



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**UTILIZACIÓN DE ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA  
DE CAFÉ EN LA OBTENCIÓN DE UNA VELA LLENA AROMÁTICA**

**AUTORES:**

**MICHAEL ALEXANDER RAMÍREZ GONZAGA**

**GEMA JAMILETH SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**TUTOR:**

**ING. JOSÉ FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS, MGTR.**

**CALCETA, OCTUBRE DE 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros Michael Alexander Ramírez Gonzaga con cédula de ciudadanía 1726123670 y Gema Jamileth Sánchez Sánchez con cédula de ciudadanía 1314082668, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **UTILIZACIÓN DE ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ EN LA OBTENCIÓN DE UNA VELA LLENA AROMÁTICA** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autores sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.

---

**MICHAEL A. RAMÍREZ GONZAGA**

**CC: 1726123670**

---

**GEMA J. SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**CC:1314082668**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros Michael Alexander Ramírez Gonzaga con cédula de ciudadanía 1726123670 y Gema Jamileth Sánchez Sánchez con cédula de ciudadanía 1314090968, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **UTILIZACIÓN DE ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ EN LA OBTENCIÓN DE UNA VELA LLENA AROMÁTICA**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

---

**MICHAEL A. RAMÍREZ GONZAGA**

**CC: 1726123670**

---

**GEMA J. SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

**CC:1314082668**

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Ing. José Fernando Zambrano Ruedas, Mgtr certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **UTILIZACIÓN DE ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ EN LA OBTENCIÓN DE UNA VELA LLENA AROMÁTICA**, que ha sido desarrollado por Michael Alexander Ramírez Gonzaga y Gema Jamileth Sánchez Sánchez, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. JOSÉ FERNANDO ZAMBRANO RUEDAS, MGTR**

**CC: 1310828460**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **UTILIZACIÓN DE ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ EN LA OBTENCIÓN DE UNA VELA LLENA AROMÁTICA**, que ha sido desarrollado por Michael Alexander Ramirez Gonzaga y Gema Jamileth Sánchez Sánchez, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. PABLO GAVILANES LÓPEZ,**  
**MGTR.**  
**CC:1803247244**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**ING. DIANA CEDEÑO**  
**ALCÍVAR, MGTR.**  
**CC: 1313678086**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**ING. EDDY GREGORIO**  
**MENDOZA LOOR, MGTR.**  
**CC: 1314555069**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios todopoderoso por mantenerme con fortaleza y salud para seguir adelante y cumplir con mis objetivos propuestos.

A mis Madres en especial a mi Madre Mariana que me guía desde el cielo, mi hermano, tíos y primos quienes me apoyaron a seguir este trayecto y alcanzar mis logros profesionales y personales ya que ellos fueron mi motivación en este camino universitario.

A mi tutor de tesis, Ing. José Fernando Zambrano Ruedas, Mgtr, miembros del tribunal, a cada docente y técnico de mi carrera por brindar sus conocimientos, amistad, consejos, los cuales ayudaron al desarrollo de este trabajo.

**MICHAEL ALEXANDER RAMÍREZ GONZAGA**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

Agradezco a mi familia por su constante respaldo durante mi educación universitaria, por orientarme a través de un camino lleno de desafíos y por no permitir que me rinda tan fácilmente. Expreso mi profunda gratitud a mi madre, cuyos esfuerzos han sido fundamentales para alcanzar esta nueva meta en mi vida. También, quiero agradecer a mi tía por su constante apoyo en mis estudios, brindándome su confianza y amor incondicional. Mi abuela ocupa un lugar especial en mi vida y su influencia es invaluable.

Además, mi sincero agradecimiento a mi asesor de tesis, el Mgtr. José Zambrano Ruedas, quien siempre me orientó y compartió sus conocimientos, permitiéndome culminar otro logro en mi carrera profesional.

No puedo dejar de mencionar a todos los profesores que, a lo largo de esta trayectoria académica, me han proporcionado conocimientos valiosos tanto en mi vida profesional como en la cotidiana, contribuyendo a forjar mi ética profesional.

Por último, agradezco a mis compañeros de clases por alegrar mis días en el aula y por compartir momentos inolvidables.

**GEMA JAMILETH SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios, que con sus bendiciones me permitió lograr cumplir esta meta, a mi Familia quien es mi fuente de inspiración, a mi Madre Mariana quien estuvo presente en todo este trayecto, pero inesperadamente emprendió su viaje a lado de Dios, desde el cielo puede sentirse orgullosa de mí, y seguiré cumpliendo cada meta propuesta porque ella es mi más grande inspiración.

**MICHAEL ALEXANDER RAMÍREZ GONZAGA**

## **DEDICATORIA**

A Dios por concederme la vida y por ser mi fuente de fortaleza en los momentos desafiantes que la vida me ha presentado.

A mi madre, Irene Sánchez, cuyos esfuerzos incansables y sacrificios han sido el cimiento de mi desarrollo académico y profesional. Gracias a su amor y apoyo incondicional, he logrado alcanzar un hito significativo en mi vida al convertirme en un profesional.

Asimismo, mi hermano, Víctor Giler, ha sido una presencia constante en mi vida. Aunque ya no está físicamente a mi lado, sé que, desde el cielo, mira con orgullo mis logros. Su apoyo y afecto han sido una fuente de inspiración para mí en mi camino hacia el éxito.

Mi abuela, Magaly Sánchez, ha sido un pilar fundamental en mi vida. Su fe y confianza inquebrantables en mí han sido motores que me impulsan a alcanzar metas importantes. Su creencia en mi capacidad ha sido un faro de esperanza y determinación en este viaje educativo y profesional que estoy emprendiendo.

En resumen, agradezco a Dios, a mi madre Irene, a mi hermano Víctor en el cielo y a mi abuela Magaly, quienes han sido fuentes de apoyo, amor y confianza en mi camino hacia el logro de metas significativas en mi vida. Su influencia y apoyo han sido esenciales en mi viaje hacia el éxito profesional y personal.

**GEMA JAMILETH SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
CONTENIDO GENERAL.....	x
CONTENIDO DE TABLAS .....	xiii
CONTENIDO DE FIGURAS .....	xiv
CONTENIDO DE FÓRMULAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
KEY WORDS .....	xvi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1    PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2    JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3    OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4    HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.    ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO .....	6
2.2.    BORRA DE CAFÉ.....	7
2.3.    ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL ACEITE REUTILIZADO COMESTIBLE .....	7
2.3.1.    ÍNDICE DE ACIDEZ.....	7
2.3.2.    ÍNDICE DE PERÓXIDO .....	8
2.3.3.    CONTENIDO DE HUMEDAD .....	8
2.3.4.    VISCOSIDAD.....	8

2.3.5.	SÓLIDOS SUSPENDIDOS .....	8
2.4.	ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DE LA BORRA DE CAFÉ .....	9
2.4.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD .....	9
2.4.2.	CONTENIDO DE CENIZAS .....	9
2.5.	INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS LLENAS AROMÁTICAS.	9
2.5.1.	CERA DE SOYA .....	9
2.5.2.	ESENCIA DE CAFÉ.....	10
2.5.3.	COLORANTE CAFÉ PARA VELA .....	11
2.5.4.	ÁCIDO ESTEÁRICO .....	11
2.5.5.	MECHA.....	12
2.5.6.	ENVASES DE VIDRIO.....	12
2.6.	VELA.....	12
2.6.1.	CLASIFICACIÓN DE VELAS AROMÁTICAS .....	13
2.7.	PERCEPCIÓN SENSORIAL.....	16
2.7.1.	ESCALA HEDÓNICA PARA PERCEPCIÓN SENSORIAL DE UNA VELA LLENA AROMÁTICA .....	16
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....		17
3.1.	UBICACIÓN .....	17
3.2.	DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
3.3.	MÉTODOS.....	17
3.3.1.	INDUCTIVO .....	17
3.3.2.	EXPERIMENTAL .....	17
3.4.	TÉCNICAS.....	18
3.4.1.	ÍNDICE DE ACIDEZ.....	18
3.4.2.	ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....	18
3.4.3.	CONTENIDO DE HUMEDAD .....	19
3.4.4.	VISCOSIDAD .....	20
3.4.5.	DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS .....	20
3.4.6.	CONTENIDO DE HUMEDAD .....	21
3.4.7.	CONTENIDO DE CENIZAS .....	21
3.4.8.	ENCENDIDO SECUNDARIO.....	22
3.4.9.	FINAL DE LA VIDA ÚTIL .....	23

3.4.10. ESTABILIDAD.....	23
3.5. FACTORES EN ESTUDIO.....	24
3.5.1. FACTORES .....	24
3.5.2. NIVELES.....	24
3.6. TRATAMIENTOS.....	25
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	25
3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	26
3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	28
3.9.1. FASE 1. Caracterizar fisicoquímicamente el aceite comestible reutilizado y borra de café como materias primas en la elaboración de una vela llena aromática. ....	28
3.9.2. FASE 2. Determinar el efecto de los porcentajes de aceite comestible reutilizado y borra de café sobre las características de la vela llena aromática..	31
3.9.3. FASE 3. Valorar el mejor tratamiento mediante test de aceptabilidad con panelistas sensoriales no entrenados. ....	33
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	34
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ EN LA OBTENCIÓN DE UNA VELA AROMÁTICA.....	35
4.2. EFECTO DE LOS PORCENTAJES DE ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VELA LLENA AROMÁTICA.....	39
4.3. ENCENDIDO SECUNDARIO.....	39
4.4. FIN DE VIDA ÚTIL .....	41
4.5. ESTABILIDAD.....	44
4.6. PRUEBA AFECTIVA DE ACEPTABILIDAD.....	44
4.6.1. ATRIBUTO COLOR .....	44
4.6.2. ATRIBUTO OLOR.....	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	47
5.1. CONCLUSIONES .....	47
5.2. RECOMENDACIONES .....	48
BIBLIOGRAFÍA .....	49
ANEXOS .....	55

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1 Requisitos de seguridad	15
Tabla 3.1 Escala hedónica para la evaluación de los atributos de olor y color	24
Tabla 3.2 Tratamientos	25
Tabla 3.3 Esquema del ANOVA	26
Tabla 3.4 Cantidad de ingredientes para cada tratamiento	27
Tabla 4.1 Resultados fisicoquímicos promedio del aceite comestible reutilizado.	35
Tabla 4.2. Resultados fisicoquímicos promedio de la borra de café.	38
Tabla 4.3. Supuesto del ANOVA para las variables en estudio.	39
Tabla 4.4. Prueba de Kruskal Wallis para la variable encendido secundario en función del factor A y B.	39
Tabla 4.5. Subconjuntos homogéneos para la variable encendido secundario en función del factor A.	40
Tabla 4.6. Prueba de Kruskal Wallis para los tratamientos en función de la variable encendido secundario	40
Tabla 4.7. Prueba de subconjuntos homogéneos para los tratamientos en función de la variable encendido secundario.	41
Tabla 4.8. Análisis de varianza para la variable vida útil (min).	41
Tabla 4.9. Prueba de Tukey al 5% de error para los niveles del factor A.	42
Tabla 4.10 Prueba de Tukey al 5% de error para los niveles del factor B.	42
Tabla 4.11. Prueba de Tukey al 5% de error para los tratamientos en función de la variable vida útil.	43
Tabla 4.12. Prueba de Friedman para los tratamientos en función del atributo color.	44
Tabla 4.13. Prueba de subconjuntos homogéneos para el atributo color.	45
Tabla 4.14. Prueba de Friedman para los tratamientos en función del atributo olor.	45

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 3.1. Diagrama de proceso elaboración de velas llenas aromáticas	31
Figura 4.1. Gráfico de perfil para comprobar la interacción entre los niveles de los factores en estudio.	43

## CONTENIDO DE FÓRMULAS

Formula 1 Índice de acidez.....	18
Formula 2 Contenido de humedad.....	19
Formula 3 Determinación de solidos suspendidos.....	20
Formula 4 contenido de humedad.....	21
Formula 5 contenido de cenizas.....	22

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la utilización de aceite comestible reutilizado y borra de café en la obtención de una vela llena aromática. Se diseñó un arreglo factorial  $2^3$  con 9 tratamientos y tres réplicas cada uno. Se planteó el factor A con tres porcentajes de aceite comestible reutilizado (20%, 25%, y 30%) y el factor B con tres porcentajes de borra de café (2%, 4%, y 6%). Los resultados fisicoquímicos del aceite comestible reutilizado mostraron valores fuera de los límites aceptables para aceites vegetales comestibles en términos de índice de acidez (2.35 mg KOH/g), humedad (0.15%), y viscosidad (57.5 m.P.a.s), aunque el índice de peróxido se mantuvo dentro de los parámetros establecidos (5.99 Meq.O<sub>2</sub>/Kg). La borra de café presentó niveles de humedad (9.75%) y cenizas (2.56%) concordantes con la literatura especializada. Se encontró que el nivel a<sub>1</sub> (20%) fue favorable para evitar encendido secundario en las velas, mientras que los niveles a<sub>3</sub> (30%) y b<sub>1</sub> (2%) proporcionaron un mayor tiempo de encendido (1136.44 min y 1112.11 min respectivamente). La prueba sensorial reveló que los tratamientos T2 (a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>) y T1 (a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>) fueron los más aceptables para el atributo color, mientras que, para aroma, no hubo diferencias (Sig.  $\geq 0.05$ ). Los resultados sugieren que la utilización de aceite comestible reutilizado y borra de café puede ser una opción viable para la producción de velas aromáticas, siempre y cuando se ajusten los porcentajes para evitar problemas de encendido secundario y maximizar la vida útil de las velas.

## PALABRAS CLAVE

Borra de café, aceite reutilizado, índice de peróxido, encendido secundario, vida útil.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate the effect of using reused edible oil and coffee grounds in obtaining a full aromatic candle. A 23 factorial arrangement was designed with 9 treatments and three replications each. Factor A was proposed with three percentages of reused edible oil (20%, 25%, and 30%) and factor B with three percentages of coffee grounds (2%, 4%, and 6%). The physicochemical results of the reused edible oil showed values outside the acceptable limits for edible vegetable oils in terms of acidity value (2.35 mg KOH/g), humidity (0.15%), and viscosity (57.5 m.P.a.s), although the peroxide value remained within the established parameters (5.99 Meq.O<sub>2</sub>/Kg). The coffee grounds presented levels of humidity (9.75%) and ash (2.56%) consistent with the specialized literature. It was found that level a1 (20%) was favorable to avoid secondary ignition of the candles, while levels a3 (30%) and b1 (2%) provided a longer ignition time (1136.44 min and 1112.11 min respectively). The sensory test revealed that treatments T2 (a1b2) and T1 (a1b1) were the most acceptable for the color attribute, while, for aroma, there were no differences (Sig.  $\geq$  0.05). The results suggest that the use of reused edible oil and coffee grounds can be a viable option for the production of scented candles, as long as the percentages are adjusted to avoid secondary ignition problems and maximize the useful life of the candles.

## **KEY WORDS**

Coffee grounds, reused oil, peroxide rate, secondary ignition, shelf life.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En una investigación realizada por Orjuela y Clark (2020) revelan que, durante el proceso de fritura de alimentos, el aceite evidencia cambios en sus características, por lo que es necesario su eliminación. Siguiendo esta línea, Serrano (2020) señala que, en numerosas ocasiones, dicho aceite se desecha directamente en las tuberías de drenaje, sin utilizar previamente algún mecanismo que permita recoger estos residuos para su posterior reciclaje.

Corroborando con lo expuesto por Reyna et al. (2020), cuando se aplica un calor intenso en el aceite entre 170 °C - 220 °C se producen una serie de reacciones químicas, a las que se hace referencia como oxidación térmica. No solo la oxidación puede ocurrir bajo estas condiciones, sino también procesos como la hidrólisis, polimerización, fisión, ciclación y, en última instancia, la descomposición en monómeros y polímeros volátiles

Por otro lado, según el informe de Perfect Daily Grind (2021), grupo de marcas asociadas, los residuos generados por la industria cafetera, en particular la borra, puede convertirse en un problema de índole fitosanitario o medioambiental si no se gestiona correctamente. A este respecto, Cabrera y Espinoza (2021) señalan que los residuos producidos durante las diferentes etapas de transformación del producto de café no son reutilizados por un sector agroindustrial que pueda convertirlos en bienes sostenibles con un mayor valor añadido. Este es un problema comúnmente experimentado en la industria cafetera ecuatoriana, donde la acumulación de desechos sólidos, a menudo destinados a los vertederos, tiene un efecto antropogénico significativo en el ambiente circulante.

Esto conlleva a una búsqueda de alternativas que faciliten el reintegro de estos residuos como insumo básico en distintos procesos productivos. Según Orjuela y Clark (2020), el aceite comestible reutilizado se puede emplear como materia prima

para la producción de diversos productos químicos ecológicos de alto valor agregado. Entre estos se incluyen plastificantes, aglutinantes, epóxidos, surfactantes, lubricantes, polímeros y biomateriales y más artesanalmente en el uso de velas y más. De igual forma, Cogua (2019) las aplicaciones más frecuentes de la borra de café han sido en la producción de biodiesel, como materia prima para la extracción de polisacáridos, precursor de carbón activado, como base para compostaje y como adsorbente para la eliminación de contaminantes en cuerpos de agua.

Guzmán (2022) destaca que en Ecuador la elaboración de velas a nivel industrial la mayoría involucra el uso de parafina, un derivado del petróleo y son muy pocos los que utilizan otras alternativas. No obstante, Herrera (2021) señala que la quema de esta cera de parafina puede resultar en la emisión de compuestos orgánicos volátiles nocivos al ambiente, lo cual podría provocar un daño perjudicial para la salud.

En un estudio llevado a cabo por Moreira (2019), se incorporó aceite vegetal reciclado en distintas proporciones indicando que el mejor ensayo contuvo 35 mL de aceite y 70 g de cera, lo que resultó en una modificación de las propiedades finales de la vela. Tal como el autor indica, la vela mostró una compactación mejorada y una solidificación más rápida. Sin embargo, también se observaron inconvenientes, como el incremento del tiempo necesario para que la vela se derritiera.

En lo que respecta a la industria de las velas en Ecuador, se observa que la mayoría de las empresas locales utilizan exclusivamente parafina. Sin embargo, dado el creciente volumen de residuos generados a partir del uso de aceites vegetales reutilizados y borra de café, es imperativo buscar formas alternativas de reutilización. De ahí se plantea la siguiente interrogante: Qué proporción porcentual de aceite vegetal reciclado y borra de café permitirá la obtención de una vela aromática que cumpla con los estándares de calidad establecidos por el reglamento RTE INEN 163 (2014)

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Según Andrade y Moncada (2020), en la región de América Latina, la administración de los desechos y basura a menudo es tarea de las autoridades municipales. No obstante, aún es común encontrar estos residuos en vertederos, suelos, ríos, lagunas o mares. El reciclaje de dichos elementos puede proveer beneficios significativos para el país, tanto en el plano económico, como social y ambiental. El aceite vegetal usado, es un desecho biodegradable que se origina en el proceso de freír alimentos. Este aceite sufre modificaciones y cambios químicos que hacen necesario su eliminación. Los establecimientos de comida rápida son una fuente notable de este tipo de desecho, que podría ser recolectado y reutilizado para la fabricación de nuevos productos.

Para Morales y Pérez (2020) la borra de café o llamados también pozos de café, es el residuo del café tostado y molido utilizado en la preparación de la bebida de café y en el proceso de elaboración de café soluble, que representa más de la mitad de la composición peso del grano tostado, este residuo es poco apreciado en materia de alternativas para el desarrollo de productos, estos autores mencionan en su investigación que dentro de la Universidad de El Salvador se generan aproximadamente 2,781.51 kg de borra de café húmeda y 205 kg de borra de café seca mensualmente, con una tasa de generación de 0.818 kg de borra de café/kg de café molido y tostado.

La gestión adecuada de los residuos generados en las actividades diarias, específicamente el aceite de cocina usado y la borra de café, surgen como alternativa para la elaboración de velas aromáticas. Actualmente, estos residuos suelen ser desechados sin un manejo adecuado, lo que puede generar impactos negativos en el medio ambiente, como la contaminación de suelos y fuentes de agua.

Además, cabe resaltar que Aromas de Andalucía (2023) una empresa dedicada a la venta de ceras como la soya menciona que la parafina es el principal componente utilizado en la fabricación de velas. Así que la combustión de estas velas a base de

parafina libera gases y vapores perjudiciales para la salud, además de producir hollín negro, que se desaconseja respirar, debido a que es un subproducto del petróleo. Esto hace relevante la búsqueda de alternativas sostenibles y menos nocivas para la elaboración de velas.

Por otro lado, los estudios existentes señalan que el aceite vegetal reciclado y la borra de café pueden tener aplicaciones útiles en distintos procesos productivos. Por ejemplo, el aceite comestible reutilizado se puede emplear como materia prima para la producción de diversos productos químicos ecológicos de alto valor agregado, mientras que la borra de café puede utilizarse como colorantes naturales, en cosméticos, ambientadores, entre otros.

Es por ello que se propone la utilización de estos residuos para la elaboración de velas llenas aromáticas, lo que podría ayudar a reducir la cantidad de estos desechos y proporcionar una alternativa más ecológica y sostenible a la parafina. Dicho esto, la finalidad de esta investigación es la obtención de una vela llena aromática a partir del aprovechamiento de estos dos residuos agroindustriales antes mencionados con los factores y niveles de estudio obtenidos al realizar una prueba piloto en el Laboratorio de Bromatología de la Carrera de Agroindustria, el producto debe cumplir con la calidad requerida por el reglamento RTE INEN 163 (2014).

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la utilización de aceite comestible reutilizado y borra de café en la obtención de una vela llena aromática.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar fisicoquímicamente el aceite comestible reutilizado y borra de café como materias primas en la elaboración de una vela llena aromática.
- Determinar el efecto de los porcentajes de aceite comestible reutilizado y borra de café sobre las características de la vela llena aromática.
- Valorar el mejor tratamiento mediante test de aceptabilidad con panelistas sensoriales no entrenados.

## **1.4 HIPÓTESIS**

Al menos uno de los tratamientos cumple con los estándares de calidad estipulados por el RTE INEN 163 para una vela llena aromática, los cuales incluyen: Encendido secundario, fin de la vida útil y la estabilidad.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO**

Según Reyna y otros (2020), el consumo diario de aceite vegetal comestible es fundamental en la dieta. Sin embargo, el calentamiento repetido de estos aceites durante la cocción puede provocar la oxidación de los lípidos, lo que altera sus beneficios y puede tener efectos dañinos para la salud. La práctica común de recalentar aceites vegetales con el fin de reducir gastos puede alterar sus propiedades fisicoquímicas en comparación con su forma original. La preocupación actual radica en si estas formas de aceite en la dieta pueden ser perjudiciales para la salud. La oxidación térmica genera grupos funcionales que podrían representar un peligro potencial para la salud. Los aceites recalentados producen sustancias derivadas de la oxidación lipídica secundaria durante el proceso de calentamiento, lo cual puede resultar en estrés oxidativo y daño a diferentes órganos del cuerpo.

De acuerdo con Callejo (2022), el calentamiento del aceite tiene un impacto en su composición nutricional, resultando en la pérdida de ácidos grasos esenciales y vitaminas. También afecta sus características organolépticas, como la textura, viscosidad, aroma y color. Además, durante este proceso se producen reacciones de oxidación, polimerización e hidrólisis que pueden generar sustancias tóxicas, como peróxidos y radicales libres, según lo describió la profesora de la Universidad CEU Cardenal Herrera.

Adicionalmente, cuando los aceites se calientan a altas temperaturas, se forman ácidos grasos trans, los cuales están asociados principalmente con enfermedades cardiovasculares. La formación de estos ácidos grasos comienza a una temperatura de 150°C y aumenta significativamente a partir de los 220°C, por lo que no es recomendable sobrecalentarlos.

## **2.2. BORRA DE CAFÉ**

Para Coello (2022), la borra de café es el residuo que se obtiene después de completar el proceso de producción de café soluble, que incluye el tostado, molido y extracción de los compuestos solubles que modifican la estructura del grano de café y lo agrietan. Por tanto, la borra se refiere al remanente que queda tras este proceso.

Arce (2020), aporta expresando que la borra de café no se limita a ser el residuo que se encuentra en el fondo de la taza después de disfrutar de esta bebida, ni tampoco es el elemento utilizado para hacer predicciones sobre el futuro. En realidad, la borra de café posee numerosas propiedades y utilidades que la mayoría desconoce.

De hecho, la falta de conocimiento sobre los beneficios de la borra de café nos lleva a desechar este producto sin saber que se puede aprovechar de diversas formas.

## **2.3. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL ACEITE REUTILIZADO COMESTIBLE**

### **2.3.1. ÍNDICE DE ACIDEZ**

Este parámetro se refiere a la evaluación de la presencia de ácidos grasos sin ligar en un aceite o grasa usados en alimentos. Se cuantifica por la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar la acidez en un gramo de dicho aceite o grasa. Esta acidez, expresada en términos de ácido oleico, proporciona una estimación de la proporción de ácidos grasos sin ligar en el aceite, lo que está vinculado directamente con su grado de pureza. Una cifra de acidez baja señala que el aceite fue extraído justo después de que la oliva fue cosechada y mediante técnicas naturales y suaves. Al igual que los ácidos grasos se desintegran, los ácidos grasos libres se modifican de manera que aumentan la acidez del aceite y menoscaban su calidad inicial (Caro, 2020).

### **2.3.2. ÍNDICE DE PERÓXIDO**

El índice de peróxido es una técnica utilizada para cuantificar la cantidad de oxígeno implicada en este cambio, y se manifiesta como el número de miliequivalentes de oxígeno por gramo de aceite o grasa. Su evaluación actúa como una referencia para valorar la calidad de una grasa o aceite (Caro, 2020).

### **2.3.3. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Akribis (2021) es una empresa dedicada a la venta de los equipos, productos para la medición de **humedad** en aceite comestible indica que la evaluación de la humedad en el aceite reutilizado se lleva a cabo generalmente mediante técnicas termogravimétricas. Estos procesos implican la aplicación de calor a la muestra de aceite hasta alcanzar una temperatura concreta con el fin de evaporar el agua, después se pesa la muestra antes y después de esta evaporación para calcular la cantidad de agua que se ha suprimido.

La inspección del contenido de humedad es un aspecto crucial en la supervisión de la calidad del aceite reutilizado. Un contenido de humedad elevado puede provocar una degradación acelerada del aceite y puede interferir en su desempeño durante la fritura. Por tanto, es fundamental llevar a cabo estos análisis con regularidad.

### **2.3.4. VISCOSIDAD**

La viscosidad es una característica física de los líquidos que indica su resistencia al movimiento. De manera sencilla, se puede concebir la viscosidad como la "consistencia" de un líquido. Los líquidos con alta viscosidad son "más densos" y su flujo es más lento, mientras que los líquidos con baja viscosidad son "más ligeros" y su flujo es más rápido (BTSA, 2019).

### **2.3.5. SÓLIDOS SUSPENDIDOS**

De acuerdo con Calle y Chávez (2021), los sólidos suspendidos se refieren a minúsculas partículas presentes en el aceite. Estos sólidos en suspensión son los

principales causantes de la turbidez en el aceite. Una de las técnicas para remover estos sólidos consiste en la filtración.

## **2.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA BORRA DE CAFÉ**

### **2.4.1. CONTENIDO DE HUMEDAD**

La definición de contenido de humedad se refiere a la proporción de agua que se encuentra en una sustancia, comúnmente representada como un porcentaje. Esta medición es fundamental en diversas áreas y contextos, como la ciencia de los alimentos, la agricultura, la construcción y la ingeniería de materiales.

La forma más común de determinar el contenido de humedad implica el secado de una muestra hasta que no se registre más pérdida de peso, lo cual sugiere que toda el agua ha sido eliminada. Este proceso puede llevarse a cabo en un horno a una temperatura específica, y la proporción de humedad se calcula a partir de la reducción en el peso de la muestra (Moreles y Pérez, 2020).

### **2.4.2. CONTENIDO DE CENIZAS**

El contenido de cenizas se refiere a la cantidad de material inorgánico presente en una muestra, después de que todos los compuestos orgánicos han sido quemados o eliminados. Generalmente se expresa como un porcentaje del peso total de la muestra. El procedimiento de análisis de cenizas implica calentar la muestra a alta temperatura en un horno, en presencia de aire, hasta que todos los componentes orgánicos se hayan quemado. La cantidad de ceniza que queda representa los minerales y otros materiales inorgánicos presentes en el alimento (Méndez, 2020).

## **2.5. INSUMOS PARA LA ELABORACIÓN DE VELAS LLENAS AROMÁTICAS**

### **2.5.1. CERA DE SOYA**

La soya es una planta originaria de China, cuyo nombre científico es *Glycerine max.*

Se cultiva a partir de semillas que contienen un porcentaje de aceite (18 al 22%) y proteínas (38 al 42%). Los granos de soya son altamente versátiles, ya que pueden consumirse como semillas o brotes de soya, y también pueden procesarse para obtener diversos derivados, como leche de soya, salsa de soya y harina. Además, la soya tiene aplicaciones en la producción de productos no comestibles, como cera para velas y biodiesel (Padilla, 2021).

La cera de soya es una cera vegetal, obtenida por hidrogenación del aceite de las semillas de soya durante el proceso de hidrogenación algunos de los ácidos grasos insaturados se convierten en saturados. Además, el proceso cambia el punto de fusión del aceite y cera de soya, la convierte en una sustancia rígida a temperatura ambiente (Evricom, 2020).

La autora antes mencionada Padilla (2021), señala que “cera” es un término genérico para clasificar materiales que tienen las siguientes características:

- Sólido a temperatura ambiente; líquido a temperaturas más altas
- Principalmente hidrocarburo en estructura
- Hidrófugo; insoluble en agua
- Textura suave; amortiguable bajo ligera presión
- Baja toxicidad; baja reactividad
- Poco olor

### **2.5.2. ESENCIA DE CAFÉ**

Para Prego (2022) la esencia de café es comúnmente utilizada en la industria culinaria, tanto en la formulación de comidas como en la invención de bebidas y postres, para proporcionar un gusto robusto y verdadero a café. También tiene aplicación en la producción de artículos destinados a la aromaterapia y perfumería, gracias a su distintivo aroma. AROMALAB (2023), una compañía que se especializa en la

producción de esencias para velas recomienda que la cantidad de esencia que se debe usar oscile entre el 5% y el 10% del peso de la cera y la temperatura ideal para su inclusión es de 50 a 55 °C.

### **2.5.3. COLORANTE CAFÉ PARA VELA**

El término "colorante" se aplica a las sustancias que proporcionan color. La empresa "Soy Aceite de Coco" (2023) que se especializa en la venta de colorantes para la fabricación de velas, señala que la cantidad de colorante en polvo se determina en función del peso, y es un porcentaje del volumen de cera que se utilizará para la producción de las velas.

Para obtener el color que se desea, se deben tener en cuenta las siguientes proporciones:

- En tonalidades suaves, se requiere el 0.1%
- En colores intermedios, se precisa el 0.15%
- En matices intensos, se necesita el 0.25%

Para determinar la cantidad precisa de colorante a utilizar, se debe emplear la siguiente fórmula:

Cantidad de cera en gramos x porcentaje de colorante = cantidad necesaria de colorante.

### **2.5.4. ÁCIDO ESTEÁRICO**

El ácido esteárico, también conocido como octadecanoico, es un ácido graso saturado, compuesto por 18 átomos de carbono, 36 de hidrógeno y 2 de oxígeno, con fórmula química  $C_{18}H_{36}O_2$ . Su estructura molecular conforma cadenas hidrofóbicas que le dan una apariencia similar a la cera cuando está a temperatura ambiente, es insoluble en agua y soluble en compuestos apolares.

El ácido esteárico es un compuesto con cualidades tensoactivas o emulsionantes, lo que significa que facilita la mezcla de dos sustancias insolubles en proporciones específicas. Además, es seguro y adecuado para el consumo humano. Debido a estas características, se valora ampliamente en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Pochteca Ecuador, 2022).

Gran velada (2023) es una tienda que ofrece materiales y productos para la elaboración de velas, señala es un aditivo que favorece la creación de velas de superior calidad. Asegura que las velas sean más resistentes, con un brillo y opacidad aumentados, además de ofrecer una superficie más uniforme, libre de aglomerados o asperezas, y con un color más radiante y pronunciado. La proporción sugerida de uso varía entre un 5 y un 10%.

### **2.5.5. MECHA**

Un objeto que suministra el combustible a una llama a través del proceso de la acción capilar RTE INEN 163 (2014).

### **2.5.6. ENVASES DE VIDRIO**

Envases de vidrio transparente o ámbar con tapa rosca. Funcionan perfectamente para las velas aromáticas y además son reutilizables (Bionatus, 2019).

## **2.6. VELA**

Existen varias clases de velas que por sus características específicas aportan a la decoración del hogar, inclusive eventos especiales. Estos se pueden clasificar por sus formas, aromas y colores para que así sean atractivas para el consumidor. Esta clase de velas tienen su respectiva duración, calidad y precio, debido a esto es un gran potencial para ser considerado producto de exportación (Padilla, 2021).

De acuerdo con el RTE INEN 163 (2014), se argumenta que una vela es un objeto compuesto por un material base, que puede ser parafina, cera o sebo, atravesado por una o más mechas combustibles. Estas mechas funcionan a través del proceso de

acción capilar y son sostenidas por el material que constituye un combustible, el cual puede ser sólido, semisólido o casi rígido a temperatura ambiente, específicamente entre 20°C y 27°C. Además, la vela puede contener aditivos como colorantes, fragancias y estabilizadores, los cuales modifican las características de combustión.

La función combinada de estos elementos es mantener una llama que produce luz o calor.

### **2.6.1. CLASIFICACIÓN DE VELAS AROMÁTICAS**

De acuerdo con "Velartisan" (2022) un blog dedicado a la elaboración de velas ecológicas, mencionan que existen una amplia variedad de velas en cuanto a olores, tamaños y formas, lo que permite encontrar la opción perfecta para cada usuario, y cada una de ellas puede ser utilizada con diferentes objetivos. A continuación, se presenta una clasificación de los distintos tipos de velas:

**Velas de té:** Son velas pequeñas que suelen estar contenidas en envases de aluminio. Se utilizan comúnmente en quemadores de esencias y pequeñas lámparas. En el caso de los quemadores, suelen adquirirse sin aroma, mientras que en las lámparas decorativas o de terraza pueden tener diferentes fragancias.

**Velas envasadas:** Por lo general, son las más aromáticas. Vienen en envases que mantienen su aroma hasta que se abren. Algunas se presentan en latas herméticas, mientras que otras están dentro de tarros de cristal o vasos con tapa.

**Cirios:** Pueden ser perfumados o sin aroma. Tienen una forma estrecha y alargada, aunque también pueden ser más gruesos. Los cirios estrechos se ajustan perfectamente en candelabros y están disponibles en una amplia gama de colores y aromas.

**Velas decorativas:** Además de proporcionar aroma, estas velas tienen una función decorativa. Suelen ser más gruesas que los cirios y, en algunos casos, presentan formas como esferas, triángulos y otros diseños.

**Velas flotantes:** Como su nombre indica, estas velas se utilizan para colocar sobre el agua. Son más anchas de lo habitual y están diseñadas para flotar. Se utilizan en piscinas, estanques e incluso se pueden colocar en recipientes transparentes en hogares o negocios. Son ideales para ocasiones especiales y ceremonias, y si están perfumadas, además de su efecto decorativo, aromatizan el ambiente.

**Velas decoradas:** Estas velas pueden tener formas de personajes y objetos diversos. Algunas forman letras y números, y se utilizan en eventos y aniversarios. Si se acompañan de aroma, además de tener un impacto visual llamativo, también pueden tener un efecto emocional en las personas presentes.

**Velas flotantes:** Estas velas flotan en el agua, y son perfectas para crear una atmósfera romántica en piscinas, estanques o incluso en la bañera. Son seguras, ya que al apagarse se encuentran en el agua, lo que minimiza el riesgo de incendios.

**Velas rústicas:** Estas velas brindan un ambiente rústico y añejo. Como objetos de decoración, son ideales para escapadas al campo y disfrutar de la naturaleza sin la distracción de dispositivos electrónicos.

**Velas de candelabro:** Estas velas se asocian comúnmente con momentos lujosos. Son ideales para decorar grandes comedores y espacios en los que se llevan a cabo recepciones o banquetes. Se pueden adaptar fácilmente a candelabros.

Acotando con lo antes mencionado el reglamento RTE INEN 163 (2014), señala que se han identificado seis tipos de velas con las siguientes características:

**Vela tipo gel:** Esta vela utiliza un combustible líquido como aceite mineral, terpenos químicos u otros hidrocarburos modificados. Además, contiene un agente químico que aumenta su viscosidad, haciéndola casi rígida.

**Vela votiva:** Esta vela está diseñada para ser utilizada exclusivamente dentro de un accesorio específico.

**Vela llena:** Se trata de una vela que se produce y utiliza en el mismo recipiente, sin

necesidad de ser extraída.

**Velas y cirios para ceremonias religiosas, sacramentales y de Pascua:** Estas velas, que suelen tener una longitud de al menos 43 cm, están decoradas con símbolos y se utilizan en celebraciones religiosas.

**Vela candelita:** Esta vela es cilíndrica y está completamente llena, con un diámetro de aproximadamente 38 mm y una altura de 19 mm.

**Vela autoportante:** Se trata de una vela rígida, como un pilar, una columna o una figura, que se quema únicamente sobre una superficie resistente al calor o en un accesorio no combustible.

En resumen, la clasificación de velas abarca una amplia gama de tipos, cada uno con características y usos específicos, lo que permite elegir la vela adecuada para cada cosa.

De acuerdo con el RTE INEN 163 (2014), las velas llenas deben cumplir con los siguientes requisitos de seguridad que se describen en la tabla 2.1:

Tabla 2.1. Requisitos de seguridad

ENSAYO	ENCENDIDO SECUNDARIO	FIN DE VIDA ÚTIL	ESTABILIDAD
Método de ensayo	ASTM F2417 (Ítem 5.2)	ASTM F2417 (Ítem 5.2)	ASTM F2417 (Ítem 5.2)
Tipo de vela			
Llena	No se debe producir encendido secundario	Debe cumplir	No se deben caer

vela llena, si durante el periodo de ensayo, independientemente de la altura de la llama, el contenedor se agrieta o se rompe, se registra como falla.

**Fuente.** RTE INEN 163

## **2.7. PERCEPCIÓN SENSORIAL**

### **2.7.1. ESCALA HEDÓNICA PARA PERCEPCIÓN SENSORIAL DE UNA VELA LLENA AROMÁTICA**

La escala hedónica se emplea a menudo en ensayos sensoriales y en la evaluación de la percepción del consumidor para calificar las preferencias o el nivel de satisfacción con respecto a un producto. El número 5 se utiliza habitualmente en gran cantidad de escalas hedónicas (Barreros, 2022).

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1. UBICACIÓN**

La investigación se realizó en el laboratorio de bromatología de la carrera de Agroindustria ubicado en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, sitio "El Limón", dentro del Cantón Bolívar en la provincia de Manabí. Esta ubicación está geográficamente definida por las coordenadas 0°49'35.0" de latitud sur y 80°11'10.5" de longitud oeste, con una elevación de 21 msnm, Google (2023). Para la determinación del índice de peróxidos se aplicó la NTE INEN-ISO 3960 (2013) y se realizó en los laboratorios de bromatología de la Universidad Técnica de Manabí extensión Chone con las siguientes coordenadas, 0°41'16.4 de latitud sur y 80°07'27.8 de longitud oeste Google (2024).

### **3.2. DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La duración de este estudio fue por un tiempo de nueve meses.

### **3.3. MÉTODOS**

#### **3.3.1. INDUCTIVO**

Se utilizó el método inductivo para explorar cómo diferentes porcentajes de aceite comestible reutilizado y borra de café afectaron la calidad de una vela llena aromática, comenzando con observaciones experimentales y avanzando hacia la formulación de hipótesis. Este método fue adecuado porque permitió descubrir nuevas relaciones y patrones que no están basados en teorías preexistentes, lo cual fue valioso cuando se trabajó con estos materiales.

#### **3.3.2. EXPERIMENTAL**

Se utilizó el método experimental para controlar y manipular de manera sistemática los porcentajes de aceite comestible reutilizado y borra de café en la fabricación de velas llenas aromáticas, y así poder evaluar de forma precisa cómo estas variables afectaron

la calidad de las velas. Este método fue esencial para establecer relaciones causales y obtener resultados confiables y reproducibles.

### 3.4. TÉCNICAS

Para la caracterización del **aceite vegetal comestible** reutilizado se realizó los siguientes análisis:

#### 3.4.1. ÍNDICE DE ACIDEZ

La determinación del índice de acidez se realizó según Aviles (2000). Para ello, se pesó 5 gramos de aceite vegetal usado en un matraz Erlenmeyer de 250 mL. A esta muestra se le añadió 20 mL alcohol neutro y 20 mL de éter etílico, se agitó, se añadió dos gotas de solución de fenolftaleína. Posteriormente, se tituló la muestra con una solución de NaOH 0.1 N hasta que se produjo el cambio de color a rosa. Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula [1]:

$$\% = \frac{V * N * 0.282}{PM} * 100 \quad [1]$$

Donde:

- % = Porcentaje de acidez expresada en ácido oleico
- $V$  = mL de NaOH consumidos en la titulación
- $N$  = Normalidad de la solución de NaOH
- 0.282 = Miliequivalente del ácido oleico
- $PM$  = Peso de muestra

#### 3.4.2. ÍNDICE DE PERÓXIDOS

La determinación del índice de peróxidos se realizó en los laboratorios de bromatología de la Universidad Técnica de Manabí extensión Chone el cual se utilizó el método detallado en la NTE INEN-ISO 3960 (2013) (anexo 3) el cual indica lo siguiente:

Primeramente se lavó un matraz de 100 mL con solución de ácido acético glacial/isooctano, siguiente a esto se pesó 10 g de muestra con todos sus decimales, se agregó 50 mL de ácido acético glacial/isooctano y se mezcló lentamente, inmediatamente se preparó una solución de yoduro de potasio mezclando 14 g de yoduro con 8 mL de agua destilada hervida, luego se añadió 0.5 mL de la solución saturada, se mezcló en el agitador magnético exactamente 60 segundos, se agregaron 100 mL de agua destilada, se tituló inmediatamente con tiosulfato de sodio 0.01 N hasta que pase de color naranja a amarillo y para finalizar se adiciono 0.5 mL de solución de almidón y se siguió titulando hasta que cambie de color violeta a incoloro.

### 3.4.3. CONTENIDO DE HUMEDAD

Se realizó siguiendo la NTE INEN 39 (1973) se pesaron 5 g de la muestra en un cristizador previamente tarado, se calentó el cristizador junto con la muestra, durante una hora en la estufa memmert unb400, calentada a  $103^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , luego se enfrió el cristizador en un desecador a temperatura ambiente y se pesaron, se repitió las operaciones hasta que la diferencia entre dos pesajes sucesivos no exceda los 0,002 g. Para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula [2]:

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_2} * 100 \quad [2]$$

Donde:

- $P$  = pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa.
- $m$  = masa de la cápsula con el termómetro, o masa del cristizador, en g
- $m_1$  = masa de la cápsula con el termómetro y la muestra, o masa del cristizador con la muestra, antes del calentamiento, en g.
- $m_2$  = masa de la cápsula con el termómetro y la muestra, o masa del cristizador con la muestra, después del calentamiento, en g.

### 3.4.4. VISCOSIDAD

Para la medición de viscosidad se realizó con el uso de un viscosímetro biobase bdv9s para la cual se debió seguir el siguiente procedimiento:

Se tomaron 250 mL de la muestra de aceite y se colocó en un Baker, para luego proceder a encender el equipo, se programó dicho equipo a 60 revoluciones por minuto y el husillo correspondiente, se colocó la muestra de aceite con el husillo número 1, luego de esto se procedió con el ensayo presionando la tecla start y se esperó hasta que se establezca el resultado, el equipo reflejó los resultados en milipascales por segundo (mPa.s).

### 3.4.5. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Para determinar el contenido de sólidos suspendidos se utilizó la NTE INEN 1494 (2013) en las muestras de aceite vegetal usado. El procedimiento por seguir fue:

Se añadieron 100 mL de aceite vegetal usado a un tubo de vidrio para la centrifugación, que luego fueron colocados en los contenedores metálicos de una centrífuga universal Electronic centrifuge 80-2. Se agitó el contenedor donde se conservó las muestras de aceite, para conseguir una mezcla homogénea antes de iniciar el ensayo.

Luego, se inició al proceso de centrifugación, activando la centrífuga durante una hora a 1100 RPM. Una vez transcurrido el tiempo indicado, se desactivó el equipo y se extrajeron los tubos para examinar la cantidad de sólidos acumulados en el tubo de vidrio. Para ello, se utilizó la escala marcada en mL en el tubo. Por último, se calculó el contenido de sólidos suspendidos en % v/v usando la siguiente fórmula [3]:

$$\%SS = \frac{V_{sólidos}}{V_{muestra}} * 100 \quad [3]$$

Donde:

- %SS = Porcentaje de Sólidos Suspendidos

- $V_{sólidos}$  = Volumen de sólidos sedimentados en mL
- $V_{muestra}$  = Volumen de muestra en mL

Para la **borra de café** se realizará los siguientes análisis.

### 3.4.6. CONTENIDO DE HUMEDAD

Para el contenido de humedad de acuerdo con Aviles (2000), en un pesafiltro previamente tarado se pesaron de 3 a 10 gramos en una balanza analítica Sartorius cp2245 y se llevó a la estufa menmert unb400 a 135°C manteniéndolo destapado durante 4 a 5 horas. Se retiraron de la estufa y se tapó el pesafiltro se lo llevó al desecador por un tiempo de 20 minutos, se pesaron y se introdujo el pesafiltro en la estufa durante 1 hora y se volvió a pesar, se repitió la operación hasta obtener un peso constante, se aplicó la siguiente fórmula [4]:

$$\%H = \frac{[(P_1 + PM) - (P_2)]}{PM} * 100 \quad [4]$$

Donde:

- $\%H$  = Porcentaje de humedad
- $P_1$  = Peso caja Petri vacío
- $PM$  = Peso de muestra
- $P_2$  = Peso final

### 3.4.7. CONTENIDO DE CENIZAS

Se pesaron 3 gramos de la muestra dentro de un crisol, el cual presentó un peso estabilizado y verificado. Se procedió a situar el crisol con la muestra en una mufla Barnstead Fb1215m que estaba calibrada a una temperatura de  $525 \pm 10^\circ\text{C}$  con el fin de someter la muestra a un proceso de incineración, hasta que la muestra se descomponga y obtengan residuos en forma de cenizas de tonalidad blanca o un

blanco con matices grisáceos.

Posteriormente, se permitió que el crisol y su contenido alcancen el equilibrio térmico dentro de un desecador a temperatura ambiente, manteniéndolo en estas condiciones por un lapso de 60 minutos antes de pesarlo. Este procedimiento se repitió de manera consecutiva hasta alcanzar una fase donde el peso del crisol que aloja la sustancia permanezca inalterado, se aplicó la fórmula [5] (Aguilar y Chamba, 2022).

$$\%c = \left[ \frac{(W_2 - W_1)}{S} \right] * 100 \quad [5]$$

Donde:

- $\%c$  = Porcentaje de cenizas
- $W_1$  = Peso del crisol vacío
- $W_2$  = Peso del crisol con muestra
- $S$  = Peso de la muestra

La evaluación de las variables dependientes se llevó a cabo siguiendo los estándares definidos por RTE INEN 163 (2014). Entre las medidas realizadas se incluyeron las siguientes:

### **3.4.8. ENCENDIDO SECUNDARIO**

En algunos casos las velas inesperadamente se vuelven a encender después de ser apagadas, para la medición de esta variable se hizo de manera visual según lo indica la ASTM F2417 (2023), para ello los pasos a seguir fueron:

- Se prepararon las velas llenas retirando cualquier etiqueta o envoltorio.
- Se aseguró que el área de trabajo estuviera entre 20 - 30°C y que no tuviera perturbaciones por corrientes de aire.

- Se encendió la vela llena con un encendedor para evitar contaminación por residuos de carbón que pudiera provocar si se utilizara fósforos.
- Se realizó verificaciones cada hora del proceso para detectar cualquier ignición secundaria, esta podría ser cualquier llama distinta a la principal en la mecha.

#### **3.4.9. FINAL DE LA VIDA ÚTIL**

Para realizar esta prueba de igual manera se la realizo siguiendo los pasos que indica la ASTM F2417 (2023), los cuales son:

- Se prepararon las velas llenas retirando cualquier etiqueta o envoltorio.
- Se aseguró que el área de trabajo estuviera entre 20 - 30°C y que no tuviera perturbaciones por corrientes de aire.
- Se encendió la vela llena con un encendedor para evitar contaminación por residuos de carbón que pudiera provocar si se utilizara fósforos.
- Se mantuvo el encendido continuo hasta que alcanzo el final de su vida útil.
- En este tiempo sirvió de igual manera para verificar igniciones secundarias

#### **3.4.10. ESTABILIDAD**

Para el análisis de este parámetro se requirió de una plataforma con una inclinación de 10° (-0,0° / +0,5°) con respecto a la horizontal y se siguieron los siguientes pasos: Se colocó la vela llena en esta plataforma preparada, donde se demostró que no se volcó con este grado de inclinación ASTM F2417 (2023).

Para la prueba de aceptabilidad se utilizó una escala hedónica de 5 puntos que permitió medir el nivel de agrado o desagrado de la vela llena aromática, donde se evaluó atributos de olor y color (anexo 7).

**Tabla 3.1.** Escala hedónica para la evaluación de los atributos de olor y color

PUNTAJE	NIVEL DE AGRADO
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

### 3.5. FACTORES EN ESTUDIO

#### 3.5.1. FACTORES

Los factores que se estudiaron fueron:

- **FACTOR A:** Porcentaje de aceite comestible reutilizado.
- **FACTOR B:** Porcentaje mezcla borra de café

#### 3.5.2. NIVELES

Estos niveles fueron obtenidos a través de una prueba piloto realizada en el laboratorio de bromatología de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López con la cual se determinó trabajar con los siguientes rangos:

- **a1=** 20% de aceite comestible reutilizado
- **a2=** 25% de aceite comestible reutilizado
- **a3=** 30% de aceite comestible reutilizado

Así mismo los porcentajes de borra de café que se emplearon fueron los siguientes:

- **b1**= 2% borra de café
- **b2**= 4% borra de café
- **b3**= 6% borra de café

### 3.6. TRATAMIENTOS

La combinación de los niveles de los factores en estudio dio como resultado los tratamientos que se muestran en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Tratamientos

TRATAMIENTOS	CÓDIGOS	DESCRIPCIÓN
T1	a1 b1	20% de aceite con 2% borra de café
T2	a1 b2	20% de aceite con 4% borra de café
T3	a1 b3	20% de aceite con 6% borra de café
T4	a2 b1	25% de aceite con 2% borra de café
T5	a2 b2	25% de aceite con 4% borra de café
T6	a2 b3	25% de aceite con 6% borra de café
T7	a3 b1	30% de aceite con 2% borra de café
T8	a3 b2	30% de aceite con 4% borra de café
T9	a3 b3	30% de aceite con 6% borra de café

### 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño completamente aleatorizado (DCA) con una estructura factorial de Ax<sub>B</sub>. Se realizaron tres réplicas para cada tratamiento.

Tabla 3.3. Esquema del ANOVA

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	26
Tratamientos	8
Factor A	2
Factor B	2
A x B	4
Error experimental	18

### 3.8. UNIDAD EXPERIMENTAL

Según las especificaciones de la unidad experimental, se analizó un total de 27 muestras, cada una conformada por 114.1 g. Estas muestras estuvieron constituidas por una mezcla de aceite comestible reutilizado y borra de café. En relación con la unidad experimental, se utilizó una cantidad de 1350 g de aceite y 810 g de borra de café dando 2160 g para el total de los tratamientos. En la siguiente tabla se detalla la cantidad de ingredientes por cada tratamiento:



### **3.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

Para cumplir con los objetivos planteados en esta investigación se desarrolló las siguientes actividades:

#### **3.9.1. FASE 1. Caracterizar fisicoquímicamente el aceite comestible reutilizado y borra de café como materias primas en la elaboración de una vela llena aromática.**

- **Recolección de la muestra**

Las muestras de aceite vegetal comestible reutilizado y borra de café fueron recolectadas de diferentes restaurantes ubicados en la Ciudad de Calcuta. Una vez obtenidas las materias primas, el aceite pasó a ser refinado en el laboratorio de bromatología siguiendo los procesos mencionados por Calle y Chávez (2021) el cual estableció que estos procesos son necesarios para la limpieza de estos aceites y puedan ser utilizados como materias primas (anexo 1), los procesos de limpieza que se utilizaron fueron:

- **Filtración primaria**

Tras adquirir las muestras de aceites, se implementó un proceso de eliminación de residuos sólidos e impurezas, originados durante la preparación de comidas, los cuales se hallan en el aceite vegetal comestible reutilizado. Este procedimiento se llevó a cabo a través de un sistema de filtrado simple, donde se empleó papel filtro de densidad alta (anexo 1-B). Los remanentes de aceite se recolectaron en un contenedor de vidrio, adecuadamente etiquetado. El recipiente de vidrio tiene una capacidad de 1000 mL.

- **Desgomado**

Una vez que la muestra de aceite fue filtrada, se procedió al desgomado utilizando un 85% de ácido fosfórico. Este proceso de desgomado implicó la utilización de 500 mL de aceite residual ya filtrado que se calentó hasta alcanzar los 80 °C. Cuando las

muestras alcanzaron esa temperatura específica, se introdujo ácido fosfórico en una proporción del 1% m/m. Posteriormente, se añadió un agitador magnético y se mantuvo el sistema en un estado de calentamiento controlado y en agitación constante por un periodo de 30 minutos.

Luego, se dejó reposar la muestra de aceite residual donde se llevó a cabo la separación de los fosfolípidos (anexo 1-C). Para lograr esto, la muestra se sometió inicialmente a un proceso de centrifugación durante 30 minutos a una velocidad de 1100 RPM. Se procedió a separar utilizando un embudo de decantación, que permitió la recuperación del aceite.

- **Neutralización**

Se calentó la muestra de aceite vegetal comestible reutilizado hasta lograr la temperatura requerida de 80°C. A continuación, se añadió 1,77 g de KOH, basándose en el promedio del índice de acidez y en la cantidad total de masa de aceite adquirida. El sistema se mantuvo en un estado de agitación y calentamiento ininterrumpido durante un lapso de 2 horas, manteniendo la temperatura a 80°C (anexo 1-D).

Pasado este periodo, la muestra se dejó reposar para que se enfriara. Posteriormente, se procedió a la separación de los jabones formados, utilizando un proceso de centrifugación seguido de decantación para la recuperación del aceite.

- **Lavado**

Una vez que la muestra de aceite fue neutralizada, se avanzó con el proceso de lavado. Esta acción se realizó usando agua destilada en una proporción del 1% v/v. Inicialmente, se calentó el agua destilada en un vaso de precipitación y, en un recipiente separado, se calentó la muestra de aceite hasta que ambas alcanzaron la temperatura de 80°C. Seguidamente, se vertió lentamente el agua en el recipiente que contiene el aceite, manteniendo una agitación constante y una temperatura controlada a 80°C durante un periodo de 5 minutos (anexo 1-E).

Una vez transcurrido este tiempo, se interrumpió el calentamiento y se enfrió la mezcla

a temperatura ambiente. Posteriormente, se procedió a la separación de las dos fases, trasladando el aceite a un embudo de decantación y dejándolo reposar durante 30 minutos. Finalmente, se procedió a separar el aceite de la fase acuosa.

- **Secado**

Para eliminar cualquier vestigio de agua que pudiera quedar en la muestra de aceite, se calentó dicha muestra a una temperatura de 100°C durante un lapso de 5 minutos (anexo 1-F).

- **Decoloración**

El proceso de decoloración del aceite se realizó a través de un método de adsorción, utilizando carbón activado en una proporción de 25:1 de aceite a carbón activado, y se aplicó una agitación lenta (anexo 1-G). Se removió la muestra de la fuente de calor una vez que alcanzó la temperatura deseada de 80°C.

- **Filtración secundaria**

Una vez que se completó el proceso de decoloración, se procedió a la separación del agente adsorbente. Esta separación se efectuó por medio de una filtración simple, utilizando papel filtro de menor densidad.

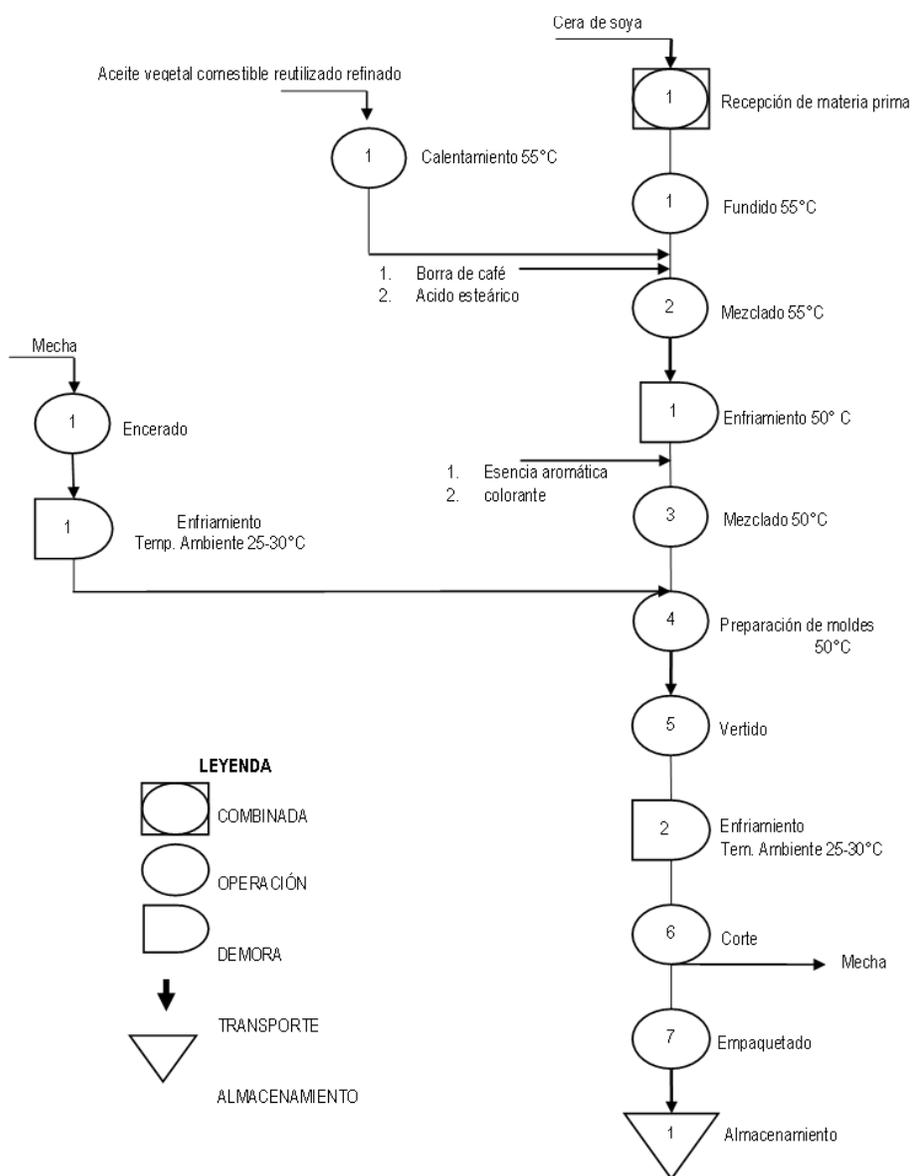
Se realizó la filtración inmediatamente después de que finalizará la decoloración, dado que el aceite estará a altas temperaturas, lo que favoreció y aceleró el proceso de filtración (anexo 1-H).

Terminado el proceso de refinación del aceite se realizaron los respectivos análisis fisicoquímicos (anexo 2) tanto a la borra de café (contenido de humedad y cenizas) como al aceite vegetal comestible reutilizado (índice de acidez, índice de peróxidos, contenido de humedad y sólidos suspendidos).

### 3.9.2. FASE 2. Determinar el efecto de los porcentajes de aceite comestible reutilizado y borra de café sobre las características de la vela llena aromática.

Una vez listas las materias primas, el aceite ya refinado y la borra de café se procedió a realizar la vela llena aromática, para la elaboración se aplicó el siguiente diagrama de proceso que se muestra en la figura 3.1:

Figura 3.1. Diagrama de proceso elaboración de velas llenas aromáticas



## DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO

**Recepción de materia prima:** Las muestras de aceite fueron recolectadas de restaurantes de comida rápida de la ciudad de Calceta, así mismo la borra de café fueron obtenidas de restaurantes que ofrecen este producto, la cera y los insumos necesarios se obtuvieron en una tienda de artesanías llamada UAWAVRS ubicada en la ciudad de Quito. Fueron previamente evaluadas y medidas para su respectivo uso (anexo 4-A).

**Fundido:** Se evaluó la temperatura del aceite hasta que llegó a 55°C, a esta temperatura es a la cual se funde la cera de soya de bajo punto de fusión especificada por el fabricante.

**Encerado:** Las mechas fueron sumergidas durante 5 segundos en la cera de soya ya fundida, esto para encerar la mecha y después se dejó enfriar a temperatura ambiente de 25-30°C.

**Calentamiento:** Por otro lado, el aceite se calentó a una temperatura igual a la de la soya 55°C, esta temperatura es la óptima para que se facilite el proceso de mezclado.

**Mezclado:** En este proceso el aceite y la cera se mezclaron a la misma temperatura de 55°C, junto con la borra de café y ácido esteárico (anexo 4-B).

**Enfriamiento:** Luego se bajó la temperatura hasta los 50°C.

**Mezclado:** Después del proceso de enfriamiento, se agregó la esencia aromática de café 4 mL y el colorante marrón.0.1 g.

**Preparación de moldes de 100 mL:** Los moldes al ser envases de vidrio suelen estar fríos, al momento de vaciar la mezcla en los envases por el cambio de temperatura, puede provocar manchas y burbujas de aire en la vela, para evitar eso es necesario calentar los vasos en baño maría a una temperatura de 40° C y colocar la mecha previamente encerada con la cera de soya en el interior del recipiente de cristal con la ayuda de una portamechas y un soporte para mechas.

**Vertido:** Una vez ya estén listos y acondicionados los envases de vidrio se procedió a realizar el vertido de la mezcla (anexo 4-C), el vertido se lo realizó evitando que la mezcla entre en contacto con corrientes de aire, esto es debido a que la mezcla puede experimentar un efecto llamado rechupe que se refiere a la depresión que se forma en el centro de la vela cuando se enfría de manera brusca.

**Enfriamiento:** La mezcla se enfrió lentamente a temperatura ambiente (25-30°C) hasta que finalmente se solidifique y se forme la vela.

**Corte:** Se cortó el exceso de mecha como lo indica el sitio WikiHow (2019) en su artículo, es recomendable recortar el exceso a 1 cm.

**Empaquetado:** Se etiquetó debidamente a la vela, de acuerdo con lo que establece el RTE INEN 163 (2014).

**Almacenamiento:** Una vez terminado el proceso de la elaboración de la vela se almacenó a temperatura ambiente durante 15 días (anexo 4-D).

Una vez transcurrido el tiempo de almacenamiento se procedió a realizar los análisis de encendido secundario (anexo 5-A), fin de vida útil (anexo 5-B) y estabilidad (anexo 6) contemplados en la RTE INEN 163 (2014) a cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

### **3.9.3. FASE 3. Valorar el mejor tratamiento mediante test de aceptabilidad con panelistas sensoriales no entrenados.**

Para realizar esta actividad se realizó una prueba de aceptabilidad en la cual se determinó el análisis sensorial de olor y color con la utilización de una escala hedónica de 5 puntos, para esto se tomó una vela por cada tratamiento se encendió la flama y se esperó hasta que se forme la piscina de fusión, una vez formada se le otorgó las velas a 85 panelistas sensoriales no entrenados donde procedieron con su valoración.

### **3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Para el análisis estadístico de las variables en estudio, se realizaron los supuestos de ANOVA: se verificó la normalidad mediante prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad mediante la prueba de Levene. Para las variables que cumplieron con los supuestos, se realizó el análisis de varianza con el objetivo de determinar la existencia de diferencias significativas y se realizó el contraste de las medias utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. En el caso de las variables que no presentaron una distribución normal, se analizaron utilizando la prueba no paramétrica de Friedman. Los datos obtenidos de manera cualitativa en cuanto al análisis de encendido secundario, se decidió transformar esta variable cualitativa en datos cuantitativos. Para ello, se asignaron valores numéricos a las categorías de la variable y se analizaron con el programa IBM SPSS Statistics 29.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ EN LA OBTENCIÓN DE UNA VELA AROMÁTICA

En la tabla 4.1 se presentan los resultados fisicoquímicos promedios del aceite comestible reutilizado y usado en la elaboración de velas aromáticas, donde se aprecia que el índice promedio de acidez obtenido fue de 2.35 mg KOH/g, valor que es un indicativo de una alta presencia de ácidos grasos libres, revelando una alta acidez expresada en porcentaje de ácido oleico que, de acuerdo a la norma NTE INEN 1640 (2012) para aceite comestible de palma africana, el límite máximo permitido es 0.2% (Parra et al., 2018).

**Tabla 4.1.** Resultados fisicoquímicos promedio del aceite comestible reutilizado.

<b>Análisis</b>	<b>Resultado promedio</b>	<b>Unidad</b>
Índice de acidez	2.35	mg KOH/g
Índice de peróxidos	5.99	Meq.O <sub>2</sub> /Kg
Contenido de humedad	0.15	%
Viscosidad	57.5	m.P.a.s
Sólidos suspendidos	0.00	%SS

Ramírez (2018) evaluó las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles, reportando un promedio de 9.19 mg KOH/g para un aceite vegetal usado 10 veces, 1.87 mg KOH/g para un aceite utilizado 6 veces y 0.49 mg KOH/g en un aceite manipulado en pescadería, mostrando que mientras más usado sea un aceite comestible, más elevada será su índice de acidez.

Zárate et al. (2021) estudiaron aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel de los puestos de comida del mercado Municipal de Huamachuco, reportando rangos entre 1.965 mg KOH/g hasta 2.923 mg KOH/g, valores que se asemejan al obtenido en la investigación realizada (2.35 mg KOH/g); no obstante, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 209.001 (1983) para aceites vegetales

comestibles, el límite máximo permitido debe ser 0.2 mg KOH/g, lo cual está por debajo de los valores reportados en la tabla 4.1.

Continuando con el índice de peróxido obtenido fue de 5.99 Meq O<sub>2</sub>/kg, el cual estuvo conforme a lo establecido por la norma NTE INEN 1640 (2012) para aceite comestible de palma africana, donde se establece un máximo de 10 Meq O<sub>2</sub>/kg. Cabrera et al. (2023) obtuvieron bio-grasa lubricante a partir de aceite vegetal usado, reportando un promedio de índice de peróxido de 0.29 Meq O<sub>2</sub>/kg, el cual fue menor al obtenido en la presente investigación, indicando que presentó un menor grado de oxidación, lo cual está relacionado al enranciamiento, proceso natural, donde la composición del aceite sufre alteraciones con el tiempo, generando cambios organolépticos, entre otras cosas, lo que es indicativo de un proceso oxidativo intenso (Segurondo y Cortez, 2020).

En cuanto a la humedad, en esta investigación se obtuvo un promedio de 0.15%, media que estuvo conforme lo establecido por Alarcón y Romero (2021), estableciendo que un aceite comestible debe tener un índice de humedad menor a 0.5%. Chávez et al. (2020) analizaron el perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma, reportando un promedio de 0.49 ± 0.01%, el cual es superior al obtenido en la presente investigación (0.15%), lo que se pudo deber a que los aceites experimentan cambios de humedad después del proceso de fritura, debido a diversos factores, entre los que destacan, el tiempo de fritura, la temperatura y el contenido de humedad de los productos que se fríen Cabrera et al. (2023). La NTE INEN 2421 (2012) para grasas y aceites comestibles, establece un máximo de 0.5% de humedad, por lo que, el promedio obtenido en esta investigación (0.15%) cumple con la normativa.

Zárate et al. (2021) estudiaron varios aceites residuales de los puestos de comida del mercado municipal de Huamachuco – Perú, analizando su viscosidad, reportando que cuatro tipos de aceites reutilizados estuvieron fuera de los límites establecidos por la Norma Técnica Peruana 209.001 (1983) para aceites vegetales comestibles (1.9 a 6 mm<sup>2</sup>/s). Cárdenas y Vélez (2022) reportaron una media de viscosidad de 43.6 mm<sup>2</sup>/s (40.10 mPa·s) para aceite reutilizado comestible, valor que estuvo fuera del rango

establecido por la norma técnica peruana antes mencionada, además se aleja del valor obtenido en el presente trabajo.

Mora y Ureña (2022) obtuvieron un promedio de 46.3 mPa·s, valor que tampoco se asemeja al obtenido en esta investigación (57.5 mPa·s). Estos autores mencionan que el aumento de la viscosidad de los aceites comestibles utilizados se debe principalmente a la formación de dímeros, polímeros, la oxidación que genera compuestos polares, y la polimerización de los ácidos grasos. No obstante, las características de un aceite residual de cocina pueden variar significativamente según su origen y la cantidad de veces que haya sido utilizado.

Estos altos valores indican que el aceite ha sido sometido a cocciones intensas por tiempos más prolongados de lo usual, donde a medida que avanza el proceso de fritura, el aceite sufre diversos cambios donde va perdiendo su valor nutricional y al mismo tiempo se forman nuevas moléculas que pueden ser perjudiciales para la salud y entre esos cambios se destaca el proceso de hidrólisis, en el cual se liberan ácidos grasos debido a las altas temperaturas y la humedad proveniente del alimento (Álava y Díaz, 2018; Cabrera et al., 2023).

Finalmente, el aceite comestible reutilizado no presentó sólidos suspendidos cumpliendo con lo establecido por la NTE INEN 1640 (2012), que regula el aceite comestible de palma africana, estableciendo que el porcentaje de sólidos suspendidos permitido debe ser máximo de 0.1%. Esto se podría deber a varios factores intrínsecos y extrínsecos del aceite, entre los que puede destacar los procesos de filtración y decantación previa al análisis de sólidos suspendidos, las físicas de los sólidos y la estabilidad química del aceite.

Por otra parte, en la tabla 4.2 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de la borra de café, la cual presentó un promedio porcentual de humedad de 9.75%, el cual se asemeja a los resultados de Gutiérrez et al. (2020), reportando un rango entre 7% y 8% de humedad. En otro estudio similar, Cogua (2019) estudió la borra de café para uso en formulaciones de liberación controlada de nutrientes,

utilizando dos muestras, en las cuales reportó distintos promedios de humedad: 2.41% para borra que, luego de la extracción y separación de la fase líquida, es secada con gases de chimenea para ser usada como combustible en la planta, y 62.51% para aquella borra sólida generada luego de la extracción de las moléculas. En este contexto, estos autores manifiestan que la borra puede tener distintos tipos de humedad según de qué parte del proceso de café instantáneo provenga.

**Tabla 4.2.** Resultados fisicoquímicos promedio de la borra de café.

<b>Análisis</b>	<b>Resultado promedio</b>	<b>Unidad</b>
Contenido de humedad	9.75	%
Contenido de cenizas	2.56	%

Lloor y Zambrano (2023) estudiaron la producción de pellets utilizando subproductos del café y maíz para su aprovechamiento calorífico en la generación de vapor, indicando que este residuo tiene un porcentaje aproximado de 74.73%, es por esto que no puede ser utilizado directamente, debiendo reducir su porcentaje de humedad hasta un valor cercano al 15%. Por su parte, Skorupa et al. (2022) mencionan que la borra de café en base seca presenta un porcentaje de humedad del 20%, promedio que puede ser distinto de acuerdo a su procedencia.

Aguilar y Chamba (2022) caracterizaron fisicoquímicamente la borra del café tostado y molido, reportando un rango de ceniza entre 1.25% y 1.49%, valor que difiere un poco del obtenido en esta investigación (2.56%), lo que se pudo deber a la variedad de café utilizado y su origen. Por su parte, Cogua (2019) estudió la borra de café para su uso en formulaciones de liberación controlada de nutrientes, obteniendo rangos entre 2.69% y 3.50%, valores que se asemejan a los de esta investigación. De acuerdo con Morales y Pérez (2020), el contenido de cenizas de la borra puede variar según la variedad y la etapa del proceso donde se extraiga, debido a que en el café Robusta el contenido de cenizas varía de 3.36% a 5.73%, con un promedio de 4.13%, y en el tostado entre 3.05% y 5.25%, con un promedio de 4.36%, valores que se asemejan a los de esta investigación.

## 4.2. EFECTO DE LOS PORCENTAJES DE ACEITE COMESTIBLE REUTILIZADO Y BORRA DE CAFÉ SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VELA LLENA AROMÁTICA

En la tabla 4.3 se presentan los supuestos del ANOVA, evidenciando que los datos para la variable vida útil cumplieron con el supuesto de normalidad y homogeneidad (Sig.  $\geq 0.05$ ), pasando a ser analizados mediante pruebas paramétricas, mientras que la variable encendido secundario al no cumplir con estos supuestos (Sig.  $< 0.05$ ), se analizaron mediante la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla 4.3. Supuesto del ANOVA para las variables en estudio.

Variables dependientes	Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)			Prueba de homogeneidad (Levene)		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Encendido secundario	0.476	27	0.00	---	---	---
Vida útil (min)	0.938	27	0.1	1.982	26	0.109

## 4.3. ENCENDIDO SECUNDARIO

La prueba de hipótesis de Kruskal Wallis indicó diferencias estadísticas significativas para los niveles del factor A (Sig.  $< 0.05$ ), revelando que los niveles de aceite comestible reutilizado incidieron sobre la variable respuesta, rechazando la hipótesis de igualdad y aceptando la alternativa que sugiere diferencias. En cuanto a los niveles del factor B, la prueba de Kruskal Wallis, demostró que los niveles de borra de café no incidieron sobre la variable respuesta (tabla 4.4).

Tabla 4.4. Prueba de Kruskal Wallis para la variable encendido secundario en función del factor A y B.

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Encendido secundario es la misma entre las categorías de Factor A (Porcentaje de aceite comestible reutilizado)	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.003	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				
Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Encendido secundario es la misma entre las categorías de Factor B (Porcentaje de mezcla de borra de café).	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.191	Retener la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

Para establecer las diferencias entre los niveles del factor A (tabla 4.5), se aplicó la prueba de subconjuntos homogéneos, la cual posicionó al nivel  $a_1$  (20% A.C.R) en el primer subconjunto con el menor rango promedio, significa que las velas no presentaron encendido secundario, mientras que los niveles  $a_2$  (25% A.C.R) y  $a_3$  (30% A.C.R) se posicionaron en el segundo subconjunto, compartiendo categorías con los mayores rangos promedios, lo que significa que las velas presentaron encendido secundario. En este sentido, el utilizar 20% de aceite comestible reutilizado evitó que las velas se volvieran a encender.

**Tabla 4.5.** Subconjuntos homogéneos para la variable encendido secundario en función del factor A.

Niveles del factor A	Subconjunto	
	1	2
$a_1$ (20% A.C.R)	9	
Muestra <sup>1</sup> $a_2$ (25% A.C.R)		16.5
$a_3$ (30% A.C.R)		16.5

Por otra parte, la prueba de hipótesis de Kruskal Wallis indicó diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos (Sig. < 0.05), rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que indicó diferencias (tabla 4.6).

**Tabla 4.6.** Prueba de Kruskal Wallis para los tratamientos en función de la variable encendido secundario

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 La distribución de Encendido secundario es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.005	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.			

Para establecer las diferencias entre los tratamientos, se aplicó la prueba de subconjuntos homogéneos no paramétrico de Kruskal Wallis, ubicando a los tratamientos T1 y T2 en el primer subconjunto, demostrando que estadísticamente, estos tratamientos no presentaron encendido secundario al compartir categorías, mientras que los demás tratamientos evidenciaron un encendido secundario en los últimos 60 minutos de vida útil (4.7).

**Tabla 4.7.** Prueba de subconjuntos homogéneos para los tratamientos en función de la variable encendido secundario.

Tratamientos	Subconjunto		
	1	2	3
T1 (20% aceite + 2% borra de café)	3		
T2 (20% aceite + 4% borra de café)	7.5		
T3 (20% aceite + 6% borra de café)		16.5	16.5
T4 (25% aceite + 2% borra de café)		16.5	16.5
Muestra T5 (25% aceite + 4% borra de café)		16.5	16.5
T6 (25% aceite + 6% borra de café)		16.5	16.5
T7 (30% aceite + 2% borra de café)		16.5	16.5
T8 (30% aceite + 4% borra de café)			16.5
T9 (30% aceite + 6% borra de café)			16.5

De acuerdo con De Souza Ferrari et al. (2022) y Arumsari et al. (2023), debe existir una correlación directa entre el diseño de la vela y la formulación de su composición y la eficiencia del encendido secundario. La naturaleza y proporción de los componentes en la mezcla de la vela influyen significativamente en la generación y propagación de la llama. Una formulación inadecuada puede resultar en una combustión incompleta o inestable, caracterizada por una llama débil, producción de humo excesivo y, potencialmente, la formación de residuos carbonosos. Estas condiciones no solo disminuyen el rendimiento lumínico de la vela, sino que también incrementan el riesgo de incendios debido a la posibilidad de proyecciones de material incandescente o la emisión de partículas en combustión.

#### 4.4. FIN DE VIDA ÚTIL

En la tabla 4.8 se presenta el análisis de varianza para los datos de la variable vida útil, donde se aprecia diferencias estadísticas significativas (Sig. < 0.05) en todos los efectos principales del modelo estadístico, donde los niveles del factor A, B y su interacción, influyeron sobre las medias de la variable en estudio.

**Tabla 4.8.** Análisis de varianza para la variable vida útil (min).

<b>Variable dependiente: vida útil (min)</b>					
<b>Origen</b>	<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Factor A (Porcentaje de aceite comestible reutilizado)	22398.296	2	11199.148	733.925	0.000
Factor B (Porcentaje de borra de café)	3271.185	2	1635.593	107.187	0.000
Factor A * Factor B	19497.481	4	4874.370	319.437	0.000
Error	274.667	18	15.259		
Total corregido	45441.630	26			

a. R al cuadrado = .994 (R al cuadrado ajustada = .991)

Para establecer las diferencias ejercidas por los niveles del factor A (Porcentaje de aceite comestible reutilizado), se aplicó la prueba de Tukey al 5% de error, demostrando que todos los niveles difieren entre sí, donde el nivel  $a_2$  (25% A.C.R) se posicionó en el primer subconjunto con el mejor promedio de vida útil (1066.22 min), demostrando que utilizar un 25% de aceite comestible reutilizado en la fabricación de velas aromáticas, otorga un menor tiempo de vida útil, mientras que el utilizar 30% de aceite comestible reutilizado, proporciona un mayor tiempo de vida útil (1136.44 min), tal y como se lo aprecia en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9.** Prueba de Tukey al 5% de error para los niveles del factor A.

<b>HSD Tukey<sup>a,b</sup></b>				
<b>Niveles del factor A (Porcentaje de aceite comestible reutilizado)</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
$a_2$ (25% A.C.R)	9	1066.22		
$a_1$ (20% A.C.R)	9		1107.22	
$a_3$ (30% A.C.R)	9			1136.44

**A.C.R:** Aceite comestible reutilizable

De acuerdo con Coppola de Souza et al (2021) y Lopes dos Santos et al. (2023), los aceites comestibles son principalmente triglicéridos, que son ésteres formados por la reacción de glicerol con ácidos grasos. Cada triglicérido consta de tres ácidos grasos que pueden variar en su longitud y grado de saturación. En este sentido, cuando el aceite se quema, los triglicéridos se descomponen en una serie de productos mediante la combustión. En presencia de oxígeno, los enlaces C-H en los triglicéridos se rompen, liberando energía en forma de calor y luz, además, el aceite comestible tiene una viscosidad que permite que suba por la mecha de la vela a través de un proceso llamado capilaridad. La mecha, generalmente hecha de algodón o algún material similar, absorbe el aceite y lo transporta hacia la llama. La viscosidad del aceite

también influye en la tasa de flujo hacia la mecha, lo que afecta la duración de la vela.

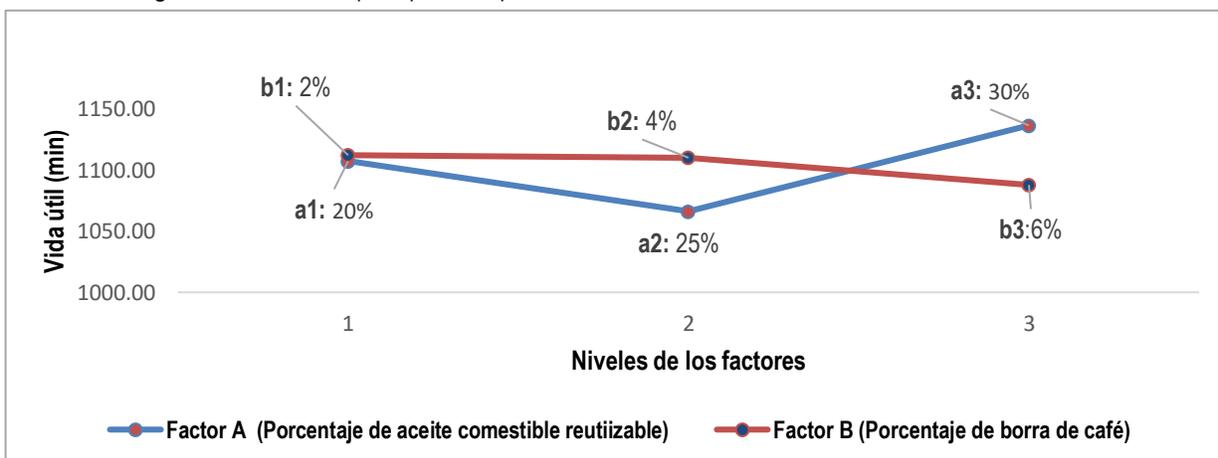
Por otra, para estimar la influencia de los niveles del factor B (porcentaje de borra de café) sobre la variable respuesta, se aplicó la prueba de Tukey al 5% de error, evidenciando que el nivel  $b_3$  (6% B.C) difiere de los demás ubicándose en el primer subconjunto con el menor tiempo de vida útil (1087.78 min), mientras que los niveles  $b_2$  (4% B.C) y  $b_1$  (2% B.C) se posicionaron en el subconjunto dos con los mayores tiempos promedios de vida útil, 1110 min y 1112 min respectivamente, y al compartir categorías, estadísticamente, el usar 2% o 4% de borra de café, otorga el mismo tiempo de vida útil a las velas, tal y como se lo aprecia en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10** Prueba de Tukey al 5% de error para los niveles del factor B.

Factor B (Porcentaje de borra de café)	HSD Tukey <sup>a,b</sup>		
	N	Subconjunto	
		1	2
$b_3$ (6% B.C)	9	1087.78	
$b_2$ (4% B.C)	9		1110.00
$b_1$ (2% B.C)	9		1112.11

En el gráfico de perfil (figura 4.1), se aprecia que hubo interacción entre los niveles de los factores en estudio, donde el nivel  $a_3$  (30% de aceite comestible reutilizable) proporcionó un mayor tiempo de vida útil a las velas, mientras que el nivel  $b_1$  (2% de borra de café) también otorgó un mayor tiempo de vida útil. En este sentido, la mejor combinación se dio entre los niveles  $a_3b_1$ , debido a que éstos otorgan más tiempo de vida útil a las velas aromáticas.

**Figura 4.1.** Gráfico de perfil para comprobar la interacción entre los niveles de los factores en estudio.



Para establecer las diferencias entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 5% de error, misma que categorizó a los tratamientos en diferentes subconjuntos, indicando que estos difieren entre sí, donde el T1 ( $a_1b_2$ ) se posicionó en el primer subconjunto como el tratamiento con el menor tiempo de vida útil (1016.33 min), mientras que el T9 ( $a_3b_3$ ) se ubicó en el séptimo subconjunto como el tratamiento que presentó el mayor tiempo de vida útil (1167 min) (tabla 4.11).

**Tabla 4.11.** Prueba de Tukey al 5% de error para los tratamientos en función de la variable vida útil.

Tratamiento	N	HSD Tukey <sup>a,b</sup>						
		Subconjunto						
		1	2	3	4	5	6	7
T6 ( $a_1b_1$ )	3	1016.33						
T3 ( $a_1b_2$ )	3		1080.00					
T4 ( $a_1b_3$ )	3		1081.33					
T8 ( $a_2b_1$ )	3			1099.00				
T5 ( $a_2b_2$ )	3			1101.00	1101.00			
T1 ( $a_2b_3$ )	3				1111.67			
T2 ( $a_3 b_1$ )	3					1130.00		
T7 ( $a_3b_2$ )	3						1143.33	
T9 ( $a_3b_3$ )	3							1167.00

## 4.5. ESTABILIDAD

Todos los tratamientos en estudio fueron sometidos a una inclinación de 10° para medir su estabilidad, prueba que superaron satisfactoriamente. En este sentido y de acuerdo al Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 163 (2014) para velas, cirios y similares, los tratamientos cumplieron con la prueba de estabilidad. Bravo (2023) desarrolló velas a partir de aceites vegetales usados, utilizando un diseño de mezclas, donde todos los tratamientos presentaron estabilidad a la prueba de inclinación a 10°, cumpliendo con los establecido en la Norma ASTM F 2417.

## 4.6. PRUEBA AFECTIVA DE ACEPTABILIDAD

### 4.6.1. ATRIBUTO COLOR

La prueba no paramétrica de Friedman indicó diferencias estadísticas significativas (Sig.< 0.05) para los tratamientos en estudio, indicando que los panelistas en estudio

percibieron diferencias en cuanto al atributo color, aceptando la hipótesis alternativa que sugiere diferencias entre las medias, tal y como se lo aprecia en la tabla 4.12.

**Tabla 4.12.** Prueba de Friedman para los tratamientos en función del atributo color.

<b>Resumen de prueba de hipótesis</b>				
	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
1	La distribución de color para el T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9 son las mismas.	Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas.	0.000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05.				

La prueba de subconjuntos homogéneos de Friedman, evidenció diferencias de color enmarcadas en dos categorías entre los tratamientos; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ( $p\text{-valor} \geq 0.05$ ). A pesar de las igualdades estadísticas entre los tratamientos, en la tabla 4.13 se aprecia que el T1 (a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>) presentó el mayor rango promedio (6.012), donde de acuerdo a la escala hedónica utilizada (anexo 7), obtuvo promedios de aceptabilidad de 3.65, dándole una calificación entre: no me gusta ni me disgusta (3) y me gusta (4).

**Tabla 4.13.** Prueba de subconjuntos homogéneos para el atributo color.

<b>Tratamientos</b>	<b>Subconjunto</b>	
	<b>1</b>	<b>2</b>
T2 (a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> )	4.241	
T6 (a <sub>2</sub> b <sub>3</sub> )	4.535	4.535
T9 (a <sub>3</sub> b <sub>3</sub> )	4.741	4.741
T5 (a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> )	4.794	4.794
T4 (a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> )	5.035	5.035
T7 (a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> )	5.094	5.094
T3 (a <sub>1</sub> b <sub>3</sub> )	5.218	5.218
T8 (a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> )	5.329	5.218
T1 (a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> )		6.012
<b>p-valor</b>	0.144	0.099

Estas igualdades estadísticas entre los tratamientos pudieron estar influenciadas por la inexperiencia de los catadores no entrenados utilizados en esta investigación, evidenciando la dificultad que tuvieron estos panelistas para detectar, reconocer y describir con precisión los atributos sensoriales del producto. Estos resultados difieren de lo reportado por Arumsari et al. (2023), demostrando que los resultados organolépticos evidenciaron que las velas aromáticas fabricadas con borra de granos de café tenían un color bastante atractivo. Además, el panel de prueba utilizado por

estos investigadores, dio una evaluación positiva del color, forma, textura y apariencia general de las velas.

#### 4.6.2. ATRIBUTO OLOR

La prueba no paramétrica de Friedman indicó que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Sig.  $\geq 0.05$ ), indicando que los catadores, estadísticamente, tuvieron la misma aceptación para todos los tratamientos en relación del atributo olor (tabla 4.14).

**Tabla 4.14.** Prueba de Friedman para los tratamientos en función del atributo olor.

Resumen de prueba de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1 La distribución de olor para el T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9 son las mismas.	Análisis de varianza de dos vías por rangos de Friedman para muestras relacionadas.	0.076	Retener la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de 0.05.

Estos resultados se pudieron deber principalmente por la inexperiencia de los panelistas utilizados o por los porcentajes utilizados en la fabricación de este producto, debido a que en la investigación de Arumsari et al. (2023), los panelistas si detectaron diferencias, indicando que el aroma de las velas elaboradas con borra de granos de café es bastante duradero y capaz de proporcionar el efecto deseado en términos de intensidad por horas.

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- El aceite comestible reutilizado mostró valores que excedieron los límites aceptables para aceites vegetales comestibles en términos de índice de acidez (2.35 mg KOH/g) y viscosidad (57.5 m.P.a.s), sin embargo humedad (0.15%) y el índice de peróxido (5.99 Meq.O<sub>2</sub>/Kg) se mantuvo dentro de los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1640 (2012) para aceite de palma africana. Por otro lado, la borra de café presentó niveles de humedad (9.75%) y contenido de cenizas (2.56%) que concuerdan con la información disponible en la literatura especializada.
- La combinación a<sub>1</sub>b<sub>1</sub> y a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>, es decir un 20% de aceite comestible reutilizado con un 2% y 4% de borra de café (T1 y T2), demostró ser más favorable para prevenir un encendido secundario indeseado en las velas. Por otro lado, al evaluar la variable "vida útil", se observó que al combinar un 30% de aceite comestible reutilizado con 6% de borra de café (T9), se obtuvo un mayor tiempo de encendido, con un valor promedio de 1167 minutos. En lo que respecta a la "estabilidad de las velas", los tratamientos cumplieron con esta condición según la RTE INEN 163 (2014).
- La prueba sensorial afectiva indicó diferencias de aceptabilidad entre los tratamientos para el atributo color; sin embargo, estas disparidades no fueron estadísticamente significativas (Sig.  $\geq 0.05$ ) según la prueba de Friedman. Para el atributo olor, esta misma prueba, indicó una misma aceptabilidad para todos los tratamientos en función del atributo olor (Sig.  $\geq 0.05$ ).

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Considerar la combinación de un 20% de aceite comestible reutilizado con un 2% o 4% de borra de café (T1 y T2) para prevenir un encendido secundario indeseado en las velas. Además, combinar un 30% de aceite comestible reutilizado con 6% de borra de café (T9) para obtener una mayor vida útil de las velas.
- Se sugiere estudiar nuevas combinaciones entre aceite comestible reutilizado y borra de café mediante un diseño de mezclas que permita optimizar las combinaciones entre estos residuos para mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las velas aromáticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, C., & Chamba, M. (2022). Caracterización fisicoquímica de la borra del café tostado y molido con enfoque al aprovechamiento en el sector productivo. [Proyecto Integrador Previo la Obtención del Título de Ingeniero Químico]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/57552>
- Akribis. (2021). *Importancia de la medición de humedad en aceite*. <https://goo.su/NAz9>
- Alarcón, M., & Romero, R. (2021). *Estudio y diseño de un sistema de recolección de aceite vegetal usado para el sector comercial y residencial del Norte de la ciudad de Guayaquil*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Guayas, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21048/1/UPS-GT003413.pdf>
- Álava, J., & Díaz, A. (2018). *Influencia de las características físico-químicas de aceites residuales de restaurantes en la calidad de biodiesel*. [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix Lopez, Calceta, Manabí, Ecuador. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/869/1/TTMA26.pdf>
- Andrade, N., & Moncada, J. (2020). Manejo de los residuos de aceite comestible en los expendios de comida. Ibarra, Ecuador. *Sathiri: Sembrador*, 15(2), 185-198. <https://doi.org/https://doi.org/10.32645/13906925.987>
- Arce, M. (2020). *6 beneficios desconocidos de la borra de café*. <https://goo.su/ELPw>
- AROMALAB. (2023). *Esencia para vela red velvet cake*. <https://aromalab.com.ec/producto/esencia-para-vela-red-velvet-cake/>
- Aromas de Andalucía. (2023). *Beneficios del uso de velas aromáticas de cera de soja*. <https://goo.su/RPLz>
- ASTM International. (2023). *Standard Specification for Fire Safety for Candles (F2417-23)*. <https://www.astm.org/f2417-23.html>
- Arumsari, A., Ardiansyah, T., & Ginting, P. (2023). Using Aromatherapy Candles from Coffee Bean Grounds to Reduce Anxiety at Work Post-Pandemic. *Formosa Journal of Sustainable Research (FJSR)*, 2855 - 2864. doi:<https://doi.org/10.55927/fjsr.v2i12.7333>
- Aviles, M. (2000). *Manual de Técnicas de Análisis de Alimentos*. Guayaquil, Ecuador: UNO.
- Barreros, J. (2022). *Elaboración de un proyecto de factibilidad para la instalación de*

*una microempresa de gomitas nutricionales en el cantón Salcedo.* [Proyecto integrador previo a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos]. Universidad técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/>

Bionatus. (2019). *Materias primas y envases.* <https://www.bionatus.ec/materiasprimas>

Bravo, V. (2023). *Propuesta para la valorización de AVU's (aceites vegetales usados), a través de la obtención de velas artesanales usando diseño de mezclas con vértices extremos.* [Tesis de pregrado]. Universidad de Cuenca, Cuenca, Azuay, Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4>

BTSA. (2019). *Propiedades físicas de los aceites y grasas.* <https://www.btsa.com/propiedades-fisicas-de-los-aceites-y-grasas/>

Cabrera, A., & Espinoza, L. (2021). *Obtención de bioadsorbente para la remoción de plomo (II) en soluciones acuosas empleando residuos de (Coffea Arabica) y (Cocos Nucifera).* [trabajo de titulación]. Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57457>

Cabrera, O., Olgún, V., Bernal, C., Montaña, V., & Cuello, P. (2023). Obtención de bio-grasa lubricante a partir del aceite vegetal usado en la cocina. *Revista Tecnología Química*, 43(1), 101 - 120. <http://scielo.sld.cu/pdf/rtq/v43n1/2224-6185-rtq-43-01-101.pdf>

Calle, K., & Chávez, E. (2021). *Propuesta de un sistema para el tratamiento de aceites vegetales desechados para su posterior reutilización.* [Proyecto Integrador previo a la obtención del Título de Ingeniero Químico]. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54359>

Callejo, A. (2022). *Los riesgos de reutilizar el aceite de cocina.* CuídatePlus. <https://goo.su/z3wjM>

Cárdenas, M., & Vélez, J. (2022). *Análisis Técnico del aprovechamiento del aceite vegetal usado del cantón Cuenca - Ecuador.* [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Azuay, Ecuador. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23501/4/UPS-CT010100.pdf>

Caro, H. (2020). *Índice de acidez y peróxido.* Universidad Nacional de Ucayali. <https://goo.su/8Od0ujW>

Chaves, J., Ortiz, D., Bahaos, E., Ordoñez, G., & Villota, D. (2020). Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (*Oenocarpus Bataua*). *Revista Perspectivas en Nutrición Humana*, 22(2), 175 - 188. doi:10.17533/udea.penh.v22n2a05

Coello, E. (2022). *Evaluación de la capacidad exfoliante de un jabón cosmético*

*corporal a base de borra de café.* [Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales], Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22803/1/UPS-CT009856.pdf>

Cogua, H. (2019). *Estudio de la borra de café para su uso en formulaciones de liberación controlada de nutrientes.* [Tesis de posgrado]. Universidad nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/>

Coppola de Souza, P., Eichler, O., Marques, B., & Elias de Sá, P. (2021). Técnicas de reciclagem de óleo residual de fritura: ressignificando a produção de sabão e vela. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 64187 - 64197. doi:DOI:10.34117/bjdv7n6-684

De Souza Ferrari, J., do Nascimento, G., de Lima, R., da Silva, G., Alcántara, D., Silva, S., & Araújo, D. (2022). Produção artesanal de sabões, tintas e velas ecológicas a partir de óleo residual de fritura como estratégia de educação ambiental. *Revista Extensão em Foco*(27), 311- 330. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/ef.v0i27.82336>

Evricom. (2020). *Cera de soja.* <https://evricom.bg/es/tipos-de-cera/ceras-naturales/cera-de-soja/>

Google. (2023). Coordenadas del laboratorio de bromatología ESPAM “MFL”, Calceta, Ecuador. *Google Maps.* <https://goo.su/WrPh>

Google. (2024). Coordenadas del laboratorio de bromatología Universidad Técnica de Manabí, Chone, Ecuador. *Google Maps.* <https://goo.su/RrWRiMD>

Gran velada. (2023). *Curso hacer velas.* <https://www.granvelada.com/blog/manual-de-hacer-velas/>

Gutiérrez, M., Cerón, & Daniela. (2020). *Evaluación de la viabilidad del uso de la borra de café para la remoción de colorantes sintéticos en el agua.* [Tesis de pregrado]. Fundación universidad de américa, Bogotá. <https://goo.su/WXvOw1>

Guzmán, P. (2022). *Plan de marketing para el emprendimiento “VIME”, velas artesanales elaboradas con materia prima colombiana, con enfoque en el distrito metropolitano de Quito.* [Trabajo de Titulación previo a la obtención de título de licenciado en negocios internacionales]. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/19585>

Herrera, I. (2021). *Diseño de la identidad visual de una marca de velas veganas, ecológicas, aromáticas y decorativas.* [Título en Diseño y Tecnologías Creativas]. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/5790>

- Iñiguez, A., Popoca, H., & Reyes, S. (2010). *Introducción de velas decorativas al mercado estadounidenses*. [Tesis para la obtención de licenciado en Administración Industrial], Instituto Politécnico Nacional, México. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6432>
- Loor, J., & Zambrano, J. (2023). *Producción de pellets utilizando subproductos del café y maíz para su aprovechamiento calorífico en la generación de vapor*. [Tesis de pregrado]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Manabí, Ecuador. [https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2226/1/TIC\\_AI50D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2226/1/TIC_AI50D.pdf)
- Lopes dos Santos, P., Romero, R., & Lopez, A. (2023). Produção de velas artesanais a partir de óleo de cozinha residual: Avaliação de formulações. En XIII Seminário de Extensão e Inovação y XXVIII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. SEI - SCITE. Ponta Grossa. <https://goo.su/xTxv6a5>
- Mateo, J. (2023). *Cómo reciclar aceite de cocina: principios que debes tener en cuenta*. <https://goo.su/rorE1L>
- Méndez, L. (2020). Manual de prácticas de análisis de alimentos. *Facultad de Química Farmacéutica Biológica*, 28-150. <https://goo.su/kCQDK1>
- Mora, A., & Ureña, D. (2022). *Obtención de biodiésel a partir de aceites usados de cocina, utilizando un catalizador de ceniza de cacao CCN-51*. [Trabajo de titulación Ingeniería Química]. Universidad Técnica del Machala, Machala, Ecuador. <https://goo.su/N1Gh7>
- Morales, L., & Pérez, D. (2020). *Valorización de los residuos de café tostado y molido (borra de café), generados en el campus central de la universidad de el salvador*. [Tesis de pregrado]. Universidad De El Salvador, Ciudad Universitaria, Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22757/1/TDG%>
- Moreira, J. (2019). *Gestión integral del aceite vegetal usado en los restaurantes del cantón Santo Domingo*. [Trabajo previo a la obtención del título de ingeniera ambiental y manejo de riesgos naturales]. Universidad UTE, Santo Domingo. <https://goo.su/deRiW>
- Nina Samay. (2020). Velas artesanales rescatan cultura y tradición. *Líderes*. <https://goo.su/TjIVc>
- Organización Internacional de Normalización. (2015). *Solid biofuels — Determination of the content of volatile matter*. ISO.
- Orjuela, Á., & Clark, J. (2020). Green chemicals from used cooking oils: Trends, challenges, and opportunities. *PubMed Central*. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100369>

- Padilla, M. (2021). *Plan de Negocios para la exportación de velas decorativas a base de cera de soya hacia Estados Unidos*. [Monografía para la obtención del título de Especialista en Negocios Internacionales e Integración Económica], Fundación Universidad de América. Bogotá. <https://goo.su/jUwd>
- Parra, T., Marín, F., Jácome, G., & Sinche, M. (2018). Clarificación de aceite de cocina usado y decoloración de aceite rojo de palma con el uso de ozono, carbón activado y peróxido de hidrógeno. *Revista Enfoque UTE*, 9(2), 77 - 88. <https://goo.su/lv70KNK>
- Perfect Daily Grind. (2021). *Residuos de la producción de café: una alternativa sostenible*. <https://goo.su/GI4X5S>
- Perfect Daily Grind. (2022). *¿Por qué Ecuador importa tanto café?* <https://goo.su/btTJwtj>
- Pochteca Ecuador. (2022). *Usos del ácido esteárico*. <https://ecuador.pochteca.net/usos-del-acido-estearico/>
- Prego, M. (2022). *Esencia de café*. <https://www.bonviveur.es/recetas/esencia-de-cafe>
- Ramírez, T. (2018). *Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles*. [Tesis de pregrado] CIDETEQ, Querétaro. <http://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1021/369>
- Reyna, N., Mejía, J., Bravo, A., Fernández, A., & Reyna, E. (2020). Efectos Metabólicos de La Reutilización de Aceites Comestibles Recalentados y Oxidados. *Avances en Biomedicina*, Vol. 9(Nº. 2).
- Segurondo, R., & Cortez, V. (2020). Determinación de la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de expendio de comida rápida. *Revista Con-ciencia*, 8(2), 21 - 28. [http://www.scielo.org.bo/pdf/rcfb/v8n2/v8n2\\_a09.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/rcfb/v8n2/v8n2_a09.pdf)
- Serrano, D. (2020). *Elaboración de jabón lavavajillas aromatizado a partir del aceite usado de cocina*. [trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental]. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. <https://goo.su/jv6eW>
- Servicio ecuatoriano de Normalización. (1973). *Grasas y Aceites Comestibles Determinación de la pérdida por calentamiento*. (NTE INEN 39). <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2012). *Aceite comestible de palma africana – oleína. Requisitos* (NTE INEN 1640). <https://www.normalizacion.gob.ec/>

- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2012). Grasas y aceites comestibles. Aceite de Palma (Oxg) alto oleico. Requisitos (NTE INEN 2421). <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Servicio ecuatoriano de Normalización. (2013). *Aceites y Grasas de origen animal y vegetal determinación del Índice de Peróxido determinación yodometrica (visual) del punto final.* (NTE INEN-ISO 3960). <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Productos de petróleo. Determinación de agua y sedimento por centrifugación* (NTE INEN 1494). <https://www.normalizacion.gob.ec/>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2014). *Reglamento Técnico Ecuatoriano INEN 163 "VELAS, CIRIOS Y SIMILARES".* (RTE INEN 163). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-163.pdf>
- Skorupa, A., Worwąg, M., & Kowalczyk, M. (2022). Coffee Industry and Ways of Using By-Products as Bioadsorbents for Removal of Pollutants. *Water*, 15(1), 112. doi:<https://doi.org/10.3390/w15010112>
- Soy Aceite de Coco. (2023). *Colorante para Cera de Soya.* <https://soyaceitedecoco.com/producto/colorante-para-cera-de-soya/>
- Velartisan. (2022). *Tipos de velas: cuáles existen y cuáles puedes hacer tú mismo.* <https://velartisan.com/tipos-de-velas/>
- WikiHow. (6 de diciembre de 2019). *Cómo hacer velas.* WikiHow. <https://es.wikihow.com/hacer-velas>
- Zárate, J., Lujan, J., & Llaque, G. (2021). Índice de aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel en las provincias de Lima y Trujillo. 2020. *Revista LACCEI*, 1 - 9. doi:<http://dx.doi.org/10.18687/LEIRD2021.1.1.35>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Refinación de nivel de laboratorio del aceite comestible reutilizado



**Anexo 1-A.** Recolección de aceite comestible reutilizado



**Anexo 1-B.** filtración



**Anexo 1-C.** Desgomado



**Anexo 1-D.**  
Neutralización



**Anexo 1-E. Lavado**



**Anexo 1-F. Secado**



**Anexo 1-G. Blanqueamiento**



**Anexo 1-H. Filtración**

## Anexo 2. Caracterización de aceite comestible reutilizado y borra de café



**ESPAMMFL**  
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
 AGROPECUARIA DE MANABI MANUEL FELIX LOPEZ



**ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS**

---

**Aceite comestible reutilizado**

	Parámetros	Unidad	Resultados	Promedio
1	Índice de acidez	mg KOH/g	2.24	2.35
			2.46	
2	Contenido de humedad	%	0.14	0.15
			0.16	
3	Viscosidad	mPa.S	59	57.5
			56	
4	Solidos suspendidos	%SS	0	0
			0	

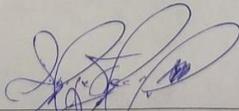
*Fuente: Laboratorio de Bromatología*

---

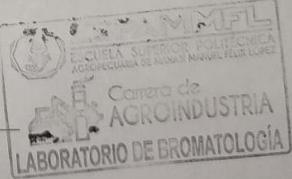
**Borra de café**

	Parámetro	Unidad	Resultados	Promedio
1	Contenido de humedad	%	9.84	9.75
			9.67	
2	Contenido de cenizas	%	2.60	2.56
			2.53	

*Fuente: Laboratorio de Bromatología*



**ING. JORGE TECA DELGADO**  
**TÉCNICO DEL LABORATORIO**



### Anexo 3. Determinación de índice de peróxidos de aceite comestible reutilizado



**FA-LAB**

Investigamos para cambiar el sector Agropecuario  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**  
**FACULTAD DE AGROCIENCIAS**  
 EXTENSIÓN CHONE

<b>Cliente</b>	Ramírez Gonzaga Michael Alexander Sánchez Sánchez Gema Jamileth	<b>Fecha de recibido:</b> 08/12/2023 <b>Fecha de análisis:</b> 08/12/2023 <b>Fecha de reporte:</b> 23/01/2024
<b>Dirección</b>	Calceta	 <b>Representante de los Laboratorios de la FA - LAB</b> Autorizado y revisado
<b>Teléfono</b>	0990946612	
<b>Muestra</b>	Aceite reutilizado	
<b>Cantidad recibida</b>	100 mL	
<b>Objetivo del análisis</b>	Realizar un análisis – de índice de peróxido	

### Índice de peróxido

Muestra	Valor	Unidad	Referencia NTE 2570
Muestra 1	5,9902	Meq O <sub>2</sub> /Kg	Max 10

Método de ensayo: NTE INEN-ISO 3960

#### Anexo 4. elaboración de vela llena aromática



**Anexo 4-A.** Preparación de Insumos



**Anexo 4-B.** Mezcla



**Anexo 4-C.** Vertido en los moldes



**Anexo 4-D.** Obtención de vela llena aromática

**Anexo 5-A. Prueba de encendido secundario y fin de vida útil**

**Anexo 5-B. Prueba de encendido secundario y fin de vida útil**

## Anexo 6. Estabilidad



**Anexo 7. Test de aceptabilidad**  
**Anexo 7-A. formato test de aceptabilidad.**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE  
 MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ



**TEST DE ACEPTABILIDAD**

**Instrucciones para marcar respuestas:**

Por favor, utilice la siguiente escala para indicar su nivel de agrado o desagrado con respecto al aroma y color de cada vela.



Me disgusta  
mucho  
1



Me disgusta  
2



No me gusta ni  
me disgusta  
3



Me gusta  
4



Me gusta mucho  
5

Marque con una "X" el casillero que mejor refleje su opinión en cada una de las preguntas.

**Aroma:**

¿cómo calificarías la calidad del olor de la vela con aroma a café correspondiente a cada uno de los tratamientos?

Tratamientos	1	2	3	4	5
T1					
T2					
T3					
T4					
T5					
T6					
T7					
T8					
T9					

**Color:**

¿cómo calificarías el color de la vela con aroma a café correspondiente a cada uno de los tratamientos?

Tratamientos	1	2	3	4	5
T1					
T2					
T3					
T4					
T5					
T6					
T7					
T8					
T9					

**Comentarios Adicionales:**

¿Hay algo más que quieras decir sobre la vela con aroma a café en términos de olor y color?

---



---

**Anexo 7-B. Explicación del test de aceptabilidad****Anexo 7-C. Aplicación del test de aceptabilidad**