo llevara a través de un canal en el cual se realiza un segundo lavado mediante chorros de agua a presión, para finalmente conducirlo a la zona de lavado final en la que una lluvia de agua retira los restos de suciedad. El agua contaminada resultante se trata para su reutilización.

5.4.2 Desinfección. La operación de desinfección es crucial en el proceso de producción de las pomadas, pues la guatila tiende a ser un sustrato óptimo para el crecimiento de hongos y bacterias en su estado natural. En esta etapa se optó por emplear bandas transportadoras de poliuretano, por su alta resistencia, que conducen el material a través de un conducto en cuyas paredes y techo, fabricados en acero inoxidable, se encuentran aberturas que en forma de spray expulsan una solución de hipoclorito al 0.1% sobre la guatila recién lavada con el objetivo de inactivar el crecimiento de microorganismos. Se decidió que el equipo contaría con una lluvia de agua al final de la banda, para retirar los restos del desinfectante empleado.

5.4.3 Corte. Teniendo en cuenta que la guatila como materia prima debe ser dispuesta en cubos de 2 cm de arista para su uso en la etapa de decocción, de acuerdo con las especificaciones descritas en la sección 2.5.1, se consideró emplear una cortadora de cubos, industrial eléctrica, de vegetales, frutas y hortalizas. Se estableció como material de fabricación el acero inoxidable y se estableció una capacidad de producción igual a la de los procesos anteriormente descritos. Se optó también por acero, como el material de fabricación de las cuchillas, las cuales garantizan cortes uniformes a bajos esfuerzos, minimizando el deterioro de la guatila y reduciendo la cantidad de agua perdida de la misma. El equipo fue planteado con servicio auxiliar de tamizaje con el fin de retirar los cubos que no cumplan con las dimensiones establecidas, estos corresponden a las pérdidas propias del proceso relacionadas con la morfología irregular de la guatila; así mismo se consideró la inclusión de canastas receptoras del material cortado con el fin de evitar la contaminación ocasionada por la manipulación por contacto.

5.4.4 Envase. Considerando que la pomada comienza a solidificarse una vez se le retira el suministro de calor, es preciso que la maquina envasadora cuente con un sistema de calentamiento que mantenga el producto en su fase líquida. Se consideró el uso de una máquina industrial envasadora selladora de emulsiones fabricada en acero inoxidable, especial para soluciones muy densas. Se precisó la inclusión de un sistema de platos giratorios para depositar los envases y que estos sean llenados con la rotación de los mismos, y así mismo se estableció que este equipo debe contar con servicio de colocación de tapas y encajado final, para evitar la contaminación del producto. Se consideró necesario que la envasadora fuera programada para un llenado equivalente a 30 gramos de pomada. Posterior al envase, las pomadas selladas deben trasladarse a una superficie libre de contaminantes, en la cual se lleva a cabo el proceso de solidificación.

5.4.5 Etiquetado. La última etapa del proceso corresponde al etiquetado de los envases con el producto final. Para esta operación se decidió emplear una etiquetadora automática de frascos plásticos pequeños con geometría cilíndrica. Se determinó que las etiquetas impresas en papel autoadhesivo se alimentan a la máquina etiquetadora encargada de cortarlas con dimensiones de 18 cm de largo y 2.5 cm de ancho y posteriormente presionarlas sobre el envase mediante el uso de

almohadillas espumosas de poliuretano. La disposición de las pomadas para su comercialización fue determinada en cajas por cinco unidades, esta etapa de envase se planteó de forma manual.

6. CONCLUSIONES

- El mejor método de obtención del extracto natural de guatila es la decocción, pues al realizar la cuantificación de flavonoides, como principio activo, este presentó una mayor concentración con respecto a los demás métodos evaluados. Mediante este método se obtuvo un extracto de tipo acuoso.
- Los parámetros establecidos para garantizar una mayor concentración de flavonoides en el extracto se relacionan con las variables de tamaño de partícula y cantidad de solvente. Se estableció que el mejor tamaño de partícula corresponde a cubos de guatila con longitud de arista de 2 cm y la cantidad más adecuada de solvente es equivalente a 700 ml de agua.
- Se estableció que la concentración de guatila adecuada para la pomada destinada al uso fitoterapéutico, corresponde a la formulación número 25, en la que se emplea un 17% de extracto acuoso, en una mezcla con proporciones distribuidas en un 17% para cera de abejas, 20% de aceite de almendras, 20% de lanolina y 23% de manteca de cacao, correspondientes a la fase oleosa, para una cantidad de 30 gramos de producto.
- Se determinó que el extracto acuoso o hidrolato de cáscaras de piña y romero no son agentes conservantes eficientes en la formulación de la pomada, pues estos son sustratos óptimos para el crecimiento de hongos y bacterias. Por otra parte, se concluyó que el extracto de guatila, además de ser el medio que contiene el principio activo, actúa como el agente conservante de la pomada, dadas sus propiedades antioxidantes, antifúngicas y antibacterianas.
- Los requerimientos técnicos y el dimensionamiento detallado de equipos fueron considerados para las operaciones unitarias principales. Para la etapa de decocción se estableció el uso de una marmita con chaqueta de calentamiento; para la filtración o separación del extracto y la materia vegetal se decidió emplear una criba circular con descarga directa, para la etapa de fusión de la fase oleosa se consideró el uso de una marmita similar a la de decocción y para la operación de mezclado de las fases acuosa y oleosa se optó por emplear un tanque de mezcla con servicios de agitación y calentamiento con serpentín.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar las demás propiedades que posee la guatila, con el fin de darle diversos usos, de manera que esta materia prima sea explotada adecuadamente y genere beneficios en más áreas.
- Considerando las pruebas de estabilidad más rigurosas, se sugiere comprobar el efecto del material del envase sobre el producto final.
- Es preciso que el proceso de producción de las pomadas se realice en ambientes asépticos, libres de contaminantes, con el fin de reducir los posibles factores extrínsecos que podrían generar deficiencia en la calidad del producto.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en el panel sensorial, se recomienda la inclusión de un aceite esencial que otorgue un aroma a la pomada.
- A pesar de que en el proceso se realizó la cuantificación de flavonoides con el uso de quercetina como estándar para determinar el mejor método, es recomendable aplicar técnicas avanzadas de espectroscopía con el objetivo de identificar qué flavonoides específicos se encuentran en el extracto de guatila. Cabe destacar que no es necesario identificar los tipos de flavonoides para llevar a cabo la formulación del producto, pues todos los flavonoides tienen propiedades curativas en la piel, sin embargo, dicha caracterización mediante la identificación de estos metabolitos secundarios aportaría información útil a otras investigaciones en las que se emplee la guatila como materia prima.
- Teniendo en cuenta que la Ingeniería Química no considera como campo de aplicación la medicina avanzada o específica, se recomienda realizar pruebas in vitro en entidades destinadas para tal fin, con el objetivo de comprobar la acción fitoterapéutica de la pomada.
- Dentro del proceso se empleó aceite de almendras enriquecido con guatila, obtenido mediante los métodos de maceración en caliente y ultrasonido. Considerando que la sustancia en cuestión es altamente viscosa, no fue posible realizar la cuantificación de flavonoides en esta materia prima, por lo tanto, se recomienda efectuar técnicas cuantitativas adecuadas para sustancias con estas características, de manera que sea posible contar con un dato exacto de concentración del principio activo en la pomada, como valor agregado.

BIBLIOGRAFÍA

ABRIL DÍAZ, Nieves., et al. Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas. 8 p. En: UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA [sitio web]. Córdoba: UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA. [Consulta: 19 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf

ACOFARMA. Ficha de Información técnica, lanolina. 2 p. En: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada [sitio web]. Granada: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada. [Consulta: 09 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.cofgranada.com/ufc/documentos/modulos/lanolina%20anhidra.pdf>

ACOFARMA. Ficha de Información técnica, vaselina líquida. 2 p. En: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada [sitio web]. Granada: Ilustre Colegio oficial de Farmacéuticos de Granada. [Consulta: 13 febrero 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.cofgranada.com/ufc/documentos/modulos/VASELINA%20LIQUIDA.pdf>

AHMAD, Zeeshan. The uses and properties of almond oil. p. 10-12. Complementary Therapies in Clinical Practice [en línea]. 2010, febrero, 16 (1) [Consultado 26 mayo 2019]. ISSN 1744-3881. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2009.06.015>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1744388109000772>

AKHTAR, Naveed, *et al.* Exploring cucumber extract for skin rejuvenation. p. 1206-1216. African Journal of Biotechnology [en línea]. 2011, febrero, 10 (7) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 1684-5315. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260228305_Exploring_cucumber_extract_for_skin_rejuvenation

ALAYO RODRÍGUEZ, Nilder Marino y GUEVARA ENRIQUEZ, Leslie Katherine. Identificación preliminar de fitoconstituyentes en las inflorescencias de bejaria aestuans L. (purum-rosa) [en línea]. 56 p. Trabajo de grado bachiller en farmacia y bioquímica. Universidad Nacional de Trujillo, 2012. [Consultado 05 agosto 2018]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4063>

AL-ACHI, Antoine. Topical Applications: Botanicals for skin disorders. En: An Introduction to Botanical Medicines: History, Science, Uses and Dangers. [en línea]. Westport, Connecticut: Praege Publishers, 2008. [Citado el 25 de mayo de 2019]. Disponible en: https://books.google.com.co/books?id=HMzxKua4_rcC&pg=PA50&lpg=PA50&dq=formulation+of+beeswax+and+white+petrolatum+ointment&source=bl&ots=Cx5Wn_g7EF&sig=ACfU3U004pQWi66F1rMzTd6sWxmoSMzomQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiXtY-puL_hAhXPtlkKHWEZB7U4ChDoATADegQICBAB#v=onepage&q=formulation%20of%20beeswax%20and%20white%20petrolatum%20ointment&f=false

ALBARRACÍN MONTOYA, Gloria Cristina y GALLO PALMA, Sonia Giovanna. Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando Piper aduncum (Cordoncillo) procedente de la zona cafetera [en línea]. 115 p. Trabajo de grado ingeniero químico. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 19 marzo 2019]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/989/1/gloriacristinaalbarracinmontoya.2003.pdf>

ALTEMIMI, Ammar, *et al.* Ultrasound Assited Extraction of Phenolic Compounds from Peaches and Pumpkins. p 1-5. PloS One [en línea]. 2016, febrero, 11 (2) [Consultado 26 mayo 2019]. ISSN 1932-6203. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148758>. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0148758>

AQUIAHUATL RAMOS, María de los Angeles y PÉREZ CHABELA, María de Lourdes. Manual de prácticas del laboratorio de Microbiología General. 123 p. En: UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA [sitio web]. México: UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA-IZTAPALAPA. [Consulta 27 julio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/diversos/AQUIAHUATL_RAMOS_MARIA_DE_LOS_ANGELES_Manual_de_practicas_de.pdf

ARBOLEDA RAMIREZ, Lina María. Obtención de oseína, fosfato dicálcico y grasa a partir de hueso de res en la empresa “Productos alimenticios don Rafa LTDA” [en línea]. 77 p. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, 2003. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: bdigital.unal.edu.co/1177/.

ARÉVALO GALARZA, María de Lourdes, *et al.* Rescatando y aprovechando los recursos fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 3: El chayote. 20 p. [en línea]. México, México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en Sechium edule en México, A.C, 2011. [citado el 27 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231852/El_chayote_volumen_3.pdf. ISBN: 978-607-715-022-0.

ARUOMA, O., *et al.* Antioxidant and prooxidant properties of active rosemary constituents: Carnosol and Carnosic Acid. p 257-268. Xenobiotica [en línea]. 1992, febrero, 22 (2) [Consultado 29 mayo 2019]. ISSN 00498254. DOI: <https://doi.org/10.3109/00498259209046624>. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00498259209046624>

ASENJO VERA, Judith. *et al.* Producción de alcoholes volátiles durante maduración de los frutos. 11 p. En: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. [sitio web]. Madrid: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. [Consulta: 22 abril 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://webs.ucm.es/info/cvicente/seminarios/maduracion_frutos.pdf

ASTUDILLO SEGOVIA, Servio Rodrigo. Utilización de Aceites Esenciales naturales como conservantes en la elaboración de Salchichas de Pollo [en línea]. 129 p. Trabajo de grado magister en agroecología tropical andina. Universidad Politécnica Salesiana, 2014. [Consultado 08 agosto 2018]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7009>

ATIENZA FERNÁNDEZ, Manuela, ÁLVAREZ DEL VAYO, Concepción y MARTÍNEZ ATIENZA, Juliana. Protocolo para la preparación de líquidos orales. En: Formulación en farmacia pediátrica [en línea]. 4ª ed. Madrid, España: Antonio Madrid Vicente. 2011. [Citado el 10 de marzo de 2019]. Disponible en <http://www.formulistasdeandalucia.es/ficherosgrandes/Symposium.pdf>.

AVENDAÑO ARRAZATE, Carlos Hugo. *et. al.* Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. 47 p. [en línea]. México, México: Grupo

Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C, 2010. [citado el 27 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231856/Las_variedades_del_chayote_mexicano.pdf. ISBN: 978-607-7533-79-5.

ÁVILA-SOSA, Raúl, *et al.* Romero (*Rosmarinus Officinalis*): Una revisión de sus usos no culinarios. p. 23-36. *Revista Ciencia y Mar* [en línea]. 2011, abril, 15 (43) [Consultado 08 agosto 2018]. ISSN 1665-0808. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273319161_Romero_una_revision_de_sus_usos_no_culinarios

BAMBAL, V, *et al.* Evaluation of Wound Healing activity of herbal gel containing the fruit extract of *Coccinia Indica* Wight and ARN. (Cucurbitaceae). p. 319-322. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* [en línea]. 2011, julio, 3 (4) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 0975-1491. Disponible en: https://pdfs.semanticscholar.org/3f39/05ca4e3c65ebb722f3d687e36caac75913d3.pdf?_ga=2.197815919.1365609354.1564430612-1810931362.1564186376

BARRERA MARÍN, Nancy. La cidra papa o Chayote. 16 p. En: AGRONET [sitio web]. Palmira: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. [Consulta: 01 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11348/4164>

BOGDANOV, Stefan. Beeswax Production, Properties, composition and control. En: *Beeswax Book* [en línea]. Muehlethurn, Suiza: ResearchGate, 2016. [Citado 25 mayo 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/304012435_Beeswax_Production_Properties_Composition_Control

BOGDANOV, Stefan. Beeswax: Quality Issues Today. p. 46-50. *Bee world* [en línea]. 2004, septiembre, 85 (3) [Consultado 18 febrero 2019]. ISSN 0005-772X. DOI: 10.1080/0005772X.2004.11099623. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/277611945_Beeswax_Quality_issues_today

BONO, Awang, KRISHNAIAH, Duduku y SARRBATLY, Rosalam. Phytochemical antioxidants for health and medicine – A move towards nature. p. 97-104. *Biotechnology and Molecular Biology Review* [en línea]. 2007, septiembre 1 (4) [Consultado 26 marzo 2019]. ISSN 1538-2273. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.826.1370&rep=rep1&type=pdf>

BOUSBIA, Nabil, *et al.* Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity. p. 355-362. *Food Chemistry* [en línea]. 2009, mayo, 114 (1) [Consultado 29 mayo 2019]. ISSN 0308-8146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.106> Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814608011825>

BRAND-GARNYS, Elzbieta, DENZER, Horst, MEIJER, Hamke, BRAND, Hans. Flavonoids: a review for cosmetic application. p. 145-159. *Journal of Applied Cosmetology* [en línea]. 2007, octubre - diciembre, 25 (4) [Consultado 26 julio 2019]. Disponible en:

<http://www.iscd.it/files/FLAVONOIDS---A-REVIEW-FOR-COSMETIC-APPLICATION---PART-TWO.pdf>

CADENA IÑIGUEZ, Jorge y ARÉVALO GALARZA, María de Lourdes. Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica: El Chayote. 20 p. [en línea]. México, México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en Sechium edule en México, A.C, 2010 [citado el 02 de agosto de 2018]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231857/El_chayote_volumen_1.pdf ISBN:978-607-7533-80-1

CAÑIGUERAL, S. Fitoterapia, 2015, citado por LÓPEZ MORALES, Lizbeth Nathaly. Identificación y caracterización de los metabolitos secundarios específicos de Piper carpunya, con acción antifúngica. [en línea]. 75 p. Trabajo de titulación para grado. Universidad de las Fuerzas Armadas, 2017. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13582>.

CALDERÓN, Yessi. Determinación de la cantidad de flavonoides presentes en la mandarina (Citrus Reticulata). 48 p. En: ACADEMIA [sitio web]. Estados Unidos: ACADEMIA. [Consulta 05 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.academia.edu/29403839/flavonoides_en_mandarina

CALLE, Mario. 2004. Citado por: VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. 136 p. Trabajo de grado. Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>

CASTRO RODRÍGUEZ, J. *et al.* Caracterización morfológica y composición química de chayotas (Sechium edule) cultivadas en las Islas Canarias (España). p. 245-253. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. [en línea]. 2015, diciembre, 65 (4) [Consultado 01 agosto 2018]. ISSN: 0004-0622. Disponible en: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/4/art-5/>

CATANIA, C y AVAGNINA, S. El Análisis Sensorial. 21 p. En: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA [sitio web]. Mendoza: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA. [Consulta: 06 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-29__el_analisis_sensorial.pdf

ÇENGEL, Yunus y GHAJAR, Afshin. PROPERTIES TABLES AND CHARTS (SI UNITS). En: Heat and Mass Transfer. [en línea]. 4ª ed. México, México: McGraw Hill Professional, 2011. [Citado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.academia.edu/22123569/Transferencia_de_Calor_y_Masa_-_Cengel_4Ed

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 2266. 25 p. [en línea]. (15, Julio, 2004). Por el cual se reglamentan los regímenes de registros sanitarios, y de vigilancia y control sanitario y publicidad de los productos fitoterapéuticos. En: SALUD CAPITAL [sitio web]. [Consulta: 27 febrero 2019]. Disponible en: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/03d591f205ab80e521292987c313699c/decreto_2266_2004.pdf

CONSEJO GENERAL DE COLEGIOS OFICIALES DE FARMACÉUTICOS. Plantas medicinales en su farmacia. 53 p. En: PORTALFARMA [sitio web]. Madrid: PORTALFARMA [Consulta: 15 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.portalfarma.com/Profesionales/campanaspf/categorias/Documents/01_cuaderno_plantas_medicinales_ed.pdf

CONTRERAS PUENTES, Escarleth del Carmen y RUIZ PÉREZ, Juan Diego. Estudio comparativo de dos métodos de extracción para el aceite esencial presente en la cáscara de pomelo (*Citrus maxima*) [en línea]. 101 p. Trabajo de grado ingeniería química. Universidad de Cartagena, 2012. [Consultado 16 marzo 2019]. Disponible en: http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/108/1/Proyecto%20final%20de%20grado%20_14-11-2012_.pdf

CHÁVEZ RAMOS, María Guadalupe. Evaluación de la actividad antihipertensiva de nutracéuticos de fresa silvestre y comercial [en línea]. 88 p. Trabajo de grado magister en ciencias en producción agrícola sustentable. Instituto Politécnico Nacional, 2011. [Consultado 16 marzo 2019]. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12234>

DE LA PEÑA, Ramón. Técnicas de Escalamiento Aplicadas al diseño de Procesos Químicos. 63 p. En: SLIDESHARE [sitio web]. México: ACADEMIA DE INGENIERÍA DE MÉXICO. [Consulta 28 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en <https://es.slideshare.net/AcademiaDeIngenieriaMx/tecnicas-de-escalamiento-aplicadas-al-diseño-de-procesos-quimicos>

DE VILLIERS, Melgardt. Ointment Bases. p. 277-281. En: A Practical Guide to Contemporary Pharmacy Practice. [en línea] 3ª ed. Wisconsin, Estados Unidos: Lippincott Williams & Wilkins, 2009. [Citado el 13 de febrero de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/318380434_Ointment_Bases

DHIMAN, K, *et al.* A Review on the Medicinally Important Plants of the Family Cucurbitaceae. p. 16-26. Asian Journal of Clinical Nutrition [en línea]. 2012, enero, 4 (1) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 1992-1470. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/269644382_A_Review_on_the_Medicinally_Important_Plants_of_the_Family_Cucurbitaceae

DI PRISCO, Juan. Concepto actual de la capacidad sensibilizante de la lanolina. 6 p. Revista Dermatología Venezolana [en línea]. 1984, marzo, 22 (3) [Consultado 14 abril 2019]. ISSN 2343-5755. Disponible en: <http://revista.svderma.org/index.php/ojs/article/view/1004>

DIEM DO, Quy, *et al.* Effect of extraction solvent in total phenol content, total flavonoids content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatic*. p 296-302. Journal of Food and Drug Analysis [en línea]. 2014, septiembre, 22 (3) [Consultado 03 abril 2019]. ISSN 1021-9498. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1021949813001348>

DIRECT INDUSTRY. [sitio web]. España: ERIMAKI. Criba circular sólidos/líquidos. Catálogo de productos. [Consulta: 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.directindustry.es/prod/erimaki/product-75808-1560637.html>.

DEL BAÑO, María José et al. Phenolic Diterpenes, Flavones and Rosmarinic Acid distribution during the development of leaves, flowers, stems and roots of *Rosmarinus officinalis*. p 4247-4253. Journal of Agricultural and Food Chemistry [en línea]. 2003, junio 51 (15) [Consultado 30 mayo 2019]. ISSN 1520-5118. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/10671668_Phenolic_Diterpenes_Flavones_and_Rosmarinic_Acid_Distribution_during_the_Development_of_Leaves_Flowers_Stems_and_Roots_of_Rosmarinus_officinalis_Antioxidant_Activity-

DSM. [sitio web]. Estados Unidos: Royal DSM, Vitamin Stability. párr. 5. [Consulta: 24 julio 2019]. Disponible en: https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/Compendium/vitamin_basics/vitamin_stability.html

DURAND PORRAS, Juan Carlos, et al. Esfuerzo. 23 p. En: SLIDESHARE [sitio web]. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. [Consulta: 15 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://es.slideshare.net/borisacunagaray/esfuerzo-y-deformacin-uni>

ENCISO, Edwin y ARROYO, Jorge. Efecto antiinflamatorio y antioxidante de los flavonoides de las hojas de *Jungia rugosa* Less (matico de puna) en un modelo experimental en ratas. p. 231-327. Anales de la facultad de Medicina [en línea]. 2011, 72 (4) [Consultado 26 julio 2019]. ISSN 1025-5583. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v72n4/a02v72n4>

ESCAMILLA JIMÉNEZ, Cristopher Isaac; CUEVAS MARTÍNEZ, Elvis Yane y GUEVARA FONSEC, Jorge. Flavonoides y sus acciones antioxidantes. p 73-75. Revista de la Facultad de Medicina UNAM [en línea]. 2009, marzo – abril, 52 (2) [Consultado 05 agosto 2018]. ISSN 0026-1742. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rfm/no52-2/RFM052000207.pdf>

ESTRADA OROZCO, Silvia Paola. Determinación de la actividad bacteriana in vitro de los extractos de romero (*Rosmarinus officinalis*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) [en línea]. 87 p. Trabajo de grado bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010. [Consultado 12 marzo 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/699>

EUCERIN. [sitio web]. Hamburgo: EUCERIN, Comprender el pH de la piel. [Consulta: 27 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.eucerin.es/acerca-de-la-piel/conocimientos-basicos-sobre-la-piel/ph-de-la-piel>

FAGOR. [sitio web]. México: FAGOR. Marmitas cilíndricas: Catálogo de productos de cocción horizontal. [Consulta: 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.fagorlatinoamerica.com/es/cocinas-industriales/gran-produccion/marmitas-cilindricas>.

FERNÁNDEZ MONTES, Enrique Alía. Control de Calidad, Fórmulas dermatológicas. p 70-75. Farmacia Profesional [en línea]. 2003, febrero, 17 (2) [Consultado 27 mayo 2019]. ISSN 0213-9324. Disponible en: <https://www.elsevier.es/index.php?p=revista&pRevista=pdf-simple&pii=13044494&r=3>

FIRESTONE, David. Characteristics of Oils and Fats of Plant Origin. En: Physical and Chemical Characteristics of oils, fats and waxes. [en línea]. 3ª ed. Illinois, Estados Unidos: AOCS Press, 2013. [Citado el 26 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpPCCOFW02/cid:kt00C44011/viewer>Type:khtml//root_slug:1-characteristics-of-oils-and-fats-of-plant-origin/url_slug:characteristics-oils?b-q=Physical%20and%20chemical%20characteristics%20of%20oils%2C%20fats%2C%20and%20waxes&sort_on=default&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no&b-toc-cid=kpPCCOFW02&b-toc-root-slug=&b-toc-url-slug=characteristics-oils&b-toc-title=Physical%20and%20Chemical%20Characteristics%20of%20Oils%2C%20Fats%2C%20and%20Waxes%20\(3rd%20Edition\)&page=59&view=collapsed&zoom=1](https://app.knovel.com/web/view/khtml/show.v/rcid:kpPCCOFW02/cid:kt00C44011/viewer>Type:khtml//root_slug:1-characteristics-of-oils-and-fats-of-plant-origin/url_slug:characteristics-oils?b-q=Physical%20and%20chemical%20characteristics%20of%20oils%2C%20fats%2C%20and%20waxes&sort_on=default&b-group-by=true&b-sort-on=default&b-content-type=all_references&include_synonyms=no&b-toc-cid=kpPCCOFW02&b-toc-root-slug=&b-toc-url-slug=characteristics-oils&b-toc-title=Physical%20and%20Chemical%20Characteristics%20of%20Oils%2C%20Fats%2C%20and%20Waxes%20(3rd%20Edition)&page=59&view=collapsed&zoom=1)

FRÍAS TAMAYO, Javier Ángel, *et al.* *Sechium edule* (jacq) sw: potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano. p. 664-670. *Medisur* [en línea]. 2016, noviembre - diciembre, 14 (6) [Consultado 01 agosto 2018]. ISSN 1727897X. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v14n6/ms02614.pdf>

FARMAQUÍMICA SUR. [sitio web]. Málaga: FARMAQUÍMICA, Extractos secos, fluidos y glicólicos. párr. 11. [Consulta: 02 mayo 2019]. Disponible en: <https://farmaquimicasur.com/extractos-secos-fluidos-glicolicos/>

GARCÍA ALONSO, Francisco Javier. Evaluación in vitro e in vivo de la funcionalidad de un producto rico en antioxidantes [en línea]. 202 p. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia, 2006. [Consultado 25 julio 2019]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11052/GarciaAlonso2de2.pdf?sequence=2>

GARCIDUEÑAS PAZ, José Alfredo. Caracterización morfológica y molecular de Piña (Ananas Comosus) L. Híbrido MD-2 y su establecimiento in Vitro. [en línea]. 195 p. Trabajo de grado magister en biotecnología agrícola. Universidad Autónoma Chapingo, 2013. [Consultado 08 agosto 2018]. Disponible en: <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis/TESISMCA2013120210127862.pdf>

GIRALDO ESPINAL, Jaime Alberto. Potencial nutricional de la Cidra (*Sechium Edule*) para la Alimentación Animal Sostenible [en línea]. 56 p. Trabajo de grado especialista en nutrición animal sostenible. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2012. [Consultado 01 agosto 2018]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/1072>

GONZALEZ VILLA, Ángela Andrea. Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas [en línea]. 100 p. Trabajo de grado profundización en tecnología en alimentos. Universidad Nacional de Colombia, 2004. [Consultado 12 marzo 2019]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/1173/1/angelaandrea_gonzalezvilla.2004.pdf

GREEN, Don y PERRY, Robert. Solids-Drying Fundamentals. En: *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. [en línea]. 8ª ed. Nueva York, Estados Unidos: McGraw Hill Professional, 2008. [Citado el 25 de abril de 2019]. Disponible en: https://ezproxy.uamerica.edu.co:2183/browse/perrys-chemical-engineers-handbook-eighth-edition/p200139d899712_25001

GREEN, Don y PERRY, Robert. Particle-Size Analysis. En: Perry's Chemical Engineers' Handbook. [en línea]. 8ª ed. Nueva York, Estados Unidos: McGraw Hill Professional, 2008. [Citado el 27 de julio de 2019]. Disponible en: <https://ezproxy.uamerica.edu.co:2183/content/book/9780071422949/toc-chapter/chapter21/section/section2>

GREEN, Don y PERRY, Robert. Principles of Size Reduction. En: Perry's Chemical Engineers' Handbook. [en línea]. 8ª ed. Nueva York, Estados Unidos: McGraw Hill Professional, 2008. [Citado el 25 de abril de 2019]. Disponible en: https://ezproxy.uamerica.edu.co:2183/browse/perrys-chemical-engineers-handbook-eighth-edition/p200139d899721_45001

GUARÍN, Oscar Darío y BARAJAS SOLANO, Andrés Fernando. Hidrodestilación asistida con microondas (MWHD) para la extracción de hidrolatos de plantas aromáticas. p 51-55. Revista Politécnica [en línea]. 2015, julio – diciembre, 11 (21) [Consultado 09 marzo 2019]. ISSN 2256-5353. Disponible en: <http://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/619>

GUDIÑO CANDO, Raquel. Control Microbiológico de Cremas Faciales, a base de productos naturales, comercializadas en centros naturistas de la Ciudad de Quito [en línea]. 142 p. Trabajo de grado químico farmacéutico. Universidad Central del Ecuador, 2013. [Consultado 30 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1125>.

GUERRA CORADO, Alvaro Enrique. Obtención, caracterización y evaluación de las propiedades físico-químicas de los extractos fluidos, blandos y secos así como las tinturas del rizoma y de la fronda de calahuala (*phlebodium pseudoaureum*) a nivel de laboratorio [en línea]. 162 p. Trabajo de grado ingeniero químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. [Consultado 19 marzo 2019]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0951_Q.pdf

HENAO RAMIREZ, Paula Victoria y PINZÓN GARCÍA, Yensy Carolina. Estudio de Factibilidad para la creación de una empresa productora de arequipe de Cidra en el municipio de Caicedonia Valle. [en línea]. 162 p. Trabajo de grado administración de empresas. Universidad del Valle, 2013. [Consultado 13 agosto 2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10893/11281>

HERBAL DYNAMICS BEAUTY. [sitio web]. Scottsdale: HERBAL DYNAMICS BEAUTY. Cocoa Butter Benefits for skin: healing the damage of oxidative stress. párr. 8 [Consulta 26 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.herbaldynamicsbeauty.com/blogs/herbal-dynamics-beauty/cocoa-butter-benefits-for-skin-healing-the-damage-of-oxidative-stress>.

HERNANDEZ ALARCÓN, Elizabeth. Evaluación Sensorial. 128 p. En: INOCUA [sitio web]. Bogotá D.C.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. [Consulta: 06 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.inocua.org/site/Archivos/libros/m%20evaluacion%20sensorial.pdf>

HUSSEIN, Rehab A. y EL-ANSSAR, Amira A. Plants Secondary Metabolites: The Key Drivers of the Pharmacological Actions of Medicinal Plants. p. 12-30. En: INTECHOPEN [sitio web]. Giza: NATIONAL RESEARCH CENTER. [Consulta: 22 julio 2019]. Archivo pdf.

Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/herbal-medicine/plants-secondary-metabolites-the-key-drivers-of-the-pharmacological-actions-of-medicinal-plants>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Grasas y aceites animales y vegetales comestibles: Manteca de Cacao. [en línea]. NTC 574. Bogotá. D.C: El Instituto, 2008. 12 p. [Consulta: 22 marzo 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/148841508/NTC-574>.

INSTITUTO DE DERMOCOSMÉTICA. [sitio web]. Navarra: INSTITUTO DE DERMOCOSMÉTICA. El pH de la piel y de los cosméticos. párr. 7. [Consulta: 25 mayo 2019]. Disponible en: <https://www.institutodermocosmetica.com/el-ph-de-la-piel-y-de-los-cosmeticos/>

IONESCU, Mihaela Ileana. Are Herbal Products an Alternative to Antibiotics?. 22 p. En: INTECHOPEN [sitio web]. Romania: UNIVERSITY OF MEDICINE AND PHARMACY. [Consulta: 27 julio 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/bacterial-pathogenesis-and-antibacterial-control/are-herbal-products-an-alternative-to-antibiotics->

KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. [en línea]. 3ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 16 de mayo de 2019]. Disponible en: https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos_de_transferencia_de_calor_-_kern__31_ed_.pdf. ISBN: 968-26-1040-0.

LANDETA MALDONADO, Jhon Estiguar. Evaluación de la actividad antibacteriana de *Desmodium molliculum* (Kunth) DC. Treinta Reales, utilizando un modelo in vivo [en línea]. 108 p. Trabajo de grado Químico Farmacéutico. Universidad Central del Ecuador, 2015. [Consultado 16 julio 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6365/1/T-UCE-0008-071.pdf>

LEÓN MÉNDEZ, Glicerio, OSORIO FORTICH, María del Rosario y MARTÍNEZ USECHE, Sonia Ruby. Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de *Citrus sinensis* L. p.742-750. REVISTA CUBANA DE FARMACIA [en línea]. 2015, diciembre, 49 (4). [Consultado 29 marzo 2019]. ISSN 1561-2988. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v49n4/far14415.pdf>

LERANOZ, Sonia. Conservantes Cosméticos. p. 74-77. Offarm [en línea]. 2002, julio-agosto, 21 (7) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 1578-1569. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-conservantes-cosmeticos-13034831>

LOPEZ, B; ORTONOBES, S y GARCÍA, C. Ungüentos, pomadas, cremas, geles y pastas: ¿es todo lo mismo? p. 183-187. Formación activa en pediatría de atención primaria [en línea]. 2015, diciembre, 8 (4) [Consultado 17 enero 2019]. ISSN 2171-6811. Disponible en: http://archivos.fapap.es/files/639-1294-RUTA/FAPAP_4_2015_Unguentos_pomadas.pdf

MANACH, Claudine, *et al.* Polyphenols: food sources and bioavailability. p. 727-747. The American Journal of Clinical Nutrition [en línea]. 2004, mayo, 79 (5) [Consultado 25 julio 2019]. ISSN 1938-3207. Disponible en: <https://academic.oup.com/ajcn/article/79/5/727/4690182>

MARQUEZ, Ronald. Aprovechamiento tecnológico de la cera de abeja para la obtención de la cera de abeja para la obtención de productos sintéticos orgánicos, no tóxicos para el ser humano. 6 p. En: WEB DEL PROFESOR [sitio web]. Mérida: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. [Consulta: 25 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/marquezronald/?p=8052>

MARTINEZ FLÓREZ, S, *et al.* Los Flavonoides: Propiedades y Acciones Antioxidantes. p 271-278. Nutrición Hospitalaria [en línea]. 2002, agosto, 17 (6) [Consultado 05 agosto 2018]. ISSN 0212-1611. Disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>

MOHAMED SALAMA, Ahmed, *et al.* Análisis Fitoquímico preliminar y determinación de las actividades anti-inflamatoria y cardiaca de los frutos de *Sechium Edule*. P. 79-82. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas [en línea]. 1986. Enero, 15 (1) [Consultado 09 marzo 2019]. ISSN 1909-6356. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/download/56630/55549>.

MONROY GARCÍA, Darwin Alejandro y ARÉVALO GIRALDO, Diana Marcela. Desarrollo de la ingeniería conceptual para la producción de la pomada *Calendae* a base de extracto natural de caléndula [en línea]. 116 p. Trabajo de grado ingeniero químico. Fundación Universidad de América, 2017. [Consultado 01 agosto 2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11839/6369>

MORALES BERMÚDEZ, María Fernanda. Determinación de hidrocarburos en muestras de agua por extracción líquido-líquido asistida por ultrasonido [en línea]. 24 p. Trabajo de grado magister en gestión sostenible y tecnologías del agua. Universidad de Alicante, 2011. [Consultado 27 marzo 2019]. Disponible en: <https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/maria-fernanda-morales.pdf>

MUÑOZ RODRÍGUEZ, Ana, *et al.* Manual de protocolos y procedimientos en el cuidado de las heridas. 176 p. En: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS PALIATIVOS [sitio web]. Madrid: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CUIDADOS PALIATIVOS. [Consulta: 27 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.secpal.com/%5CDocumentos%5CBlog%5Carchivo_308.pdf

NITTHIYAH, Jeyaratnam, *et al.* Microwave assisted hydrodistillation – an overview of mechanism and heating properties. p. 22-29. Australian Journal of Basic and Applied Sciences [en línea]. 2017, enero, 11 (3) [Consultado 25 abril 2019]. ISSN 1991-8178. Disponible en: <http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/17389/1/fkksa-2017-jeya-Microwave%20Assisted%20Hydrodistillation.pdf>

NÚÑEZ, Carlos Eduardo. Extracciones con equipo Soxhlet. 5 p. En: CENUNEZ [sitio web]. Posadas: CENUNEZ. [Consulta: 12 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://cenunez.com.ar/archivos/39-ExtraccinconequipoSoxhlet.pdf>

ONU. Recomendaciones para el desarrollo de estudios de estabilidad de productos cosméticos. 90 p. En: PROGRAMA DE TRANSFORMACIÓN PRODUCTIVA [sitio web]. Bogotá: ONU. [Consulta: 30 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://www.ptp.com.co/CMSPages/GetFile.aspx?guid=04719234-05ec-4e7b-95e5-192845ef68da>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Fruit processing: Preservatives. 8 p. En: FAO. [sitio web]. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. [Consulta 26 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au117e.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales. 136 p. En: FAO. [sitio web]. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. [Consulta]. Archivo pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Petroleum Jelly. 5 p. En: FAO. [sitio web]. Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. [Consulta 26 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa_additives/docs/Monograph1/Additive-310.pdf

PALACIOS, Julio. Preparados Farmacéuticos en Hospitales Essalud. 26 p. En: DIGEMID [sitio web]. Perú: MINISTERIO DE SALUD. [Consulta: 12 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad%5CUpLoaded%5CPDF/EURacMed/TrabSalud/ReuTec/RTN_Oct_2010/MR_DFNH_1-3-Preparados_farmaceuticos_hos.pdf

PEÑA GALVÁN, Mónica Lia; SOSA MORALES, María Elena y CERÓN GARCÍA, Abel. Determinación de Fenoles, Flavonoides y Parámetros Físicoquímicos en Chayote (*Sechium edule*) procesado térmicamente. p 101-106. Jóvenes en la Ciencia [en línea]. 2017, junio, 3 (2) [Consultado 24 marzo 2019]. ISSN 2395-9797. Disponible en: <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1683/1190>

PEREDO LUNA, H, PALOU GARCÍA, E y LÓPEZ MALO, A. Aceites esenciales: Métodos de extracción. p 24-32. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos [en línea]. 2009, enero – mayo, 3 (1). [Consultado 20 marzo 2019]. ISSN En trámite. Disponible en: <https://tsia.udlap.mx/aceites-esenciales-metodos-de-extraccion/>

PÉREZ-ALONSO, Naivy y JIMÉNEZ, Elio. Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo *in vitro*. p. 197- 211. Biotecnología Vegetal [en línea]. 2011, octubre – diciembre, 11 (4) [Consultado 22 julio 2019]. ISSN 2074-8647. Disponible en: <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/255/837>

PERRY, Robert H. Manual del ingeniero químico. [en línea]. 6ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/308251594/Perry-Manual-del-ingeniero-quimico-pdf>.

PERÚ. COMUNIDAD ANDINA. Resolución 1482. 3 p. [en línea]. (2, Julio, 2012). Modificación de la Resolución 1418: Límites de contenido microbiológico de productos cosméticos. En: COMUNIDAD ANDINA [sitio web]. [Consulta: 06 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/DocOf/RESO1482.pdf>

PINELO, M., et al. Effect of solvent, temperature and solvent-to. Solid ratio on the total phenolic content and atiradical activity of extracts from different components of grape pomace. p 2111-2117. Journal of agricultural and food chemistry [en línea]. 2005, febrero, 53 (6) [Consultado 03 abril 2019]. ISSN 1520-5118. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0488110>. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf0488110>

POVEDA ROJAS, César Antonio; RAMÍREZ MARTÍNEZ, María Azucena y REYES MENDOZA, Isela Roxana. Estudio de la actividad antimicrobiana de la pulpa *Ananas comosus* (Piña dorada) por el método Dilución en Caldo, Febrero-Marzo 2015 [en línea]. 86 p. Trabajo de grado licenciado químico-farmacéutico. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, 2015. [Consultado 27 julio 2019]. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/5813>

QUINTERO RAMIREZ, María Constanza y ZAMBRANO MUÑOZ, Jhon Jairo. Proceso de Obtención de una harina de Cidra Papa (*Sechium Edule*) y su caracterización Físico-Química. [en línea]. 68 p. Trabajo de grado ingeniero de alimentos. Universidad del Valle, 2011. [Consultado 13 agosto 2018]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8980/1/CB-0449735.pdf>

QUISPE SOLANO, Miguel Ángel. Operaciones Unitarias II: Agitación y mezclado. 15 p. En: WordPress [sitio web]. Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE PERÚ. [Consulta: 15 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://maqsolano.files.wordpress.com/2013/09/clase-de-agitacion-y-mezclado-de-alimentos-i.pdf>

RAY SARKAR, Bapi y KUMAR DEY, Biplab. Pharmacognostical and Preliminary Phytochemical screening of roots of *Sechium Edule* (Jacq.)sw. p 1012-1020. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences [en línea]. 2016, junio, 5 (7) [Consultado 09 marzo 2019]. ISSN 2278 – 4357. Disponible en: <https://www.wjpps.com/download/article/1467266083.pdf>

ROMERO LOZANO, Carlos Andrés. Elaboración de macerados y mistelas con especies vegetales disponibles en la provincia del Azuay [en línea]. 168 p. Trabajo de grado licenciado en gastronomía y servicios de alimentos y bebidas. Universidad de Cuenca, 2013. [Consultado 25 noviembre 2018]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3697>

RONCERO HERAS, José María. Optimización del proceso de extracción de aceite de almendra virgen y aprovechamiento agrícola de las harinas generadas en el mismo [en línea]. 226 p. Tesis en producción vegetal y tecnología agraria. Universidad de Castilla - La

Mancha, 2017. [Consultado 15 agosto 2018]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10578/16513>

ROSALES CASTRO, Martha y SOTO GARCÍA, Marcela. Efecto del solvente y de la relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad de antioxidante de extractos de corteza de *Pinus duragensis* y *Quercus sideroxyla*. p 701-714. Maderas, Ciencia y tecnología [en línea]. 2016, marzo, 18 (4) [Consultado 03 abril 2019]. ISSN 0718-221X. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2016000400017

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. [sitio web]. Londres: ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, Extracción Soxhlet. párr. 1. [Consulta: 12 marzo 2019]. Disponible en: <https://www.rsc.org/publishing/journals/prospect/ontology.asp?id=CMO:0001609&MSID=c0py00136h>

SABALE, Vidya; KUNJWANI, Harish y SABALE, Prafulla. Formulation and *in vitro* evaluation of the topical antiageing preparation of the fruit of *Benincasa hispida*. p. 124-128. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine [en línea]. 2011, julio-septiembre, 2 (3) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 0975-9476. DOI: 10.4103/0975-9476.85550 Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3193683/>

SALAS HUAYAN, Andrés Michel. Actividad antioxidante y factor de protección solar de cáscara de Ananas comosus (L.) Merrill "piña" [en línea]. 33 p. Trabajo de grado bachiller en farmacia y bioquímica. Universidad Nacional de Trujillo, 2016. [Consultado 28 mayo 2019]. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4448/Salas%20Huayan%20Andres%20Michel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SENGUPTA, Amit y BEHERA, Jagadananda Comprehensive vie won chemistry, manufacturing & applications of lanolin extracted from wool pretreatment. p 33-43. American Journal of Engineering Research [en línea]. 2014, enero, 3 (7). [Consultado 26 mayo 2019]. ISSN 2320-0847. Disponible en: [http://ajer.org/papers/v3\(7\)/F0373343.pdf](http://ajer.org/papers/v3(7)/F0373343.pdf)

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. Introducción a la industria de los aceites esenciales de plantas medicinales y aromáticas. 87 p. En: Repositorio SENA [sitio web]. Bogotá D.C.: SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE. [Consulta: 16 agosto 2018]. Archivo pdf. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11404/1144>

SINGH, A; SINGH, SP y BAMEZAI, R. *Momordica charantia* (Bitter Gourd) peel, pulp, seed and whole fruit extracts inhibits mouse skin papillomagenesis. p. 37-46. Toxicology Letters [en línea]. 1998, enero, 94 (1) [Consultado 27 julio 2019]. ISSN 0378-4274. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378427497000994?via%3Dihub>

SINNOT, R. K. Chemical Engineering Design. P.473. [en línea]. 4ª ed. Lóndres, Inglaterra: Elsevier, 2005. [citado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://dl4a.org/uploads/pdf/Coulson%20Richardson%27s%20Chemical%20Engineering%20Vol.6%20Chemical%20Engineering%20Design%204th%20Edition.pdf>. ISBN: 0 7506 6538 6.

SMALL, Rebecca. A practical guide to chemical peels, microdermabrasion and topical products. [en línea]. Filadelfia, Estados Unidos: Lippincott Williams & Wilkins. [citado el 17 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/262261595_A_Practical_Guide_to_A_Practical_Guide_to_Chemical_Peels_Microdermabrasion_Topical_Products ISBN-10: 1609131517

TABIO GARCÍA, Danger, *et al.* Extracción de aceites de origen vegetal. 27 p. En: RESEARCHGATE [sitio web]. La Habana: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA. [Consulta: 03 abril 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317007345_Extraccion_de_aceites_de_origen_vegetal

TAKATA PHARMACEUTICAL CO LTD. Tacrolimus preparation for external application. Inventores: MASUI, Hironori y SATO, Shimpei. PCT/UP2009/067488. Fecha de solicitud: 07, octubre, 2011. Estados Unidos, patente de investigación. US2011/0212988 A1. 05, junio, 2013

TOBÓN ARROYAVE, Norbey de la Cruz. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la pulpa de café (*Coffea arabica* L.) variedad Castillo [en línea]. 185 p. Trabajo de grado magister en innovación alimentaria y nutrición. Corporación Universitaria Lasallista, 2015. [Consultado 25 abril 2019]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10567/1800>

UMAÑA LEIVA, Nataly. Evaluación del potencial tecnológico de Chayote Deshidratado en Polvo (*Sechium Edule* Sw.) como sustituto de grasa en productos cárnicos, a partir de su aplicación en un modelo cárnico a nivel de laboratorio. [en línea]. 119 p. Trabajo de grado licenciatura en ingeniería de alimentos. Universidad de Costa Rica, 2013. p.3. [Consultado 13 agosto 2018] Disponible en: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2783>

UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE. Determinación del contenido grado de leche en polvo: extracción soxhlet. 7 p. En: UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE [sitio web]. Sevilla: UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE. [Consulta: 12 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP5_0405.pdf

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro. 5 p. En: RIUNET [sitio web]. Valencia: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. [Consulta: 29 marzo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: <https://riUNET.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11.%20Art%C3%ADculo%20docente.%20Determinaci%C3%B3n%20de%20la%20densidad%20de%20un%20l%C3%ADquido%20con%20el%20m%C3%A9todo%20del%20picn%C3%B3metro.pdf?sequence=1>

VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. 284 p. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf.

VASQUEZ AMAYA, Teresa Margarita. Diseño de una planta piloto para el procesamiento de frutas en la facultad de ingeniería química [en línea]. 136 p. Trabajo de grado.

Universidad Central del Ecuador, 2014. [Consultado 15 mayo 2019]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3492>.

VIERA, Elsa, *et al.* Chayote (*Sechium Edule*): A review of Nutritional Composition, Bioactivities and Potential Applications. p. 557-568. Food Chemistry [en línea]. 2018, Marzo, 275 (1) [Consultado 08 agosto 2018]. ISSN 0308-8146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.146>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814618317230>

WELLNESS MAMA. [sitio web]. Estados Unidos: WELLNESS MAMA. 12 Creative ways to Use Beeswax and benefits. párr. 16. [Consulta: 26 mayo 2019]. Disponible en: <https://wellnessmama.com/124235/beeswax-uses/>

ZARATE, G, *et al.* Formulación de una bebida hidratante de chayote (*Sechium edule*) y lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka). p 446-450. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos [en línea]. 2018, enero, 3 (1) [Consultado 06 agosto 2018]. ISSN 2448-7503. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/8/74.pdf>

ŽEMLIČKA, Lukaš, *et al.* Analysis of natural aroma and flavor of MD2 pineapple variety (*Ananas comosus* [L.] Merr.). p. 123-128. Acta Chimica Slovaca [en línea], 2013, mayo, 6 (1) [Consultado 28 mayo 2019]. ISSN 1337-978X. DOI: 10.2478/acs-2013-0019. Disponible en: <https://content.sciendo.com/view/journals/acs/6/1/article-p123.xml>

ZURIDAY, Soledad. Extracción de manteca a partir de las semillas del cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando dióxido de carbono en condiciones supercríticas como solvente [en línea]. 210 p. Trabajo de grado en ingeniería química. Universidad Central de Venezuela, 2007. [Consultado 23 abril 2019]. Disponible en: https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/EXTRACCI%C3%93N_DE_MANTECA_A_PARTIR_DE_LAS_SEMILLAS....pdf

ANEXOS

ANEXO A.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS DEL ACEITE DE ALMENDRAS



CERTIFICADO DE ANALISIS (CoA)

ACEITE (Con Fragancia) DE ALMENDRAS

LOTE No.	AAU-18-175
FECHA DE FABRICACION	ENERO-2018
FECHA DE VENCIMIENTO	ENERO-2020
EMPAQUE ORIGINAL	TBR MET. X 176 Kg.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

PRUEBA	METODO	ESPECIFICACION	RESULTADO
NUMERO DE NEUTRALIZACIÓN	ASTM D-664	Neutro	NEUTRO
COLOR	Organoléptico	Amarillo	AMARILLA
OLOR	Organoléptico	Característico de Almendras	ALMENDRAS
DENSIDAD a 25 °C, g/cm ³	ASTM D-1298	0,845 - 0,905	0.849
VISCOSIDAD A 40°C Cst	ASTM D-445	15 - 22	20-35
SUSTANCIAS CARBONIZABLES	ASTM D-565	Pasa	PASA
CONTENIDO POLINUCLEARES	ASTM D-2269	$\leq \frac{1}{3}$	PASA
USO	----	Tópico Cutáneo Emoliente	=
VENCIMIENTO DEL PRODUCTO	----	(*) 2 Años bajo techo	CUMPLE

(*) Usar preferiblemente antes de este tiempo. El producto almacenado en óptimas condiciones (aislado de sol y agua) mantiene sus propiedades fisicoquímicas; sin embargo después de la fecha de vencimiento puede presentar cambios en sus características físicas.

De acuerdo con los resultados emitidos el producto analizado **ACEITE (Con Fragancia) DE ALMENDRAS** puede ser utilizado en la Industria de Cosméticos y Farmacéutica como materia prima.

Por su naturaleza y propiedades físicas y químicas, el producto cumple con los parámetros y especificaciones de la **USP - NF (The United States Pharmacopoeia and the National Formulary)**; por lo tanto no contiene residuos de compuestos aromáticos polinucleares, ni de ninguna otra naturaleza: libre de azufre, ácidos, oleofinas y sustancias cancerígenas.

USOS Y APLICACIONES RECOMENDADAS

- ✓ **COSMETICOS:** En la preparación como vehículo o base de incorporación de lociones o preparados faciales, humectante de uñas, cremas humectantes y aceites para bebés.
- ✓ **AROMATERAPIA:** Como fragancia para aromatizar ambientes
- ✓ **HUMECTANTE UÑAS.**
- ✓ **MASOTERAPIA:** Masajes Corporales.
- ✓ **USO DERMICO:** Emoliente y refrescante en quemaduras de la piel, tratamiento de pieles secas, celulitis, manchas de la piel, psoriasis, cuidado genital de los bebés, estrías producidas por el embarazo.

DEPARTAMENTO CONTROL DE CALIDAD

Calle 64 C No. 113-47 Tels: (57 1) 5430087 / 18 - 5417117 / 09 -CEL (Movil) 3107914704 - 3168772176
Email: produquimicosmfts@hotmail.com -BOGOTA D.C. -Colombia

Fuente. GOLDEN CHEMICALS S.A.S. Certificado de Análisis (CoA): Aceite de almendras. Bogotá D.C.: GOLDEN CHEMICALS S.A.S, 2018.

ANEXO B.
FORMULACIONES REALIZADAS

Tabla 26. Composiciones porcentuales de las formulaciones de pomada realizadas.

No de Formulación	Extracto	Vaselina	Cera de Abejas	Aceite	Lanolina	Manteca de Cacao
1	20	70	10			
2	20	53	10	17		
3	10	60	11	19		
4	30	47	9	15		
5	20	47	17	17		
6	20	23	40	17		
7	20	35	28	17		
8	20	0	20	60		
13	20	20	17	23	20	
14	20	13	17	30	20	
15	20	30	17	13	20	
16	20		23	20	20	17
17	20		17	20	20	23
18	20		20	20	20	20
25	20		17	20	20	23
27	20		20	20	13	27
28	20		17	20	20	23
29	20		20	20	13	27
30	20		20	20	13	27

Fuente: elaboración propia.

ANEXO C.

PARÁMETROS ORGANOLÉPTICOS GENERALES DE LAS FORMULACIONES

Tabla 27. Criterios de evaluación del brillo de las formulaciones de pomada.

Brillo	
1	Muy Opaca
2	Opaca
3	Moderado
4	Brillante
5	Muy Brillante

Fuente: elaboración propia

Tabla 28. Resultados del análisis organoléptico realizado para las formulaciones.

No de Formulación	Color	Olor	Brillo
1	Beige	Característico a cera de abejas	2
2	Beige	Leve a almendras	4
3	Beige	Tenue a almendras	3
4	Amarillo Pálido	Leve a almendras	4
5	Amarillo Pálido	Leve a almendras	2
6	Beige	Fuerte a almendras	2
7	Amarillo Pálido	Fuerte a almendras	1
8	Ocre	Fuerte a almendras	5
9	Amarillo Pálido	Leve a almendras	4
10	Almendra	Tenue a almendras	3
11	Beige	Característico a lanolina	1
12	Almendra	Característico a lanolina	3
13	Almendra	Característico a lanolina	3
14	Almendra	Leve a almendras	3
15	Beige	Característico a lanolina	2
16	Almendra	Leve a manteca de cacao	3
17	Almendra	Fuerte a manteca de cacao	4
18	Almendra	Leve a manteca de cacao	3
19	Ocre	Moderado a manteca de cacao	1
20	Ocre	Fuerte a manteca de cacao	3
21	Ocre	Leve a manteca de cacao	1
22	Ocre	Moderado a manteca de cacao	3
23	Ocre	Fuerte a manteca de cacao	4
24	Almendra	Característico a lanolina	4
25	Almendra	Leve a manteca de cacao	1
26	Ocre	Moderado a manteca de cacao	4
27	Ocre	Leve a manteca de cacao	3
28	Ocre	Leve a manteca de cacao	3
29	Ocre	Moderado a manteca de cacao	3
30	Almendra	Leve a manteca de cacao	1

Fuente: elaboración propia.

ANEXO D.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN SEGÚN PUNTAJES ASIGNADOS A LAS CARACTERÍSTICAS CUALITATIVAS DE LAS FORMULACIONES

Tabla 29. Criterios cualitativos de evaluación para los parámetros de esparcibilidad y remoción de las formulaciones.

Esparcibilidad – Remoción	
1	Muy Difícil
2	Difícil
3	Moderado
4	Fácil
5	Muy Fácil

Fuente: elaboración propia.

Tabla 30. Criterios cualitativos de evaluación de la textura de las formulaciones.

Textura	
1	Ligera
2	Algo ligera
3	Moderada
4	Algo grasosa
5	Grasosa

Fuente: elaboración propia.

Tabla 31. Resultados de la evaluación cualitativa y cuantitativa de los parámetros de caracterización de las formulaciones.

No de Formulación	Tiempo de solidificación (min)	pH	Uniformidad	Separación de Fases	Extensibilidad (cm)	Esparcibilidad	Remoción	Textura
1	23	5	Negativa	Sí	1.7671	4	4	4
2	20	5	Positiva	Sí	3.1416	5	4	1
3	22	5	Negativa	Sí	3.1416	5	4	5
4	20	5	Negativa	Sí	3.1416	4	4	1
5	20	5	Positiva	Sí	2.4053	4	4	4
6	20:05	5	Positiva	Sí	1.7671	2	2	5
7	20	5	Negativa	Sí	3.9761	4	4	5
8	32	5	Positiva	Sí	5.9396	4	3	5
9	33:44	5	Negativa	No	3.9761	4	4	1
10	21:41	5	Positiva	No	3.1416	4	4	1
11	21	5	Negativa	Sí	2.4053	4	4	5
12	22	5	Positiva	Sí	1.0690	4	4	5
13	13:09	5	Negativa	Sí	2.4053	4	4	5
14	21:09	5	Positiva	Sí	3.9761	4	4	5
15	22	5	Positiva	Sí	3.1416	4	4	1
16	19	5	Positiva	Sí	1.3956	3	4	2
17	20	5	Negativa	Sí	4.2748	4	4	4

Tabla 31. (Continuación)

No de Formulación	Tiempo de solidificación (min)	pH	Uniformidad	Separación de Fases	Extensibilidad (cm)	Esparcibilidad	Remoción	Textura
18	21	5	Negativa	Sí	3.1416	5	4	4
19	25	5	Negativa	Sí	3.1416	4	4	1
20	21:16	5	Negativa	Sí	3.9761	4	4	1
21	22	5	Negativa	Sí	3.9761	4	4	5
22	25	5	Negativa	Sí	3.9761	4	4	1
23	21	5	Negativa	Sí	3.1416	4	4	5
24	20:15	5	Negativa	No	3.9761	5	5	2
25	23:46	5	Negativa	No	3.9761	3	4	3
26	21:2	5	Negativa	Sí	3.9761	4	4	5
27	19:32	5	Negativa	Sí	3.9761	4	4	3
28	19:56	5	Negativa	Sí	3.9761	3	5	3
29	18:02	5	Negativa	Sí	3.1416	3	5	3
30	23:46	5	Negativa	No	3.9761	3	4	3

Fuente: elaboración propia.

ANEXO E.

FORMATO DE ENCUESTA REALIZADA PARA EL PANEL SENSORIAL DEL PRODUCTO EDULECARE



Encuesta de producto EduleCare

Fecha: _____		Nº de encuesta: _____	
<p>La siguiente es una encuesta sobre los aspectos de la pomada EduleCare con extracto de guatila. Estamos interesados en conocer su opinión, por favor, ¿sería tan amable de contestar el siguiente cuestionario después de probar el producto? La información que nos proporcione será utilizada para conocer la valoración de la pomada EduleCare para una posible implementación en el mercado. El cuestionario dura 5 minutos aproximadamente. Gracias.</p>			
Perfil del encuestado			
Edad	_____	Sexo	<input type="checkbox"/> Hombre <input type="checkbox"/> Mujer
1. Califique el aroma de la pomada			
<input type="checkbox"/> Agradable	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desagradable	<input type="checkbox"/> Le es indiferente
2. Califique la textura de la pomada			
<input type="checkbox"/> Agradable	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desagradable	<input type="checkbox"/> Le es indiferente
3. Califique la apariencia (en cuanto a color y brillo) de la pomada			
<input type="checkbox"/> Agradable	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desagradable	<input type="checkbox"/> Le es indiferente
4. Califique la presentación de la pomada (cantidad por envase y envase empleado)			
<input type="checkbox"/> Agradable	<input type="checkbox"/> Neutro	<input type="checkbox"/> Desagradable	<input type="checkbox"/> Le es indiferente
5. ¿Adquiriría usted el producto?			
<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No
6.- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar (COP) por el producto en una presentación de 30 gramos?			
<input type="checkbox"/>	Entre \$3000 y \$5000		
<input type="checkbox"/>	Entre \$5000 y \$10000		
<input type="checkbox"/>	Entre \$10000 y \$20000		
<input type="checkbox"/>	Entre \$20000 y \$30000		
7.- ¿Tiene algún comentario o sugerencia para EduleCare sobre el producto?			
Muchas gracias por su amabilidad y por el tiempo dedicado a contestar esta encuesta			



Fuente: elaboración propia.

ANEXO F.

TABLA DE APOYO PARA LOS CÁLCULOS DEL DIMENSIONAMIENTO DE LA MARMITA

Imagen 32. Propiedades del agua.

878
 APPENDIX 1

TABLE A-9
Properties of saturated water

Temp. <i>T</i> , °C	Saturation Pressure <i>P</i> _{sat} , kPa	Density <i>ρ</i> , kg/m ³		Enthalpy of Vaporization <i>h</i> _{fg} , kJ/kg	Specific Heat <i>c</i> _p , J/kg·K		Thermal Conductivity <i>k</i> , W/m·K		Dynamic Viscosity <i>μ</i> , kg/m·s		Prandtl Number <i>Pr</i>		Volume Expansion Coefficient <i>β</i> , 1/K
		Liquid	Vapor		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2501	4217	1854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2490	4205	1857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2478	4194	1862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2466	4185	1863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2454	4182	1867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2442	4180	1870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2431	4178	1875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2419	4178	1880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2407	4179	1885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2395	4180	1892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2383	4181	1900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2371	4183	1908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2359	4185	1916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2346	4187	1926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2334	4190	1936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2321	4193	1948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2309	4197	1962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.635 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2296	4201	1977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2283	4206	1993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2270	4212	2010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2257	4217	2029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2230	4229	2071	0.682	0.0252	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2203	4244	2120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2174	4263	2177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2145	4286	2244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2114	4311	2314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2083	4340	2420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2050	4370	2490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1,002.1	887.3	5.153	2015	4410	2590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1,254.4	876.4	6.388	1979	4460	2710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1,553.8	864.3	7.852	1941	4500	2840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2,318	840.3	11.60	1859	4610	3110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3,344	813.7	16.73	1767	4760	3520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.700 × 10 ⁻³
260	4,688	783.7	23.69	1663	4970	4070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6,412	750.8	33.15	1544	5280	4835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8,581	713.8	46.15	1405	5750	5980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11,274	667.1	64.57	1239	6540	7900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14,586	610.5	92.62	1028	8240	11,870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18,651	528.3	144.0	720	14,690	25,800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—
374.14	22,090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Note 1: Kinematic viscosity ν and thermal diffusivity α can be calculated from their definitions, $\nu = \mu/\rho$ and $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. The temperatures 0.01°C, 100°C, and 374.14°C are the triple-, boiling-, and critical-point temperatures of water, respectively. The properties listed above (except the vapor density) can be used at any pressure with negligible error except at temperatures near the critical-point value.

Note 2: The unit kJ/kg·°C for specific heat is equivalent to kJ/kg·K, and the unit W/m·°C for thermal conductivity is equivalent to W/m·K.

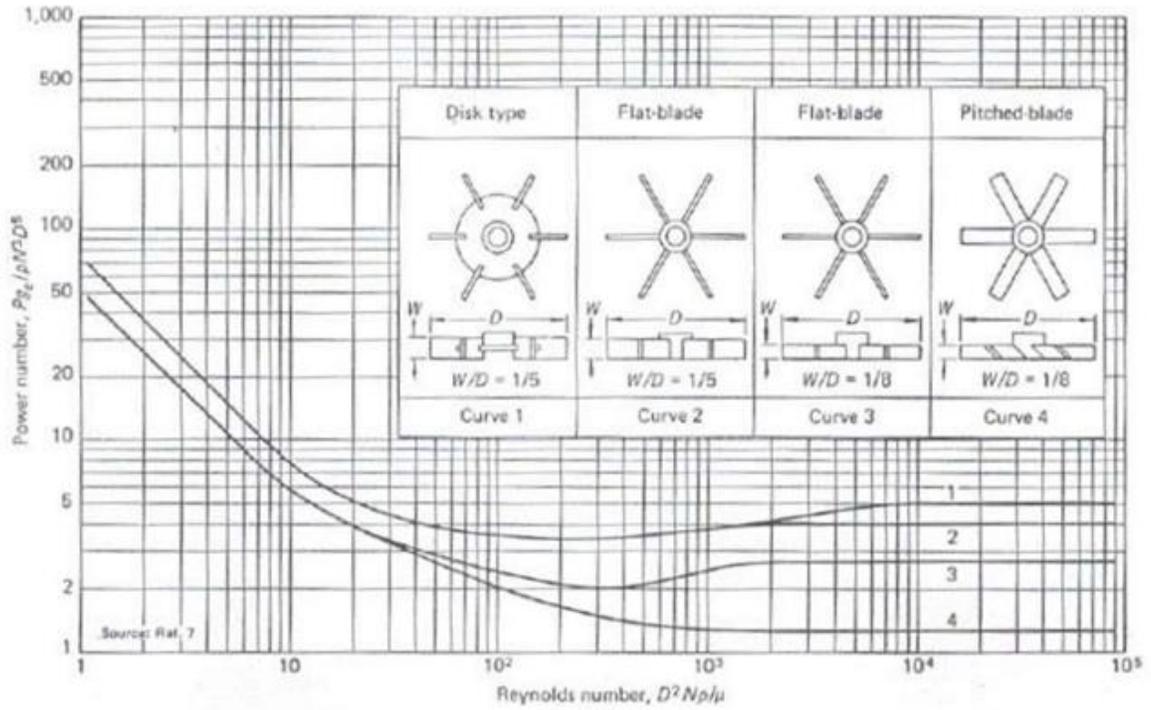
Source: Viscosity and thermal conductivity data are from J. V. Sengers and J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291–1322. Other data are obtained from various sources or calculated.

Fuente. ÇENGEL, Yunus y GHAJAR, Afshin. PROPERTIES TABLES AND CHARTS (SI UNITS). En: Heat and Mass Transfer. [en línea]. 4ª ed. México, México: McGraw Hill Professional, 2011. [Citado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.academia.edu/22123569/Transferencia_de_Calor_y_Masa_-_Cengel_4Ed

ANEXO G

GRÁFICAS Y TABLAS DE APOYO PARA CÁLCULOS DE DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE MEZCLA

Imagen 33. Número de potencia en función de Reynolds



Fuente. VAM INDUSTRY. Manual de cálculos. p. 87. En: Depósito digital de documentos de la Universidad Autónoma de Barcelona [sitio web]. Barcelona: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA. [Consulta: 16 mayo 2019]. Archivo pdf. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2016/148700/TFG_VamIndustry_v11.pdf

Tabla 32. Requerimientos y rangos de potencia para diversas aplicaciones.

Agitation	Applications	Power, kW/m ³
Mild	Blending, mixing	0.04–0.10
	Homogeneous reactions	0.01–0.03
Medium	Heat transfer	0.03–1.0
	Liquid-liquid mixing	1.0–1.5
Severe	Slurry suspension	1.5–2.0
	Gas absorption,	1.5–2.0
	Emulsions	1.5–2.0
Violent	Fine slurry suspension	>2.0

Fuente. SINNOT, R. K. Chemical Engineering Design. P.473. [en línea]. 4^a ed. Londres, Inglaterra: Elsevier, 2005. [citado el 15 de mayo de 2019]. Disponible en: <http://dl4a.org/uploads/pdf/Coulson%20Richardson%27s%20Chemical%20Engineering%20Vol.6%20Chemical%20Engineering%20Design%204th%20Edition.pdf>. ISBN: 0 7506 6538 6.

Imagen 34. Dimensiones de tubería de acero (IPS)

949

TABLA 11. DIMENSIONES DE TUBERIA DE ACERO (IPS)

Tamaño nominal del tubo, IPS plg	DE. plg	Cédula No.	DI. plg	Área de flujo por tubo, plg ²	Superficie por pie lineal, pies ² /pie		Peso por pie lineal, lb de acero
					Exterior	Interior	
1/8	0.405	40*	0.269	0.058	0.106	0.079	0.25
		80†	0.215	0.036		0.056	0.32
1/4	0.540	40*	0.364	0.104	0.141	0.095	0.43
		80†	0.302	0.072		0.079	0.54
3/8	0.675	40*	0.493	0.192	0.177	0.129	0.57
		80†	0.423	0.141		0.111	0.74
1/2	0.840	40*	0.622	0.304	0.220	0.163	0.85
		80†	0.546	0.235		0.143	1.09
3/4	1.05	40*	0.824	0.534	0.275	0.216	1.13
		80†	0.742	0.432		0.194	1.48
1	1.32	40*	1.049	0.864	0.344	0.274	1.68
		80†	0.957	0.718		0.250	2.17
1 1/4	1.66	40*	1.380	1.50	0.435	0.362	2.28
		80†	1.278	1.28		0.335	3.00
1 1/2	1.90	40*	1.610	2.04	0.498	0.422	2.72
		80†	1.500	1.76		0.393	3.64
2	2.38	40*	2.067	3.35	0.622	0.542	3.66
		80†	1.939	2.95		0.508	5.03
2 1/2	2.88	40*	2.469	4.79	0.753	0.647	5.80
		80†	2.323	4.23		0.609	7.67
3	3.50	40*	3.068	7.38	0.917	0.804	7.58
		80†	2.900	6.61		0.760	10.3
4	4.50	40*	4.026	12.7	1.178	1.055	10.8
		80†	3.826	11.5		1.002	15.0
6	6.625	40*	6.065	28.9	1.734	1.590	19.0
		80†	5.761	26.1		1.510	28.6
8	8.625	40*	7.981	50.0	2.258	2.090	28.6
		80†	7.625	45.7		2.000	43.4
10	10.75	40*	10.02	78.8	2.814	2.62	40.5
		60	9.75	74.6		2.55	54.8
12	12.75	30	12.09	115	3.338	3.17	43.8
14	14.0	30	13.25	138	3.665	3.47	54.6
16	16.0	30	15.25	183	4.189	4.00	62.0
18	18.0	20†	17.25	234	4.712	4.52	72.7
20	20.0	20	19.25	291	5.236	5.05	78.6
22	22.0	20†	21.25	355	5.747	5.56	84.0
24	24.0	20	23.25	425	6.283	6.09	94.7

* Comúnmente conocido como estándar.
 † Comúnmente conocido como extragrueso.
 ‡ Aproximadamente.

Fuente. KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. p. 945. [en línea]. 3ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 16 de mayo de 2019]. Disponible en: https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos_de_transferencia_de_calor_-_kern__31_ed_.pdf. ISBN: 968-26-1040-0.

Imagen 35. Valores de los coeficientes totales para el diseño del sistema de calentamiento del tanque.

TABLA 8. VALORES APROXIMADOS DE LOS COEFICIENTES TOTALES PARA DISEÑO. LOS VALORES INCLUYEN UN FACTOR DE OBSTRUCCION TOTAL DE 0.003 Y CAIDA DE PRESION PERMISIBLE DE 5 A 10 LB/PLG² EN LA CORRIENTE QUE CONTROLE

Enfriadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Agua	Agua	250-500 *
Metanol	Agua	250-500 *
Amoniaco	Agua	250-500 *
Soluciones acuosas	Agua	250-500 *
Sustancias orgánicas ligeras ¹	Agua	75-150
Sustancias orgánicas medias ²	Agua	50-125
Sustancias orgánicas pesadas ³	Agua	5- 75
Gases	Agua	2- 50
Agua	Salmuera	100-200
Sustancias orgánicas ligeras	Salmuera	40-100
Calentadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Vapor de agua	Agua	200-700 *
Vapor de agua	Metanol	200-700 *
Vapor de agua	Amoniaco	200-700 *
Vapor de agua	Soluciones acuosas:	
Vapor de agua	menos de 2.0 cp	200-700
Vapor de agua	Más de 2.0 cp	100-500*
Vapor de agua	Sustancias orgánicas ligeras	50-100
Vapor de agua	Sustancias orgánicas medias	100-200
Vapor de agua	Sustancias orgánicas pesadas	6-60
Vapor de agua	Gases	5-50 *
Intercambiadores		
Fluido caliente	Fluido frío	U_D total
Agua	Agua	250-500 *
Soluciones acuosas	Soluciones acuosas	250-500 *
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas ligeras	40-75
Sustancias orgánicas medias	Sustancias orgánicas medias	20-60
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas pesadas	10-40
Sustancias orgánicas pesadas	Sustancias orgánicas ligeras	30-60
Sustancias orgánicas ligeras	Sustancias orgánicas pesadas	10-40

Fuente. KERN, Donald. Procesos de transferencia de calor. p. 945. [en línea]. 3ª ed. México, México: Mcgraw Hill, 1999. [citado el 16 de mayo de 2019]. Disponible en: https://thunderbooks.files.wordpress.com/2009/06/procesos_de_transferencia_de_calor_-_kern__31_ed_.pdf. ISBN: 968-26-1040-0.