



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



---

**Determinación de los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato.**

---

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

**Autor:** Alex Darío Bombón Sandoval

**Tutor:** Quím. Lander Vinicio Pérez Aldas

Ambato – Ecuador

Marzo - 2021

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

Mg. Lander Vinicio Pérez Aldas

CERTIFICA:

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

Ambato, 10 de Febrero de 2021

---

Mg. Lander Vinicio Pérez Aldas

C.I.: 1802706596

**TUTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Alex Darío Bombón Sandoval, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas bibliográficas.



---

Alex Darío Bombón Sandoval

C.I.: 1804438826

**AUTOR**

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

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

Para constancia firman:

---

M.Sc. Liliana Patricia Acurio Arcos

C.I.: 1804067088

---

PhD. Dayana Cristina Morales Acosta

C.I.: 1804135570

---

Mg. Jeanette Verónica Carrera Cevallos

CI: 1716192271

Ambato, 05 de Marzo de 2021

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



---

Alex Darío Bombón Sandoval

C.I.: 1804438826

**AUTOR**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por su guía e inspiración al tomar mis decisiones.*

*A mi madre Mariana Isabel Bombón por ser el apoyo que necesitaba para seguir adelante y cumplir mis metas personales y por el apoyo en mi vida académica.*

*A mi hermana Sofía por ser la alegría que necesitaba mi vida y mi familia.*

*A mis abuelitos Juan y Blanca por animarme a seguir estudiando y por su apoyo incondicional.*

**Alex Darío Bombón**

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por sus infinitas bendiciones sobre mí y mi familia.*

*A mis abuelitos Juan y Blanca por su incondicional apoyo y consejos para ser mejor persona y esforzarme en los estudios.*

*A mi madre por ser un pilar fundamental en mi crecimiento y por ser fuerte al criarme en el camino correcto de esfuerzo y dedicación en mis decisiones.*

*A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por aportar con los profesionales adecuados e instalaciones para prepararme como un buen profesional.*

*A mi tutor Quim, Lander Pérez por su guía en el desarrollo de este Proyecto de investigación.*

## ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1    Antecedentes investigativos .....	1
1.2    Objetivos.....	6
1.2.1    Objetivo General .....	6
1.2.2    Objetivos Específicos.....	6
1.3    Hipótesis .....	7
1.3.1    Hipótesis Nula.....	7
1.3.2    Hipótesis Alternativa.....	7
CAPÍTULO II.....	8
METODOLOGÍA.....	8
2.1    Materiales .....	8
2.1.1    Materia Prima.....	8
2.1.2    Materiales de laboratorio, equipos y reactivos.....	8
2.2    Métodos .....	9
2.2.1    Determinación del Grado de Acidez .....	9
2.2.2    Determinación del Índice de Peróxidos .....	10
2.2.3    Determinación del Índice de Saponificación .....	11
2.2.4    Densidad.....	12
2.2.5    Determinación del Índice de Refracción.....	12
2.2.6    Determinación del Color .....	12
2.3    Análisis estadístico. ....	13
CAPITULO III.....	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	14
3.1    Índice de Acidez .....	14
3.2    Índice de Peróxidos .....	19
3.3    Índice de Saponificación .....	22
3.4    Densidad.....	26
3.5    Índice de Refracción.....	28
3.6    Color.....	30
3.7    Verificación de la hipótesis .....	35



CAPÍTULO IV .....	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
4.1 Conclusiones.....	36
4.2 Recomendaciones .....	37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
ANEXOS .....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados para el índice de acidez de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN .....	14
Tabla 2. Resultados para el índice de peróxidos de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN .....	19
Tabla 3. Resultados para el índice de saponificación de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN .....	23
Tabla 4. Resultados para la densidad de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN .....	26
Tabla 5. Resultados para el índice de refracción de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN .....	28
Tabla 6. Resultados para el color de las muestras y blancos.....	30
Tabla 7. Datos para la determinación del índice de acidez de las muestras .....	43
Tabla 8. Datos para la determinación del índice de acidez de los blancos.....	44
Tabla 9. Datos para la determinación del índice de peróxidos de las muestras .....	44
Tabla 10. Datos para la determinación del índice de peróxidos de los blancos .....	46
Tabla 11. Datos para la determinación del índice de saponificación de las muestras. ....	46
Tabla 12. Datos para la determinación del índice de saponificación de los blancos.	48
Tabla 13. Datos para la determinación de la densidad de las muestras.....	48
Tabla 14. Datos de la determinación de la densidad de los blancos .....	50
Tabla 15. Datos para la determinación del índice de refracción de las muestras .....	50
Tabla 16. Datos de la determinación del índice de refracción de los blancos .....	52
Tabla 17. Datos para la determinación del color de las muestras.....	52
Tabla 18. Datos para la determinación del color de los blancos .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inicio de la oxidación de un ácido graso libre .....	3
Figura 2. Reacción con el oxígeno.....	3
Figura 3. Reacción de un peróxido con un ácido graso libre .....	4
Figura 4. Unión de dos radicales libres .....	4
Figura 5. Formación de compuestos secundarios.....	4

## RESUMEN

Los aceites vegetales después de ser usados en procesos de fritura sufren cambios físicos, y químicos por lo que el presente estudio tuvo como objetivo determinar índices de degradación de aceites vegetales en muestras tomadas de restaurantes de la ciudad, los principales análisis fueron el índice de acidez con un promedio de 0.496 por ciento de ácido oleico para las muestras y 0.203 por ciento de ácido oleico para los blancos utilizados; el índice de peróxidos con un promedio de 5,453 miliequivalentes de oxígeno por kilogramo, de aceite para las muestras y 1.034 miliequivalentes de oxígeno por kilogramo para los blancos; índice de saponificación de 198,814 miligramos de hidróxido de potasio por gramo, para las muestras y 192,084 miligramos de hidróxido de potasio por gramo para los blancos; en las pruebas físicas se obtuvo una densidad promedio de 1,263 para las muestras y 1,215 para los blancos, en el índice de refracción se obtuvo 1,469 para las muestras y 1,471 para los blancos, y por último se determinó el color obteniendo para las muestras un promedio de: Luminosidad (L)=63,2; Luminosidad hacia el rojo (a)= 10,1; Luminosidad hacia el amarillo (b)=34,8 y para los blancos: L=40,6; a=-1,2; b=9,9.

Los análisis permitieron determinar que existen muestras que sobrepasan las normas nacionales y se convierten en perjudiciales para la salud.

**Palabras clave:** aceites vegetales usados, índice de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, densidad de aceites, índice de refracción en aceites, color en aceites

## ABSTRACT

Vegetable oils after being used in frying processes undergo physical and chemical changes, so the present study aimed to determine degradation rates of vegetable oils in samples taken from restaurants in the city, the main analyzes were the acidity index with an average of 0.496 percent oleic acid for the samples and 0.203 percent oleic acid for the blanks; the peroxide index with an average of 5.453 milliequivalents of oxygen per kilogram of oil for the samples and 1.034 milliequivalents of oxygen per kilogram for the blanks; saponification index of 198.814 milligrams of potassium per gram for the samples and 192.084 milligrams of potassium per gram for the blanks; In the physical tests an average density of 1,263 was obtained for the samples and 1,215 for the blanks, in the refractive index 1,469 was obtained for the samples and 1,471 for the blanks, and finally the color was determined, obtaining an average for the samples from: Luminosity (L) = 63.2; Brightness towards red (a) = 10.1; Brightness towards yellow (b) = 34.8 and for blanks: Luminosity (L) = 40.6; Brightness towards red (a) = -1.2; Brightness towards yellow (b) = 9.9.

The analyzes made it possible to determine that there are samples that exceed national standards and become harmful to health.

**Keywords:** used vegetable oils, acid number, peroxide number, saponification number, oil density, refractive index in oils, colour in oils.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes investigativos

Según la **Constitución de la República del Ecuador, (2008)** en el Título VI, Capítulo tercero sobre soberanía Alimentaria se menciona que “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos.” y en uno de sus artículos menciona que será responsabilidad del estado “Prevenir y proteger a la población del consumo de alimentos contaminados o que pongan en riesgo sus salud o que la ciencia tenga incertidumbre sobre sus efectos.” . Con estas normas hace necesario que las organizaciones grandes o pequeñas que se dedican a la elaboración de productos de consumo humano cumplan con ciertas normas que garanticen un producto inocuo al consumidor, y el área de aceites y grasas no queda exenta de estas normativas por lo que se hace necesario determinar los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes ya que las frituras son muy consumidas a nivel nacional y mundial.

El consumo excesivo de grasas hace que se generen enfermedades cardiovasculares las que producen 17,3 millones de muertes al año en el mundo entero, además de que produce 32 millones de accidentes cerebro-vasculares, siendo la primera causa de muerte a nivel mundial (**Mendinueta & Herazo, 2015**). En el Ecuador se producen 12000 muertes al año por enfermedades cardiovasculares siendo la población adulta la que tiene más riesgos (**INEC, 2016**). La ingesta de aceites con alto grado de reutilización podría aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer, por tener altas concentraciones de peróxidos que se forman por la reacción de los aceites con la luz y el oxígeno (**Villacres, Koziol & Egas, 2016**)

En el proceso de fritura se desarrollan propiedades organolépticas deseables como sabor, olor y color en el producto final, pero al mismo tiempo la grasa o aceite sufren cambios en su composición que pueden provocar olores extraños, incrementos en la viscosidad, espuma, pérdida de valor nutritivo como pérdida de vitaminas, todo esto debido a la luz, el calor y ciclos de uso, la calidad del aceite utilizado en el freído, lo que a la final termina causando oxidación de los ácidos grasos, convirtiéndolos en nocivos para la salud (**Santana, Mendivil, Félix, Ramírez & Cruz, 2019; Durán, Torres & Sanhueza, 2015; Rojas, & Narváez, 2011**).

La determinación de los índices de degradación tales como el grado de acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación y pruebas físicas como la densidad, índice de refracción y color en aceites vegetales, tienen importancia en el tratar de conocer que tan degradados terminan éstos luego de ser usados en la fritura.

El deterioro de los aceites se da en 3 fases: La primera está orientada a una oxidación en la que se forman peróxidos, puede darse a temperatura ambiente, por la temperatura de cocción, por el oxígeno del ambiente o el agua de los alimentos, en ésta fase no se ven modificadas las propiedades organolépticas de los aceites; la segunda fase, es una fase de propagación en la que los peróxidos siguen reaccionando con el oxígeno y con otros ácidos grasos libres formando hidroperóxidos; y la tercera fase, la fase de terminación en la que por la continua reacción se llegan a formar dímeros, polímeros, peróxidos cíclicos, aldehídos, cetonas, etc., que son compuestos que cambian las propiedades organolépticas de los aceites haciéndolo más oscuros y de olor desagradable (**Santana, Mendivil, Félix, Ramírez & Cruz, 2019; Tacias, Rosales & Torrestiana, 2015; & Juárez & Sammán, 2007**).

La acidez en los aceites puede aumentar por los átomos o grupos cercanos al grupo carboxílico provocando un efecto inductivo causando que grupos retiren electrones y se liberen ácidos grasos y aumenta la acidez, mientras que grupos que ceden electrones reducen la acidez como los antioxidantes (**Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute & Izaguirre, 2014**).

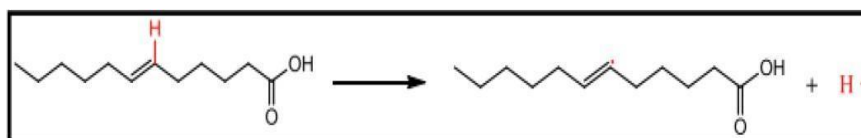
## Reacciones de degradación de aceites:

### Polimerización

Se da por la auto oxidación con los radicales libres, se forman nuevos compuestos lineales más o menos largos y otros de bajo peso molecular, son causantes del espesamiento de los aceites y generan residuos marrones en las freidoras (Juárez & Sammán, 2007; & Preciado, 2017).

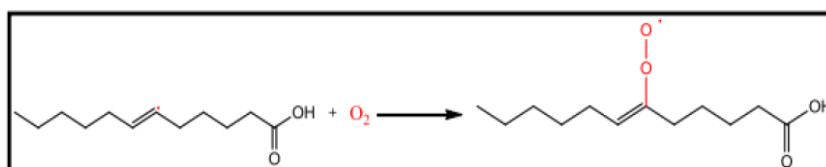
### Oxidación

Se da por la interacción directa de los aceites con el aire o agua, como se observa en la figura 1, ocurre una degradación de un ácido graso al que se le extrae un hidrógeno alílico de su cadena y estos producen radicales libres activos, los radicales libres reaccionan entre si y actúan como iniciadores de más radicales libres (Ávila, Ordóñez, 2017; Carrión, 2017; González, Klee, Valle & Artiga, 2012).



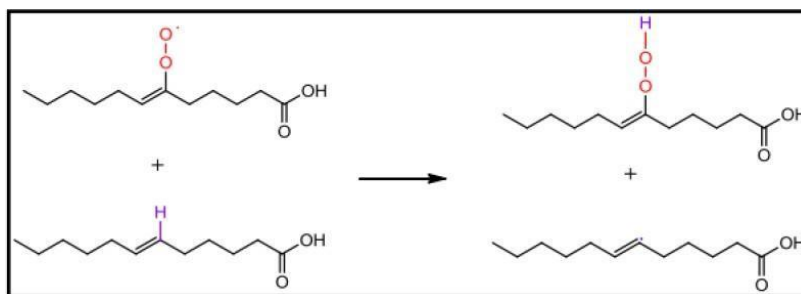
*Figura 1.* Inicio de la oxidación de un ácido graso libre. Fuente: (González et al. 2012)

En la figura 2, los peróxidos formados continúan reaccionando con el oxígeno o con otros ácidos grasos como se ve en la figura 3. El oxígeno ocupa el lugar del hidrógeno que se desplaza originando el radical peróxido, y éste puede reaccionar con otro ácido graso formando un hidroperóxido (González, Klee, Valle & Artiga, 2012).



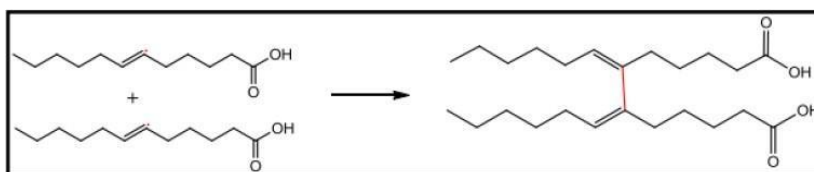
*Figura 2.* Reacción con el oxígeno. Fuente: (González et al. 2012)



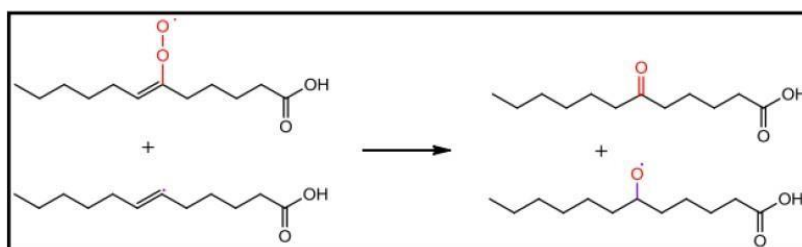


**Figura 3.** Reacción de un peróxido con un ácido graso libre. Fuente: (González et al. 2012)

Por último, como se observa en la figura 4 y 5, se da la unión de dos radicales libres, formándose compuestos secundarios como aldehídos, cetonas, alcoholes y polímeros



**Figura 4.** Unión de dos radicales libres. Fuente: (González et al. 2012)



**Figura 5.** Formación de compuestos secundarios. Fuente: (González et al. 2012)

### Hidrólisis

Es la reacción del agua de los alimentos y el vapor de agua con los enlaces éster de los triglicéridos para formar ácidos grasos libres, monoglicéridos, diglicéridos y glicerol. En la hidrólisis se forman burbujas de vapor y cuando el aceite está caliente forma espuma lo que atrapa los vapores y al quedarse al interior del aceite hace que reaccione y rompa a más triglicéridos (**Juárez & Sammán, 2007; & Preciado, 2017**).

## **Compuestos polares**

La formación de compuestos polares se da por la descomposición de los hidroperóxidos para formar compuestos carbonílicos volátiles que parcialmente se van eliminando como vapores pero los no volátiles se van acumulando y estos poseen una polaridad mayor que se puede determinar mediante cromatografía de absorción en columna de sílica gel (**Juárez & Sarmán, 2007; & Preciado, 2017**).

Otros estudios en ratas Sprague han demostrado que el estrés oxidativo dañó la función endotelial y causó hipertensión. El daño oxidativo por sobrecalentamiento de aceites está implicado en las enfermedades cardiovasculares además del daño celular, alteraciones enzimáticas y mutagenicidad de ácidos nucleicos (**Santana, Mendivil, Félix, Ramírez & Cruz, 2019**).

En otras investigaciones se menciona que los aceites son una fuente importante de fitoquímicos o más conocidos como compuestos Bioactivos, como los fitoesteroles, fitoestrógenos, flavonoles, caroteno, tocoferoles, los que tienen propiedades preventivas de enfermedades como los encontrados en el aceite de oliva, los que han ayudado en la prevención de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares. Por lo que si tienden a perderse estas propiedades se puede disminuir los niveles nutricionales de éstos (**Durán, Torres, & Sanhueza, 2015**).

Un correcto enfoque sería alertar a la población sobre los posibles problemas en su salud por los índices de degradación obtenidos y ésta pueda concientizar y prevenir así futuras enfermedades, tomando medidas como la no reutilización excesiva de los aceites.

Además, el obtener niveles adecuados de degradabilidad de los aceites puede hacer de estos una materia prima para la producción de un biocombustible como el biodiesel mediante una reacción de transesterificación con un aceite vegetal virgen o usado, un alcohol y un catalizador. Y así ayudar a la

disminución de la contaminación por aceites vegetales arrojados a las alcantarillas o al suelo (**Zavaleta & Suavo, 2016**).

Por lo que en el afán de conocer el estado de los aceites vegetales usados en procesos de fritura se hace necesario realizar estudios de las características físicas y químicas de éstos y así saber el estado en el que éstos terminan y los posibles problemas que pueden causar en la salud de los consumidores en la ciudad de Ambato.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Determinar los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar los índices físicos y químicos característicos de los aceites vegetales usados en procesos de fritura.
- Relacionar los parámetros físicos y químicos índice de acidez, índice de saponificación, índice de peróxidos, densidad, índice de refracción y color, con el grado de degradación de los aceites vegetales usados en procesos de fritura.
- Establecer el grado de alteración de los aceites vegetales usados en los procesos de fritura en los establecimientos, a partir de la variación de sus índices físicos y químicos característicos.

### **1.3 Hipótesis**

#### **1.3.1 Hipótesis Nula**

Los índices de degradación y pruebas físicas realizadas en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato no presentan índices significativos de degradación.

#### **1.3.2 Hipótesis Alternativa**

Los índices de degradación y pruebas físicas realizadas en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato presentan índices significativos de degradación.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Materiales**

##### **2.1.1 Materia Prima**

Las muestras de aceite vegetal usado se recolectaron en frascos de plástico de 500 ml y éstos fueron de diferentes restaurantes de la ciudad de Ambato; en total se recolectaron 40 muestras, después de 1 mes, 40 muestras más y después de otro mes, otras 40 muestras, con un total de 120 muestras, posteriormente fueron filtradas usando embudos de vidrio y papel filtro para eliminar restos de alimentos e impurezas.

##### **2.1.2 Materiales de laboratorio, equipos y reactivos**

###### **Materiales de laboratorio**

Bureta 25 ml  
Matraz aforado  
Placas de Petri  
Varilla de vidrio  
Probeta  
Pipeta  
Rotulador  
Botellas de plástico  
Papel filtro  
Embudos de vidrio  
Densímetro  
Matraz Erlenmeyer  
Condensador de reflujo  
Vasos de precipitación

###### **Equipos de laboratorio**

Sorbona  
Balanza Mettler Toledo

Lovibond Spectrocolorimeter LC 100

Refractómetro ABBA

Plancha calefactora

Equipo de seguridad

Plancha de agitación

## **Reactivos**

Etanol grado analítico

Hidróxido de potasio NOVACHEM

Tiosulfato sódico

Dicromato de potasio

Ácido acético glacial grado analítico

Éter dietílico grado analítico

Cloroformo AR LOBACHEMIE

Yoduro potásico

Fenolftaleína

Almidón

Ácido clorhídrico 37% ACS FISHER SCIENTIFIC

Agua destilada

Naranja de metilo

Carbonato de sodio

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 Determinación del Grado de Acidez**

La determinación del índice de acidez se lo realizó según la Norma INEN 38 (1973), para lo cual se pesó en un matraz aproximadamente 3 gr de aceite vegetal usado, a éste se le agregó 25 ml de una mezcla de éter dietílico y etanol al 95% (v/v) en proporción de volumen 1:1; luego se añadió unas gotas de solución de fenolftaleína preparada en etanol y por último se tituló con una solución etanólica valorada de Hidróxido potásico 0,1M hasta el viraje a color rosa.

Se realizó 3 análisis a cada muestra y también se realizó simultáneamente ensayos en blanco, usando aceites como El Cocinero, Alesol semillas de canola, Alesol semillas de soya, La Favorita Girasol, Alesol vegetal semillas de soya y palma y Alesol semillas de girasol.

El cálculo del grado de acidez se realizó mediante la Ecuación 1

$$\% \text{ grado de acidez (ácido oleico)} = \frac{*}{\dagger 10} * \quad (\text{Ecuación 1})$$

**Donde:**

**V** = volumen de la solución valorada de hidróxido de potasio utilizado (ml).

**c** = concentración exacta de la solución de hidróxido de potasio utilizada (mol/L)

**M** = peso molecular del ácido en el que se expresa el resultado (ácido oleico =282.47 g/mol)

**P** = peso de la muestra utilizada (g).

### 2.2.2 Determinación del Índice de Peróxidos

La determinación del índice de peróxidos se realizó tomando en cuenta la Norma INEN 277 (1978), para lo cual se pesó en un matraz 2 gr de aceite vegetal usado, al que se añadió 10 ml de cloroformo, se agitó hasta disolver, luego se añadió 15 ml de ácido acético glacial y a continuación 1 ml de solución de yoduro potásico, se tapó el matraz con un plástico y se agitó por 1 minuto para luego dejarlo reposar por 5 minutos en un lugar oscuro.

Luego de transcurrido el tiempo se agregó 75 ml de agua destilada y se valoró el yodo liberado con una solución de tiosulfato sódico 0,01N utilizando además almidón como indicador.

Se realizó 3 análisis a cada muestra y también se realizó simultáneamente ensayos en blanco, usando aceites como El Cocinero, Alesol semillas de canola, Alesol semillas de soya, La Favorita Girasol, Alesol vegetal semillas de soya y palma y Alesol semillas de girasol.

El cálculo del índice de peróxidos se realizó mediante la Ecuación. 2

$$= \frac{\ast \ast}{1000}$$

(Ecuación 2)

**Donde:**

**V** = ml de solución valorada de tiosulfato sódico utilizados en el ensayo

**N** = normalidad exacta de la solución de tiosulfato sódico utilizado.

**P**= peso en gramos de la muestra de aceite.

### 2.2.3 Determinación del Índice de Saponificación

La determinación del índice de saponificación se realizó tomando en cuenta la Norma INEN 40 (1973), para lo cual se pesó en un matraz aproximadamente 1 gr de muestra de aceite vegetal usado, y se agregó 12,5 ml de solución etanólica de hidróxido de potasio 0,5 N, se llevó a ebullición adaptando el matraz con la muestra a un condensador de reflujo por el tiempo de 40 minutos con agitación constante.

Se retiró de la fuente de calor y se agregó unas 3 o 4 gotas de fenolftaleína y se valoró la solución aún caliente con una solución de ácido clorhídrico 0,5 N. Se realizó 3 análisis a cada muestra y también se realizó simultáneamente ensayos en blanco, usando aceites como El Cocinero, Alesol semillas de canola, Alesol semillas de soya, La Favorita Girasol, Alesol vegetal semillas de soya y palma y Alesol semillas de girasol.

El cálculo del índice de saponificación se realizó mediante la Ecuación 3.

$$= \frac{()}{\ominus}$$

(Ecuación 3)

**Donde:**

(/1) = ((/1)añadido - n (KOH/1) exceso) \* M(KOH/1)



$$m(\text{KOH}/1) = [(V * c (\text{KOH}/1) \text{añadido}) - (V * c (\text{HCl}/1) \text{consumido})] * M (\text{KOH}/1)$$

m (aceite) = peso en gramos de la muestra de aceite

#### 2.2.4 Densidad

La densidad se determinó usando una probeta de 250 ml en la que se colocó la muestra de aceite vegetal usado y con la ayuda de un densímetro se midió la densidad de cada una de las muestras incluidas las muestras de aceite usadas como blancos.

#### 2.2.5 Determinación del Índice de Refracción

La determinación del índice de refracción se realizó tomando en cuenta la Norma INEN 42 (1973), Se determinó el índice de refracción usando un refractómetro ABBE, se colocó una gota de la muestra entre los prismas del refractómetro y se procedió a leer el valor marcado en el equipo, la lectura se realizó a temperatura ambiente.

Calculo de la corrección a 25°C.

$$= ' + ( ' - )$$

(Ecuación 4)

**Siendo:**

**R** = índice de refracción a t °C

**R'** = índice de refracción a t°C

**t** = temperatura de referencia (25°C ó 40°C)

**t'** = temperatura a la cual se realizó la determinación, en °C

**K**= 0.000365 para grasas, y 0,000385 para aceites.

#### 2.2.6 Determinación del Color

Se colocó en pequeñas placas Petri las muestras de aceite para luego ser colocadas en el cilindro del equipo Lovibond Spectrocolorimeter LC 100 debidamente calibrado y se leyó con el equipo los valores L\*, a\* y b\*.

### **2.3 Análisis estadístico.**

Se evaluó cada parámetro comparando las muestras obtenidas con los blancos empleados como referencia para lo que se aplicó un análisis de varianza ANOVA simple, para ver si hay diferencias significativas entre las medias de las variables, se aplicó la prueba de Bonferroni para demostrar que existen diferencias significativas entre las muestras de los restaurantes frente a los blancos.

## CAPITULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Índice de Acidez

El índice de acidez son los mg de KOH necesarios para neutralizar 1 gramo de grasa; permite evaluar la calidad ya que mide el grado de descomposición y se determinan en base a que los ácidos grasos son solubles en alcohol y los glicéridos no (Medin, 2016; Panreac, 1999; & Rivera, Gutierrez, Gomez, Matute & Izaguirre, 2014).

*Tabla 1. Resultados para el índice de acidez de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN.*

<b>Código</b>	<b>Promedio (%ác.oleico)</b>	<b>Desviación</b>	<b>Norma (%ác. Oleico)</b>
<b>IA1</b>	0,543	0,319	
<b>IA2</b>	0,331	0,099	<b>INEN 1 640</b>
<b>IA3</b>	0,399	0,134	<b>1988</b>
<b>IA4</b>	0,301	0,140	<b>(aceite de palma)</b>
<b>IA5</b>	0,338	0,175	<b>0.2</b>
<b>IA6</b>	0,314	0,096	
<b>IA7</b>	1,176	1,548	<b>NTE INEN 33:</b>
<b>IA8</b>	0,267	0,107	<b>1973</b>
<b>IA9</b>	0,268	0,022	<b>(aceite de soya)</b>
<b>IA10</b>	0,427	0,236	<b>0.2</b>
<b>IA11</b>	1,608	1,063	
<b>IA12</b>	0,656	0,619	<b>NTE INEN</b>
<b>IA13</b>	0,381	0,082	<b>26:1973</b>
<b>IA14</b>	0,381	0,077	<b>(aceite de girasol)</b>
<b>IA15</b>	0,576	0,270	<b>0.2</b>
<b>IA21</b>	0,333	0,101	
<b>IA22</b>	0,889	0,663	
<b>IA23</b>	0,313	0,020	
<b>IA24</b>	0,346	0,151	

<b>IA25</b>	0,297	0,073
<b>IA26</b>	0,329	0,026
<b>IA28</b>	0,433	0,054
<b>IA29</b>	0,323	0,025
<b>IA30</b>	0,575	0,565
<b>IA32</b>	0,228	0,126
<b>IA33</b>	0,373	0,216
<b>IA34</b>	0,311	0,094
<b>IA35</b>	0,424	0,082
<b>IA36</b>	0,461	0,135
<b>IA37</b>	0,360	0,067
<b>IA38</b>	0,410	0,033
<b>IA39</b>	0,328	0,019
<b>IA40</b>	0,429	0,188
<b>IA43</b>	1,641	0,946
<b>IA44</b>	0,641	0,478
<b>IA45</b>	0,380	0,092
<b>IA47</b>	0,335	0,220
<b>IA48</b>	0,638	0,047
<b>IA49</b>	0,496	0,344
<b>IA51</b>	0,589	0,588
<b>Promedio</b>	0,496	0.318

---

<b>Blancos</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	0,135	0,046
<b>B2</b>	0,108	0,047
<b>B3</b>	0,571	0,001
<b>B4</b>	0,108	0,023
<b>B5</b>	0,190	0,046
<b>B6</b>	0,108	0,047
<b>Promedio</b>	0.203	0.183

---

Los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre las réplicas analizadas, dando a entender que la metodología empleada ayudó en la

determinación de valores correctos para la determinación del índice de acidez, sin embargo al realizar un ANOVA de un factor entre el promedio de la acidez de las réplicas frente a los blancos utilizados se encontró que existe diferencia significativa entre éstas muestras, ya que es notorio que se obtuvieron valores superiores a los reportados en la norma **INEN 38, 1973; NTE INEN 1 640: 1988; NTE INEN 33: 1973 y NTE INEN 26:1973** para aceites vegetales que es de 0,2% como valor máximo, y la Norma **NTE INEN 2678: 2013** para aceites comestibles reutilizados permite hasta un 3% de ácidos grasos libres. Los blancos utilizados entran en este rango a excepción del blanco 3 que presentó un valor superior al 0,2%.

En la determinación de la acidez los niveles máximos de acidez fueron en las muestras IA7, IA11, IA22, IA43 con valores de 1.176; 1.608; 0.889 y 1.641 respectivamente e indican que hay aceites con niveles altos de oxidación, Los resultados también indican que la mayoría de muestras se encuentran en valores entre 0.228 y 0,655 % de acidez.

En un estudio realizado por **López, Hernández, Ávalos, Tirado & Hernández, (2018)** muestran valores de acidez obtenidos de aceites antes de ser usados en procesos de fritura como el de maíz, soya y girasol, en este experimento obtienen 0,20, 0,10 y 0,20 (mgKOH/g) respectivamente, que son valores relativamente similares a los obtenidos de los blancos reportados en la tabla 1, los aceites usados como blancos fueron B1 (aceite El Cocinero que tiene una mezcla de aceite de palma y aceite de soya), B2 (aceite Alesol semillas de canola), B3 (Alesol semillas de soya), B4 (aceite La Favorita girasol), B5 (aceite Alesol vegetal semillas de soya y palma), y B6 (aceite Alesol semillas de girasol). En la tabla 1 también se puede observar los valores encontrados en las normas ecuatorianas y se observa que los valores de acidez de los blancos no superan el 0,2 % de acidez (%ácido oleico), por lo que los aceites y la metodología se encuentran dentro de las normas e indican buenos niveles de acidez a excepción del B3.

**López, Hernández, Ávalos, Tirado & Hernández, (2018)** también muestran en su experimento valores de acidez obtenidos de aceites vegetales usados luego de 180 minutos de fritura y estos fueron de 0,55 para el aceite de maíz,

0,40 para el aceite de girasol y 0.35 para el aceite de soya, demostrando que al momento de usar los aceites estos ya empiezan a oxidarse, comparados con los datos experimentales la mayoría se encuentran entre el 0.228 y 0,655 % de acidez que podrían ser considerados como valores promedios de acidez, dando a entender que los aceites son usados más de 180 minutos o incluso días por los valores altos que se encontraron en las muestras IA7, IA11, IA22, IA43 con valores de 1.176; 1.608; 0.889 y 1.641 respectivamente.

En el experimento de **Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute, Izaguirre, 2014** en muestras de aceites vegetales de restaurantes obtienen índices de acidez de 1,0109 mgNaOH/g aceite (0.508% ácido oleico) después de 1 día de uso; 1,2306 mgNaOH/ g aceite (0.6184% ácido oleico) después de 4 días de uso, y 13,7519 mgNaOH/ g aceite (6,9105% ácido oleico) después de 20 días de uso, por lo que se puede deducir que las muestras con altos índices de acidez seguramente fueron usadas más de 4 días.

Al comparar las muestras físicas con los datos de acidez algunas presentan coloraciones claras con altos índices de acidez y otras son oscuras y tienen bajos índices de acidez lo que puede deberse a que las muestras claras con altos índices de acidez pueden estar siendo utilizadas para freír un solo tipo de alimento que no desprende color o se fragmenta cambiando así la coloración, sin embargo es utilizado por largos períodos de fritura, mientras que el oscuro y con bajos niveles de acidez puede ser que fue utilizado para freír alimentos que desprendan color u antioxidantes y éste se oscurece sin embargo no es utilizado varias veces en la fritura, es por eso que la determinación de la acidez no es una prueba cuantitativa muy confiable en la determinación del grado de degradación de los aceites.

Los aceites al estar almacenados por largos periodos de tiempo tienden a aumentar la acidez, **Zumbado, (2008)** menciona que el índice de acidez aumenta debido a que en las semillas y frutos oleaginosos existen enzimas lipasas que ayudan en la descomposición de los aceites en ácidos grasos y glicerina, pero estos llegan hasta un nivel máximo y después empiezan a disminuir porque los ácidos grasos libres generados empiezan a sufrir otro tipo de descomposición por la presencia del oxígeno, la humedad, luz, temperatura,

microorganismos, etc. (Santana, Mendivil, Félix, Ramírez & Cruz, 2019), y se forman otros compuestos como hidroperóxidos, y con más descomposición se pueden generar compuestos volátiles de bajo peso molecular hasta finalizar con la formación de polímeros, radicales libres que pueden causar daños irreversibles al reaccionar con el ADN, lípidos o proteínas, además de destruir bacterias, e inactivar enzimas (Durán, Torres, & Sahueza, 2015; Abilés, Ramón, Moratalla, Pérez, Morón & Ayala, 2009).

Por lo tanto, el que se determine el índice de acidez de los aceites vegetales usados no es un indicativo muy confiable de que tan degradado está el aceite ya que si el índice de acidez es bajo puede ser que las lipasas hayan hidrolizado poco aceite o puede indicar que ya hubo un tope máximo de generación de ácidos grasos y estos se están convirtiendo en otros productos, por ende, baja el porcentaje de ácidos grasos libres que pueden ser identificados con la metodología empleada.

El índice de acidez permite medir la oxidación de los ácidos grasos insaturados ya que también son el resultado de la reacción del oxígeno con los dobles enlaces del ácido graso; ésta reacción puede suceder en el tiempo en que estos aceites están almacenados o cuando estos ya están siendo usados para freír, causado por el oxígeno del ambiente o el agua en los alimentos; también por metales como el cobre y hierro que aceleran la oxidación de los aceites por lo que puede ser otro indicio del por qué se presentaron niveles altos de acidez ya que se utilizan este tipo de materiales en la fritura siendo el sartén o los cucharones los que son hechos de metales y son los más utilizados en restaurantes al momento de freír cualquier tipo de alimento (Juárez, & Sarmán, 2007).

El incremento de compuestos oxidados genera que estos sigan reaccionando y se formen hidroperóxidos, los cuales al seguir reaccionando pueden dar origen a que se produzcan aldehídos, alcoholes, ácidos, cetonas, hidrocarburos y lo más peligroso la formación de radicales libres que originan monómeros oxidados, dímeros, polímeros, epóxidos, y estas sustancias hacen que los aceites cambien su propiedades físicas y químicas y que perjudican la salud de los consumidores (Juárez, & Sarmán, 2007).

### 3.2 Índice de Peróxidos

El índice de peróxidos se define por la cantidad de peróxidos en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa que causan la oxidación del yoduro potásico para producir yodo que se valora con tiosulfato (**Panreac, 1999; & Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute, Izaguirre, 2014**).

*Tabla 2. Resultados para el índice de peróxidos de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN.*

<b>Código</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>	<b>Norma</b>
<b>IP1</b>	2,033	0,732	
<b>IP2</b>	5,506	2,856	<b>NTE INEN</b>
<b>IP3</b>	3,848	2,998	<b>34:2012</b>
<b>IP4</b>	3,649	0,649	<b>10 meqO<sub>2</sub>/Kg</b>
<b>IP5</b>	2,730	0,795	
<b>IP6</b>	3,621	2,246	<b>Codex Stan 19-</b>
<b>IP7</b>	1,121	0,081	<b>1981</b>
<b>IP8</b>	7,487	6,157	<b>10 – 15 meqO<sub>2</sub>/Kg</b>
<b>IP9</b>	5,525	2,847	
<b>IP10</b>	8,243	10,305	
<b>IP11</b>	10,887	11,453	
<b>IP12</b>	4,488	2,343	
<b>IP13</b>	6,735	3,766	
<b>IP14</b>	5,837	4,598	
<b>IP15</b>	4,794	3,280	
<b>IP21</b>	12,018	7,112	
<b>IP22</b>	5,657	3,733	
<b>IP23</b>	7,013	5,512	
<b>IP24</b>	10,707	11,270	
<b>IP25</b>	11,895	7,142	
<b>IP26</b>	8,515	7,303	
<b>IP28</b>	3,653	3,101	
<b>IP29</b>	7,439	5,252	



<b>IP30</b>	2,159	2,047
<b>IP32</b>	5,776	4,967
<b>IP33</b>	6,305	3,808
<b>IP34</b>	7,512	8,340
<b>IP35</b>	4,515	1,980
<b>IP36</b>	5,549	7,423
<b>IP37</b>	3,801	1,663
<b>IP38</b>	3,324	1,170
<b>IP39</b>	2,851	1,704
<b>IP40</b>	3,322	2,662
<b>IP43</b>	5,610	3,381
<b>IP44</b>	5,199	2,946
<b>IP45</b>	3,175	3,052
<b>IP47</b>	5,432	2,452
<b>IP48</b>	1,985	0,963
<b>IP49</b>	2,139	1,017
<b>IP51</b>	6,065	3,293
<b>Promedio</b>	5,453	2,713
<b>Blancos</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	1,115	0,180
<b>B2</b>	1,333	0,179
<b>B3</b>	1,214	0,282
<b>B4</b>	0,715	0,180
<b>B5</b>	0,912	0,301
<b>B6</b>	0,914	0,004
<b>Promedio</b>	1,034	0,228

Los resultados muestran diferencias significativas entre el promedio de las muestras frente a los blancos utilizados como referencia, se observan valores muy superiores a la Norma **NTE INEN 34:2012** que acepta valores de hasta 10 meqO<sub>2</sub>/Kg y muestras como IP 11, IP21, IP24, IP25, con valores de 10,887; 12,018; 10,707; 11,895, respectivamente, muestran valores superiores a 10

meq de O<sub>2</sub>/kg que pueden ser peligrosos para la salud, sin embargo no son la mayoría de las muestras.

Otra norma como el **Codex Stan 19-1981** acepta índices de peróxidos hasta 15 meqO<sub>2</sub>/Kg para aceites vírgenes, prensados en frío y grasas. Y 10 meqO<sub>2</sub>/Kg para otros aceites y grasas.

Para el índice de peróxidos en los blancos (tabla 2) se muestran valores muy aceptables debido a que son bajos en relación a las muestras y están dentro de la norma.

**Ávila, & Ordoñez, 2017**, en su experimento realizado sobre la determinación de peróxidos en aceites usados en la fritura de papas a diferentes temperaturas obtuvieron índices de peróxidos de 44.5 mEqO/Kg de aceite a 140°C y 5,2 mEqO/Kg de aceite a 225°C concluyendo que al someter los aceites a altas temperaturas estos aumentan hasta un punto máximo y luego empiezan a disminuir para transformarse a otros compuestos químicos; al comparar los resultados obtenidos en la investigación se ve que pocas son las muestras que apenas superan los 10 mEqdeO<sub>2</sub>/Kg, por lo que con éste análisis se podría interpretar que los aceites no fueron reutilizados por muchos periodos de tiempo y que los niveles de peróxidos se encontraban en aumento.

Otros factores que se han demostrado que influyen en la hidrólisis y oxidación de los aceites son el hidróxido de sodio que se usa como sustancia que ayuda en la limpieza de las freidoras, y el calor durante el proceso de freír, por lo que se recomienda mantener una temperatura constante, no usar muchas veces el mismo aceite, y renovar el aceite cambiándolo o adicionando uno nuevo (**Ávila, & Ordoñez, 2017**).

**Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute, & Izaguirre, (2014)** al experimentar en aceites vegetales usados de restaurantes obtuvieron 0.75 meqO<sub>2</sub>/Kg para el aceite de oleína de palma sin usar, un dato que es bajo al ser un aceite sin ser usado, y similar a los obtenidos en los blancos ya que no superan el 1,333 de meqO<sub>2</sub>/Kg aceite.

En el mismo experimento encontraron que el mayor índice de peróxidos fue de 8.84 meqO<sub>2</sub>/Kg aceite con 5 días de uso, y 6 meqO<sub>2</sub>/Kg aceite con 20 días de

uso, concluyendo que en la muestra con 8,84 meqO<sub>2</sub>/Kg aceite no hubo cambios de aceite y hubo cambios de temperatura no controlados, por lo que con los datos obtenidos se observa que los aceites estaban en proceso de formación de peróxidos y los que tienen valores más de 10 meqO<sub>2</sub>/Kg aceite pueden indicar que los establecimientos están usando el aceite por varios ciclos de fritura sin renovar o añadir nuevo aceite y con temperaturas muy elevadas **Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute, & Izaguirre, (2014).**

En un experimento para obtener biodiesel realizado por **Torres, Lugo, Castillo, Lugo, Cervantes, & Salazar, (2013)** a partir de aceites vegetales usados obtienen 16.58 meqO<sub>2</sub>/Kg de índice de peróxidos mientras que **Zavaleta, & Suavo, (2016)** obtienen 4 meqO<sub>2</sub>/Kg, siendo aceites buenos para obtener este tipo de biocombustible, por lo que los aceites que se desechan de estos establecimientos analizados pueden ser de gran utilidad para ser usados en la obtención de biodiesel como medida alternativa de desecharlos al suelo o al alcantarillado.

Los cambios oxidativos en los aceites vegetales se da porque el oxígeno del aire reacciona con los dobles enlaces de los ácidos grasos formando así compuestos que al descomponerse originan otros debido a la continua reacción de los peróxidos, se pueden producir radicales libres que al reaccionar con la tiamina en el ADN nuclear causan muerte celular o transformaciones inadecuadas de las células, además de que la continua degradación da origen a los olores y sabores desagradables a lo que se le conoce como rancidez **(Villacres, Koziol & Egas, 2016).**

### **3.3 Índice de Saponificación**

El índice de saponificación está definida por el número de mg de KOH (hidróxido potásico) que se consumen en la saponificación de 1 gramo de grasa, y así los ácidos grasos de cadena corta tienen menor peso y consumen más KOH, por ende un índice más grande, por lo que para su determinación se saponifica una cantidad conocida de grasa con un volumen medido de KOH en etanol, luego de la reacción se titula el exceso que no se ha consumido con

ácido sulfúrico o ácido clorhídrico (Medin, 2016; Zumbado , 2008);

Preciado, 2017 & Yaulema, 2014).

*Tabla 3. Resultados para el índice de saponificación de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN.*

<b>Código</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>	<b>Norma INEN</b>
<b>IS1</b>	199,726	3,498	
<b>IS2</b>	202,158	2,778	<b>NTE INEN 1 640</b>
<b>IS3</b>	202,402	2,253	<b>180 – 270 (palma)</b>
<b>IS4</b>	197,565	4,527	
<b>IS5</b>	203,084	1,106	<b>NTE INEN 33:</b>
<b>IS6</b>	199,525	1,232	<b>1973</b>
<b>IS7</b>	197,368	5,536	<b>188 – 195 (Soya)</b>
<b>IS8</b>	197,637	4,229	
<b>IS9</b>	197,964	2,799	<b>NTE INEN 26:</b>
<b>IS10</b>	197,678	3,956	<b>1973</b>
<b>IS11</b>	197,016	3,461	<b>188 – 194 (Girasol)</b>
<b>IS12</b>	199,705	5,794	
<b>IS13</b>	200,073	5,300	
<b>IS14</b>	201,829	4,474	
<b>IS15</b>	201,435	4,745	
<b>IS21</b>	195,105	5,224	
<b>IS22</b>	200,184	1,823	
<b>IS23</b>	199,752	4,849	
<b>IS24</b>	198,248	5,393	
<b>IS25</b>	199,593	1,209	
<b>IS26</b>	199,598	1,173	
<b>IS28</b>	200,118	2,346	
<b>IS29</b>	203,383	2,170	
<b>IS30</b>	197,288	3,478	
<b>IS32</b>	199,794	2,848	
<b>IS33</b>	199,174	3,260	
<b>IS34</b>	198,153	1,004	

<b>IS35</b>	203,192	1,069
<b>IS36</b>	199,284	0,746
<b>IS37</b>	194,561	2,821
<b>IS38</b>	198,174	1,368
<b>IS39</b>	196,001	2,334
<b>IS40</b>	197,281	1,397
<b>IS43</b>	198,537	2,365
<b>IS44</b>	197,368	1,228
<b>IS45</b>	195,859	5,481
<b>IS47</b>	198,963	0,663
<b>IS48</b>	195,096	0,767
<b>IS49</b>	197,015	4,436
<b>IS51</b>	195,682	4,670
<b>Promedio</b>	198,814	2,280
<b>Blancos</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	195,401	1,136
<b>B2</b>	193,085	8,201
<b>B3</b>	192,486	2,098
<b>B4</b>	189,740	2,527
<b>B5</b>	187,930	9,598
<b>B6</b>	193,862	1,261
<b>Promedio</b>	192,084	2,760

El índice de saponificación entre las muestras y los blancos analizados muestran diferencias significativas debido a que los valores obtenidos en los blancos son menores a los obtenidos de las muestras pero según las normas que regulan a los aceites como la **NTE INEN 1 640; NTE INEN 33:1973; NTE INEN 26: 1973** el aceite de palma presenta un rango más amplio de aceptación de índice de saponificación mientras que el aceite de girasol y soya tienen rango de aceptación menor, hasta 195 para el aceite de soya y 194 para el aceite de girasol, por lo que si se compara con estas normas se puede decir que están ligeramente excediendo los límites de índice de saponificación del aceite de

soya y girasol. No se puede comparar con mayor exactitud debido a que son muestras muy variadas y porque se usan diferentes aceites en la fritura.

En la determinación de **Díaz, (2016)**, obtiene valores de IS de aceites sin usar de 201 para el aceite de palma y 192 para el aceite de soya, siendo similares a los de las normas, al compararlos con los blancos estudiados en esta investigación el que tiene mayor IS es el blanco B1 que es el aceite El Cocinero que tiene una mezcla de aceite de palma y aceite de soya, el resto de blancos se encuentran dentro de las normas para aceite de girasol y soya ya que son combinaciones de aceites de soya, girasol, y canola.

**Ordoñez, Chaves, Rodríguez, Murcia, & Alvarado, (2013)**, en su estudio sobre la obtención de biodiesel a partir de aceite residual de cocina obtienen 201,5 mg KOH/g para aceite desechado, 185,6 para aceite usado y 160,1 para aceite fresco, mientras que en **Torres, Lugo, Castillo, Lugo, Cervantes, & Salazar, (2013)** obtienen 179,51 para aceite no filtrado y 157,08 para aceite filtrado, siendo estos niveles adecuados para obtener un buen biocombustible, por lo que las muestras estudiadas pueden también ser usadas para este propósito si se desea dar un uso a los aceites vegetales usados.

**Tacias, Rosales & Torrestiana, (2015)** en su experimento sobre aceites usados en restaurantes obtienen valores de saponificación entre 183,75 – 198,54 mgKOH/g que tampoco se alejan de los reportados en esta investigación.

Por el índice de saponificación se ve que hay ácidos grasos de cadena corta porque el IS son altos y como mencionan (**Medin, 2016; Zumbado , 2008**); **Preciado, 2017 & Yaulema, 2014**) si se consume más KOH es porque hay presencia de ácidos grasos de cadena corta, lo que también es producto de la oxidación.

### 3.4 Densidad

La densidad de los aceites se encuentra entre 0,9 a 0,93 g/ml a 25°C y esta disminuye al aumentar la temperatura y aumenta por la presencia de impurezas (Medin, 2016).

En los aceites vegetales usados ocurre otros tipos de reacciones como la polimerización que hace que los aceites se espesen y se formen residuos marrones en las freidoras debido a la acumulación de los productos de la continua oxidación de los aceites, lo que puede afectar en la densidad haciéndolos más espesos (Juárez, & Sammán, 2007).

*Tabla 4. Resultados para la densidad de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN.*

Código	Promedio	Desviación	Norma INEN
D1	1,20	0,006	
D2	1,30	0,081	NTE INEN 1 640
D3	1,43	0,208	<b>0,891 – 0,914</b>
D4	1,27	0,104	<b>(palma)</b>
D5	1,27	0,064	
D6	1,23	0,006	NTE INEN 33
D7	1,27	0,067	<b>0,917 – 0,924</b>
D8	1,33	0,101	<b>(soya)</b>
D9	1,37	0,021	
D10	1,26	0,062	NTE INEN 26
D11	1,27	0,098	<b>0,915 -0,919</b>
D12	1,33	0,085	<b>(Girasol)</b>
D13	1,21	0,015	
D14	1,21	0,010	
D15	1,23	0,020	
D21	1,28	0,095	
D22	1,27	0,101	
D23	1,27	0,093	
D24	1,33	0,104	

<b>D25</b>	1,33	0,101
<b>D26</b>	1,27	0,104
<b>D28</b>	1,21	0,006
<b>D29</b>	1,27	0,104
<b>D30</b>	1,22	0,015
<b>D32</b>	1,21	0,015
<b>D33</b>	1,26	0,081
<b>D34</b>	1,22	0,010
<b>D35</b>	1,23	0,012
<b>D36</b>	1,23	0,015
<b>D37</b>	1,22	0,010
<b>D38</b>	1,27	0,098
<b>D39</b>	1,22	0,015
<b>D40</b>	1,23	0,023
<b>D43</b>	1,25	0,068
<b>D44</b>	1,22	0,012
<b>D45</b>	1,22	0,010
<b>D47</b>	1,36	0,017
<b>D48</b>	1,21	0,006
<b>D49</b>	1,28	0,099
<b>D51</b>	1,27	0,120
<b>Promedio</b>	1,263	0.052
<b>Blancos</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	1,22	-
<b>B2</b>	1,23	-
<b>B3</b>	1,2	-
<b>B4</b>	1,21	-
<b>B5</b>	1,22	-
<b>B6</b>	1,21	-
<b>Promedio</b>	1,215	0,010



Los resultados muestran niveles superiores a las normas INEN debido a que al medir la densidad se usaron los aceites sin previamente filtrarlos por lo que se ve que hay una mayor densidad debido a que las muestras presentaban gran cantidad de residuos de alimentos o incluso los mismos aldehídos, cetonas, polímeros, etc., productos que se forman por la oxidación e influyen en la densidad haciéndolos más espesos.

**Riba, Bernat, Baquero, Puig, & Rius, (2010)**, menciona que la densidad de los aceites vegetales decrece linealmente al aumentar la temperatura. En éste caso se determinó la densidad a temperatura ambiente de más o menos 20°C, sin calentarlos previamente.

### 3.5 Índice de Refracción

El índice de refracción mide la refracción de la luz a través del aceite y aumenta con el tamaño de la insaturación y las cadenas, este parámetro se usa para controlar el proceso de hidrogenación (**Medin, 2016**).

*Tabla 5. Resultados para el índice de refracción de las muestras y blancos, comparación con la norma INEN.*

Código	Promedio IR		Norma Inen
	25°C	Desviación	
<b>IR1</b>	1,468	0,001	
<b>IR2</b>	1,468	0,000	
<b>IR3</b>	1,469	0,001	<b>INEN 1 640</b>
<b>IR4</b>	1,469	0,000	<b>1.4680</b>
<b>IR5</b>	1,469	0,001	<b>(Palma)</b>
<b>IR6</b>	1,468	0,000	
<b>IR7</b>	1,467	0,001	<b>NTE INEN 33</b>
<b>IR8</b>	1,469	0,000	<b>1,472 – 1,476</b>
<b>IR9</b>	1,469	0,001	<b>(Soya)</b>
<b>IR10</b>	1,469	0,001	
<b>IR11</b>	1,468	0,002	<b>NTE INEN 26</b>
<b>IR12</b>	1,469	0,001	<b>1,471 – 1,475</b>
<b>IR13</b>	1,469	0,000	<b>(Girasol)</b>

<b>IR14</b>	1,468	0,000
<b>IR15</b>	1,468	0,001
<b>IR21</b>	1,468	0,000
<b>IR22</b>	1,469	0,000
<b>IR23</b>	1,468	0,001
<b>IR24</b>	1,469	0,001
<b>IR25</b>	1,469	0,000
<b>IR26</b>	1,468	0,000
<b>IR28</b>	1,468	0,000
<b>IR29</b>	1,468	0,001
<b>IR30</b>	1,469	0,000
<b>IR32</b>	1,468	0,001
<b>IR33</b>	1,469	0,001
<b>IR34</b>	1,468	0,000
<b>IR35</b>	1,468	0,000
<b>IR36</b>	1,468	0,001
<b>IR37</b>	1,468	0,000
<b>IR38</b>	1,468	0,001
<b>IR39</b>	1,468	0,000
<b>IR40</b>	1,469	0,001
<b>IR43</b>	1,469	0,002
<b>IR44</b>	1,468	0,001
<b>IR45</b>	1,468	0,000
<b>IR47</b>	1,468	0,002
<b>IR48</b>	1,469	0,000
<b>IR49</b>	1,475	0,012
<b>IR51</b>	1,468	0,001
<b>Promedio</b>	<b>1,470</b>	<b>0,001</b>
<b>Blancos</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	1,469	-
<b>B2</b>	1,470	-
<b>B3</b>	1,471	-
<b>B4</b>	1,472	-

<b>B5</b>	1,469	-
<b>B6</b>	1,472	-
<b>Promedio</b>	<b>1,473</b>	0,001

**Díaz, (2016)** Obtiene valores de 1,456 para el aceite de palma, 1,467 para el aceite crudo de soya y 1,474 para el aceite refinado de soya.

Al comparar los blancos con las normas se puede ver que el blanco B1 y B5 al ser aceites de palma presentan valores menores a los de los otros blancos.

En general las muestras presentan niveles de índice de refracción dentro de las normas.

**Yaulema, (2014)** Cada aceite presenta un índice de refracción característico y es un indicador de la pureza, se relaciona con el grado de saturación y es influenciado por la oxidación de los aceites.

### 3.6 Color

El color es una característica física y de calidad en alimentos que es muy importante, es una cualidad organoléptica que se aprecia por la vista, y se puede ver afectada por la presencia de pigmentos, textura, brillo, tipo de muestras y también al momento de ser medida puede ser afectada por la iluminación, y el observador (**Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014**).

El color de los aceites se puede determinar con vidrios Lovibond de color rojo o amarillo que miden en términos de unidades “rojo” y están estandarizados, sin embargo también se puede determinar por una valoración espectrofotométrica, en la investigación se utilizó el equipo Lovibond Spectrocolorimeter LC 100 (**Bailey, 2019**).

**Tabla 6.** Resultados para el color de las muestras y blancos.

<b>Muestra</b>	<b>Promedio</b>						
	<b>Código</b>	<b>L</b>	<b>Desviación</b>	<b>a</b>	<b>Desviación</b>	<b>b</b>	<b>Desviación</b>
	<b>C1</b>	74,1	13,158	15,8	2,942	27,3	14,931

<b>C2</b>	64,2	20,266	11,0	11,415	29,7	11,129
<b>C3</b>	74,9	9,267	9,7	7,462	21,1	18,252
<b>C4</b>	52,0	16,117	5,1	10,667	33,4	4,646
<b>C5</b>	60,2	14,668	9,8	5,468	44,1	13,606
<b>C6</b>	51,4	13,772	5,3	10,092	37,6	7,247
<b>C7</b>	55,6	3,887	4,2	9,287	37,5	6,076
<b>C8</b>	65,4	16,847	7,9	7,339	31,6	21,685
<b>C9</b>	70,8	18,052	5,8	0,917	24,1	20,440
<b>C10</b>	53,3	5,105	7,7	6,077	50,8	8,033
<b>C11</b>	64,7	8,072	20,8	5,827	39,8	7,801
<b>C12</b>	65,2	14,674	9,8	5,705	34,1	25,957
<b>C13</b>	70,0	11,984	18,2	1,379	34,7	14,820
<b>C14</b>	70,0	10,779	16,9	2,315	30,1	17,152
<b>C15</b>	71,5	15,798	13,4	0,310	28,2	15,639
<b>C21</b>	53,3	9,373	4,6	2,643	49,5	2,536
<b>C22</b>	56,6	13,888	9,3	9,364	38,1	2,806
<b>C23</b>	46,0	4,761	5,7	2,277	50,4	5,068
<b>C24</b>	60,9	14,091	8,5	2,583	40,7	10,584
<b>C25</b>	55,0	5,834	9,2	1,078	49,3	3,667
<b>C26</b>	69,9	16,084	15,7	4,706	30,3	15,486
<b>C28</b>	69,5	4,237	13,9	7,858	32,9	4,650
<b>C29</b>	56,5	3,900	11,4	0,770	49,7	4,405
<b>C30</b>	59,5	6,736	6,2	5,394	36,3	0,776
<b>C32</b>	59,0	6,120	0,9	2,065	32,4	6,258
<b>C33</b>	60,3	7,352	11,8	4,336	44,2	3,844
<b>C34</b>	62,7	6,554	10,3	6,990	38,7	13,568
<b>C35</b>	70,7	13,994	11,8	2,512	30,3	18,056
<b>C36</b>	72,5	13,506	11,3	3,204	28,7	18,193
<b>C37</b>	65,2	15,922	11,1	7,784	31,3	20,610
<b>C38</b>	69,1	22,885	7,6	7,508	17,3	13,727
<b>C39</b>	74,3	5,889	16,2	6,400	23,7	14,161
<b>C40</b>	69,4	8,760	14,2	3,311	32,0	17,302
<b>C43</b>	73,5	6,693	21,5	3,389	26,7	15,685

<b>C44</b>	66,3	24,898	5,6	5,606	32,3	34,709
<b>C45</b>	53,3	15,875	5,7	10,902	33,0	8,708
<b>C47</b>	62,3	8,694	12,1	9,059	40,3	10,014
<b>C48</b>	49,1	5,410	2,9	2,973	43,3	6,245
<b>C49</b>	53,2	7,265	3,7	7,268	36,1	8,667
<b>C51</b>	75,1	8,4	10,1	6,863	20,0	18,258
<b>Promedio</b>	63,2	8,155	10,1	4,853	34,8	8,509
<b>Blanco</b>	<b>L</b>	<b>Desviación</b>	<b>a</b>	<b>Desviación</b>	<b>b</b>	<b>Desviación</b>
B1	41,0	0,058	-2,1	0,058	14,7	0,058
B2	40,3	0,173	-1,3	0,208	9,5	0,462
B3	40,6	0,493	-0,8	0,058	7,9	0,173
B4	40,7	0,058	-0,5	0,100	5,5	0,153
B5	41,2	0,058	-2,1	0,100	14,3	0,058
B6	39,9	0,473	-0,5	0,404	7,2	1,153
<b>Promedio</b>	40,6	0,471	-1,2	0,744	9,9	3,826

El sistema CIELab utiliza tres coordenadas para ubicar un color en un espacio. La coordenada  $L^*$  está definida como luminosidad o claridad y puede tomar valores entre 0 a 100, la coordenada  $a^*$  se define como la luminosidad hacia el rojo si  $a^*$  es positiva, y hacia verde si  $a^*$  resulta ser negativa, la coordenada  $b^*$  se dirige hacia el amarillo si es positiva y si  $b^*$  es negativa se dirige hacia el azul. (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014).

**Rojas, & Narváez, (2011)** Obtuvieron valores de color de un aceite comercial llamado Frytol, de  $a=2,2$  y  $b=24$  empleando un colorímetro Lovibond PFX 880., en este mismo experimento se obtienen valores de aceites degradados de hasta  $a= 3.3$  y  $b=45$ , que indican que los aceites van a colores más rojos y más amarillos, los resultados de las muestras analizadas indican que los aceites se tornan más a los colores rojos y amarillos por que los valores de  $a^*$  y  $b^*$  son altos y positivos.

Los blancos presentan  $a^*$  negativa que indican que estos aceites se van más para el color verde y tienen  $b^*$  positiva que se dirigen a una tonalidad amarilla

y con un L\* promedio de 40,6 que quiere decir que tiene menos luminosidad que los aceites vegetales usados, ya que presentaron un L\* promedio de 63,2 es decir más luminosas.

**(Bailey, 2019)**, dice que el color de un aceite comestible comercial debe tener a\* de 2,5 o menos, lo que concuerda con los blancos debido a que son menores.

**Almeida, D., Curvelo, F., Costa, M., Viana, T., & Lima, P., (2017).** Reportan valores de un aceite vegetal usado en la fritura de un alimento llamada akara, y presentan valores de L\* entre 53,04 a 70,18; a\* -2.61 a 15,88 y b\* 52,34 a 72,69

Los valores de color de las muestras de L estuvieron entre 46 a 75,1 (presentaban más claridad, más luminosidad); a\* entre 0,9 a 21,5 (tendencia al color rojo) y b\*= 17,3 a 50,8 (tendencia al amarillo)

Para los blancos fueron L\*=39,9 a 41,2 (menos claridad); a\*= -2.1 a -0.5 (tendencia al color verde) y b\*=5,5 a 14,7 (tendencia al amarillo)

El deterioro de los aceites vegetales influye en la salud del hombre ya que en estudios realizados a hombres mayores de 50 años por ejemplo el aceite de soja parcialmente alterado cambio negativamente el perfil lipídico, en experimentos en ratones C57BL/6J a los que se les administro aceite de soja calentado, éstos aumentaron la masa grasa y disminuyeron de peso, mientras que en otras ratas disminuyeron la frecuencia cardiaca **(Durán, Torres & Sanhueza, 2015)**.

La generación de compuestos tóxicos luego de la fritura están relacionados con irritaciones intestinales, diarrea, aterosclerosis, retardo en el crecimiento de niños, diversos tipos de cáncer como el de próstata, diabetes tipo 2, hipertensión, diabetes gestacional, infarto del miocardio, daños en el hígado y riñón, afecta el perfil lipídico en el suero, presión arterial alta **(Santana, Mendivil, Félix, Ramírez & Cruz, 2019; Rojas, & Araya, 2019)**

En estudios realizados en aceite de girasol se encontró que éste aceite no es la mejor opción para personas diabéticas por que aumentó los niveles de insulina, glucosa, lipoproteínas y más colesterol LDL, que hacen que las arterias se

endurezcan causando la enfermedad de aterosclerosis (**Durán, Torres & Sanhueza, 2015**).

El aceite de canola da un efecto cardioprotector por sus altos niveles de ácidos grasos mono insaturados, pero no se recomienda usarlo en fritura debido a que cambia su perfil lipídico disminuyendo sus propiedades benéficas (**Durán, Torres & Sanhueza, 2015**).

El aceite más recomendado usar o consumir es el aceite de palma ya que no altera significativamente el perfil lipídico debido a que la composición del aceite de palma es similar a la grasa del tejido adiposo de los humanos. Lo que explicaría que en las normas es el aceite que tiene un mayor rango de aceptación de los diferentes índices analizados (**Durán, Torres & Sanhueza, 2015**).

**Santana, Mendivil, Félix, Ramírez & Cruz, (2019)** mencionan que el calor puede aumentar hasta 15 veces la cantidad de ácidos grasos libres, 14 veces el índice de acidez, y 8 veces el índice de peróxidos.

La formación de ácidos grasos cíclicos (polímeros y monómeros) son compuestos que se forman en la degradación de los aceites pero estos no se detectan hasta un promedio de 20 frituras, pero se forman a medida que se va utilizando el aceite y éstos son los que causan más daños, por lo que se haría necesario realizar pruebas que detecten estas sustancias para tener más claro la degradación de los aceites, además como posibles soluciones de reducir los niveles de oxidación y auto oxidación podría ser por medio de antioxidantes, ya que son sustancias capaces de reaccionar con los radicales libres de los ácidos grasos reduciendo así que éstos reacciones con otros ácidos grasos o con el oxígeno reduciendo la velocidad de oxidación, pero también dicen que al final terminan consumiéndose hasta desaparecer **Suaterna, (2009) & Carrión, (2017)**.

El uso de los aceites por varios ciclos de fritura se puede dar hasta 22 veces en servicios de alimentación y hasta 30 veces en restaurantes, con uso de 8 h diariamente, algunos establecimientos lo cambian semanalmente y otros, el uso repetitivo hace que se agoten siendo perjudicial para la salud porque la

degradación da como resultado ácidos grasos trans que se los relaciona con enfermedades cardiovasculares. Se reporta una vida útil de 22 ciclos para el aceite de girasol, 32 frituras para el aceite de oliva y para la mezcla oliva – girasol 26 ciclos (Suaterna, 2009).

### **3.7 Verificación de la hipótesis.**

Finalizados los análisis de aceites vegetales usados en procesos de fritura de restaurantes de la ciudad de Ambato, se acepta la hipótesis alternativa debido a que las muestras de aceites vegetales usados presentan diferencias significativas frente a las muestras empleadas como blancos, demostrando que hay degradación de los aceites luego de usarlos en la fritura.



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

Se determinó los índices de degradación en muestras de aceite vegetal usado en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato, y presentan un promedio de índice de acidez (%ácido oleico) de  $0,496 \pm 0,318$ ; índice de peróxidos de  $5,453 \pm 2,713$  meqO<sub>2</sub>/Kg aceite; índice de saponificación de  $198,814 \pm 2,280$  mgKOH/g; densidad de  $1,263 \pm 0,052$ ; índice de refracción de  $1,470 \pm 0,001$  y color de  $L=63,2 \pm 11,238$ ,  $a=10,1 \pm 4,853$ ,  $b=34,8 \pm 8,509$ .

Se evaluó los índices físicos como la densidad, índice de refracción y color de los aceites vegetales usados y se concluye que los resultados muestran que hay diferencias entre un aceite nuevo y un usado, la prueba física que permitió ver una mayor diferencia fue la del color debido a que era notorio la diferencia de tonalidades, lo mismo sucedió con los índices químicos que mostraron un poco más la diferencia de degradación de los aceites usados obteniendo valores muy superiores a los blancos, comparando estos parámetros con bibliográficos se encontró que hay similitud entre el grado de degradación que se reportan en bibliografía, es decir están en un rango adecuado de no excesivamente degradados.

Se trató de relacionar parámetros físicos con parámetros químicos para ver si existe relación en el grado de degradación de un parámetro con el otro, pero no se encontró ninguna relación debido a que se encontraron muestras muy variadas y no se pudo relacionarlas entre sí.

Se pudo establecer que las muestras analizadas presentan degradación en el índice de acidez de 2 veces al valor de un aceite nuevo, para el índice de peróxidos de 5 veces más a la de un aceite nuevo, para el índice de saponificación fue de 192,084 (aceites nuevos) y 198,814(aceites usados). En los parámetros físicos en la densidad se obtuvieron valores mayores en las muestras; en el índice de refracción no hubo mucha diferencia, y con el color se observó muestras más claras con respecto a los aceites nuevos, que se reflejaron en los valores de L\*, a\* y b\*.

## 4.2 Recomendaciones

- Realizar análisis para determinar los compuestos polares para tener más claro el grado de degradación de los aceites.
- Realizar el análisis de anisidina para conocer un poco más la descomposición de los aceites vegetales en segunda fase ya que el índice de acidez y peróxidos permiten conocer la degradación en una primera fase de degradación y el índice de anisidina permite tener una estimación de los productos carbonilo que se forman en las etapas intermedias de la oxidación (Santana et al., 2019)
- Determinar el perfil lipídico de los aceites vegetales usados, para identificar con mayor precisión la presencia de ácidos grasos saturados e insaturados.
- Realizar estudios de los compuestos volátiles por medio de espectrofotometría o cromatografía de gases.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abilés, J. Ramón, A., Moratalla, G., Pérez, R., Morón, J. Ayala, A. (2009). *Efectos del consumo de aceites termo-oxidados sobre la peroxidación lipídica en animales de laboratorio*. Unidad de Nutrición Clínica y Dietética. Hospital Universitario Virgen de las Nieves. España.
- Ávila, E., & Ordóñez K. (2017). *Evaluación del grado de degradación primaria del aceite vegetal usado en el proceso de preparación de papas fritas mediante la medición de la formación de peróxidos*. Universidad de Cuenca. Ecuador. pp. 22,23
- Bailey, A. (2019). *Aceites y grasas industriales: obra indispensable a químicos e ingenieros interesados en la producción y fabricación de aceites y grasas*. Barcelona : Editorial Reverté, 506-507.
- Carrión, P. (2017). *Análisis del efecto antioxidante de diferentes concentraciones del ají escabeche (capsicum baccatum l.) Sobre chorizo ahumado*. Universidad de Cuenca. Ecuador. 31-32
- Codex (1981). *Norma para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales*. Codex Alimentarius Stan.
- Díaz, M. (2016). *Estudio del contenido de esteroides en las etapas de refinación de los aceites comestibles de palma y soya*. Universidad Central del Ecuador. Ecuador.
- Durán , S., Torres , J., & Sanhueza, J. (2015). *Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades*. Santiago , Chile : Instituto de Nutrición y Tecnología de alimentos, 12.
- González, J., Klee, R., Valle, F., & Artiga, A. (2012). *Evaluación de parámetros de deterioro de aceites comestibles salvadoreños en el freído*. Universidad Centroamericana del Salvador. El Salvador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 26 (1973). *Aceite de Girasol. Requisitos*. Quito – Ecuador.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 33 (1973). *Aceite de Soya. Requisitos*. Quito – Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 34 (2012). *Mezcla de aceites vegetales comestibles. Requisitos*. Quito – Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 38 (1973). *Grasas y aceites comestibles Determinación de la Acidez*. Quito - Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 40 (1973). *Grasas y aceites comestibles Determinación del índice de saponificación*. Quito - Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 42 (1973). *Grasas y aceites comestibles Determinación del índice de refracción*. Quito - Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 277 (1978). *Grasas y aceites Determinación del índice de Peróxido*. Quito – Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 1 640 (1988). *Aceite comestible de palma africana. Requisitos*. Quito – Ecuador.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN 2678 (2013). *Grasas y aceites comestibles reutilizados. Requisitos*. Quito - Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2016). Registro Estadístico de Nacidos Vivos y Defunciones 2016. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Poblacion\\_y\\_Demografia/Nacimientos\\_Defunciones/2016/Presentacion\\_Nacimientos\\_y\\_Defunciones\\_2016.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Poblacion_y_Demografia/Nacimientos_Defunciones/2016/Presentacion_Nacimientos_y_Defunciones_2016.pdf)
- Juárez M., & Sammán N. (2007). *El Deterioro de los aceites durante la fritura*. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina. pp. 87,88
- Martinez, M. (2015). *Aceites vegetales no tradicionales: guía para la producción y evaluación de calidad*. Cordova : Editorial Brujas, 77.
- López, H., Hernández, F, Ávalos N., Tirado, J., & Hernández, M. (2018). *Evaluación de la degradación de aceites vegetales en dos procesos de elaboración de frituras*. XX Congreso internacional Inocuidad de Alimentos. México.

- Mathías-Rettig & Ah-hen, (2014). *El color en los alimentos un criterio de calidad medible*. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile. pp. 39,45
- Medin, R. (2016). *Alimentos: introducción, técnica y seguridad (5a. ed.)*. Buenos Aires : Fundación Proturismo, pp. 56-57, 59.
- Mendinueta, M. & Herazo, Y. (2015). *Factores de Riesgo Cardiovasculares en Trabajadores de una Empresa Productora de Grasas y Aceites Vegetales*. Universidad Simón Bolívar. Colombia. p.23
- Ordoñez, B., Chaves, L., Rodríguez, W., Murcia, M., & Alvarado, E., (2013). *Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina*. Universidad de la Amazonía. Colombia. p.65
- Panreac. (1999). *Métodos Analíticos en Alimentaria Métodos oficiales: aceites y grasas*. CENTRE TELEMÀTIC EDITORIAL, Panreac Química S.A., 14-15.
- Preciado, A. (2017). *Evaluación del Aceite Reciclado de cocina para su Reutilización*. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- República del Ecuador. (2008). *Constitución Política*. Ecuador.
- Riba, J., Bernat E., Baquero G., Puig, R. & Rius A. (2010). *Caracterización de las propiedades físicas de aceites vegetales para ser utilizados como carburante en motores diésel*. Universidad Politècnica de Catalunya, España.
- Rivera, Y., Gutiérrez, C., Gómez, R., Matute , M., & Izaguirre, C. (2014). *Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida*. *Revista Ciencia e Ingeniería*. Vol. 35, No. 3, 157-164.
- Rojas, E., & Narváez, P. (2011). *Método de análisis de calidad del aceite durante el freído por inmersión para pequeñas y medianas empresas*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p.86
- Rojas, J. & Araya, N. (2019). *Diagnóstico de la gestión de los aceites usados de cocina en las sodas de las Universidad Nacional de Costa Rica*. Universidad Nacional de Costa Rica. Costa Rica. Pág. 4

- Santana , M., Mendívil, M., Félix, L., Ramírez , M., & Cruz , C. (2019). Composición química y calidad de la grasa contenida en frituras de maíz elaboradas y consumidas en Navojoa, estado de Sonora, México. *Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia*, 17-26.
- Suaterna, A. (2009). *La fritura de los alimentos: el aceite de fritura*. Universidad de Antioquia. Medellin. Colombia.
- Tacias, V., Rosales A. & Torrestiana B. (2015). *Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio*. Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos, Instituto Tecnológico de Veracruz. Mexico. pp. 305, 308
- Torres, A., Lugo, R., Castillo V., Lugo, H., Cervantes, J. & Salazar, M. (2013). *Biodiesel de aceite vegetal residual*. Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. México. p.3108
- Villacres, D., Koziol, M., & Egas, D. (2016). Determinación del índice de peróxidos en aceites usados en la preparación de papas fritas de ocho diferentes restaurantes con el objetivo de determinar posibles efectos en la salud. Quito, Ecuador : Universidad San Francisco de Quito, p.8.
- Yaulema, D. (2014). *Regeneración de aceites comestibles*. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Zavaleta , L., & Suavo, J. (2016). Obtención de Biodiesel por transesterificación Alcalina a partir de Aceites Vegetales Residual en Lima. *Revista TECNIA*, pp. 107-114.
- Zumbado , H. (2008). *Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clasicos*. La Habana: Editorial Universitaria, pp245, 246.

## **ANEXOS**

## Anexo A

*Tabla 7. Datos para la determinación del índice de acidez de las muestras.*

<b>Código</b>	<b>Réplica A</b>	<b>Réplica B</b>	<b>Réplica C</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>IA1</b>	0,911	0,380	0,339	0,543	0,319
<b>IA2</b>	0,396	0,380	0,217	0,331	0,099
<b>IA3</b>	0,387	0,271	0,539	0,399	0,134
<b>IA4</b>	0,142	0,354	0,408	0,301	0,140
<b>IA5</b>	0,229	0,245	0,541	0,338	0,175
<b>IA6</b>	0,317	0,408	0,217	0,314	0,096
<b>IA7</b>	2,961	0,189	0,379	1,176	1,548
<b>IA8</b>	0,264	0,162	0,375	0,267	0,107
<b>IA9</b>	0,288	0,271	0,244	0,268	0,022
<b>IA10</b>	0,264	0,319	0,698	0,427	0,236
<b>IA11</b>	1,818	2,551	0,456	1,608	1,063
<b>IA12</b>	1,369	0,271	0,326	0,656	0,619
<b>IA13</b>	0,384	0,298	0,462	0,381	0,082
<b>IA14</b>	0,441	0,295	0,408	0,381	0,077
<b>IA15</b>	0,863	0,325	0,541	0,576	0,270
<b>IA21</b>	0,217	0,401	0,381	0,333	0,101
<b>IA22</b>	0,217	1,541	0,908	0,889	0,663
<b>IA23</b>	0,309	0,295	0,335	0,313	0,020
<b>IA24</b>	0,216	0,511	0,313	0,346	0,151
<b>IA25</b>	0,241	0,380	0,270	0,297	0,073
<b>IA26</b>	0,337	0,299	0,350	0,329	0,026
<b>IA28</b>	0,433	0,487	0,379	0,433	0,054
<b>IA29</b>	0,348	0,325	0,297	0,323	0,025
<b>IA30</b>	1,228	0,241	0,258	0,575	0,565
<b>IA32</b>	0,360	0,215	0,109	0,228	0,126
<b>IA33</b>	0,218	0,619	0,282	0,373	0,216
<b>IA34</b>	0,204	0,351	0,378	0,311	0,094
<b>IA35</b>	0,338	0,432	0,501	0,424	0,082



<b>IA36</b>	0,616	0,403	0,365	0,461	0,135
<b>IA37</b>	0,431	0,298	0,351	0,360	0,067
<b>IA38</b>	0,445	0,379	0,406	0,410	0,033
<b>IA39</b>	0,348	0,324	0,312	0,328	0,019
<b>IA40</b>	0,601	0,456	0,229	0,429	0,188
<b>IA43</b>	0,784	2,655	1,483	1,641	0,946
<b>IA44</b>	0,471	0,271	1,181	0,641	0,478
<b>IA45</b>	0,278	0,457	0,406	0,380	0,092
<b>IA47</b>	0,301	0,135	0,570	0,335	0,220
<b>IA48</b>	0,586	0,677	0,651	0,638	0,047
<b>IA49</b>	0,867	0,188	0,434	0,496	0,344
<b>IA51</b>	1,264	0,190	0,312	0,589	0,588

### Anexo B

*Tabla 8. Datos para la determinación del índice de acidez de los blancos.*

<b>Blanco</b>	<b>Ac %1</b>	<b>Ac %2</b>	<b>Ac %3</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	0,082	0,161	0,162	0,135	0,046
<b>B2</b>	0,081	0,162	0,082	0,108	0,047
<b>B3</b>	0,570	0,573	0,571	0,571	0,001
<b>B4</b>	0,121	0,122	0,081	0,108	0,023
<b>B5</b>	0,243	0,162	0,164	0,190	0,046
<b>B6</b>	0,082	0,080	0,162	0,108	0,047

### Anexo C

*Tabla 9. Datos para la determinación del índice de peróxidos de las muestras.*

<b>Código</b>	<b>Réplica A</b>	<b>Réplica B</b>	<b>Réplica C</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>IP1</b>	2,767	1,304	2,028	2,033	0,732

<b>IP2</b>	2,533	5,756	8,229	5,506	2,856
<b>IP3</b>	4,009	6,762	0,773	3,848	2,998
<b>IP4</b>	4,398	3,255	3,294	3,649	0,649
<b>IP5</b>	1,848	2,954	3,390	2,730	0,795
<b>IP6</b>	3,102	1,680	6,080	3,621	2,246
<b>IP7</b>	1,187	1,031	1,145	1,121	0,081
<b>IP8</b>	2,292	5,880	14,288	7,487	6,157
<b>IP9</b>	2,265	6,796	7,516	5,525	2,847
<b>IP10</b>	1,037	3,646	20,046	8,243	10,305
<b>IP11</b>	24,100	4,751	3,808	10,887	11,453
<b>IP12</b>	6,570	1,950	4,944	4,488	2,343
<b>IP13</b>	11,073	4,305	4,825	6,735	3,766
<b>IP14</b>	10,451	5,806	1,254	5,837	4,598
<b>IP15</b>	7,838	5,226	1,320	4,794	3,280
<b>IP21</b>	20,216	7,498	8,341	12,018	7,112
<b>IP22</b>	9,931	4,008	3,032	5,657	3,733
<b>IP23</b>	13,341	3,260	4,438	7,013	5,512
<b>IP24</b>	23,641	2,999	5,481	10,707	11,270
<b>IP25</b>	16,446	3,663	15,575	11,895	7,142
<b>IP26</b>	16,223	1,699	7,623	8,515	7,303
<b>IP28</b>	7,214	2,203	1,543	3,653	3,101
<b>IP29</b>	12,386	8,002	1,927	7,439	5,252
<b>IP30</b>	4,473	1,417	0,586	2,159	2,047
<b>IP32</b>	11,117	4,917	1,294	5,776	4,967
<b>IP33</b>	9,018	7,946	1,951	6,305	3,808
<b>IP34</b>	17,055	3,864	1,617	7,512	8,340
<b>IP35</b>	5,965	5,321	2,260	4,515	1,980
<b>IP36</b>	14,114	1,560	0,974	5,549	7,423
<b>IP37</b>	5,465	2,138	3,799	3,801	1,663
<b>IP38</b>	2,520	4,666	2,785	3,324	1,170
<b>IP39</b>	2,973	4,490	1,089	2,851	1,704
<b>IP40</b>	1,720	6,395	1,850	3,322	2,662

<b>IP43</b>	9,398	4,535	2,896	5,610	3,381
<b>IP44</b>	1,891	6,163	7,542	5,199	2,946
<b>IP45</b>	2,024	6,636	0,867	3,175	3,052
<b>IP47</b>	7,650	2,799	5,848	5,432	2,452
<b>IP48</b>	1,867	3,002	1,087	1,985	0,963
<b>IP49</b>	1,251	1,918	3,249	2,139	1,017
<b>IP51</b>	9,610	5,484	3,102	6,065	3,293

#### Anexo D

*Tabla 10. Datos para la determinación del índice de peróxidos de los blancos.*

<b>Blanco</b>	<b>IP 1</b>	<b>IP 2</b>	<b>IP 3</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	0,907	1,219	1,219	1,115	0,180
<b>B2</b>	1,240	1,539	1,220	1,333	0,179
<b>B3</b>	0,923	1,485	1,234	1,214	0,282
<b>B4</b>	0,924	0,611	0,611	0,715	0,180
<b>B5</b>	0,914	0,610	1,212	0,912	0,301
<b>B6</b>	0,919	0,911	0,912	0,914	0,004

#### Anexo E

*Tabla 11. Datos para la determinación del índice de saponificación de las muestras.*

<b>Código</b>	<b>Réplica A</b>	<b>Réplica B</b>	<b>Réplica C</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>IS1</b>	197,233	198,219	203,724	199,726	3,498
<b>IS2</b>	202,187	199,366	204,921	202,158	2,778
<b>IS3</b>	199,890	204,244	203,073	202,402	2,253
<b>IS4</b>	193,881	196,195	202,619	197,565	4,527
<b>IS5</b>	202,501	202,392	204,359	203,084	1,106

<b>IS6</b>	200,109	200,357	198,110	199,525	1,232
<b>IS7</b>	201,814	199,123	191,167	197,368	5,536
<b>IS8</b>	200,355	192,765	199,791	197,637	4,229
<b>IS9</b>	199,423	194,737	199,733	197,964	2,799
<b>IS10</b>	196,241	194,641	202,151	197,678	3,956
<b>IS11</b>	200,358	193,446	197,243	197,016	3,461
<b>IS12</b>	201,115	193,337	204,665	199,705	5,794
<b>IS13</b>	200,233	194,696	205,292	200,073	5,300
<b>IS14</b>	202,988	196,890	205,610	201,829	4,474
<b>IS15</b>	201,073	196,881	206,351	201,435	4,745
<b>IS21</b>	189,339	196,454	199,521	195,105	5,224
<b>IS22</b>	198,407	200,096	202,051	200,184	1,823
<b>IS23</b>	200,409	194,608	204,238	199,752	4,849
<b>IS24</b>	203,390	198,719	192,635	198,248	5,393
<b>IS25</b>	199,917	198,255	200,607	199,593	1,209
<b>IS26</b>	200,457	198,262	200,074	199,598	1,173
<b>IS28</b>	200,801	202,046	197,506	200,118	2,346
<b>IS29</b>	205,813	201,638	202,698	203,383	2,170
<b>IS30</b>	201,113	194,315	196,434	197,288	3,478
<b>IS32</b>	201,576	196,509	201,298	199,794	2,848
<b>IS33</b>	197,418	197,169	202,935	199,174	3,260
<b>IS34</b>	199,249	197,277	197,931	198,153	1,004
<b>IS35</b>	202,072	204,201	203,304	203,192	1,069
<b>IS36</b>	199,842	198,437	199,573	199,284	0,746
<b>IS37</b>	194,235	197,531	191,917	194,561	2,821
<b>IS38</b>	199,183	198,722	196,617	198,174	1,368
<b>IS39</b>	194,366	194,963	198,673	196,001	2,334
<b>IS40</b>	198,613	195,827	197,403	197,281	1,397
<b>IS43</b>	195,807	199,822	199,983	198,537	2,365
<b>IS44</b>	196,704	196,615	198,785	197,368	1,228
<b>IS45</b>	200,118	189,676	197,782	195,859	5,481
<b>IS47</b>	199,526	198,232	199,131	198,963	0,663

<b>IS48</b>	195,145	194,306	195,838	195,096	0,767
<b>IS49</b>	198,311	192,076	200,658	197,015	4,436
<b>IS51</b>	200,767	191,584	194,696	195,682	4,670

### Anexo F

*Tabla 12. Datos para la determinación del índice de saponificación de los blancos.*

<b>Blanco</b>	<b>IS1</b>	<b>IS2</b>	<b>IS3</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>B1</b>	194,345	195,254	196,603	195,401	1,136
<b>B2</b>	196,651	183,705	198,898	193,085	8,201
<b>B3</b>	191,870	194,823	190,765	192,486	2,098
<b>B4</b>	187,069	190,061	192,092	189,740	2,527
<b>B5</b>	196,816	189,222	177,751	187,930	9,598
<b>B6</b>	195,211	193,664	192,713	193,862	1,261

### Anexo G

*Tabla 13. Datos para la determinación de la densidad de las muestras.*

<b>Código</b>	<b>Réplica A</b>	<b>Réplica B</b>	<b>Réplica C</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>D1</b>	1,2	1,2	1,21	1,20	0,006
<b>D2</b>	1,23	1,39	1,29	1,30	0,081
<b>D3</b>	1,25	1,66	1,39	1,43	0,208
<b>D4</b>	1,22	1,39	1,2	1,27	0,104
<b>D5</b>	1,23	1,23	1,34	1,27	0,064
<b>D6</b>	1,23	1,22	1,23	1,23	0,006
<b>D7</b>	1,24	1,35	1,23	1,27	0,067
<b>D8</b>	1,21	1,38	1,39	1,33	0,101
<b>D9</b>	1,39	1,35	1,38	1,37	0,021

<b>D10</b>	1,24	1,21	1,33	1,26	0,062
<b>D11</b>	1,38	1,21	1,21	1,27	0,098
<b>D12</b>	1,23	1,39	1,36	1,33	0,085
<b>D13</b>	1,23	1,2	1,21	1,21	0,015
<b>D14</b>	1,22	1,2	1,21	1,21	0,010
<b>D15</b>	1,25	1,21	1,23	1,23	0,020
<b>D21</b>	1,23	1,22	1,39	1,28	0,095
<b>D22</b>	1,21	1,39	1,22	1,27	0,101
<b>D23</b>	1,23	1,38	1,21	1,27	0,093
<b>D24</b>	1,21	1,39	1,39	1,33	0,104
<b>D25</b>	1,21	1,38	1,39	1,33	0,101
<b>D26</b>	1,22	1,2	1,39	1,27	0,104
<b>D28</b>	1,21	1,21	1,22	1,21	0,006
<b>D29</b>	1,39	1,21	1,21	1,27	0,104
<b>D30</b>	1,22	1,2	1,23	1,22	0,015
<b>D32</b>	1,21	1,2	1,23	1,21	0,015
<b>D33</b>	1,22	1,35	1,2	1,26	0,081
<b>D34</b>	1,23	1,21	1,22	1,22	0,010
<b>D35</b>	1,24	1,22	1,24	1,23	0,012
<b>D36</b>	1,21	1,24	1,23	1,23	0,015
<b>D37</b>	1,23	1,21	1,22	1,22	0,010
<b>D38</b>	1,38	1,21	1,21	1,27	0,098
<b>D39</b>	1,21	1,24	1,22	1,22	0,015
<b>D40</b>	1,24	1,24	1,2	1,23	0,023
<b>D43</b>	1,33	1,2	1,23	1,25	0,068
<b>D44</b>	1,23	1,21	1,21	1,22	0,012
<b>D45</b>	1,22	1,21	1,23	1,22	0,010
<b>D47</b>	1,38	1,35	1,35	1,36	0,017
<b>D48</b>	1,21	1,21	1,22	1,21	0,006
<b>D49</b>	1,39	1,23	1,21	1,28	0,099
<b>D51</b>	1,15	1,39	1,28	1,27	0,120

## Anexo H

*Tabla 14. Datos de la determinación de la densidad de los blancos.*

<b>Blancos</b>	<b>Densidad</b>
<b>B1</b>	1,22
<b>B2</b>	1,23
<b>B3</b>	1,2
<b>B4</b>	1,21
<b>B5</b>	1,22
<b>B6</b>	1,21

## Anexo I

*Tabla 15. Datos para la determinación del índice de refracción de las muestras.*

<b>Código</b>	<b>Réplica A</b>	<b>Réplica B</b>	<b>Réplica C</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación</b>
<b>IR1</b>	1,469	1,471	1,470	1,470	0,001
<b>IR2</b>	1,471	1,470	1,470	1,470	0,000
<b>IR3</b>	1,471	1,472	1,471	1,471	0,001
<b>IR4</b>	1,471	1,471	1,471	1,471	0,000
<b>IR5</b>	1,470	1,471	1,472	1,471	0,001
<b>IR6</b>	1,471	1,470	1,470	1,470	0,001
<b>IR7</b>	1,468	1,470	1,470	1,469	0,001
<b>IR8</b>	1,471	1,471	1,471	1,471	0,000
<b>IR9</b>	1,472	1,471	1,472	1,472	0,000
<b>IR10</b>	1,470	1,471	1,472	1,471	0,001
<b>IR11</b>	1,468	1,471	1,470	1,470	0,002
<b>IR12</b>	1,469	1,472	1,471	1,471	0,002
<b>IR13</b>	1,470	1,471	1,471	1,471	0,001
<b>IR14</b>	1,470	1,470	1,470	1,470	0,000
<b>IR15</b>	1,469	1,471	1,470	1,470	0,001

<b>IR21</b>	1,470	1,471	1,470	1,470	0,000
<b>IR22</b>	1,470	1,471	1,471	1,471	0,001
<b>IR23</b>	1,469	1,471	1,471	1,470	0,001
<b>IR24</b>	1,471	1,471	1,472	1,471	0,001
<b>IR25</b>	1,471	1,472	1,471	1,471	0,000
<b>IR26</b>	1,469	1,471	1,470	1,470	0,001
<b>IR28</b>	1,470	1,470	1,470	1,470	0,000
<b>IR29</b>	1,470	1,470	1,470	1,470	0,000
<b>IR30</b>	1,471	1,471	1,471	1,471	0,000
<b>IR32</b>	1,471	1,469	1,469	1,470	0,001
<b>IR33</b>	1,471	1,472	1,469	1,471	0,002
<b>IR34</b>	1,470	1,471	1,470	1,470	0,000
<b>IR35</b>	1,470	1,470	1,470	1,470	0,000
<b>IR36</b>	1,471	1,469	1,469	1,470	0,001
<b>IR37</b>	1,470	1,470	1,470	1,470	0,000
<b>IR38</b>	1,469	1,470	1,470	1,470	0,001
<b>IR39</b>	1,469	1,470	1,469	1,469	0,001
<b>IR40</b>	1,470	1,470	1,471	1,470	0,001
<b>IR43</b>	1,472	1,471	1,469	1,471	0,001
<b>IR44</b>	1,469	1,470	1,469	1,469	0,001
<b>IR45</b>	1,469	1,470	1,470	1,470	0,001
<b>IR47</b>	1,470	1,471	1,467	1,469	0,002
<b>IR48</b>	1,471	1,471	1,471	1,471	0,000
<b>IR49</b>	1,490	1,471	1,469	1,477	0,012
<b>IR51</b>	1,468	1,470	1,470	1,469	0,001



## Anexo J

*Tabla 16. Datos de la determinación del índice de refracción de los blancos.*

<b>Blancos</b>	<b>IR</b>
<b>B1</b>	1,471
<b>B2</b>	1,472
<b>B3</b>	1,473
<b>B4</b>	1,474
<b>B5</b>	1,471
<b>B6</b>	1,474

## Anexo K

*Tabla 17. Datos para la determinación del color de las muestras.*

<b>Muestra</b>	<b>A</b>			<b>B</b>			<b>C</b>			<b>Promedio</b>					
<b>Código</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>L</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>L</b>	<b>desv</b>	<b>a</b>	<b>desv</b>	<b>b</b>	<b>desv</b>
<b>C1</b>	58,9	12,5	44,5	82,8	18,1	19,7	80,5	16,9	17,7	74,1	13,158	15,8	2,942	27,3	14,931
<b>C2</b>	80,93	15,3	16,9	70,0	19,6	37,5	41,7	-2,0	34,5	64,2	20,266	11,0	11,415	29,7	11,129
<b>C3</b>	64,8	18,3	41,9	77,1	5,6	13,6	83,0	5,1	7,8	74,9	9,267	9,7	7,462	21,1	18,252
<b>C4</b>	41,1	-1,9	33,8	70,5	17,4	37,9	44,4	-0,2	28,6	52,0	16,117	5,1	10,667	33,4	4,646
<b>C5</b>	48,1	6,1	55,0	76,5	16,1	28,8	55,9	7,2	48,5	60,2	14,668	9,8	5,468	44,1	13,606
<b>C6</b>	44,7	1,6	38,9	67,2	16,7	44,0	42,2	-2,4	29,7	51,4	13,772	5,3	10,092	37,6	7,247
<b>C7</b>	60,0	14,9	44,2	54,1	-1,0	36,0	52,7	-1,3	32,3	55,6	3,887	4,2	9,287	37,5	6,076
<b>C8</b>	48,0	4,6	45,4	81,6	2,7	6,6	66,6	16,3	42,7	65,4	16,847	7,9	7,339	31,6	21,685
<b>C9</b>	50,1	5,9	47,7	83,1	6,7	12,0	79,2	4,9	12,6	70,8	18,052	5,8	0,917	24,1	20,440
<b>C10</b>	48,0	6,6	58,9	58,1	14,2	50,8	53,9	2,2	42,8	53,3	5,105	7,7	6,077	50,8	8,033
<b>C11</b>	61,8	22,0	41,8	73,8	25,9	31,2	58,4	14,4	46,5	64,7	8,072	20,8	5,827	39,8	7,801
<b>C12</b>	56,8	12,6	44,9	56,7	13,5	52,9	82,2	3,2	4,5	65,2	14,674	9,8	5,705	34,1	25,957
<b>C13</b>	62,3	19,8	44,2	83,8	17,3	17,6	63,8	17,5	42,3	70,0	11,984	18,2	1,379	34,7	14,820
<b>C14</b>	59,5	18,1	39,6	69,4	18,4	40,4	81,0	14,3	10,3	70,0	10,779	16,9	2,315	30,1	17,152

<b>C15</b>	53,5	13,2	44,6	78,3	13,8	26,4	82,8	13,3	13,5	71,5	15,798	13,4	0,310	28,2	15,639
<b>C21</b>	43,4	2,7	51,8	62,1	7,6	50,0	54,5	3,4	46,8	53,3	9,373	4,6	2,643	49,5	2,536
<b>C22</b>	45,3	1,3	37,7	72,1	19,6	35,5	52,5	7,0	41,1	56,6	13,888	9,3	9,364	38,1	2,806
<b>C23</b>	44,7	3,3	45,3	42,0	5,9	55,4	51,3	7,8	50,6	46,0	4,761	5,7	2,277	50,4	5,068
<b>C24</b>	47,1	5,8	45,7	60,4	8,8	47,9	75,2	10,9	28,5	60,9	14,091	8,5	2,583	40,7	10,584
<b>C25</b>	49,2	8,2	45,7	60,9	9,0	49,2	54,9	10,4	53,0	55,0	5,834	9,2	1,078	49,3	3,667
<b>C26</b>	52,2	10,4	47,5	83,7	17,4	17,4	73,9	19,3	26,1	69,9	16,084	15,7	4,706	30,3	15,486
<b>C28</b>	66,6	4,9	29,1	74,4	19,1	31,7	67,5	17,8	38,1	69,5	4,237	13,9	7,858	32,9	4,650
<b>C29</b>	56,5	10,5	45,9	60,4	11,9	48,7	52,6	11,9	54,6	56,5	3,900	11,4	0,770	49,7	4,405
<b>C30</b>	60,9	12,0	37,2	65,5	5,0	35,8	52,2	1,4	36,0	59,5	6,736	6,2	5,394	36,3	0,776
<b>C32</b>	66,1	3,3	25,3	55,1	-0,5	34,5	55,8	0,0	37,2	59,0	6,120	0,9	2,065	32,4	6,258
<b>C33</b>	60,5	11,2	42,3	67,5	16,4	41,6	52,8	7,8	48,6	60,3	7,352	11,8	4,336	44,2	3,844
<b>C34</b>	66,6	2,8	24,2	55,2	11,5	51,0	66,4	16,6	40,9	62,7	6,554	10,3	6,990	38,7	13,568
<b>C35</b>	72,8	10,0	25,4	55,7	10,6	50,4	83,4	14,6	15,3	70,7	13,994	11,8	2,512	30,3	18,056
<b>C36</b>	73,0	7,7	21,9	58,8	12,8	49,3	85,8	13,5	14,9	72,5	13,506	11,3	3,204	28,7	18,193
<b>C37</b>	80,9	9,0	7,6	65,7	19,7	44,8	49,1	4,6	41,5	65,2	15,922	11,1	7,784	31,3	20,610
<b>C38</b>	83,8	8,5	3,3	42,7	-0,4	30,7	80,8	14,6	17,9	69,1	22,885	7,6	7,508	17,3	13,727
<b>C39</b>	81,1	8,9	7,9	70,9	18,9	35,1	70,8	20,8	28,3	74,3	5,889	16,2	6,400	23,7	14,161
<b>C40</b>	79,1	15,7	12,1	61,9	10,4	43,8	67,3	16,4	40,0	69,4	8,760	14,2	3,311	32,0	17,302
<b>C43</b>	80,5	17,6	9,1	72,8	24,0	31,7	67,2	22,8	39,3	73,5	6,693	21,5	3,389	26,7	15,685
<b>C44</b>	49,5	5,9	52,5	54,6	11,0	52,1	94,9	-0,2	-7,8	66,3	24,898	5,6	5,606	32,3	34,709
<b>C45</b>	47,2	1,3	40,9	71,3	18,1	34,5	41,3	-2,3	23,7	53,3	15,875	5,7	10,902	33,0	8,708
<b>C47</b>	60,2	15,4	51,3	71,8	19,1	31,8	54,8	1,9	37,7	62,3	8,694	12,1	9,059	40,3	10,014
<b>C48</b>	48,7	4,6	48,1	54,7	4,6	45,5	43,9	-0,6	36,2	49,1	5,410	2,9	2,973	43,3	6,245
<b>C49</b>	56,5	3,8	40,4	44,9	-3,7	26,1	58,2	10,8	41,8	53,2	7,265	3,7	7,268	36,1	8,667
<b>C51</b>	65,6	13,3	40,9	81,3	2,2	6,9	78,5	14,8	12,3	75,1	8,4	10,1	6,863	20,0	18,258

## Anexo L

*Tabla 18. Datos para la determinación del color de los blancos.*

<b>Blanco</b>	<b>L</b>	<b>Desviación</b>	<b>a</b>	<b>Desviación</b>	<b>b</b>	<b>Desviación</b>
B1	41,0	0,058	-2,1	0,058	14,7	0,058
B2	40,3	0,173	-1,3	0,208	9,5	0,462
B3	40,6	0,493	-0,8	0,058	7,9	0,173
B4	40,7	0,058	-0,5	0,100	5,5	0,153
B5	41,2	0,058	-2,1	0,100	14,3	0,058
B6	39,9	0,473	-0,5	0,404	7,2	1,153