



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 16 enero 2019

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

YENNY FERNANDA DEVIA RODRIGUEZ, con C.C. No. 1075281340,

Autor (es) de la tesis y/o trabajo de grado o titulado: identificación de adulterantes en café mediante análisis del espectro infrarrojo ftir –atr, presentado y aprobado en el año _2018_ como requisito para optar al título de INGENIERO AGRÍCOLA Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Identificación de adulterantes en café mediante análisis del espectro infrarrojo FTIR -ATR

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
DEVIA RODRIGUEZ	YENNY FERNANDA

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
GUTIÉRREZ GÚZMAN	NELSON

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
BARRIOS RODRIGUEZ	YEISON FERNANDO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRÍCOLA

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA O POSGRADO: AGRÍCOLA

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2019

NÚMERO DE PÁGINAS: 25

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas_X_ Fotografías_X_ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general___ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___
Tablas o Cuadros_X_

SOFTWARE WORD (MICROSOFT OFFICE)

Vigilada mieducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

Español

1. adulteración
2. humedad
3. análisis sensorial
4. calidad

Inglés

1. adulteration
2. humidity
3. sensory analysis
4. quality

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La adulteración del café tostado molido es de considerable importancia en lo que se refiere a la garantía de calidad del producto. Es indispensable suministrar al consumidor un producto 100% puro, con ausencia de defectos. La adulteración es el acto de mezclar, de forma intencional o no, alguna materia prima extraña al producto, regularmente de bajo costo, que a su vez modifica su calidad. En la presente investigación se llevó a cabo un análisis fisicoquímico donde se obtuvieron datos de humedad, actividad de agua, acidez, grados brix, pH y color; un análisis sensorial (prueba de aceptación) donde las muestras fueron preparadas utilizando una proporción de 7.0 g de café por 100 ml de agua; y por último el método de espectro infrarrojo FTIR- ATR, donde se realizaron 5 lecturas del espectro por muestra. La muestra base y los adulterantes se tostaron por separado con una curva de tuestión alta y temperaturas de ingreso diferentes; después de molidos se añadieron diferentes proporciones (5, 10, 20, 30, 40 y 50%) de polvo aserrín de madera, cascarilla de café, frijol y maíz. Las muestras fueron analizadas con el propósito de discriminar el café puro de las adulteradas. Los resultados arrojados a nivel del espectro infrarrojo FTIR-ATR, se evidencio que existen diferencias entre el café adulterado y el café comercial y la muestra base. Del análisis sensorial mostro que la adición de materiales fraudulentos modificó las características naturales de la bebida del café.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The adulteration of ground roasted coffee is of considerable importance in terms of the quality assurance of the product. It is essential to provide the consumer with a 100% pure product, with no defects. The adulteration is the act of mixing, intentionally or not, some raw material foreign to the product, regularly low cost, which in turn modifies its quality. In the present investigation a physicochemical analysis was carried out where data of humidity, water activity, acidity, brix degrees, pH and color were obtained; a sensory



analysis (acceptance test) where the samples were prepared using a ratio of 7.0 g of coffee per 100 ml of water; and finally the infrared spectrum method FTIR-ATR, where 5 readings of the spectrum per sample were made. The base sample and the adulterants were toasted separately with a high roasting curve and different intake temperatures; after grinding, different proportions (5, 10, 20, 30, 40 and 50%) of wood sawdust powder, coffee husks, beans and corn were added. The samples were analyzed with the purpose of discriminating the pure coffee from the adulterated ones. The results obtained at the level of the infrared FTIR-ATR spectrum, showed that there are differences between the adulterated coffee and the commercial coffee and the base sample. From the sensory analysis he showed that the addition of fraudulent materials modified the natural characteristics of the coffee drink.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: NELSON GUTIÉRREZ GUZMAN

Firma:

Nombre Jurado: CLAUDIA MILENA AMOROCHO CRUZ

Firma:

Nombre Jurado: NATALY PEÑA GOMEZ

Firma:

IDENTIFICACIÓN DE ADULTERANTES EN CAFÉ MEDIANTE ANÁLISIS DEL ESPECTRO INFRARROJO FTIR -ATR

IDENTIFICATION OF ADULTERANTS IN COFFEE BY ANALYSIS OF INFRARED SPECTRUM FTIR-ATR

Yenny Fernanda Devia Rodríguez¹., Yeison Fernando Barrios Rodríguez² y Nelson Gutiérrez Guzmán³

RESUMEN

La adulteración del café tostado molido es de considerable importancia en lo que se refiere a la garantía de calidad del producto. Es indispensable suministrar al consumidor un producto 100% puro, con ausencia de defectos. La adulteración es el acto de mezclar, de forma intencional o no, alguna materia prima extraña al producto, regularmente de bajo costo, que a su vez modifica su calidad. En la presente investigación se llevó a cabo un análisis fisicoquímico donde se obtuvieron datos de humedad, actividad de agua, acidez, grados brix, pH y color; un análisis sensorial (prueba de aceptación) donde las muestras fueron preparadas utilizando una proporción de 7.0 g de café por 100 ml de agua; y por último el método de espectro infrarrojo FTIR- ATR, donde se realizaron 5 lecturas del espectro por muestra. La muestra base y los adulterantes se tostaron por separado con una curva de tuestión alta y temperaturas de ingreso diferentes; después de molidos se añadieron diferentes proporciones (5, 10, 20, 30, 40 y 50%) de polvo aserrín de madera, cascarilla de café, frijol y maíz. Las muestras fueron analizadas con el propósito de discriminar el café puro de las adulteradas. Los resultados arrojados a nivel del espectro infrarrojo FTIR-ATR, se evidencio que existen diferencias entre el café adulterado y el café comercial y la muestra base. Del análisis sensorial mostro que la adición de materiales fraudulentos modificó las características naturales de la bebida del café.

Palabras clave: adulteración, espectro infrarrojo, análisis sensorial, calidad

ABSTRACT

The adulteration of ground roasted coffee is of considerable importance in terms of the quality assurance of the product. It is essential to provide the consumer with a 100% pure product, with no defects. The adulteration is the act of mixing, intentionally or not, some raw material foreign to the product, regularly low cost, which in turn modifies its quality. In the present investigation a physicochemical analysis was carried out where data of humidity, water activity, acidity, brix degrees, pH and color were obtained; a sensory analysis (acceptance test) where the samples were prepared using a ratio of 7.0 g of coffee per 100 ml of water; and finally the infrared spectrum method FTIR-ATR, where 5 readings of the spectrum per sample were made. The base sample and the adulterants were toasted separately with a high roasting curve and different intake temperatures; after grinding, different proportions (5, 10, 20, 30, 40 and 50%) of wood sawdust powder, coffee husks, beans and corn were added. The

¹ Universidad Surcolombiana. Sede central. Facultad de Ingeniería. Avenida pastrana borrero cra 1. Neiva-Huila-Colombia- E-mail:u20112106249@usco.edu.co

² Ingeniero Agrícola, Universidad Surcolombiana. Sede central. Facultad de Ingeniería. Avenida pastrana borrero cra 1. Neiva-Huila-Colombia- E-mail:yfbr06@gmail.com

³ PhD. Tecnología de alimento. Universidad Surcolombiana. Sede central. Facultad de Ingeniería. Centro Surcolombiano de Investigación en Café CESURCAFÉ Avenida pastrana borrero cra 1. Neiva-Huila-Colombia- E-mail: ngutierrezg@usco.edu.co

samples were analyzed with the purpose of discriminating the pure coffee from the adulterated ones. The results obtained at the level of the infrared FTIR-ATR spectrum, showed that there are differences between the adulterated coffee and the commercial coffee and the base sample. From the sensory analysis he showed that the addition of fraudulent materials modified the natural characteristics of the coffee drink.

Keywords: adulteration, infrared spectrum, sensory analysis, quality

1. INTRODUCCION

El café es una de las bebidas con mayor consumo en todo el mundo, debido principalmente a sus atributos sensoriales y estimulantes, junto con un mayor reconocimiento de sus efectos potenciales para la salud (IA Ludwig, 2014). Se ha constituido en uno de los productos de mayor comercialización a nivel mundial, teniendo en cuenta que se establece en la base de la economía de importantes empresas de orden nacional e internacional. Colombia particularmente se ha posicionado en el segundo lugar de productividad del grano, por detrás de Brasil, quien por la cantidad de sacos de café que produce al año, es el mayor productor en el mundo.

Debido a sus cualidades organolépticas, sabor y aroma característicos, el café colombiano es uno de los más apetecidos por la industria tostadora del grano a nivel mundial. El café hace parte de la historia cultural y económica de Colombia; su cultivo, recolección y beneficio han sido operaciones realizadas durante años por nuestros caficultores de manera artesanal utilizando técnicas convencionales; y su comercialización se ha hecho generalmente como materia prima (café verde o en almendra) para ser procesado en el exterior. (Gordillo, *et al.*, 2008).

La comercialización de café tostado y molido se rige por una serie de normas que garantizan la calidad exigiendo información sobre el origen del producto, su procesamiento, apariencia (color y olor del grano del café pergamino y almendra), así como de las cualidades organolépticas de la bebida: aroma, acidez, amargo, y cuerpo, que constituyen el principal factor de calidad del café en dependencia con el proceso de cultivo, recolección y beneficio del grano, así como con la tostión y la molienda. (Downey & Boussion, 1996)

En consecuencia, el café ha sido uno de los granos de mayor estudio en Colombia, como quiera que represente un considerable porcentaje de exportaciones del país.

La adulteración de café ha sido una operación muy utilizada por las tostadoras a través de la historia, debido a factores como precios elevados, escasez del producto en algunas épocas, o simplemente para innovar sabores o reducir costos de producción (Menezes, 1952). Los adulterantes a base de cereales, leguminosos, semillas y raíces suelen ser la solución a estos problemas, que al ser sometidos a procesos de tostión y molienda, tienen características similares a las del café, como el color y olor, que los hace imperceptibles.

La adulteración es un factor que afecta drásticamente la calidad del café procesado y aunque hay variedad de pruebas para determinar la autenticidad de los alimentos (Reid, *et al.*, 2006), estos no tienen la suficiente resolución para prescribir bajas concentraciones de contaminación del café. Algunas de las técnicas que se emplean para verificar la calidad del café son: la imagen digital, la lente térmica y el pH, espectroscopia infrarroja, quimiometría, microscopía y cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC) (Prodollet *et al.*, 1995).

En este trabajo se usó la metodología de espectro infrarrojo con transformada de Fourier FT-IR, ésta es actualmente una de las técnicas analíticas más utilizadas en todo el mundo, por analistas, científicos y estudiantes, todo ello en un amplio campo de aplicaciones, por ejemplo en la medicina, alimentos, ambiental, ciencia de los materiales, biotecnología, ciencias forenses, etc. Estudia los fenómenos de interacción entre la radiación de origen infrarrojo y la materia. Esencialmente la energía de la radiación, localizada en determinada longitud de onda del infrarrojo, es absorbida por una molécula (o parte de ella) que se encuentra vibrando en su estado basal a la misma

longitud de onda que la radiación infrarroja incidente, provocando con ello un cambio en la intensidad de la vibración. Una condición necesaria para que se produzca una vibración en una molécula al incidir sobre ella un haz de energía infrarroja es la presencia de momentos dipolares. Sí el momento dipolar es nulo no hay absorción de energía infrarroja, caso contrario, habrá absorción de energía infrarroja. **Fuente especificada no válida.**

Esta técnica fue utilizada con el propósito de definir las características espectrales del café adulterado con polvo de aserrín de madera, cascarilla de café, frijol y maíz añadiendo porcentajes de 5, 10, 20, 30, 40 y 50%. Esto con el fin de contribuir en la formulación de instrumentos de discriminación de la materia prima para la preparación de la bebida que garanticen el 100% de su pureza y la seguridad alimentaria. El objetivo del presente trabajo fue realizar el estudio y análisis profuso del grano del café (Tostado), así como su caracterización espectral, realizando mezclas con diferentes porcentajes de adulterantes y café, a efectos de determinar su grado de pureza y calidad. Finalmente se comparó con muestras de café comercial soluble y café convencional.

2. METODOLOGIA

2.1 MUESTRA DE CAFÉ, ADULTERANTES Y CAFÉ COMERCIAL CONVENCIONAL Y SOLUBLE.

Se adquirió una muestra base (café arábica pergamino) en el Centro Surcolombiano de Investigación en Café (CESURCAFE) de la Universidad Surcolombiana, el cual se trillo y selecciono de acuerdo a la NTC 3677 para posteriormente realizar el proceso de tostión, Se adquirieron del comercio local muestras de polvo de aserrín de madera, frijol (Nima Calima) y Maíz (Amarillo Criollo) secas y empacadas en presentación comercial. La cascarilla de café se adquirió del Centro de investigación CESURCAFÉ. Se obtuvieron 4 muestras de café comercial convencional y 4 muestras de café soluble en almacenes de cadena del Huila, el cual se le realizaron análisis fisicoquímicos para finalmente comparar con las mezclas o tratamientos. Los granos de café y muestras de aserrín, cascarilla de café, frijol y maíz (150 g) se sometieron separadamente a un proceso de tueste en una tostadora de un tambor marca Quantik (TC-150^a R/G), a una temperatura de 190, 180, 170, 200 y 180 °C respectivamente, el tiempo de tostión de los adulterantes fue definido por el grado de tueste del café (tostión alta), la cual se midieron en las coordenadas CIE $L^*a^*b^*$, con un colorímetro Konica Minolta CR-410, con valores de $18 > L < 21$.

2.1.1 MEZCLAS

Las muestras de los adulterantes, cascarilla de café, frijol y maíz se molieron en un molino (Bunn G3, USA) en molienda fina. Finalmente se analizó la muestra de almendra sana contaminada intencionalmente con proporciones crecientes de 5, 10, 20, 30, 40, y 50% de contaminante como polvo de aserrín de madera, cascarilla de café, frijol y maíz. A partir de las muestras obtenidas se dividieron en 7 tratamientos como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1.Tipos de tratamientos

TRATAMIENTO	MUESTRA
T1	Café comercial Soluble
T2	Café Comercial Convencional
T3	Almendra Sana
T4	Mezcla Café-Polvo de Aserrín
T5	Mezcla Café-Cascarilla de Café
T6	Mezcla Café-Frijol
T7	Mezcla Café-Maíz

2.2 ANALISIS FISICOQUIMICOS

Los análisis fisicoquímicos se llevaron a cabo en grano tostado molido para las muestras de café comercial soluble y café convencional, adulterantes y mezclas realizadas en los porcentajes de 10, 30 y 50% de cada uno de los tipos de defectos. Cada uno de las mediciones se realizó por triplicado.

Se determinó humedad según Rendón, García y Bragagnolo (2014) en una estufa (MEMMERT UF 55) a 105 °C durante 24 horas. En cuanto a la almendra sana la humedad se determinó con el equipo (KETT Grain Moisture Tester PM-450).

Las mediciones de actividad de agua se realizaron por medio del equipo (AQUALAB Vapor Sorption Analyzer (V.S.A) USA), inicialmente se equilibró y limpio el equipo, luego se tomaron muestras en la tara del mismo y se procedió a realizar las mediciones por triplicado de cada una de las muestras trabajadas en estudio.

Para la obtención del color de las muestras molidas de almendra sana, adulterantes, café comercial soluble, convencional y mezclas, el procedimiento se realizó de acuerdo a lo descrito por Velásquez, *et al.*, (2018), con un colorímetro (Konica Minolta CR-410. NJ USA), con iluminante D65, observador 10° previamente calibrado con una placa estándar de cerámica blanca, representado en las coordenadas L*, a* y b* (Commission Internationale de l'Eclairage CIE). Por cada muestra se realizaron cinco (05) mediciones.

Según lo establecido en la norma NTC 5247 para la medición de la acidez se usaron cinco (5) g de cada muestra y se adicionaron 100 ml de agua destilada a una temperatura de 90 °C, inmediatamente se agitó durante 3 minutos y seguidamente se filtró; el producto de la prueba antes referida se pasó a un volumen de 100 ml en un balón aforado; el cual se llevó a una temperatura de 25 °C para luego proceder con la titulación con NaOH a 0.1 M, tomando 3 muestras de 50 ml del producto obtenido llevándolo a un pH de 6.5 por medio del Potenciómetro (Trans Instruments BP3001 USA.)

La determinación de pH se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita por (Mazzafera, 1999) pesando 2.5 g de cada muestra del estudio realizado, a las cuales se le adicionaron 50 ml de agua destilada a una temperatura de 80 °C, se diluyo y dejo reposar hasta temperatura ambiente y se midió el pH con el Potenciómetro (Trans Instruments BP3001 USA.). Para la determinación de los sólidos solubles se realizó una infusión del 5% de cada una de las muestras con el Refractómetro (ATAGO PR-201α USA).

2.3 ANALISIS SENSORIAL

La evaluación sensorial se llevó a cabo para el café comercial soluble y convencional, la almendra sana, y los porcentajes de 10, 30 y 50% de cada uno de los tipos de defectos. Para efectos de sesgamiento del análisis sensorial se codifico cada una de las muestras en estudio, es decir, las marcas de cafés y mezclas fueron colocadas a los panelistas en todas las posiciones posibles, se empleó galletas de soda sin sal y agua a temperatura ambiente como borrador o enjuagante entre la evaluación de una muestra y otra.

La preparación de las bebidas se realizó de acuerdo a lo descrito por Sanchez & Chambers, 2015. Utilizando una proporción de 7.0 g de café por 100 ml de agua. Cada una de las muestras analizadas se preparó moliendo en un molino Bunn G3 a molienda fina, utilizando agua filtrada con carbón. El método de preparación que se uso fue el dripper V60, con una temperatura del agua de 93 ± 1 .

El análisis sensorial se realizó con la evaluación de 17 panelistas con conocimientos previos en atributos y defectos presentes en la bebida de café en 3 sesiones, 1° y 2° sesión con 6 panelistas y la 3° sesión con 5 panelistas en horario de 8 a 12 de la mañana. Se evaluaron 9 atributos (aroma, color, dulzor, sabor, sabor residual, cuerpo, acidez, sabor a café y amargo), el cual se consideró de la siguiente manera: entre más cercano a cero es desagradable y entre más cercano a diez es agradable. De la misma manera se evaluaron 4 tipos de defectos (maderable, caucho, quemado/ahumado y cerealoso), donde entre más cercano a cero presenta el defecto y entre más cercano a 10 no presenta dicho defecto, y finalmente una impresión general.

2.4 ANALISIS DEL ESPECTRO INFRARROJO POR TRANSFORMADA DE FOURIER MEDIANTE REFLECTANCIA TOTAL ATENUADA FTIR-ATR

Las mediciones del espectro se realizaron con un espectrómetro ATR-FTIR CARY 630 (Agilent, Santa Clara, CA, USA) con un detector DATLATGS equipado con un accesorio de muestreo ATR, entre las longitudes de onda $4000-650\text{ cm}^{-1}$, con una resolución de 8 cm^{-1} y 20 escáneres. El espectro se obtuvo del promedio de 5 lecturas de cada una de las muestras en estudio, a una temperatura y humedad relativa de 25 °C y 57% respectivamente.

2.5 ANALISIS ESTADISTICO

Los resultados de los valores de las determinaciones analíticas y sensoriales fueron procesados a partir del análisis de la varianza (ANOVA simple) con un nivel de confianza del 95%. Se realizaron análisis de comparación de medias de Fisher (LSD) para identificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los parámetros evaluados considerando 7 tratamientos.

Para el análisis del FTIR se realizó un tratamiento previo de los datos entre longitudes de onda 4000-650 (cm^{-1}), obteniendo: datos sin procesar primera derivada y segunda derivada por medio del programa Resolutions Pro (Agilent, 2015, USA). A partir de estos datos se realizó un análisis de componentes principales (PCA), mediante el programa estadístico Rstudio (2017) para observar cual tratamiento de datos permitía discriminar mejor entre café comercial soluble, convencional y diferentes tipos de mezclas con adulterantes.

3. ANALISIS Y RESULTADOS

En la Figura 1, se observan las curvas de tostión de los adulterantes y la almendra sana. Para obtener las curvas de tostión, los elementos ya descritos fueron sometidos a dicho proceso en una tostadora de un tambor (TC-150A R/G) con una masa para todas las muestras de 150 g. Diferente tratamiento se le dio al aserrín como agente adulterante, ya que este fue sometido a un proceso de tostión artesanal, mediante la utilización de un recipiente metálico que fue expuesto al calor de una estufa convencional, llevando el control de temperatura mediante un termómetro digital de superficie.

En la figura 1-A se muestra la curva de tostión del ASERRÍN, el cual se ingresó a temperatura de 180 °C. Durante el primer minuto de exposición, la temperatura cayó a 160 °C hasta lograr mantenerse constante y en equilibrio con la de ingreso por el término de 19 minutos, obteniendo de esa manera una TOSTIÓN ALTA que se asimila a la adquirida por la almendra sana y el café comercial. El proceso de tostión de la CASCARILLA DE CAFE, descrito en la figura 1-B, se inició a 170 °C. De la misma se desprende que hubo variaciones en la temperatura, debido a que la cascarilla de café adquiere de una forma muy rápida calor y acelera el proceso de tostión; por lo cual fue necesario ejercer un mayor control sobre la temperatura. Dicho proceso se llevó a cabo por un periodo de tiempo de 23 minutos.

En cuanto al FRIJOL, se evidencia en la figura 1-C, que obtuvo una curva de tostión similar a la de la almendra sana. Debido a su estructura fue necesario ingresarlo a una temperatura de 200 °C para que el proceso de tostión fuera homogéneo y poder obtener las condiciones requeridas. El proceso fue llevado a cabo durante 12 minutos. El MAIZ fue ingresado a 180 °C, como se evidencia en la figura 1-D. La curva de tostión durante el primer minuto cayó a 150 °C y posteriormente en el minuto 6, retomó la temperatura inicial y se mantuvo constante durante todo el proceso que tuvo como tiempo de duración 35 minutos.

Finalmente, la ALMENDRA SANA fue ingresada con una temperatura de 190 °C. Posteriormente durante el primer minuto cayó 20 °C, el tiempo total de tostión fue de 6 minutos, en el cual se puede evidenciar las fases del proceso de tostado del café: **deshidratación o secado**: aquí se evapora el agua, cambia de color de verde a amarillo, aumenta de volumen, desprende olores similares al pan horneado/tostado y a canguil; **caramelización**: Se funden los azúcares, el grano aumenta notablemente de tamaño, se torna de un color café claro, pierde aproximadamente el 5% de su peso; **transición térmica (crepitación o el 1 de crack)**: donde se produce la cocción de los granos; **desarrollo del grano**: el color cambia a café medio, pierde aproximadamente el 13% de su peso, emite muchos gases (CO_2), se da la expansión, brillo y segundo crack y **enfriamiento**: las células del grano se cristalizan o petrifican sellando los poros del grano y dejando atrapado dentro de sí los aromas y sabores del grano (Castillo *et al.*, 2016). Para todos los casos el tiempo de tostión de los adulterantes fue definido por el grado de tueste del café (tostión alta), la cual se midieron

en las coordenadas CIE L*a*b, con valores de $18 > L < 21$. De acuerdo a lo estipulado por Wei & Tanokura, (2015).

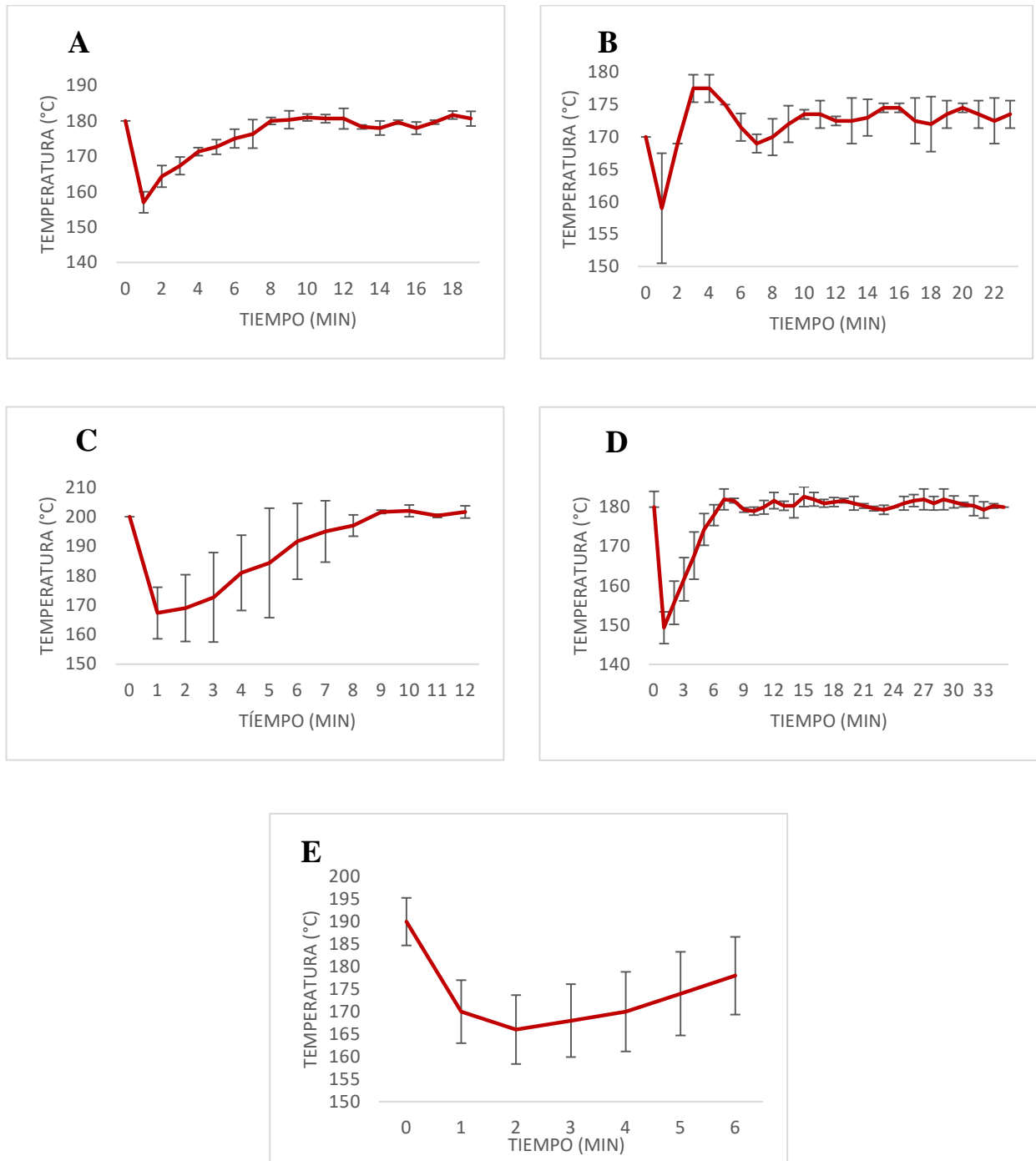


FIGURA 1. Graficas de tosti3n adulterantes. A) Aserr3n, B) Cascarilla de Caf3, C) Frijol, D) Ma3z y E) Almendra sana.

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS

En la tabla 2 se evidencia la caracterización fisicoquímica de las muestras de café comercial soluble y no soluble. El análisis de varianza (Anova Simple) indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras para todas variables medidas, exceptuando la variable *b la cual fue similar para todas las muestras. Para la humedad se observa que la muestra del código 524 es la de mayor contenido de humedad siendo este un café soluble, y el de menor contenido de humedad la muestra 851 siendo un café convencional. La NTC 3534 establece como requisito para el café tostado, en grano o molido un máximo de humedad de 5%, por lo cual se puede indicar que todas las muestras analizadas cumplen con la reglamentación establecida, ya que el máximo de humedad obtenido en café convencional fue de 3.60%. De igual forma la NTC 4159 establece que para café soluble granulado, el límite máximo de humedad es de 4.5%, de igual forma también cumple con la norma puesto que el valor máximo fue de 4.48%

Tabla 2. Caracterización fisicoquímica de Café convencional y café soluble

Muestras	Código	%Humedad	a _w	Acidez	% Solidos Solubles (S.S)	pH	Color		
							L	a	b
Café Comercial Convencional	202	3.60±0.02 ^c	0.42±0.01 ^f	42.61±0.90 ^b	1.40±0.00 ^c	5.53±0.01 ^d	18.62±0.20 ^b	4.46±0.08 ^a	3.56±0.09 ^a
	436	3.42±0.01 ^b	0.37±0.01 ^e	40.01±0.90 ^b	1.30±0.00 ^{bc}	5.60±0.01 ^e	18.79±0.13 ^{bc}	4.62±0.12 ^b	3.66±0.11 ^a
	851	1.03±0.02 ^a	0.09±0.00 ^a	37.93±0.90 ^b	1.20±0.00 ^{ab}	5.58±0.02 ^e	20.37±0.28 ^d	5.99±0.08 ^c	5.67±0.11 ^a
	679	1.04±0.02 ^a	0.09±0.00 ^a	17.15±0.00 ^a	1.10±0.00 ^a	5.58±0.01 ^a	20.79±0.34 ^e	6.20±0.07 ^d	5.95±0.11 ^a
Café Comercial Soluble	524	4.48±0.04 ^e	0,16±0.01 ^b	149.14±4.50 ^e	5.57±0.06 ^e	4.64±0.01 ^a	26.81±0.29 ^f	8.65±0.12 ^g	10.25±0.18 ^a
	938	4.34±0.16 ^d	0,29±0.01 ^d	133.03±3.92 ^d	5.43±0.12 ^d	4.73±0.01 ^c	19.05±0.23 ^c	6.76±0.17 ^e	5.30±0.18 ^a
	175	4.26±0.04 ^d	0,30±0.01 ^d	128.35±3.92 ^{cd}	5.43±0.12 ^d	4.68±0.02 ^b	18.17±0.11 ^a	6.74±0.06 ^e	4.48±0.05 ^a
	369	3.72±0.13 ^c	0,27±0.00 ^c	125.76±3.25 ^c	5.53±0.06 ^{de}	4.73±0.01 ^c	18.62±0.19 ^b	7.30±0.13 ^f	5.07±0.12 ^a

Media ± Desviación estándar.

Columnas con letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas.

Para valores L* = cercanos a cero indica más oscuro y cercanos a 100 indica más claro.

Frente a la a_w debemos señalar que es uno de los parámetros más importantes en la ingeniería de los alimentos, ya que está relacionada con la cantidad de agua del material alimenticio disponible para las reacciones físicas, químicas y bioquímicas, así como para el crecimiento microbiológico. Se relaciona directamente con la estabilidad y vida útil del producto (Staudt, Tessaro, Marczak, Soares, y Cardozo, 2013). La actividad de agua se define como la relación entre la presión parcial de vapor de agua sobre el alimento (Pa) y la presión de vapor de saturación del agua pura a la misma temperatura (Pao) y varía entre 0 y 1.0. (Puerta, 2006). El análisis de varianza arroja que para las muestras de café convencional y soluble 851, 679, 938 y 175 respectivamente no hay diferencias significativas ya que sus valores fueron iguales o muy cercanos y las demás muestras difieren entre sí con valores más altos.

La acidez titulable de una muestra de café es inversamente proporcional al grado de tosti3n que esta presenta, entre mayor sea el grado de tosti3n de los granos de café la acidez de este disminuirá (Puerta, 2000). Esto se evidencia en

los cafés convencionales donde a mayores valores de *L, es decir valores cercanos a tostiões más bajas comparadas con los cafés comerciales convencionales, presentando una acidez más alta.

En relación a los sólidos solubles mediante el análisis de varianza (ANOVA) se estableció que las muestras 202 y 436 no difieren del contenido de solidos solubles, mostrando los mayores valores, en comparación con las muestras 871 y 679 correspondientes al café comercial convencional. Para el café comercial soluble las muestras 938 y 175 no difieren obteniendo estas un valor igual. Sivetz (1963) citado por (Mendonça, *et al.*, 2005) indica que la fracción de sólidos solubles varía según el tipo de café y según el grado de tostado, tostados oscuros aumentan los sólidos solubles debido a la resolubilización de celulosa, carbohidratos y a las desnaturalización de las proteína, lo cual se puede evidenciar en los resultados obtenidos en este estudio.

En cuanto al pH se evidencia que existe una correlación indirecta respecto a la acidez, entre menor es el valor del pH mayor son los valores de acidez. Los valores más altos se encontraron para las muestras de café soluble y los valores más bajos para las muestras de café convencional.

De acuerdo a la tabla 2, se determinó que las muestras 202 y 369 no difieren en el parámetro L* siendo ambas más oscuras que las demás muestras, por lo tanto se puede inferir que en el proceso de elaboración de las muestras 202 y 369, se aplican parámetros de tiempos y/o temperaturas mayores durante la etapa de tostado.

Estos resultados muestran que la caracterización fisicoquímica permite encontrar diferencias entre las muestras de café soluble y las muestras de café convencional, lográndose agrupar como dos tipos de tratamientos T1 café soluble y T2 café convencional.

La caracterización de los adulterantes y almendra sana se observa en la tabla 3. Se evidencia que existen diferencias significativas para todas las muestras, excepto en la variable de acidez para la cascarilla de café y el maíz que no presentan diferencias significativas puesto que el porcentaje de acidez fue igual para estos.

Tabla 3. Caracterización de Adulterantes y Almendra sana de Café

Muestras	%Humedad	a _w	Acidez	% Solidos Solubles (S.S)	pH	Color		
						L	a	b
Polvo de Aserrín	3.11±0.01 ^d	0.36±0.01 ^e	5.20±0.90 ^a	0.27±0.06 ^a	6.34±0.03 ^c	26.20±0.34 ^c	5.33±0.12 ^a	7.56±0.23 ^b
Cascarilla De Café	1.43±0.02 ^a	0.24±0.04 ^d	9.35±1.56 ^a	1.27±0.07 ^c	4.88±0.00 ^a	29.52±0.34 ^e	6.08±0.08 ^e	8.40±0.20 ^c
Frijol	1.94±0.04 ^b	0.10±0.00 ^a	23.64±1.19 ^b	0.80±0.06 ^b	6.62±0.02 ^d	27.34±0.61 ^d	5.58±0.23 ^d	8.80±0.37 ^d
Maíz	2.59±0.40 ^c	0.19±0.00 ^c	9.35±1.56 ^a	3.40±0.06 ^e	5.34±0.02 ^b	21.73±0.27 ^b	4.32±0.09 ^b	5.48±0.13 ^b
Almendra sana	2.17±0.15 ^b	0.14±0.02 ^b	25.98±4.50 ^b	1.50±0.06 ^d	5.31±0.06 ^b	18.12±0.07 ^a	5.19±0.05 ^c	3.84±0.04 ^a

Media ± Desviación estándar.

Columnas con letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas.

De la tabla 3 se obtienen los datos de cada variable evaluada tomando como referencia las muestras o adulterantes que fueron utilizados en el proceso de investigación. Las mismas fueron sometidas a diferentes pruebas de las cuales se obtuvo el porcentaje de humedad, actividad de agua, acidez, el porcentaje de solidos solubles, el pH y color.

De acuerdo con los datos obtenidos, tenemos que, en cuanto al porcentaje de humedad de cada adulterante, la muestra que presentó el mayor valor fue el aserrín y la de menor valor fue la cascarilla de café. Frente a los porcentajes obtenidos para las muestras de maíz y frijol se pudo evidenciar que se encuentran cercanas a los valores arrojados por las muestras de cascarilla de café y aserrín, por lo cual para poder determinar si una muestra de café

comercial o no comercial se encuentra adulterada con alguna de estas muestras, deberá tenerse presente cada uno de los porcentajes de humedad que arrojo las pruebas de laboratorio.

Se evidencia en la tabla 3, que la Aw de la almendra sana y las muestras de frijol y maíz son muy parecidos, ya que se mueve en un rango porcentual muy estrecho, es decir se encuentran en una escala similar, a diferencia de los valores arrojados por las muestras de aserrín y cascarilla de café, las cuales muestran un porcentaje muy superior a la del café, maíz y frijol.

Frente a la acidez de cada una de las muestras en comparación con el de la almendra sana, tenemos que el frijol arrojó un valor cercano al porcentaje de acidez de la almendra sana, situación diferente a la de las muestras de aserrín, maíz y cascarilla de café, cuya acidez difiere en gran proporción a la de la almendra sana y el frijol.

De igual forma, se evidencia que el pH de las muestras de almendra sana y maíz arrojan resultados similares, difiriendo en gran magnitud con los obtenidos de las muestras de frijol, cascarilla de café y aserrín, los cuales arrojaron unos valores un poco mayores.

De acuerdo a los valores de la coordenada *L en cuanto a los adulterantes y la muestra de almendra sana se observa que existen diferencias significativas, estos se sometieron a una toción alta con el fin de hallar similitud en el color con el café comercial soluble y convencional, sin embargo se observa que el valor obtenido de cada adulterante no es similar con la almendra sana, obteniendo la cascarilla de café el valor más lejano y el maíz el valor más cercano.

La tabla 4 muestra la caracterización de las mezclas café-adulterantes para los porcentajes 10, 30 y 50% donde cada una de las variables para cada mezcla presentan diferencias estadísticamente significativas. Se puede observar que para el café - aserrín y el café - frijol a medida que aumenta la cantidad de adulterante se cumple que entre mayor es el pH, menor es la acidez. De igual forma para el color en la coordenada* L todas las mezclas presentan diferencias significativas.

Tabla 4. Caracterización de Mezclas

Código	%Humedad	Aw	Acidez	% Solidos Solubles (S.S)	pH	Color		
						L	a	B
Aserrín 10%	1.89±0.02 ^{bc}	0.25±0.01 ^c	26.5±3.12 ^{de}	1.17±0.06 ^e	5.19±0.01 ^g	19.64±0.33 ^{def}	5.17±0.22 ^{ce}	4.76±0.23 ^c
Aserrín 30%	1.92±0.01 ^c	0.23±0.02 ^b	18.71±1.56 ^b	0.87±0.06 ^b	5.23±0.03 ^h	20.54±0.15 ^g	4.65±0.10 ^{ab}	5.13±0.14 ^d
Aserrín 50%	2.24±0.09 ^d	0.26±0.00 ^c	13.51±0.90 ^a	0.70±0.00 ^a	5.27±0.02 ^j	21.69±0.15 ^h	4.45±0.08 ^a	5.51±0.11 ^e
Cascarilla de Café 10%	3.11±0.01 ^g	0.35±0.00 ^f	30.14±2.38 ^f	1.20±0.10 ^e	5.12±0.00 ^e	18.58±0.27 ^{ab}	5.42±0.20 ^{de}	4.14±0.19 ^a
Cascarilla de Café 30%	3.72±0.02 ⁱ	0.39±0.00 ^g	25.98±0.90 ^{de}	1.00±0.00 ^c	4.99±0.08 ^b	19.57±0.26 ^{de}	5.76±0.15 ^f	4.77±0.12 ^c
Cascarilla de Café 50%	3.59±0.04 ^h	0.38±0.00 ^g	21.31±0.90 ^{bc}	0.70±0.00 ^a	4.97±0.03 ^a	20.74±0.17 ^g	5.79±0.38 ^f	5.46±0.15 ^e
Frijol 10%	1.74±0.02 ^a	0.21±0.01 ^a	25.46±0.90 ^{de}	1.20±0.00 ^e	5.17±0.01 ^f	19.43±0.22 ^d	6.07±0.18 ^g	5.17±0.17 ^d
Frijol 30%	1.83±0.02 ^b	0.20±0.01 ^a	20.27±2.70 ^b	1.10±0.00 ^d	5.25±0.05 ⁱ	18.74±0.15 ^{bc}	5.12±0.23 ^c	4.41±0.31 ^b
Frijol 50%	2.43±0.02 ^f	0.36±0.00 ^f	14.55±0.90 ^a	1.00±0.00 ^c	5.51±0.14 ^k	18.47±0.11 ^a	4.74±0.08 ^b	4.16±0.07 ^a
Maíz 10%	1.85±0.01 ^b	0.29±0.00 ^e	27.54±3.25 ^{ef}	1.30±0.00 ^f	5.12±0.01 ^e	19.87±0.11 ^f	5.45±0.18 ^d	4.70±0.20 ^c
Maíz 30%	2.36±0.01 ^e	0.28±0.01 ^d	23.90±0.90 ^{cd}	1.70±0.00 ^g	5.09±0.02 ^d	18.86±0.12 ^c	5.20±0.09 ^{cd}	4.76±0.12 ^c
Maíz 50%	2.26±0.06 ^d	0.28±0.00 ^d	20.27±0.00 ^b	2.00±0.00 ^h	5.06±0.02 ^c	19.77±0.13 ^{ef}	5.12±0.09 ^c	5.05±0.10 ^d

Media ± Desviación estándar.

Columnas con letras diferentes representan diferencias estadísticamente significativas.

De la tabla anterior se observa que, a mayor cantidad de adulterante mayor es la humedad que se presenta en la mezcla, lo cual indica que la humedad es directamente proporcional a la cantidad de adulterante agregado a la muestra de café. Ello nos permite evidenciar con mayor facilidad si un café comercial se encuentra adulterado por una o varias de las muestras utilizadas en la presente investigación.

En cuanto a la Aw tenemos que los valores arrojados no tienen ningún tipo de variación, sin importar la cantidad o porcentaje de adulterante adicionado a la mezcla; sin embargo, se observa que los valores entre diferentes tratamientos sí presentan diferencias. Así la Aw para el café-aserrín es menor que la de café-cascarilla y a su vez la Aw de estas muestras difiere a la del frijol y el maíz. De tal forma que el comportamiento de este componente es constante para todas las mezclas, lo que nos permite inferir que al momento de adicionarse alguno de los adulterantes ya señalados, la Aw arrojaría resultados muy similares.

Como se mencionó anteriormente la acidez y el pH tienen un comportamiento de importancia en cuanto a las mezclas de café-aserrín y café-frijol debido a que entre menor es el pH mayor es la acidez a medida que aumenta los porcentajes proporcionados a la mezcla; esto ya no se cumple para la mezcla café-cascarilla y café-maíz, donde a medida que aumenta el adulterante se hace cada vez menor la acidez y el pH.

En cuanto a los sólidos solubles de las mezclas se observa claramente que a medida que aumenta el porcentaje de cada adulterante va disminuyendo la cantidad de sólidos solubles concentrados en estas, lo que no ocurre en el caso del maíz, que a medida que se le adiciona más adulterante, aumenta la cantidad de sólidos solubles.

ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis o evaluación sensorial es una disciplina científica usada para describir, medir, analizar e interpretar aquellas características de los cafés, que son percibidas por los sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y oído). Tiene la utilidad de dar a conocer la aceptación o rechazo del producto, con el fin de adaptarse a los gustos del consumidor.

Las sensaciones que motivan al rechazo o a la aceptación varían con el tiempo y el momento en que se perciben; depende tanto de la persona como del entorno en el que se encuentra. (SCAN, 2015). En igual sentido, se le ha denominado a esta herramienta como un estudio de análisis descriptivo para establecer las características sensoriales específicas (sabor, textura, apariencia) de los productos, utilizando panelistas entrenados para su evaluación (Sanchez & Chambers, 2015).

Para llevar a cabo la prueba de aceptación se realizaron análisis de comparación de medias de Fisher (LSD) para identificar la existencia de diferencias en los parámetros evaluados entre las diferentes categorías; se tomaron como base de análisis siete (7) tratamientos, denominados así: T1 muestra de café comercial soluble, T2 muestra de café comercial convencional, T3 almendra sana, T4 mezcla de aserrín-café, T5 mezcla de cascarilla de café-café, T6 mezcla de frijol-café y T7 muestra de maíz-café, tal como se muestra en la figura 2. Los atributos fueron calificados en escalas numéricas de 0 a 10 entre más cercano a cero es desagradable y entre más cercano a diez es agradable. Para la calificación de los defectos se toma como referencia la misma escala de 0 a 10, entre más cercano a cero se presenta el defecto y entre más cercano a 10, no presenta dicho defecto.

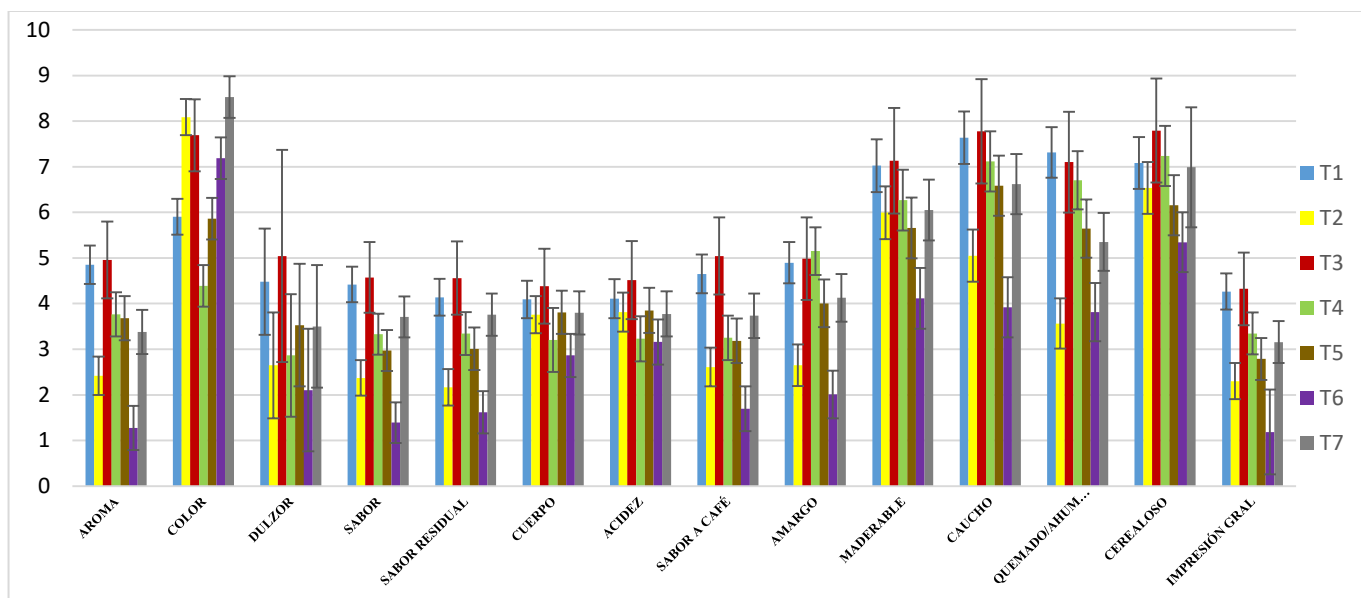


Figura 2. Medias de Fisher (LSD) para prueba de aceptación análisis sensorial.

De acuerdo al análisis sensorial llevado a cabo en la investigación, debemos señalar que las variables que se tomaron como punto de referencia para el estudio respectivo a cada tratamiento, fueron las siguientes:

- AROMA:** Se define como la percepción de gases deliberados por el café una vez concluido su proceso de preparación. En la tabla 5 se muestra que para los tratamientos T4 y T5 no presentan diferencias estadísticamente significativas y que los demás tratamientos difieren entre cada uno de ellos, y en la figura 2 se evidencia que para los diferentes tratamientos, el valor de aceptación del aroma más alto se le otorgó a T3, seguido de T1 y el valor con menor aceptación fue T6. Esto muestra que las propiedades del adulterante son totalmente diferentes a las del café y por tanto la exposición de gases de dicha mezcla dista del aroma real del café. Por ejemplo las propiedades fisicoquímicas del frijol propician un cambio significativo en el aroma de la bebida final, debido a que contiene una considerable cantidad de tiamina, riboflavina y niacina (Nyombaire, *et al.*, 2011)
- COLOR:** se define como la impresión perceptiva que se tiene de la bebida. Se observa en la tabla 5 que T1 y T5 no presentan diferencias y T2, T3, T6 y T7 comparten grupo entre ellos. De conformidad con los tratamientos realizados y descritos en la gráfica, podemos inferir que T7, refleja un color de mayor aceptación en comparación con los demás tratamientos, ya que se asimila en un mayor grado, al color de la bebida T3, cuya tonalidad nos permite tener conocimiento del grado de acidez, el cuerpo y el sabor propiamente de la bebida final.
- DULZOR:** Se le define como el sabor producido por el alto contenido de azúcar que posee determinado producto. Con referencia al café, podemos encontrar variedad de azúcares como sacarosa, arabinosa, glucosa, galactosa, ramnosa y xilosa (Loayza, 2017). Se aprecia en la tabla 5 que para todos los tratamientos no se presentaron diferencias significativas. Conforme con lo anterior, del análisis sensorial realizado se pudo establecer que (T6) tuvo la menor aceptación con referencia al dulzor que se presenta en la bebida preparada con almendra sana (T3). De igual forma, resulta importante destacar que (T1) obtuvo un nivel de aceptación importante en comparación con el de la almendra sana. En cuanto a los tratamientos

(T2), (T4), (T6) y (T7), la percepción de dulzor en dichas bebidas no representaron un grado de aceptación considerable, ya que de acuerdo con el análisis sensorial de los mismos, estas presentan un grado mínimo de azúcares que restringen la percepción del dulzor de la bebida final.

- d) **SABOR:** Es la impresión que causa un alimento o bebida determinada y está determinado por las sensaciones químicas detectadas por el sentido del gusto y por el olfato. A través del sabor se pueden identificar si un producto es dulce, amargo, ácido, etc. En la tabla 5 se observa que T2 y T5 no presentan diferencias y de igual forma T1, T3, T4, T5 y T7 comparten grupo y no presentan diferencias significativas. Con referencia al análisis sensorial de los diferentes tratamientos, encontramos que (T6) fue la que obtuvo una menor aceptación como quiera que las cualidades fisicoquímicas de ese tratamiento son diferentes a las de una bebida preparada con almendra sana.
- e) **SABOR RESIDUAL:** Es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca. Este puede ser agradable dejando un sabor dulce y refrescante o desagradable dejando un sabor amargo o áspero. (ASOBAGRI, 2018). De acuerdo con la tabla 5 se evidencia que entre T1 y T3 no existen diferencias significativas y que los demás tratamientos comparten grupo y difieren entre sí. De igual forma en la figura 2 se evidencia que el de mayor aceptación fue para T3 seguido de T1 y al que tuvo menor valor fue T6 esto debido a la tostión de los frijoles puede producir algunos cambios en las cualidades físicas, bioquímicas y nutricionales.
- f) **CUERPO:** Es la expresión que se manifiesta en la densidad de la bebida debido a la presencia de aceites. Se pueden distinguir cuerpo cremoso, mantequilloso, liso, suave, delgado, medio. La tabla 5 muestra que T2, T3, T4, T5 y T6 no presentan diferencias estadísticamente significativas, T1 y T6 difieren entre sí. En la figura se evidencia que T3 obtuvo la mayor calificación de aceptación siendo este el café-almendra sana y por ende no tiene ningún tipo de adulterante. El tratamiento T6 fue el que recibió el mayor rechazo, el cuerpo se afecta por secado inadecuado, almacenamiento de café pergamino húmedo (Marin, *et al.*, 2003), grado de molienda y valores altos de tostación como quemado y carbonoso que describen un cuerpo espeso o pesado (Avelino, *et al.*, 2005).
- g) **ACIDEZ:** Se refiere al nivel de este sabor que se encuentre en la bebida de café. Es necesario mencionar que la acidez es una cualidad que se asocia a los frutos como los cítricos (limón, lima, mandarina, etc.) por lo que no se debe confundir con el amargor. (Toledo., 2015). Se infiere de la tabla 5 que T3 fue el que obtuvo la mejor aceptación, lo cual puede deberse a que no presenta ningún tipo de adulteración, aunque su valor este por debajo de la mitad de la escala numérica, este fue el valor más alto, el tratamiento con mayor discriminación fue T6. El grado de acidez del café puede variar esencialmente por tres factores: la altura de la zona de producción, a mayor altura mayor acidez; el grado de madurez de los frutos y la edad del grano, un grano envejecido tendrá una menor acidez; y el grado de tueste, un tueste excesivo disminuye la acidez del café. (Toledo., 2015)
- h) **SABOR A CAFÉ:** Este atributo no presenta diferencias significativas en T4 y T5, sin embargo, T4 comparte grupo con T7 como lo muestra la tabla 5 y los demás tratamientos difieren entre ellos. La figura de medias de Fisher muestra que T3 obtuvo la calificación de aceptación más alta aun con un valor de 5 siendo este el tratamiento que no está adulterado y el de menor aceptación fue T6 con un valor de

1,70±0,49 indicando que el sabor a café fue casi nulo, es decir que a medida que aumentaba el porcentaje de adulterante disminuía a gran escala el sabor a café.

- i) **AMARGO:** Es la característica de un café más tostado, influye en el cuerpo y se percibe en la parte trasera de la lengua. (News, BuenCafe, 2012). Los tratamientos T1, T3 y T7 no presentan diferencias significativas al igual que T2 y T6 como se aprecia en la tabla 5. Este atributo fue discriminado en el tratamiento T6 debido a que este no está caracterizado por soluciones de quinina, cafeína, y otros alcaloides (SCAN, 2015), que son los que presentan un amargo ideal para una buena taza de café.

Para los defectos maderable, caucho, quemado/ahumado, y cerealoso el tratamiento 3 fue el que obtuvo mejor aceptación siendo esta la bebida preparada con la almendra sana sin ningún tipo de adulterante. Lo contrario ocurre en T6 que fue el que recibió una valoración más baja debido al proceso de tostión que se le dio a cada adulterante siendo una tostión alta, influyendo en todos los atributos de la bebida (tabla 5), no existen diferencias significativas para el defecto maderable en T2, T3, T4 y T7 y de igual manera en el defecto caucho en T1, T3, T4, T5 y T7. En los demás defectos existen diferencias estadísticamente significativas.

Por último se tiene una impresión general de todos los tratamientos donde en la figura de medias de Fisher se observa que T3 fue el de mejor observación seguida de T1 y el que fue más discriminado T6 siendo la mezcla café-frijol en diferentes porcentajes de adulterante.

Del análisis de la prueba de aceptación se observa en general que el tratamiento 6 fue el que en todos los atributos y defectos siempre fue discriminado y T3 más aceptado por los panelistas.

Tabla 5. Comparación de medias de Fisher (LSD) de los atributos y defectos evaluados por tratamiento de la bebida de café

VARIABLE	TRATAMIENTOS						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
AROMA	4,85±0,42 ^e	2,42±0,42 ^b	4,96±0,84 ^{de}	3,77±0,49 ^{cd}	3,68±0,48 ^{cd}	1,27±0,49 ^a	3,38±0,49 ^{bc}
COLOR	5,90±0,39 ^b	8,09±0,39 ^d	7,69±0,79 ^{cd}	4,39±0,45 ^a	5,86±0,45 ^b	7,19±0,45 ^c	8,53±0,45 ^d
DULZOR	4,48±1,16 ^a	2,65±1,16 ^a	5,04±2,33 ^a	2,86±1,34 ^a	3,53±1,34 ^a	2,11±1,34 ^a	3,50±1,34 ^a
SABOR	4,42±0,39 ^e	2,37±0,39 ^b	4,57±0,78 ^{de}	3,33±0,45 ^{cd}	2,97±0,45 ^{bc}	1,39±0,45 ^a	3,71±0,45 ^{cde}
SABOR RESIDUAL	4,14±0,40 ^d	2,16±0,40 ^{ab}	4,56±0,80 ^d	3,34±0,47 ^{cd}	3,01±0,46 ^{bc}	1,62±0,46 ^a	3,76±0,46 ^{cd}
CUERPO	4,09±0,41 ^b	3,76±0,41 ^{ab}	4,38±0,82 ^{ab}	3,20±0,70 ^{ab}	3,81±0,47 ^{ab}	2,87±0,47 ^a	3,80±0,47 ^{ab}
ACIDEZ	4,11±0,43 ^b	3,82±0,43 ^{ab}	4,51±0,86 ^{ab}	3,23±0,49 ^a	3,85±0,49 ^{ab}	3,16±0,49 ^a	3,77±0,49 ^{ab}
SABOR A CAFÉ	4,65±0,42 ^e	2,61±0,42 ^b	5,04±0,85 ^{de}	3,25±0,49 ^{bc}	3,19±0,49 ^{bc}	1,70±0,49 ^a	3,74±0,49 ^{cd}
AMARGO	4,90±0,45 ^{bc}	2,65±0,46 ^a	4,99±0,91 ^{bc}	5,15±0,52 ^c	4,01±0,52 ^b	2,01±0,52 ^a	4,13±0,52 ^{bc}
MADERABLE	7,03±0,58 ^c	5,99±0,58 ^{bc}	7,13±1,16 ^{bc}	6,27±0,67 ^{bc}	5,66±0,67 ^b	4,11±0,67 ^a	6,05±0,67 ^{bc}
CAUCHO	7,63±0,58 ^b	5,05±0,57 ^a	7,78±1,14 ^b	7,12±0,66 ^b	6,58±0,66 ^b	3,92±0,66 ^a	6,62±0,66 ^b
QUEMADO/AHUMADO	7,31±0,55 ^d	3,56±0,55 ^a	7,10±1,10 ^{bcd}	6,71±0,64 ^{cd}	5,65±0,64 ^{bc}	3,81±0,64 ^a	5,35±0,64 ^b
CEREALOSO	7,08±0,57 ^b	6,53±0,57 ^{ab}	7,79±1,14 ^b	7,24±0,66 ^b	6,16±0,66 ^{ab}	5,35±0,66 ^a	6,99±1,31 ^b
IMPRESIÓN GRAL	4,26±0,40 ^e	2,30±0,40 ^b	4,32±0,80 ^{de}	3,35±0,46 ^{cd}	2,79±0,46 ^{bc}	1,19±0,93 ^a	3,15±0,46 ^{bcd}

ESPECTRO INFRARROJO FTIR

Los componentes químicos en el café, tienen funciones determinadas dentro de la taza. Los polisacáridos retienen aromas, contribuyen al cuerpo de la bebida, la sacarosa da amargo, sabor, color, acidez y aroma; los azúcares reductores dan color, sabor y aroma; los lípidos contribuyen al transporte de aromas y sabores, dan sabor y cuerpo; las proteínas dan amargo y sabor y forman la espuma, la cafeína y trigonelina contribuyen al amargo; los ácidos clorogénicos dan cuerpo, amargo y astringencia, los ácidos alifáticos son los principales componentes de la acidez y también dan cuerpo y aroma. (Puerta, 2011).

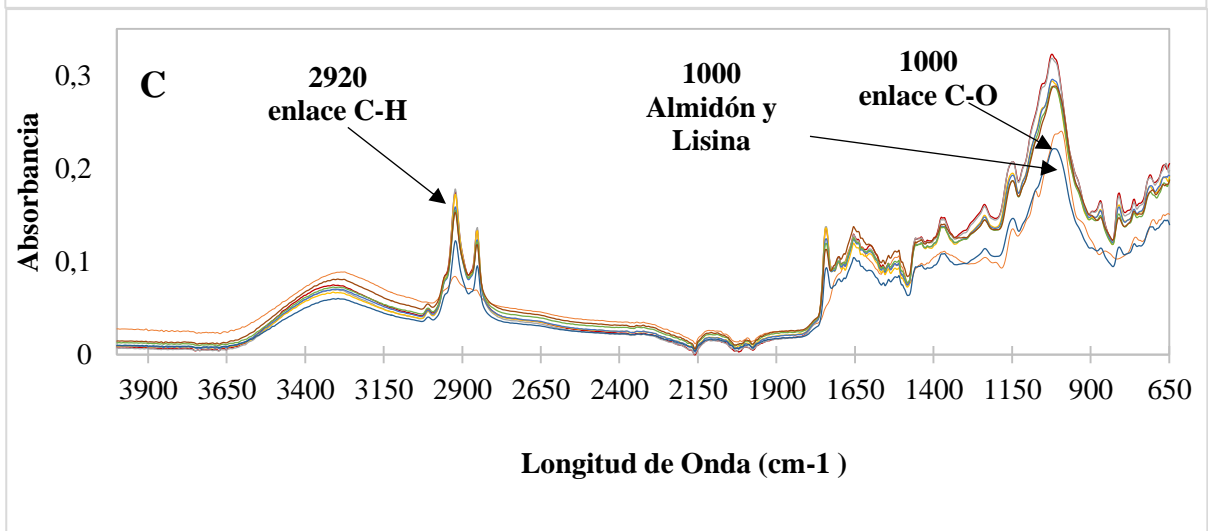
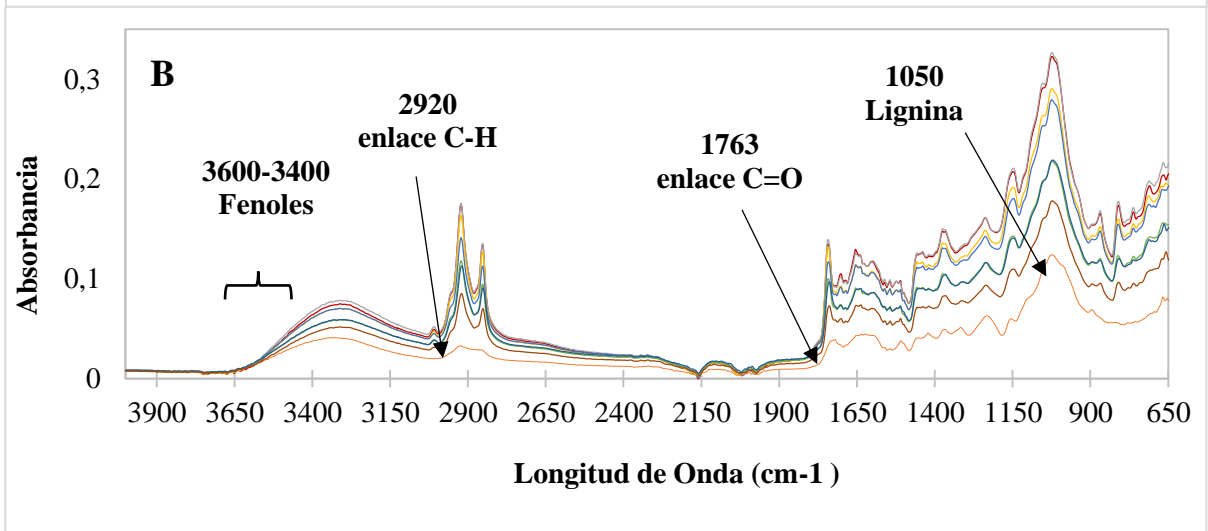
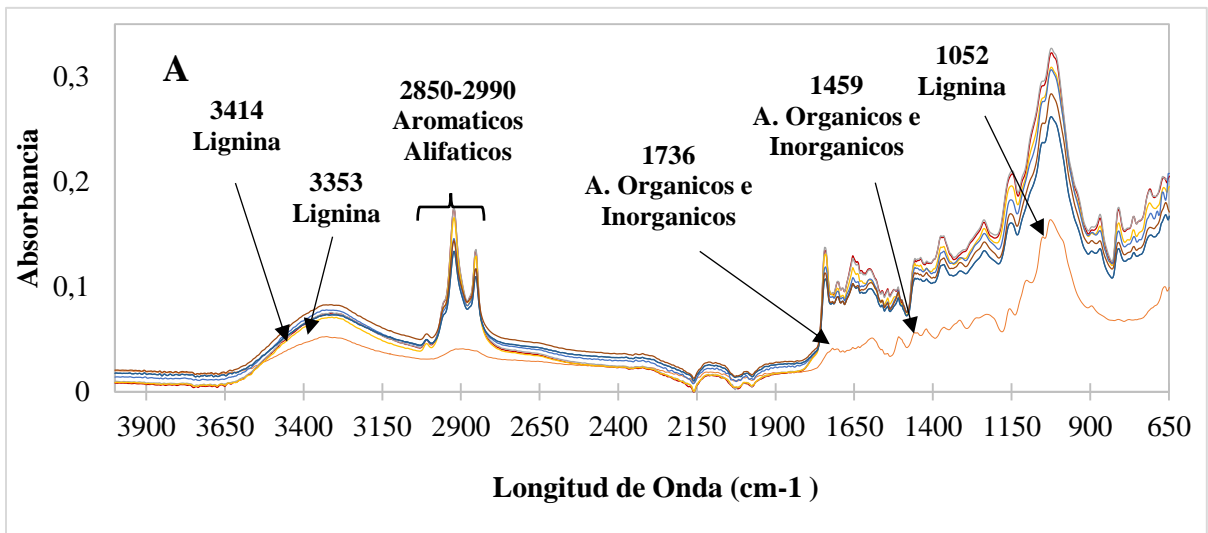
Los espectros obtenidos para almendra y café adulterado son el resultado del promedio de 5 mediciones para cada una de las muestras. Los resultados de las medidas pueden ser visualizadas en la figura 3. En estos espectros se puede ver que las bandas de absorción entre 2000 y 4000 cm^{-1} se repiten casi en su totalidad para todas las muestras de café y café adulterado con diferente intensidad. Sin embargo, en la región comprendida entre 650 y 2000 cm^{-1} existen diferencias que se identifican y evidencian por la aparición de algunas bandas y cambios en la intensidad de la absorbancia.

Una valoración comparativa de los datos promedio indica espectros similares, con la totalidad de las bandas características concentradas en los rangos: 3050 - 2750 y 1750 - 900 cm^{-1} . En la figura 3 - A, B y C se puede observar que los valores de absorbancia fueron más altos para el café que para el café adulterado, mientras que en la figura 2-D se evidencia que los valores de absorbancia del café adulterado con maíz fueron más altos que para el café.

La Figura 3-A corresponde a la comparación de los espectros de café adulterado con diferentes concentraciones de aserrín; en este caso se observan diferencias en las bandas de absorción de los grupos químicos característicos del aserrín 0% en los rangos entre 3414-3353 y 1052 cm^{-1} , se atribuye a la asociación polimérico del grupo hidroxilo y la vibración producida por el grupo OH de estiramiento, existente en carbohidratos (celulosa y hemicelulosa) y lignina. El rango entre 1736-1459 cm^{-1} se relaciona con ésteres de grupo funcional COO, específicamente con el éster carbónico debido a la intensidad de adsorción media-baja del grupo COOO, estos compuestos se revelan por la presencia del grupo carbonilo CO, en esta zona el tipo de compuesto depende del sustituyente y son derivados de los ácidos orgánicos e inorgánicos. (Jiménez & Padilla., 2012), y el rango entre 2850-2990 cm^{-1} se asocia a compuestos aromáticos y alifáticos. (Arteaga, *et al.*, 2012).

La figura 3- B muestra la comparación del café y café adulterado con diferentes concentraciones de cascarilla de café; en el caso de la cascarilla de café 0% se puede determinar que existe una señal de intensidad marcada en las bandas de absorción entre los rangos 3400-3600 cm^{-1} atribuido principalmente a los fenoles (O-H). Se presenta una vibración simétrica a los 2920 cm^{-1} relacionado con el enlace (C-H). También se aprecia un pico a los 1763 cm^{-1} atribuible a los grupos (C=O). Otra simetría marcada se presenta a los 1050 cm^{-1} característico de los grupos (C-O) presentes en la lignina la cual es uno de los principales componentes de la cascarilla de café. (Barón Pacheco, 2014).

Los espectros de la figura 3-C corresponde a la comparación de los espectros de café adulterado con diferentes concentraciones de fríjol; en este caso, se observan diferencias en cuanto a la forma de los espectros de café adulterado alrededor de la banda centrada en 1000 cm^{-1} , vibración que se puede asociar al contenido de almidón y lisina, que son compuestos contenidos en los granos de fríjol (Vasanthan et al. 2001). De igual forma en la banda 1000 cm^{-1} está relacionado con la vibración de estiramiento del enlace C-O. En la banda 2920 cm^{-1} como lo menciona, (Mondragón Cortez, 2017) está relacionado con la vibración de estiramiento (asimétrica) del enlace C-H.



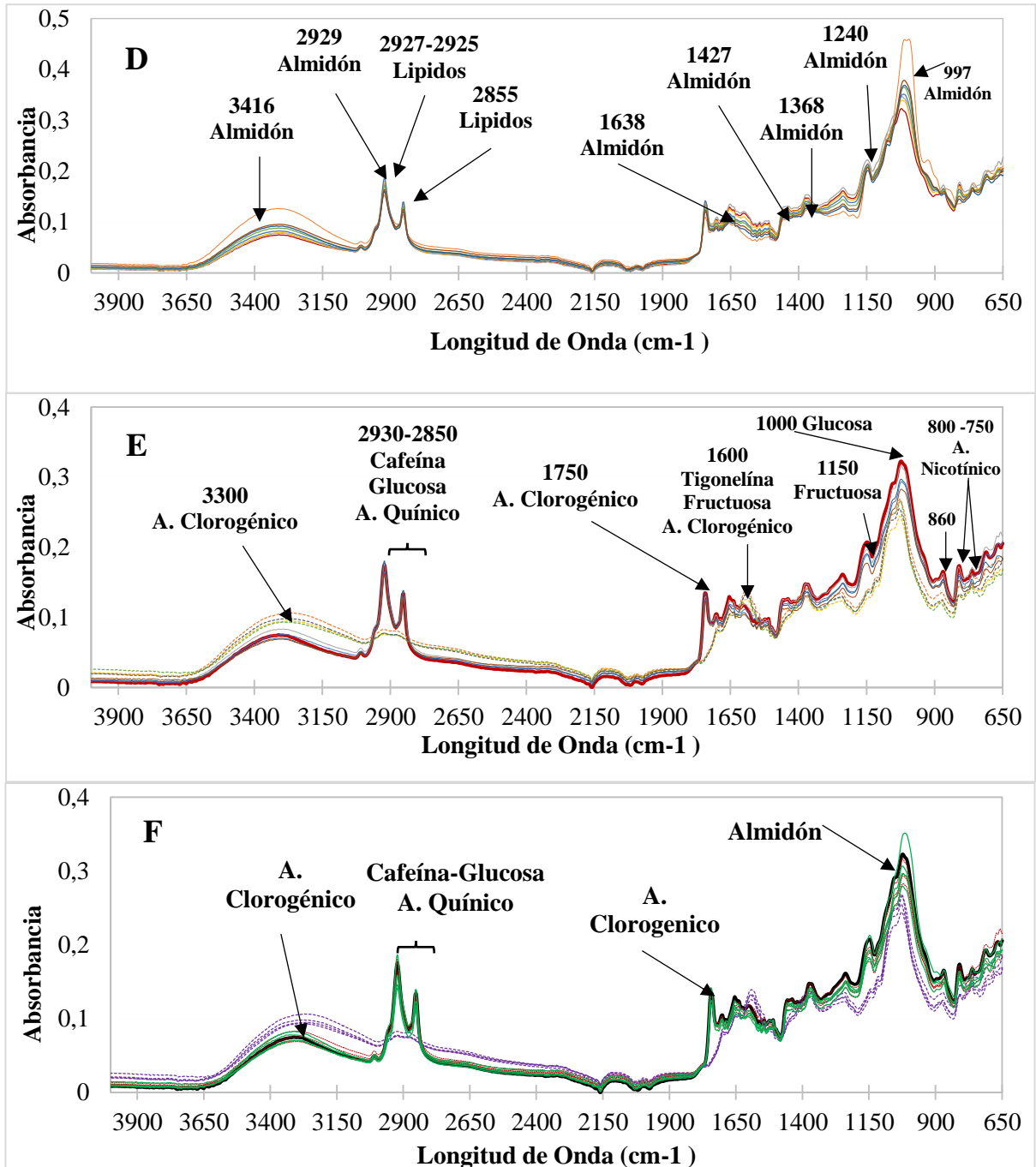
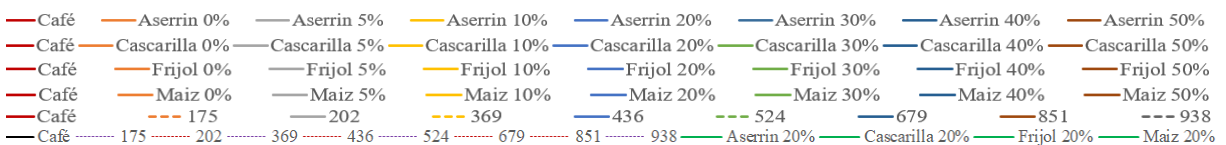


Figura 3. Gráfica de espectros de café adulterado con A) Aserrín, B) Cascarrilla de Café, C) Frijol, D) Maíz, E) Espectros de café y café comercial soluble y no soluble y F) Café comercial soluble, no soluble, almendra sana y 20% de cada adulterante.



En la figura 3-D se puede apreciar las diferentes bandas de absorbancia tanto para el café como para maíz. Se observa que el maíz presenta bandas en 3416, 2929, 1638, 1427, 1368, 1240 y 997 cm^{-1} que hace referencia a bandas características del almidón. (Mano, *et al.*, 2003); (Sabatier, 2005) Otros estudios de FTIR sobre maíz y harina de maíz también han informado dos bandas en 2927–2925 y 2855 cm^{-1} , que se atribuyen respectivamente al estiramiento C – H simétrico y asimétrico en los lípidos (Cremer & Kalitunc, 2003); (Greene *et al.*, 1992).

Se observa en la figura 3-E algunas bandas de los principales compuestos químicos del café tostado y molido identificados en el espectro como la cafeína en las bandas de absorción 2930, 2850 y 850 cm^{-1} , trigonelina 1600 y 860 cm^{-1} , ácido nicotínico 800–750 cm^{-1} , glucosa 2930, 2850 y 1000 cm^{-1} , fructuosa 1600 y 1150 cm^{-1} , ácido quínico 2930 cm^{-1} y ácido clorogénico en los rangos 3300, 1750, 1600 y 1150 cm^{-1} . (Silva *et al.* 2011). Las bandas afiladas a 1745 cm^{-1} se identificaron previamente en los espectros FTIR del café tostado (Reis, *et al.*, 2013), en asociación con la vibración de carbonilo (C=O) en los ésteres (triglicéridos) y aldehídos y también están relacionados con la concentración de lípidos. Se pueden ver muchas bandas en todos los espectros en el rango de 1700 a 700 cm^{-1} . Se esperaba este resultado porque se informa que muchas sustancias que ocurren naturalmente en el café presentan bandas de absorbancia en este rango, que es la región de doble enlace (Reis, *et al.*, 2013). Un ejemplo es la trigonelina, una piridina, compuesto que está presente tanto en el café crudo como en el tostado y se ha informado que presenta varias bandas en el rango de 1650 a 1400 cm^{-1} . Los ácidos clorogénicos presentan una fuerte absorción en el rango de 1450–1000 cm^{-1} . (Briandet, *et al.*, 1996). Los carbohidratos también exhiben varias bandas de absorción en la región de 1500–700 cm^{-1} , por lo que se espera que esta clase de compuestos contribuya a muchas de las bandas observadas.

Al realizar el análisis de la figura 3-F, podemos observar que el café comercial soluble presenta diferencias en las bandas de absorción comparado con el comportamiento que se evidencia del café comercial convencional. Esa diferencia nos permite indicar que el café soluble tiene un tratamiento diferente al del café comercial no soluble y por tanto, genera que los componentes químicos entre estos sean diferentes. De igual forma, se observa que el comportamiento en las bandas de absorción del café comercial no soluble comparado con las mezclas al 20% de adulterante (aserrín, cascarilla, frijol y maíz), tienen un comportamiento similar, permitiendo concluir que en efecto las muestras de café comercial no soluble pueden ser adulteradas con algunos de los componentes ya mencionados.

ANÁLISIS DEL FTIR POR COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de PCA realizado para cada uno de los tratamientos de los datos (sin procesar, primera derivada y segunda derivada) se muestra en la figura 4. Se puede observar una separación entre tres grupos diferentes: muestras de café comercial soluble, café tostado y las mezclas de café-adulterante que comparte unas zonas en común con las muestras de café comercial convencional, con siete tratamientos principales distintos con algunos puntos atípicos. Las pocas muestras de valores atípicos de cada grupo que estaban presentes en otras zonas corresponden a muestras sometidas a condiciones de tostado extremas (tostado claro / temperatura más baja y tostado oscuro / temperatura más alto). (Craig, *et al.*, 2012).

En general en los resultados se observa que la etapa de pretratamiento de los espectros que proporcionó el mejor nivel de discriminación entre los tratamientos fue la primera derivada figura 4-B, con mucha similitud a la segunda derivada 4-C. esto quiere decir que es posible mediante esta técnica poder discriminar entre café considerado como almendra sana y café adulterado con algún tipo de adulterante trabajado en este estudio. La agrupación de muestras se puede observar, con cierta superposición entre el café tostado, cascarilla de café, frijol y maíz. Sobre la base de discusión de los espectros para el café y sus adulterantes, está claro que la discriminación entre el café tostado y los adulterantes están fuertemente relacionados con la ausencia de almidón en el café tostado y sus respectivos subproductos y su presencia tanto en el maíz como en el frijol. Se debe tener en cuenta que el maíz tostado y el frijol se superponen probablemente en asociación con su contenido de almidón. Los resultados del análisis de componentes principales indican que posiblemente el café comercial no soluble tenga presente algún tipo de

adulterante (aserrín, cascarilla de café, frijol y maíz) debido a que se superpone en la zona o grupo de las mezclas de café-adulterante en su totalidad.

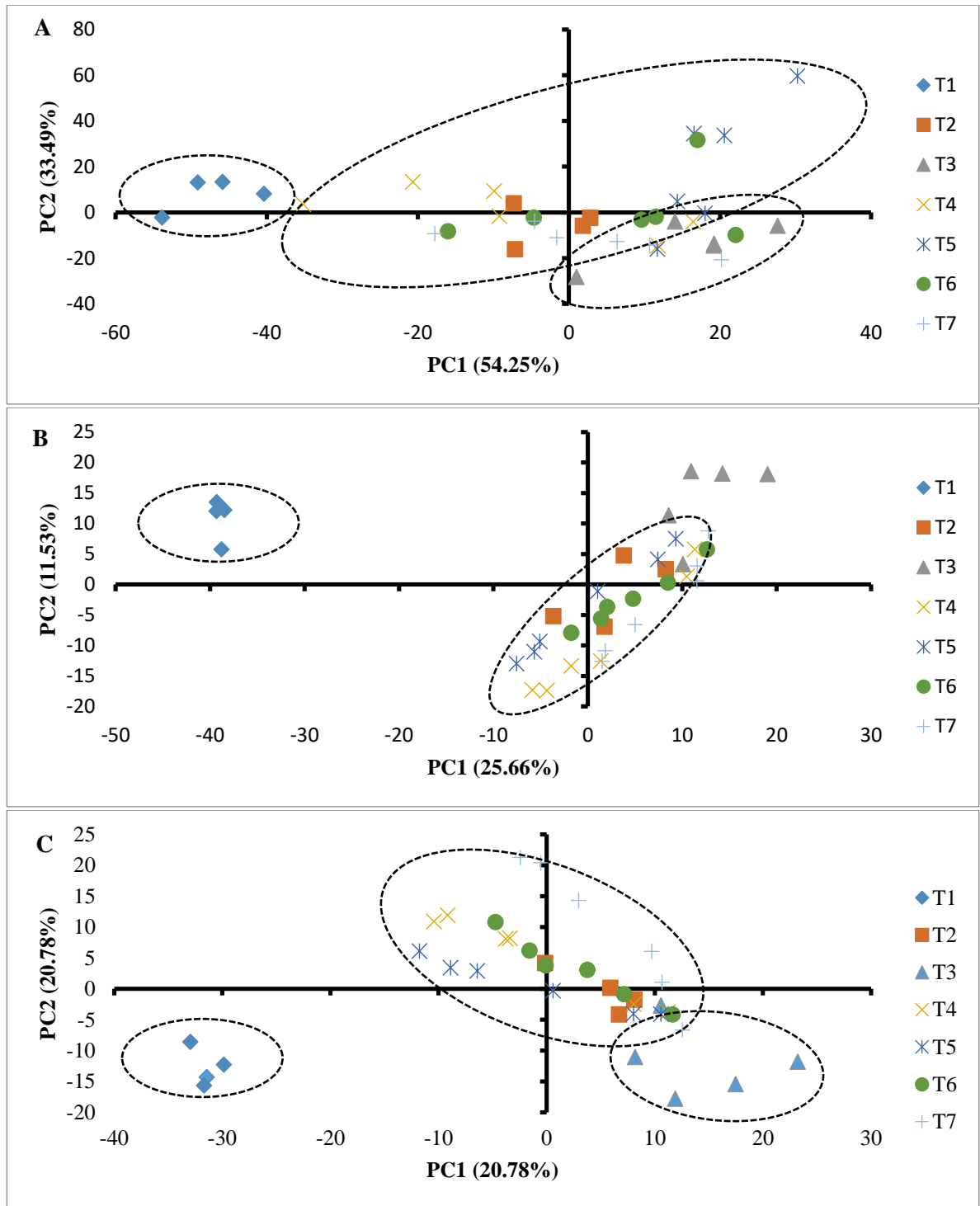


Figura 4. Los PCA obtienen un gráfico de dispersión (PC1 frente a PC2) basado en los espectros de reflectancia total atenuada entre las longitudes de onda 4000-650 (cm^{-1}) de café tostado en comparación con los adulterantes y café comercial soluble y convencional después de los siguientes pasos de tratamiento previo: (a) datos en bruto, (b) primera derivada, y (c) segunda derivada.

4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que nuestro país se ha posicionado como uno de los principales productores y consumidores del grano de café, la presente investigación estuvo orientada a determinar no solo la calidad del producto, sino que también fue viabilizada a establecer bajo análisis y pruebas de laboratorio, si el mismo cumple con las condiciones óptimas para el consumo, es decir; si el producto fue adulterado.

En la elaboración de las diferentes mezclas, a partir de café molido y tostado, se concluyó que la adición de diferentes tipos de adulterantes (aserrín, cascarilla de café, frijol y maíz) influye de manera clara en el comportamiento de las características fisicoquímicas y sensoriales, de manera que en los diferentes tratamientos se presentan diferencias estadísticamente significativas.

Se determinaron los parámetros fisicoquímicos de las muestras de café comercial convencional y soluble, siendo la humedad un parámetro principal encontrando que la muestra del código 524 es la de mayor contenido de humedad (4.48%) siendo este un café soluble, y el de menor porcentaje de humedad la muestra 851(1.03%) siendo un café convencional, estableciéndose así que todas las muestras cumplen con la norma establecida. De la misma manera se determinó para los adulterantes, siendo el aserrín con el porcentaje de humedad más alto con un valor de (3.11%) y la cascarilla de café con el valor más bajo (1.43%), finalmente se halló el contenido de humedad para las mezclas con los porcentajes de 10, 30 y 50% de adulterante concluyendo que a medida que se le adiciona el porcentaje aumenta el contenido de humedad, siendo la mezcla café-cascarilla de café 50% la de mayor porcentaje con un valor de (3.59%) y la mezcla café-el frijol 10% la de menor porcentaje de humedad (1.74%).

En la prueba de aceptación que se realizó con el análisis de comparación de medias de Fisher (LSD) se concluyó que el T6 fue el que tuvo menos aceptación de acuerdo con el concepto y calificación emitida por los panelistas encargados de realizar el análisis sensorial de las muestras puestas a consideración. La baja calificación asignada al T6 (mezcla frijol-café) se debió a que esta presentó valores muy bajos en los atributos más importantes a la hora de evaluar una taza de café: aroma, dulzor, sabor, sabor residual, sabor a café, amargo e impresión general; de igual forma en los defectos el más pronunciado fue quemado-ahumado, siendo así el tratamiento con mayor rechazo.

Utilizando el espectro infrarrojo por transformada de Fourier FT-IR se identificaron algunos de los principales compuestos del café tostado y molido como la cafeína, trigonelina, ácido nicotínico, piridina, glucosa, ácido oxálico, fructuosa, ácido quínico y ácido clorogénico.

Respecto a las mezclas aserrín-café, cascarilla de café-café, frijol-café y maíz-café se logró evidenciar que contienen unas características similares en cuanto a sus componentes químicos por lo que no permite diferenciar el uno del otro lo cual nos llevó a concluir que si una taza de café está adulterado con algunos de estos elementos no lograríamos inferir cuál de todos estos sería.

De acuerdo a los resultados de análisis de componentes principales se concluye que se hace una discriminación por medio de la evaluación de la primera derivada entre café comercial soluble, almendra sana y también permite observar que el café comercial convencional presenta algunas características similares y comparte zonas con las mezclas café- adulterantes evaluados en la presente investigación, lo cual nos indica que estos cafés comerciales que son puestos al público ya traen consigo algún tipo de agente externo.

Se logró determinar que el comportamiento y las características entre el café comercial soluble y convencional son diferentes por los tratamientos que se le realizan a cada uno de éstos, sin embargo; del análisis e investigación se puede concluir que el café comercial convencional puede ser adulterado con cascarilla de café, frijol, maíz y aserrín en un porcentaje del 20% sin que pueda evidenciarse, tal como lo muestra la figura 3-F.

De los análisis realizados, podemos concluir que al aplicar adulterante a un café comercial convencional en un porcentaje mayor al 20% va a permitir evidenciar que el producto ha sido mezclado con un agente externo para dar rendimiento a la cantidad del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por haberme dado la vida, por darme la inteligencia, sabiduría, entendimiento y la capacidad para ejercer este proyecto, por los triunfos alcanzados y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, por ser mi guía, mi fuerza y por iluminar mi camino en este nuevo logro personal.

A mis padres Orlando Devia Caviedes y Marleny Rodríguez Yara por su afecto, compañía, motivación, la paciencia que me han brindado y por su apoyo en cada momento de dificultad y alegría, guiándome para salir adelante y cumplir cada meta propuesta.

A mi esposo Edinson Quintero Zambrano por su amor, apoyo, paciencia, compañía y confianza en la realización de mis proyectos, por estar presente en los buenos y sobre todo los malos momentos, motivándome para ser cada día mejor.

A mi director Nelson Gutiérrez Guzmán por su asesoría, apoyo, tiempo y paciencia, que con ayuda de su conocimiento y experiencia permitieron culminar con éxitos este proyecto de investigación.

Agradecimientos a mi Co-investigador el ingeniero Yeison Fernando Barrios Rodríguez por su constancia, buenos consejos, apoyo incondicional; por tender de su mano la más grata y verdadera amistad.

A mis compañeros del Centro Surcolombiano de Investigación en Café (CESURCAFÉ) por su paciencia, ayuda y su apoyo en todo momento durante este proyecto.

Agradecimientos al Centro Surcolombiano de Investigación en Café (CESURCAFÉ) por permitir realizar este proyecto de investigación y hacer uso de sus equipos y planta de laboratorios.

REFERENCIAS

Arteaga, Y., Carballo, L., Garcia, Y., Alonso, M., & Geada, G. (2012). Caracterización del aserrín de *Acacia mangium* Willd para la obtención de biocarbón. . *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 90-95. <https://www.itson.mx/publicaciones/rlrn/Documents/v8-n2-5-caracterizacion-del-aserrin-de-acacia-mangium-willd-para-la-obtencion-de-biocarbon.pdf>.

ASOBAGRI. (10 de Septiembre de 2018). *Asociacion Barilense de Agricultores*. Obtenido de Consultado: <http://www.asobagri.com.gt/asobagri/catacion/>

Avelino, J., Barboza, B., Araya, J., Fonseca, C., Davrieux, F., Guyot, B., & Cilas, C. (2005). Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1869–1876. DOI: 10.1002/jsfa.2188.

Barón Pacheco, L. (2014). *Repositorio UniLibre*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/11234>: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11234/DOCUMENTO%20FINAL%20LAURA%20BAR%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bressani, R., Elías, L., & Valiente, A. T. (Febrero de 1963). Effect of cooking and of amino acid supplementation on the nutritive value of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *British Journal of Nutrition*, pp. 69-7. doi.org/10.1079/BJN19630008.

Briandet, R., Kemsley, E., & Wilson, R. (1996). Approaches to Adulteration Detection in Instant Coffees using Infrared Spectroscopy and Chemometrics. *J Sci Food Agric*, 359-366. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199607\)71:3<359::AID-JSFA593>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199607)71:3<359::AID-JSFA593>3.0.CO;2-D).

Castillo Luzon, M., Muñoz Ordóñez, M., & Engler, F. (2016). <https://www.swisscontact.org>. Obtenido de Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café: https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Ecuador/Documents/Content/ManualTuesteCafe.pdf

Craig, A., Franca, A., & Oliveira, L. (2012). Discrimination between defective and non-defective roasted coffees by diffuse reflectance infrared Fourier transform spectroscopy. *LWT - Food Science and Technology*, 505-511. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.02.016>.

Cremer, D., & Kaletunc, G. (2003). Fourier transform infrared microspectroscopic study of the chemical microstructure of corn and oat flour-based extrudates. *Carbohydrate Polymers*, 53-65. doi.org/10.1016/S0144-8617(02)00266-7.

Downey, G., & Boussion, J. (1996). Authentication of Coffee Bean Variety by Near-infrared Reflectance Spectroscopy of Dried Extract. *Science of food and agriculture*, DOI: 10.1002/(sici)1097-0010(199605)71:1<41::aid-jsfa546>3.0.co;2-i.

Gordillo D., F., Garcia S., A., & Mejia M., C. (2012). IDENTIFICACIÓN DE ADULTERANTES SOYA, FRÍJOL Y CEBADA EN CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO UTILIZANDO EFA-IRTF. *Temas Agrarios*, 52-59. DOI: <https://doi.org/10.21897/rta.v17i1.696>.

Greene, R., Gordon, S., Jackson, M., & Bennett, G. (1992). Detection of Fungal Contamination in Corn: Potential of FTIR-PAS and -DRSf. *J. Agric. FoodChem*, 1144-1 149.

- IA Ludwig, M. C. (2014). Coffee: biochemistry and potential impact on. *Food & Function*, 1633–1978. DOI: 10.1039/c4fo00042k.
- Jiménez V., M., & Padilla G., G. (31 de Diciembre de 2012). *Repositorio Institucional Universidad de Cartagena*. Obtenido de <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/84>
- Loayza, J. (20 de Abril de 2017). *Perfect Daily Grind*. Obtenido de <https://www.perfectdailygrind.com/2017/04/por-que-algunos-cafes-son-mas-dulces-que-otros/>
- Mano, F., Koniarova, D., & Reis, R. (2003). Thermal properties of thermoplastic starch/synthetic polymer blends with potential biomedical applicability. *Revista de Ciencia de Materiales: Materiales en Medicina*, 127-135. <https://doi.org/10.1023/A:1022015712170>.
- Marin, S., Pulgarín, J., C., M. E., & E., O. C. (2003). RELACIÓN ENTRE EL ESTADO DE MADUREZ DEL FRUTO DEL CAFÉ Y LAS CARACTERÍSTICAS DE BENEFICIO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA BEBIDA. *Cenicafé*, 297-315.
- Mazzafera, P. (1999). Chemical composition of defective coffee beans. *Food Chemistry*, 547-554. [doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00167-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00167-8).
- Mendonça, L., Pereira, R., & Mendes, A. (2005). PARÂMETROS BROMATOLÓGICOS DE GRÃOS CRUS E TORRADOS DE CULTIVARES DE CAFÉ (L.). *Food Science and Technology*, 239-243. <https://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000200009>.
- Menezes, J. (1952). Fraudes do Café. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 111-144.
- Mondragón Cortez, P. (2017). *ESPECTROSCOPIA DE INFRARROJO PARA TODOS y 51 espectros de alimentos consumidos en México*. Jalisco, México.: ISBN 978-607-97548-4-6.
- Nádia Reis a, A. S. (2013). Discrimination between roasted coffee, roasted corn and coffee husks by Diffuse. *LWT - Food Science and Technology*.
- News, BuenCafe. (Enero de 2012). *Federacion de Cafeteros*. Obtenido de https://www.federaciondecafeteros.org/buencafe-fnc-es/index.php/comments/como_se_realiza_el_analisis_sensorial_del_cafe_en_colombia/
- Nyombaire , G., Siddiq, M., & Dolan, K. (2011). Physico-chemical and sensory quality of extruded light red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) porridge. *LWT - Food Science and Technology*, 1597e1602. [doi:10.1016/j.lwt.2011.02.016](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.02.016).
- Puerta Quintero, G. I. (1998.). CALIDAD EN TAZA DE LAS VARIEDADES DE *Coffea arabica* L. *Cenicafé*, 49(4): 265-278. 1998.
- Puerta Q, G. (2000). CALIDAD EN TAZA DE ALGUNAS MEZCLAS DE VARIEDADES DE CAFÉ DE LA ESPECIE *Coffea arabica* L. *Cenicafé*, 51(1), 5-19.
- Reid,, L., O'Donnell, C., & Downey, G. (2006). Recent technological advances for the determination of food authenticity. *Trends in Food Science & Technology*, 344–353. [doi:10.1016/j.tifs.2006.01.006](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.01.006).
- Reis, N., Franca, A., & Oliveira, L. (2013). Discrimination between roasted coffee, roasted corn and coffee husks by Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy. *LWT - Food Science and Technology*, 715-722. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.016>.

Rendón, M., Garcia Salva, T., & Bragagnolo, N. (2014). Impact of chemical changes on the sensory characteristics of coffee beans during storage. *Food Chemistry*, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.123>.

Sabatier, J. (2005). ENTRECruzamiento DE UN ALMIDÓN COMERCIAL UTILIZANDO EPICLORHIDRINA Y TRIMETAFOsfATO DE SODIO. *REVISTA PERUANA DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA*, 16-23.

Sanchez, K., & Chambers, E. (2015). HOW DOES PRODUCT PREPARATION AFFECT SENSORY PROPERTIES? AN EXAMPLE WITH COFFEE. *JOURNAL OF SENSORY STUDIES*, 13. doi:10.1111/joss.12184.

SCAN, S. (2015). EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFE. GUATEMALA.

Sostenible–SCAN, P. N. (2015). EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFE. *SCAN GUATEMALA* .

Team, D. C. (2017). *Patente n° ISBN 3-900051-07-0*. Vienna, Austria.

Toledo Ochoa, D. (2015). ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL CAFÉ QUE SE PROCESA EN LAS CASAS CAFETALERAS EN LA PROVINCIA DE LOJA. Cuenca, Ecuador.

Toledo Ochoa, D. (2015). GUÍA BÁSICA PARA EL ANÁLISIS DE CALIDAD DEL CAFÉ. Ecuador.

Velásquez, S., Peña, N., Bohórquez, J., Gutierrez, N., & Sacks, G. (2018). Volatile and sensory characterization of roast coffees – Effects of cherry maturity. *Food Chemistry*, 137–145. doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.127.

Wei, F., & Tanokura, M. (2015,). Chemical Changes in the Components of Coffee Beans during Roasting. *Coffee in Health and Disease Prevention*, 83-91. doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00010-3.