



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, 15 enero 2019

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

GISELA ANDREA CÓRDOBA SALAZAR, con C.C. No. 1075300047,

Autor (es) de la tesis y/o trabajo de grado o titulado: Efecto de la extracción y grado de tueste sobre los compuestos químicos de café especial (*coffea arabica*) mediante el espectro infrarrojo de transformada de fourier (ftir) 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



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: efecto de la extracción y grado de tueste sobre los compuestos químicos de café especial (coffee arábica) mediante el espectro infrarrojo de transformada de Fourier (FTIR).

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
CÓRDOBA SALAZAR	GISELA ANDREA

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
BAHAMÓN MONJE	ANDRES FELIPE
GIRÓN HERNÁNDEZ	JOEL

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRÍCOLA

FACULTAD: INGENIERÍA

PROGRAMA O POSGRADO: AGRÍCOLA

CIUDAD: NEIVA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2018

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:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. sensorial	sensory
2. preparación	preparation
3. fisicoquímicas	properties
4. tueste	toast
5. atributo	attribute

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

La variación de compuestos químicos presentes en el café depende de varios factores como variedad, grado de tueste y método de preparación. Una de las constantes preguntas que surgen en el momento de beber café, radica en conocer qué cantidad de compuestos químicos presentes en el grano de café prevalecen en la bebida una vez realizada la preparación, y qué variaciones sensoriales se producen durante el mismo proceso. El presente estudio evaluó el efecto en el método de preparación y grado de tueste sobre los compuestos fisicoquímicos del café (*coffea arabica*). Así mismo, se analizaron los compuestos presentes en la borra de café luego de la preparación mediante el espectro Infrarrojo de Transformada de Fourier (FTIR), que permitiría la posible obtención de otros subproductos. Por otro lado, se realizó un análisis sensorial de aceptación QDA, en el cual se establece que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las tres variedades de café. También se identificó mayor aceptación de los atributos sensoriales en los métodos de preparación: Chemex, v60, por otra parte hubo menor aceptación en los métodos de preparación: Aero Press y cafetera Italiana. Finalmente, se estableció que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grado de tueste alto y medio en las bebidas de café.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The variation of chemical compounds present in coffee depends on several factors such as variety, degree of roasting and method of preparation. One of the constant questions that arise at the time of drinking coffee, lies in knowing what amount of chemical compounds present in the coffee bean prevail in the drink once the preparation is made, and what sensory variations occur during the same process. The present study evaluated the effect in the method of preparation and degree of roasting on physicochemical compounds of coffee (*coffea arabica*). Likewise, the compounds present in the coffee bean were analyzed after the preparation



using the Fourier Transform Infrared spectrum (FTIR), which would allow the possible obtaining of other by-products. On the other hand, a sensory analysis of QDA acceptance was carried out, in which it is established that there are no statistically significant differences between the three coffee varieties. Also, greater acceptance of sensory attributes was identified in the preparation methods: Chemex, v60, on the other hand there was less acceptance in the preparation methods: Aero Press and Italian coffee maker. Finally, it was established that there are no statistically significant differences between the degree of high and medium roast in coffee beverages.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: NELSON GUTIÉRREZ GUZMAN

Firma: 

Nombre Jurado: LUNIER JOEL GIRÓN HERNÁNDEZ

Firma: 

Nombre Jurado: DAYANA ALEJANDRA OROZCO

Firma:



EFECTO DE LA EXTRACCIÓN Y GRADO DE TUESTE SOBRE LOS COMPUESTOS QUÍMICOS DE CAFÉ ESPECIAL (*COFFEA ARABICA*) MEDIANTE EL ESPECTRO INFRARROJO DE TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

Gisela Andrea Córdoba¹, Yeison Fernando Barrios Rodriguez², Nelson Gutiérrez Guzman³
y Andres Felipe Bahamon Monje⁴

Resumen

La variación de compuestos químicos presentes en el café depende de varios factores como variedad, grado de tueste y método de preparación. Una de las constantes preguntas que surgen en el momento de beber café, radica en conocer qué cantidad de compuestos químicos presentes en el grano de café prevalecen en la bebida una vez realizada la preparación, y qué variaciones sensoriales se producen durante el mismo proceso. El presente estudio evaluó el efecto en el método de preparación y grado de tueste sobre los compuestos fisicoquímicos del café (*coffea arabica*). Así mismo, se analizaron los compuestos presentes en la borra de café luego de la preparación mediante el espectro Infrarrojo de Transformada de Fourier (FTIR), que permitiría la posible obtención de otros subproductos. Por otro lado, se realizó un análisis sensorial de aceptación QDA, en el cual se establece que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las tres variedades de café. También se identificó mayor aceptación de los atributos sensoriales en los métodos de preparación: Chemex, v60, por otra parte hubo menor aceptación en los métodos de preparación: Aero Press y cafetera Italiana. Finalmente, se estableció que no hay diferencias estadísticamente significativas entre el grado de tueste alto y medio en las bebidas de café.

Palabras clave: sensorial; preparación; efecto; café; tueste; variedades; métodos; borra; fisicoquímicos; atributos.

Abstract

The variation of chemical compounds present in coffee depends on several factors such as variety, degree of roasting and method of preparation. One of the constant questions that arise at the time of drinking coffee, lies in knowing what amount of chemical compounds present in the coffee bean prevail in the drink once the preparation is made, and what sensory variations occur during the same process. The present study evaluated the effect in the method of preparation and degree of roasting on physicochemical compounds of coffee (*coffea arabica*). Likewise, the compounds present in the coffee bean were analyzed after the preparation using the Fourier Transform Infrared spectrum (FTIR), which would allow the possible obtaining of other by-products. On the other hand, a sensory analysis of QDA acceptance was carried out, in which it is established that there are no statistically significant differences between the three coffee varieties. Also, greater acceptance of sensory attributes was identified in the preparation methods: Chemex, v60, on the other hand there was less acceptance in the preparation methods: Aero Press and Italian coffee maker. Finally, it was established that there are no statistically significant differences between the degree of high and medium roast in coffee beverages.

Keywords: sensory; preparation; effect; coffee; toast varieties; methods; erase; physicochemical; attributes.

¹ Estudiante Ing. Agrícola Universidad Surcolombiana – Neiva Av. Pastrana Carrera 1ª. Neiva, Huila Colombia. u20132122474@usco.edu.co

² Ingeniero Agrícola. Santiago de Chile, Chile. e-mail: yfbr06@gmail.com

³ Doctorado tecnología de alimentos Neiva Av. Pastrana Carrera 1ª. Neiva, Huila Colombia. ngutierrezg@usco.edu.co

⁴ Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana – Neiva Av. Pastrana Carrera 1ª. Neiva, Huila Colombia. u2010297360@usco.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

El café se considera la bebida aromática de mayor popularidad, con características de sabor deseable que son apreciados por los consumidores a nivel mundial. Desde hace pocos años ha aumentado la demanda de café de buena calidad, países como Brasil, India y China, compiten actualmente contra Estados Unidos para comprar café gourmet en grano (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, s.f a). El café representa el 10% o más de los ingresos de exportación de al menos 14 países en el mundo. Sin embargo, solo tres países (Brasil, Colombia y Vietnam), representan casi el 60% de la producción mundial de café en grano (Consumers International, 2005 & Specialty Coffee Association of America, 2012a, b).

El Huila es el primer productor de café en Colombia, con una producción mayor a los 2'500.000 sacos de café pergamino seco en el 2017, superando a otros departamentos como a Antioquia, Caldas, Quindío y Risaralda en la producción nacional de café (FNC, s.f b). A partir de este dato, el presente estudio es relevante para la región debido a que el café se ha convertido en una cadena productiva de gran importancia para el departamento y el país, donde es trascendental el continuo avance en investigación e innovación, garantizando un desarrollo permanente. Además, debido a su gran importancia comercial a escala mundial, es necesario considerar qué cantidad de los compuestos presentes en el grano de café prevalecen en la bebida una vez realizado el proceso de preparación, lo cual depende de varios factores como la variedad, grado de tueste y método de preparación.

Diferentes especies de granos de café han sido descubiertas, no obstante, en Colombia se ha demostrado que dos de estas especies son comercialmente más viables: *Coffea Arábica* originaria de Etiopía, esta variedad representa el 75% del consumo mundial y *Coffea Canephora* (Robusta) la cual contiene el doble de cafeína, además es más resistente a las enfermedades y las altas temperaturas (Smith, 2007).

Actualmente existen diversos métodos de preparación del café, los cuales resaltan atributos específicos en la taza, relacionados con el tipo de molienda y tiempo de preparación propios de cada método. El proceso de tueste cobra gran relevancia para la expresión de estos atributos finales en la taza de café, este proceso produce la transformación de las propiedades sensoriales, químicas y físicas de los granos de café verde, variando según el grado de tueste, el cual depende básicamente del tiempo y la temperatura a la cual el grano es sometido. Del mismo modo, existen diferentes factores que influyen en las variaciones del aroma y sabor; el transporte, almacenamiento y envasado también intervienen en la calidad del café. Como resultado, Michel, C., Velasco, C., Fraemohs, P., y Spence, C. 2015; & Wan, X., Zhou, X., Woods, A., Spence, C. 2015 demostraron el gran impacto en la percepción del consumidor que tiene el envase utilizado en la evaluación sensorial, es por eso que es tan importante asegurar la calidad en cada uno de estas etapas (Specialty Coffee Association of America 2012a, b).

Durante el proceso de tueste el grano de café presenta diferentes transformaciones en las propiedades físicas y químicas, debido a que este proceso controla el desarrollo del grano. El tueste provoca acumulación de la presión dentro del grano como consecuencia de la formación de vapor y otros gases, este aumento de presión produce la expansión y fisura del grano, a medida que aumenta el tiempo y la temperatura (<160°C) se evidencian cambios. El tueste rompe la estructura celular de los granos verdes, exponiéndolos al calor que expulsa la humedad, luego de que el grano se haya calentado ocurre la pirólisis a 205°C, en donde ocurre una descomposición térmica y cambio químico, por tal motivo, compuestos químicos como dióxido de carbono, aldehídos, cetonas, éteres, ácido acético, metanol, aceites y el glicerol se volatilizan del grano. Por otro lado, durante este procesos diferentes compuestos volátiles se descomponen a diferentes temperaturas. Al continuar la pirólisis el sabor y aroma del grano de café continúan su desarrollo (Bhumiratana, Adhikari y Chambers. 2011).

El objetivo de esta investigación es analizar el efecto del método de preparación y grado de tueste sobre los compuestos químicos de café especial (*Coffea arabica*) mediante análisis del espectro Infrarrojo de Transformada de Fourier (FTIR), analizando a su vez las propiedades fisicoquímicas del café antes y después del proceso de preparación y su aceptación sensorial mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA). De manera que se adelantan estudios de análisis descriptivo de las características sensoriales específicas del producto con jueces o

panelistas entrenados para los distintos tipos de evaluación, así mismo, existe información exacta acerca de los procedimientos de preparación hechos para ciertos estudios con el fin de obtener tipos particulares de datos (Lee et al. 2008; Romero Del Castillo et al. 2012).

Diversas investigaciones se han realizado para la determinación de cafeína, mediante el espectro infrarrojo, como las llevadas a cabo por B. Singh et al., (1998) quien cuantificó cafeína mediante Espectroscopia Infrarroja Transformada de Fourier (FTIR) en el pico expresado a una longitud de onda de 1655 cm^{-1} . Esta técnica también es útil para poder obtener información sobre la calidad de los productos, como lo ha demostrado Craig, (2012) en el estudio de identificación de café tostados defectuoso y no defectuoso por medio de FTIR, asociando los principales descriptores químicos del café, como carbohidratos, proteínas, aminoácidos, lípidos, cafeína y ácidos clorogénicos. De esta manera se han venido abordando estudios en relación a los compuestos químicos del café mediante el espectro infrarrojo, la cual es una técnica avanzada, que permite obtener resultados en un corto tiempo mediante una prueba no destructiva, sin tratamiento previo. FTIR- Reflectancia total atenuada (ATR) se ha empleado recientemente para el análisis de café (REIS et al., 2013a); De manera que, mediante el análisis FTIR se determinaron los distintos adulterantes en café tostado y molido (Craig et al. 2014).

La presente investigación establece el efecto del método de preparación y el grado de tueste sobre las composiciones fisicoquímicas y aceptación sensorias en la bebida de cafés especiales en tres variedades diferentes, a su vez, determinar los compuestos que no se extraen en la bebida y son retenidos finalmente en la borra.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización

El estudio se desarrolló en el Centro Surcolombiano de Investigación en Café (CESURCAFÉ), ubicado en la facultad de ingeniería de la Universidad Surcolombiana, sede Neiva- Huila.

2.2 Selección de las muestras de café

Se seleccionaron tres variedades de café a analizar (*coffea arabica*) : variedad Caturra del municipio de Gigante, Huila con una altura de 1493 msnm, variedad Castillo procedente de la Vereda “La Lindosa” ubicada en Cerro Neiva a 1800 msnm y variedad Colombia procedente de Vereda “Santa Ramos” ubicada en Puerto Rico, municipio del Caquetá a una altura de 1600 msnm, cuyo perfil sensorial permita la definición de cafés especiales de acuerdo a lo establecido por el protocolo de la SCA (Speciality Coffee Association).

2.3 Análisis físico

Se pesaron 250 g de café pergamino seco, se realizó la trilla con el fin de retirar el pergamino del grano de café y obtener el café verde. Se pesó la almendra total obtenida (AT) y se tamizó en la malla No. 13 durante un minuto. Posteriormente, se seleccionó el café que quedó retenido en la malla No. 13. En esta selección se clasificaron los defectos del café y se pesaron respectivamente, por último se pesó la almendra sana (AS) según lo establecido por (Incontec. NTC3566, 2011), permitiendo determinar el porcentaje de merma, el factor de rendimiento y los defectos del grano para cada variedad.

2.4 Análisis sensorial

Se realizó análisis sensorial de acuerdo al protocolo de la SCA (SCCA, 2015) con el fin de verificar que las muestras analizar cumplen con la denominación de cafés especiales.

2.5 Tueste para extracción en métodos de preparación

Las muestras fueron tamizadas previamente para garantizar la uniformidad del proceso, se clasificaron según el tamaño del grano, el cual quedó retenido en el tamiz 13, 15 y 17 con el fin de realizar el tueste por separado, para finalmente homogenizar las muestras de una misma variedad. El proceso se realizó en una tostadora Quantik (TC-150A R/G), Los grados de tueste se inspeccionaron según la metodología descrita por Franca et al, (2009) en donde se tomaron lecturas de luminosidad mediante el colorímetro Minolta® CR 410 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japón). Se definieron los grados de luminosidad L para grado bajo (29-31), grado medio (26-27) y grado alto (23-24).

2.6 Molienda para preparación en métodos

Se molieron las muestras de café tostado en un molino Gindmaster (810S Black ETL SlimLin) durante 15 segundos con una granulometría MEDIA, para este estudio la molienda fue igual para todos los métodos de preparación, proporcionando a su vez un factor de uniformidad en todas las muestras, con el fin de que este no sea considerado un factor importante en los resultados.

2.7 Análisis de compuestos fisicoquímicos

2.7.1 Análisis fisicoquímicos de café tostado y molido:

- pH: según el método descrito por Tawfik y El Bader (2005), se determinó el potencial de hidrogeno pesando 5 g de la muestra de café y adicionando 20 mL de agua a una temperatura de 80°C, se dejaron reposar las muestra hasta alcanzar una temperatura de 25°C y se realizaron las medición del pH mediante el potenciómetro (BP-3001, Trans Instruments, Singapur)

- Acidez titulable: en 10 g de café molido se adicionó 75 mL de etanol al 80% y se mantuvo en agitación suave durante 16 horas con agitación magnética, transcurrido el tiempo se filtraron la muestra. La acidez titulable se determinaron mediante la titulación con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N a pH 8.2. Nueve mediciones se tomaron por triplicado (Wang, X., Tak Lim, L., 2015).

- Color: En los granos de café enteros tostados y molidos, las muestras se llevaron a una caja de Petri enrasando cada muestra para determinar las coordenadas CIE L * a * b * directamente en la celda de 50 mm (diámetro), por triplicado con el colorímetro Minolta® CR 410 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japón), previamente calibrado según (Zanin et al., 2016).

- Humedad: en café tostado se determinó mediante el método dieléctrico (capacitancia) con el medidor de humedad KETT PM-450 (Kett electric laboratory, Santiago Boulevard), la prueba se realizó por triplicado.

- Actividad de agua: Se colocaron 3 ± 1 g de café molido en la cámara de muestra de un analizador de sorción de vapor, a 25 ° C. (VSA Aqualab Decagon Device, Inc. Pullman, WA). Las mediciones se realizaron por triplicado para todos los grados de tueste en cada variedad.

2.7.2 Análisis fisicoquímico en la bebida de café:

- Color: se determinó con el colorímetro Minolta® CR 410 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japón). usando 30 mL de la bebida, con un tubo de protección de luz CR-A33e con vidrio del digital en donde se determinaron los parámetros de color L (luminosidad), y a y b (coordenadas de cromaticidad).

- pH: en 10 mL de la bebida luego de la preparación de cada muestra de café se midió el pH con el potenciómetro (BP-3001 fabricado por Trans Instruments, Singapur).

- El índice de refracción (°Brix): se determinó con un refractómetro digital portátil PR-201 α (Atago, Estados Unidos), usando 1 mL de cada muestra mediante el método de reflexión interna total, una longitud de onda de fuente de luz de $k = 589.3$ nm y una compensación automática de temperatura fijada a 20 ° C (Parenti, A., Guerrini, L., Masella, P., Spinelli, S., Calamai, L., 2014).

- Sólidos totales: 12 horas antes de la preparación de las bebidas se colocaron en el horno los recipientes de aluminio a utilizar, con el fin de retirar la humedad, luego se pesaron los recipientes. Los sólidos totales se cuantificaron secando 20 mL de la bebida en cada recipiente, según lo establecido por la (AOAC, 2000). Las muestras se pusieron en el horno durante 24 horas a 70°C. Se prepararon 3 repeticiones de cada preparación para cada grado de tueste y variedad diferente (Rendón, M., Schholz, M., Bragagnolo, 2018) & (AOAC, 2000).

- Acidez titulable: se mezcló 1 mL de la bebida con 10 mL de agua destilada y se procede a titular con NaOH 0,1 N al alcanzar un pH de 8,4 (Wang, X., Tak Lim, L., 2012).

- Viscosidad: Se agregó 16 mL de la muestra en el accesorio y con una aguja de baja revoluciones, se programa a 120 rpm durante 30 segundos hasta que se establezca el valor de viscosidad en cp, se determinó mediante el reómetro digital Brookfield.

2.8 Análisis sensorial de aceptación

2.8.1 Descripción del análisis

Cincuenta y cuatro jueces semientrenados fueron seleccionados entre investigadores del centro de investigación CERSURCAFÉ, profesores y estudiantes de la universidad Surcolombiana, quienes se caracterizan por ser consumidores frecuentes de café.

Por cada variedad se realizaron tres secciones, cada una con un panel de 6 miembros. Los atributos evaluados fueron: aroma, color, dulzor, sabor residual, sabor, cuerpo, acidez e impresión general, los cuales fueron calificados en escala de 9 puntos desde “desagradable” (0) hasta “muy agradable” (9).

La preparación de las muestras se realizó de manera aleatoria y los recipientes fueron etiquetados con códigos aleatorios de tres dígitos que correspondían a cada una de las muestra a evaluar por variedad.

2.8.2 Preparación de las bebidas

Se determinó la cantidad de muestra de café a evaluar según lo recomendando por la referencia ISO 6668: 2008, la cual establece una proporción de 7 g de café por 100 mL de agua (Norma Internacional ISO 6668, 2008) (Sanchez y Chambers, 2015) , a pesar de que cada método de preparación establece una granulometría propia y cantidades diferentes de café, estos factores fueron estandarizados para todos los métodos de preparación en este análisis, con el fin de asegurar uniformidad y que se realice la comparación entre el café y no entre la cantidad, así mismo centrarse únicamente en el efecto del método de preparación con las mínimas variaciones en las condiciones de entrada del café.

La molienda de las muestras se realizó un día antes de la preparación con el objetivo de conservar la frescura y los compuestos volátiles de las muestras de café.

Para este estudio se utilizó agua filtrada con carbono para así conservar el agua neutra, según la norma ISO 6668 (2008) se recomienda agua neutra, sin olor, sin sabor, estas recomendaciones permiten minimizar el potencial de sabores u olores no deseados en el agua que finalmente llega a la bebida (Lawless et al. 2005; Hoehl et al. 2010). Sin embargo, se sugiere el uso de agua del grifo, puesto que el agua desionizada produce un sabor amargo. Además, según la norma internacional ISO 6668 (2008) se recomienda que el agua debe estar en punto de ebullición durante la preparación de las bebidas, debido a que a bajas temperaturas algunos de los compuestos solubles presentes en el

café no serán extraídos, originando alteraciones en los sabores, siendo estos mucho más ácidos, sin embargo, un excesivo aumento de la temperatura extraerá elementos indeseables que afectan directamente el sabor especialmente en términos de amargura (Sanchez y Chambers, 2015).

Los procesos de preparación de las muestras se realizaron mediante los siguientes métodos de preparación:

1. Chemex Hario: el método cuenta con un elegante matraz en forma de reloj de arena y filtros patentados que son más gruesos que los usados en los métodos de goteo, el filtro se humedeció inicialmente para permitir la adherencia de las partículas. En 21 g de café previamente molido, se vertió 300 mL de agua a 90 ° C, se realizó una llovizna suave, lenta y constante del agua de manera circular en la Chemex, lo anterior se debe realizar en un tiempo no mayor de 4 min (Sanchez y Chambers, 2015).

2. V60 Hario: En el filtro previamente humedecido, se vertió 21 g de café previamente molido, posteriormente 300 mL de agua a 80°C, se roció suavemente hasta mojar el café sin dejar de gotear, luego de manera circular del interior avanzando hacia el exterior y se esperó 45 segundos, por último se reanudó el vertido en movimiento circular hasta alcanzar la cantidad de agua total, lo anterior se estima en un tiempo de 2 a 3 minutos (Sanchez y Chambers, 2015).

3. Aero Press (SKU: AE-001): se colocó el embolo dentro de la base, en el número 4 (tazas) indicado en el exterior, se agregó 10,5 g de café recién molido, se puso el filtro de papel en el porta filtro y con agua se mojó el filtro aún sin colocar el porta filtros en la Aero Press, luego se vertió 150 mL agua a 90°C en dos etapas, se removió con una cuchara, luego se dejó reposar 45 segundos y se puso el porta filtros a la Aero Press, se volteó la cafetera y se apoyó en el recipiente para la obtención de bebida, se empujó el embolo con fuerza constante hasta extraer todo el café. El anterior procedimiento se realizó dos veces para la obtención de la cantidad adecuada para el análisis sensorial de aceptación.

4. Cafetera convencional eléctrica Home Elements (Mhe7031): Se agregó 21 g de café en los filtros de la máquina y 300 mL de agua a 90°C.

5. Cafetera Italiana Bialetti (Moka express): Se agregó agua a 90°C hasta la válvula de seguridad de la parte inferior de la cafetera Italiana, conocida como calentador, luego se puso el filtro y se agregó 21 g de café, se sujetó la parte superior de la cafetera y se dejó la tapa levantada para posteriormente calentarlo bajo supervisión frecuente y disminuyendo la temperatura a medida que avanza el tiempo.

2.9 Análisis de la borra de café

Con el objeto de determinar los compuestos que no se extraen en la bebida y son retenidos en la borra, se analizaron las borras resultantes de todos los métodos de preparación, para mantener uniforme el contenido de humedad, todas las borras fueron llevadas a un horno durante 24 horas a 70°C.

- Actividad de agua: Se colocaron 3 ± 1 g de la borra de café luego de cada preparación en la cámara de muestra de un analizador de sorción de vapor, a 25 ° C. (VSA Aqualab Decagon Device, Inc. Pullman, WA). Las mediciones se realizaron con el fin de establecer uniformidad antes del análisis en el espectrofotómetro.

- FTIR: Se utilizó un espectrofotómetro FTIR (Cary 630 fabricado por Agilent, EEUU) en las mediciones ATR-FTIR las cuales fueron ejecutadas en una atmósfera seca y a temperatura ambiente (20 ± 0.5 ° C). Se empleó un accesorio de muestreo ATR horizontal (Diamond ATR) equipado con una celda ZnSe. Se utilizó aproximadamente (1 g) de borra de café luego de su preparación, la cual se colocó en el accesorio de muestreo y se presionó; el material de fondo se obtuvo de las lecturas del accesorio sin ninguna muestra. Todos los espectros se registraron dentro de un rango de 1800–1600 cm^{-1} con una resolución de 4 cm^{-1} y 20 exploraciones y se enviaron a la resta de fondo; Todas las muestras se analizaron por cinco repeticiones.

3.0 Análisis estadísticos

Todos los datos obtenidos en la investigación se analizaron estadísticamente, mediante pruebas de ANOVA simple y factorial, los resultados se expresan como la media \pm desviación estándar; se estimaron las diferencias entre los valores medios, con grado de confianza del 95 % (diferencias estadísticamente significativas $P < 0.05$); se analizaron las interacciones estadísticamente significativas mediante gráficos de interacción. Se utilizó el software StatGraphics Plus 5,1 para Windows (Manugistics, Inc., Rockville MD).

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis sensorial

Las características sensoriales identificadas por variedad en muestras de café tostado, haciendo uso de la metodología del protocolo (cupping protocols SCA) se muestran en la tabla 1, con lo cual se verifica que los puntajes totales de taza permiten definir las muestras evaluadas dentro de la categoría de cafés especiales.

Tabla 1. Perfil de taza de las variedades analizadas.

Características Sensoriales	Análisis físico
Variedad Castillo: puntaje total SCA 84,5	
○ Fragancia y aroma: limón floral perfumado.	%Broca:1,48
○ Sabor: cítrico, miel y dulce.	%Merma:18,3
○ Acidez: media alta	%Pasilla:10,8
○ Cuerpo: medio, pronunciado y astringente.	FR: 97,2
Variedad Caturra: puntaje total SCA 81,25	
○ Fragancia y aroma: pronunciado, dulce, chocolate, caramelo y frutos amarillo.	%Broca:0,50
○ Sabor: agradable.	%Merma:19,6
○ Acidez: media	%Pasilla:3,23
○ Cuerpo: medio, un poco astringente con notas inmaduras.	FR: 92,5
Variedad Colombia: puntaje total SCA 84,5	
○ Fragancia y aroma: cítrico, dulce, chocolate, panela, hierba fresca.	%Broca:0,28
○ Sabor: cítrico, miel y dulce.	%Merma:17,4
○ Acidez: media alta.	%Pasilla:8,56
○ Cuerpo: medio pronunciado y astringente.	FR: 93,1

FR: factor de rendimiento

3.2 Análisis fisicoquímicos del café molido

El efecto simultáneo de la variedad evaluada y el grado de tueste sobre las propiedades fisicoquímicas de café molido, se presentada en la figura 1, se observa fuerte interacción en la acidez titulable (figura 1a) en grado de tueste bajo con respecto a los demás grados de tueste, presentando el mayor contenido de mL NaOH consumido en variedad Colombia en grado de tueste media, a su vez, menor contenido de mL NaOH en variedad caturra en grado de tueste bajo y similitudes en el contenido de NaOH consumido en el grado de tueste alto y medio en la variedad castillo. En la figura 1b se presentan pH bajos en variedad Colombia independientemente del grado de tueste, además existe una interacción entre los grado de tueste bajo y medio en variedad caturra, por otro lado se presentó un pH elevado en la variedad castillo en grado de tueste alto y bajo, esto se atribuye a que esta muestra presentó alto número

de defectos en comparación con las demás variedades de café (Díaz. A., Perdomo., A. 2015), a pesar de que la muestra es considerada café especial, pudo haber influido en el pH de la misma.

La actividad de agua es un factor que varía según el grado de tueste, siendo inversamente proporcional como se observa en la figura 1c, debido a que a medida que aumenta la temperatura y tiempo en el proceso de tueste, menos contenido de agua prevalece en el grano (Díaz et al. 2015), del mismo modo, en la figura 1d se muestra una tendencia similar, los parámetros de color L (luminosidad) son inversamente proporcional al grado de tueste de las muestras, a menor grado tueste mayor son los valores de luminosidad para todas las variedades, esta propiedad física es la que más influye en la diferencias estadísticas obtenidas, ya que a medida que el tiempo de tueste aumenta se desarrolla un proceso de caramelización de los azúcares simples del café, así mismo ocurre una migración de los aceites esenciales del grano hacia la superficie, brindando un color más oscuro y una apariencia aceitosa (Márquez, s.f).

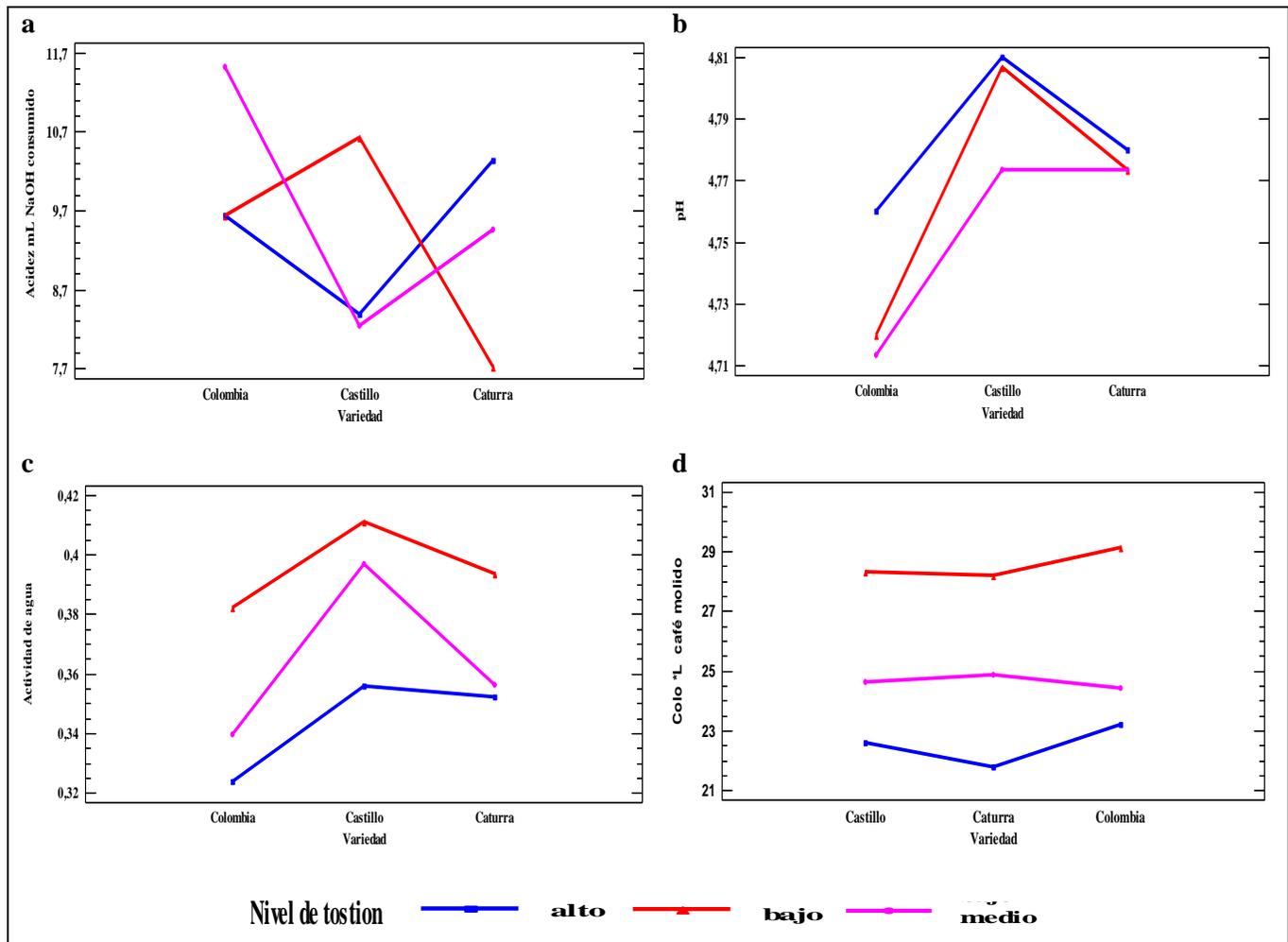


Figura 1. Gráfico de interacciones del efecto simultáneo de la variedad evaluada y los grados de tueste sobre las propiedades fisicoquímicas de café molido.

Los valores medios de las propiedades fisicoquímicas de las muestras de café molido y en grano antes del proceso de preparación para cada muestra evaluada se evidencian en la tabla 2. De acuerdo con la tabla, los superíndices expresan diferencias estadísticamente significativas en el análisis de ANOVA simple, el cual corresponde a la comparación entre grados de tueste para cada parámetro evaluado, separados por variedad.

Tabla 2. Efecto de la variedad de café y grado de tueste en las propiedades fisicoquímicas de café molido antes del proceso de preparación. (Puntajes de 3 repeticiones).

Grado de Tueste	Propiedades fisicoquímicas						
	Acidez Titulable (mL de NaOH consumido)	pH	Humedad (%)	Actividad de agua	Color *L en grano	Color a en grano	Color b en grano
Variedad Castillo							
Baja	10.62±3.12 ^a	4.81±0.06 ^a	4.07±0.11 ^c	0.41±0.01 ^c	30.55±0.08 ^c	6.42±0.27 ^b	9.10±0.27 ^b
Media	8.23±5.78 ^a	4.77±0.02 ^a	2.53±0.06 ^b	0.40±0.01 ^b	27.37±0.13 ^b	6.19±0.16 ^b	7.62±0.27 ^{ab}
Alta	8.38±6.44 ^a	4.81±0.02 ^a	2.03±0.25 ^a	0.36±0.01 ^a	24.02±0.49 ^a	4.89±0.17 ^a	6.61±1.68 ^a
Variedad Caturra							
Baja	7.72±5.99 ^a	4.77±0.02 ^a	3.53±0.06 ^b	0.39±0.03 ^a	29.77±0.74 ^c	6.22±0.31 ^b	8.70±0.46 ^a
Media	9.45±4.07 ^a	4.77±0.01 ^a	2.80±0 ^a	0.36±0.01 ^a	25.89±0.12 ^b	5.66±0.08 ^a	6.97±0.05 ^a
Alta	10.33±5.02 ^a	4.78±0.06 ^a	3.53±0.06 ^b	0.35±0 ^a	24.29±0.83 ^a	5.37±0.27 ^a	5.87±0.31 ^a
Variedad Colombia							
Baja	9.63±6.00 ^a	4.72±0.06 ^a	3.5±0.10 ^c	0.38±0 ^c	30.91±0.62 ^b	7.22±0.29 ^a	9.57±0.13 ^c
Media	11.52±7.04 ^a	4.71±0.05 ^a	2.63±0.06 ^b	0.34±0.01 ^b	26.14±0.12 ^a	6.3±0.24 ^a	7.28±0.25 ^b
Alta	9.63±7.83 ^a	4.76±0.07 ^a	1.77±0.06 ^a	0.32±0.01 ^a	25.40±0.24 ^a	5.6±0.37 ^a	6.33±0.15 ^a

^{abcd} Las medias dentro de cada fila con letras diferentes son significativamente diferentes (P <0.05)

3.3 Análisis fisicoquímico del café en bebida

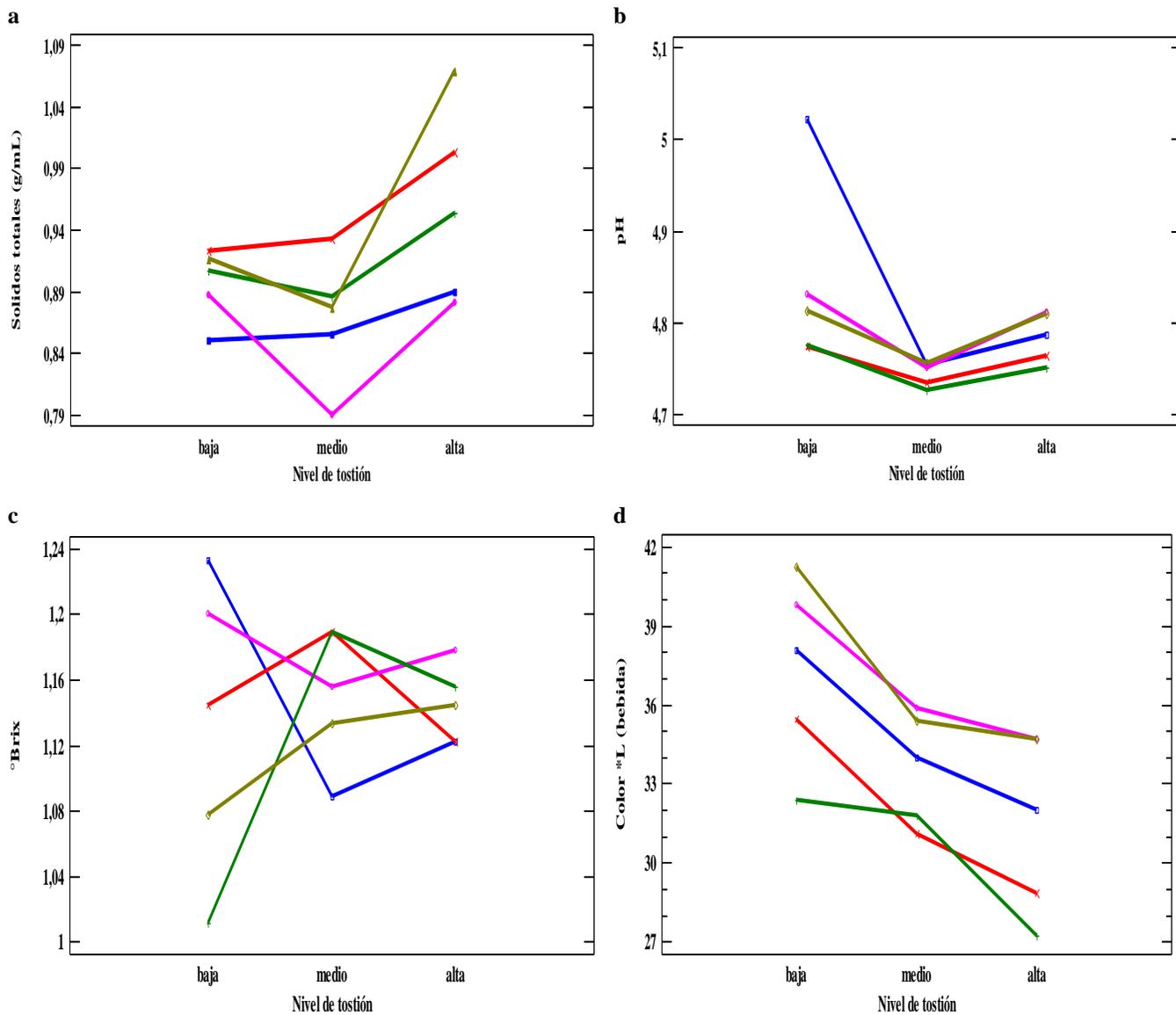
Las interacciones de las propiedades fisicoquímicas evaluadas en la bebida de café luego del proceso de preparación, se muestran en la figura 2, en donde se observa únicamente el efecto simultáneo del grado de tueste y los métodos de preparación sobre las propiedades fisicoquímicas de café en bebida debido a que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las variedades evaluadas.

En todas las gráficas se muestran interacciones, de las cuales, las más fuertes se observan en el índice de refracción, la acidez titulable y la viscosidad. En la figura 2c se evidencia diferencias en el índice de refracción (°Brix) en el grado de tueste bajo y similitudes en el grado de tueste alto en todos los métodos de preparación, el valor del índice de refracción en la taza de café concidieron con lo establecido por Puerta., (2000), en donde se establecen valores entre uno y dos para *Coffea arabica*, del mismo modo, la figura 2e indica que el mayor contenido de NaOH consumido se presenta en las bebidas preparadas en la cafetera italiana únicamente para tueste medio y el menor contenido en las bebidas preparadas en la Chemex en grado de tueste bajo, además, el contenido de NaOH consumido es similar en todos los métodos de preparación en el grado de tueste alto. En la figura 2f se observa que la viscosidad se mantiene entre 1.4 y 1.5 cp, el mayor valor se presenta en las bebidas preparadas en la cafetera convencional eléctrica en el grado de tueste media y alto y el menor valor en las bebidas preparadas en la cafetera italiana con grado de tueste alta.

Por otro lado, las figura que muestra la tendencia de los sólidos totales (figura 2a) y color L* luminosidad (figura 2d) no presentan interacción entre los métodos de preparación Aero Press, V60 y cafetera convencional eléctrica. El contenido de solidos totales se muestra en la figura 2a, en donde se presenta mayor contenido en el grado de tueste alto en las bebidas preparadas en la V60, además, en el grado de tueste bajo y medio la cafetera convencional eléctrica obtuvo mayor contenido de solidos totales, sin embargo, la Chemex presentó menos contenido en el grado de tueste medio y alto, puesto que las preparación realizadas mediante este método quedan con la menor cantidad de residuos sólidos en la bebida (FNC, 2015). En la figura 2d se establece que la bebida más oscura según coordenadas L* se obtienen en el método de preparación en cafetera italiana, luego cafetera eléctrica, Aero Press, finalmente V60 y Chemex.

En la figura 2b se muestra poca interacción en el pH entre los métodos de preparación Chemex y v60 y entre la cafetera convencional eléctrica y la cafetera Italiana; para todos los tratamientos el pH se mantuvo dentro de los

rango de 4.7 y 5.0, sin embargo la mayor dispersión se presenta en la Aero Press en el grado de tueste bajo, además se vio afectado por el grado de tueste en todas las variedades encontrándose próximo al rango de pH para Coffea arabica, siendo este de 4,9 a 5,2 (Díaz. A., Perdomo., A. 2015). En la figura 1 c se observa que a menor grado tueste mayor actividad de agua, del mismo modo, en la figura 1d se muestra una tendencia similar, los parámetros de color L (luminosidad) son inversamente proporcional al grado de tueste de las muestras, a menor grado tueste mayor son los valores de luminosidad para todas las variedades, sin embargo se presentaron valores similares en la variedad Colombia en los grados de tueste medio y alto.



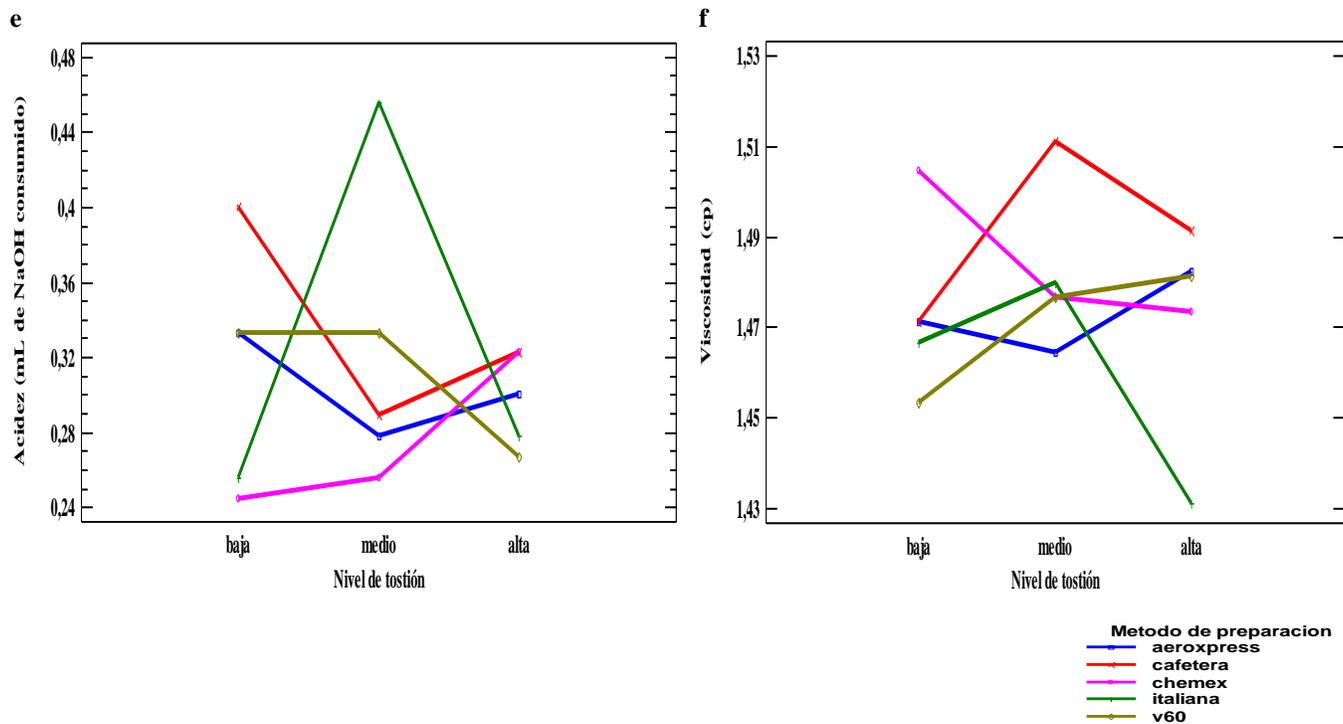


Figura 2. Gráfico de interacciones del efecto simultáneo de los grados de tueste y los métodos de preparación sobre las propiedades fisicoquímicas de café en bebida.

Los valores medios de las propiedades fisicoquímicas en la bebida de café antes del proceso de preparación para cada muestra evaluada se evidencian en la tabla 2. De acuerdo con la tabla, los superíndices expresan diferencias estadísticamente significativas en el análisis de ANOVA simple, el cual corresponde a la comparación entre grados de tueste para cada parámetro evaluado, separados por variedad.

Tabla 3. Efecto de las variedades de café, métodos de preparación y grados de tostado en las propiedades fisicoquímicas de las bebidas luego del proceso de preparación (puntajes promedio de 3 repeticiones).

Tueste	Método	Sólidos solubles (g/mL)	pH	°Brix	Color *L	Color a	Color b	Acidez titulable (mL de NaOH consumido)	Viscosidad (cp)
Variedad Castillo									
Baja	Chemex	0.96±0.20 ^a	4.84±0.001 ^b	0.87±0.06 ^b	40.2±0.60 ^c	24.97±0.15 ^d	21.08±0.07 ^c	0.23±0.06 ^a	1.40±0 ^a
	V60	1.01±0.24 ^a	4.85±0.01 ^b	0.90±0.10 ^b	41.32±1.1 ^c	24.67±0.21 ^d	21.67±1.27 ^c	0.27±0.06 ^{ab}	1.39±0 ^a
	AeroPress	0.88±0.06 ^a	4.85±0.00 ^b	1.33±0.31 ^c	36.38±0.99 ^b	19.49±0.53 ^b	16.06±0.88 ^b	0.40±0.10 ^{ab}	1.39±0 ^a
	cafetera	0.89±0.04 ^a	4.81±0.01 ^a	0.73±0.06 ^{ab}	35.36±1.08 ^b	20.37±0.42 ^c	15.21±1.17 ^b	0.67±0.47 ^b	1.39±0.02 ^a
	Italina	1.01±0.24 ^a	4.81±0.01 ^a	0.50±0.10 ^a	31.80±0.29 ^a	13.76±0.61 ^a	10.1±0.39 ^a	0.27±0.06 ^{ab}	1.39±0 ^a
Media	Chemex	0.82±0.16 ^a	4.76±0.01 ^{bc}	1.07±0.45 ^a	28.82±1.07 ^a	21.60±0.86 ^c	9.57±1.27 ^b	0.23±0.12 ^a	1.41±0.07 ^a
	V60	0.74±0.10 ^a	4.77±0.02 ^{bc}	0.97±0.06 ^a	28.78±2.60 ^a	18.98±5.41 ^{bc}	8.92±9.94 ^b	0.37±0.15 ^a	1.43±0.07 ^a
	AeroPress	0.72±0.06 ^a	4.78±0.03 ^c	0.90±0.10 ^a	27.74±0.21 ^a	16.58±3.50 ^{bc}	8.03±0.72 ^{ab}	0.27±0.06 ^a	1.42±0.03 ^a
	cafetera	0.74±0.03 ^a	4.74±0.02 ^{ab}	1.03±0.58 ^a	27.53±0.41 ^a	15.20±0.07 ^b	6.9±0.47 ^{ab}	0.30±0 ^a	1.42±0.06 ^a
	Italina	0.77±0.08 ^a	4.73±0.02 ^a	0.30±0.46 ^a	27.12±0.93 ^a	9.45±1.04 ^a	5.72±0.76 ^a	0.63±0.49 ^a	1.43±0.07 ^a

Alta	Chemex	0.91±0.06 ^a	4.84±0.03 ^{ab}	1.17±0.40 ^a	33.73±1.76 ^b	25.14±0.86 ^c	14.48±1.61 ^b	0.30±0 ^a	1.42±0.05 ^a
	V60	0.98±0.17 ^a	4.83±0.02 ^{ab}	1.17±0.15 ^a	33.9±1.21 ^b	25.17±0.32 ^c	14.7±0.51 ^b	0.27±0.06 ^a	1.43±0.05 ^a
	AeroPress	1.04±0.15 ^a	4.85±0.03 ^b	1.07±0.25 ^a	30.44±4.97 ^b	16.15±7.21 ^b	9.81±6.43 ^b	0.3±0.1 ^a	1.42±0.05 ^a
	cafetera	1.10±0.08 ^a	4.79±0.04 ^a	1.13±0.35 ^a	25.08±0.65 ^a	10.08±3.65 ^{ab}	3.95±1.31 ^a	0.33±0.06 ^a	1.44±0.07 ^a
	Italina	1.24±0.55 ^a	4.80±0.02 ^{ab}	1.17±0.64 ^a	25.18±0.89 ^a	7.27±1.56 ^a	4.16±0.52 ^a	0.33±0.06 ^a	1.35±0.20 ^a
Variedad Caturra									
Baja	Chemex	0.69±0.06 ^a	4.73±0.08 ^a	1.0±0.1 ^a	36.28±1.32 ^c	26.09±0.19 ^d	17.78±1.19 ^c	0.30±0.10 ^{ab}	1.61±0.06 ^b
	V60	0.73±0.12 ^a	4.70±0.05 ^a	0.9±0.1 ^a	35.18±0.85 ^c	25.52±0.48 ^d	16.49±1.01 ^c	0.40±0 ^b	1.47±0.07 ^a
	AeroPress	0.78±0.16 ^a	5.33±1.17 ^a	0.86±0.15 ^a	33.28±1.02 ^b	22.09±0.71 ^c	14.08±0.86 ^b	0.30±0 ^{ab}	1.52±0.01 ^a
	cafetera	0.71±0.15 ^a	4.65±0.04 ^a	0.97±0.11 ^a	28.30±0.65 ^a	17.12±1.11 ^b	8.7±0.83 ^a	0.27±0.06 ^a	1.53±0.01 ^a
	Italina	0.69±0.10 ^a	4.65±0.06 ^a	0.97±0.11 ^a	27.82±0.43 ^a	12.85±2.39 ^a	7.15±1.17 ^a	0.27±0.06 ^a	1.51±0.01 ^a
Med ia	Chemex	0.67±0.04 ^{ab}	4.61±0.06 ^a	0.80±0.17 ^a	32.27±1.13 ^b	25.09±1.10 ^d	13.75±1.48 ^b	0.30±0.1 ^a	1.52±0.01 ^b
	V60	0.84±0.19 ^b	4.63±0.04 ^a	0.93±0.25 ^a	30.2±0.73 ^b	23.77±1.07 ^d	11.64±0.80 ^b	0.30±0.1 ^a	1.49±0.01 ^a
	AeroPress	0.61±0.08 ^a	4.62±0.01 ^a	0.87±0.06 ^a	31.40±2.4 ^b	21.98±1.08 ^c	12.41±2.33 ^b	0.30±0.1 ^a	1.46±0.06 ^a
	cafetera	0.75±0.07 ^{ab}	4.60±0.01 ^a	0.90±0.26 ^a	26.44±0.50 ^a	14.84±0.75 ^b	7.15±1.17 ^a	0.33±0.06 ^a	1.52±0.03 ^b
	Italina	0.70±0.09 ^{ab}	4.60±0.02 ^a	0.80±0.17 ^a	25.61±0.22 ^a	9.52±0.27 ^a	4.82±0.38 ^a	0.37±0.06 ^a	1.5±0.01 ^{ab}
Alta	Chemex	0.67±0.05 ^{ab}	4.72±0.08 ^b	0.87±0.15 ^a	28.63±1.07 ^c	21.57±1.03 ^c	9.78±1.30 ^c	0.33±0.06 ^a	1.51±0.01 ^b
	V60	0.96±0.11 ^d	4.68±0.04 ^{ab}	0.90±0.10 ^a	27.5±0.08 ^{bc}	20.88±0.25 ^c	4.82±0.38 ^{bc}	0.27±0.06 ^a	1.51±0.04 ^b
	AeroPress	0.66±0.07 ^{ab}	4.66±0.04 ^{ab}	0.77±0.21 ^a	26.8±2.09 ^{bc}	16.73±4.47 ^{bc}	8.97±0.05 ^{bc}	0.37±0.06 ^a	1.53±0.01 ^b
	cafetera	0.87±0.20 ^{bc}	4.65±0.03 ^{ab}	0.70±0 ^a	25.74±1.48 ^a	14.35±3.94 ^b	6.19±2.34 ^{ab}	0.33±0.06 ^a	1.53±0.03 ^b
	Italina	0.64±0.05 ^a	4.62±0.04 ^a	0.73±0.25 ^a	23.93±0.24 ^b	6.18±0.70 ^a	3.31±0.08 ^a	0.30±0.10 ^a	1.43±0.03 ^a
Variedad Colombia									
Baja	Chemex	1.01±0.28 ^a	4.92±0.02 ^c	1.73±0.40 ^a	42.95±3.70 ^b	18.63±2.14 ^c	23.5±2.65 ^{bc}	0.20±0 ^a	1.50±0.01 ^a
	V60	1.01±0.12 ^a	4.89±0.01 ^b	1.43±0.11 ^a	47.15±0.27 ^c	16.31±0.22 ^{ab}	26.00±0.38 ^c	0.33±0.06 ^b	1.50±0.01 ^a
	AeroPress	0.89±0.03 ^a	4.88±0.02 ^{ab}	1.50±0.10 ^a	44.6±0.71 ^{bc}	15.05±0.47 ^a	23.4±0.47 ^{bc}	0.3±0.1 ^{ab}	1.50±0.02 ^a
	Cafetera	1.17±0.33 ^a	4.86±0 ^a	1.73±0.06 ^a	42.63±2.33 ^b	18.02±1.29 ^{bc}	22.73±1.77 ^b	0.27±0.06 ^{ab}	1.49±0.05 ^a
	Italina	1.01±0.04 ^a	4.86±0 ^a	1.57±0.06 ^a	37.53±2.47 ^a	14.99±0.17 ^a	16.99±2.25 ^a	0.23±0.06 ^{ab}	1.49±0.01 ^a
Med ia	Chemex	0.67±0.04 ^{ab}	4.61±0.06 ^a	0.8±0.17 ^a	32.27±1.13 ^b	25.09±1.10 ^d	13.75±1.48 ^b	0.3±0.1 ^a	1.52±0.01 ^b
	V60	0.84±0.19 ^b	4.63±0.04 ^a	0.9±0.25 ^a	37.53±2.47 ^b	23.77±1.07 ^d	11.64±0.80 ^b	0.3±0.1 ^a	1.5±0.01 ^{ab}
	AeroPress	0.61±0.08 ^a	4.62±0.06 ^a	0.86±0.06 ^a	31.40±2.44 ^b	21.98±1.08 ^c	12.41±2.33 ^b	0.3±0.1 ^a	1.46±0.06 ^a
	cafetera	0.75±0.07 ^{ab}	4.60±0.01 ^a	0.9±0.26 ^a	26.44±0.49 ^a	14.84±0.75 ^b	6.51±0.28 ^a	0.33±0.06 ^a	1.52±0.03 ^b
	Italina	0.70±0.09 ^{ab}	4.59±0.02 ^a	0.8±0.17 ^a	25.61±0.22 ^a	9.52±0.27 ^a	4.82±0.38 ^a	0.37±0.06 ^a	1.5±0.01 ^{ab}
Alta	Chemex	1.06±0.19 ^a	4.88±0.01 ^c	1.50±0.17 ^a	41.78±0.09 ^d	18.11±1.90 ^b	22.22±0.92 ^d	0.33±0.06 ^c	1.50±0.02 ^a
	V60	1.27±0.33 ^a	4.92±0.01 ^d	1.37±0.11 ^a	42.56±0.53 ^d	19.37±0.36 ^b	41.78±0.09 ^d	0.27±0.06 ^{abc}	1.50±0.01 ^a
	AeroPress	0.96±0.19 ^a	4.85±0.01 ^b	1.53±0.15 ^a	38.69±0.56 ^c	17.4±0.16 ^{ab}	19.08±0.26 ^c	0.23±0.06 ^{ab}	1.49±0.02 ^a
	Cafetera	1.05±0.25 ^a	4.85±0.01 ^b	1.53±0.15 ^a	35.65±2.76 ^b	17.86±2.11 ^{ab}	16.65±2.57 ^b	0.30±0 ^{bc}	1.50±0.01 ^a
	Italina	0.97±0.25 ^a	4.82±0.01 ^a	1.57±0.11 ^a	32.55±0.10 ^a	15.61±0.29 ^a	13.14±0.11 ^a	0.32±0 ^a	1.51±0.01 ^a

^{abcd} Las medias dentro de cada fila con letras diferentes son significativamente diferentes (P < 0.05)

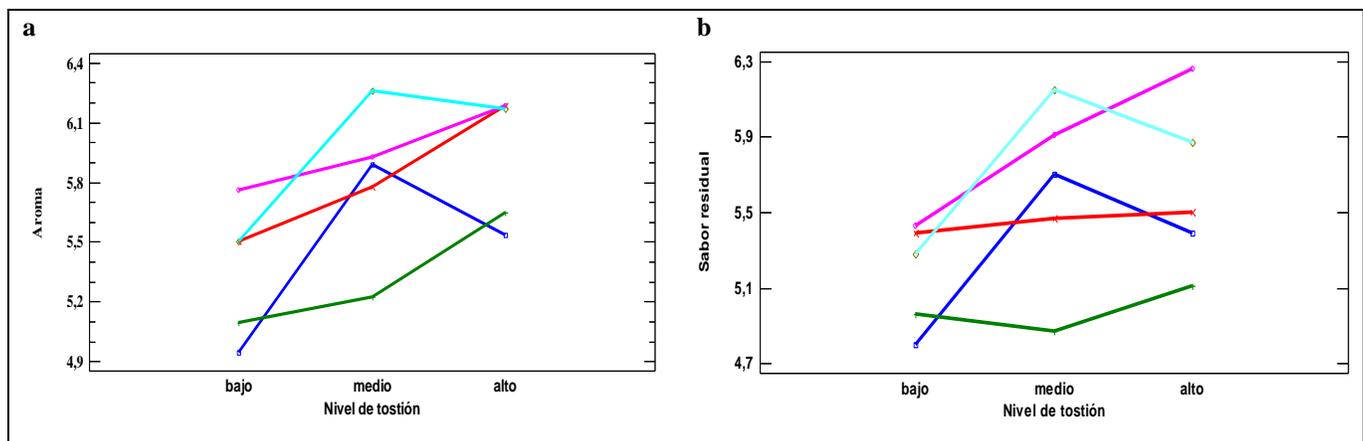
3.4 Análisis sensorial de aceptación QDA

Del resultado de la evaluación sensorial de aceptación de las bebidas extraídas mediante los diferentes métodos de preparación, se presentan en la figura 3 estas interacciones, mostrando el efecto simultaneo del grado de

tueste y los métodos de preparación sobre los atributos sensoriales de la bebida de café según el criterio de los panelistas, los cuales denotan la influencia del método sobre los parámetros evaluados en la bebida de café, en donde no se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre el efecto de los atributos sensoriales y la variedad de café de las muestras como se observa en la figura 4c.

Entre más fuerte sea la interacción en los factores comparados, más diferentes son las formas de las líneas. En la figura 3a el aroma de la bebida se expresa mejor en la Chemex y V60 en todos los grados de tueste, ya que estos métodos son los que mejor resalta este atributo (FNC, 2015), sin embargo en el grado de tueste alto se obtuvo una mayor aceptación independientemente del método de preparación. Las bebidas preparadas en la Chemex presentaron un cuerpo más pronunciado en todos los grados de tueste, como también se obtuvo en la V60, debido a que expresan un cuerpo intenso y pronunciado en la bebida como se muestra en la figura 3c, a su vez resalta la dulzura y la acidez, además, se evidencia menos pronunciación del cuerpo en las bebidas preparadas en la Aero Press en grado de tueste bajo. En la figura 3b se evidencian fuertes interacciones entre los métodos de preparación, el sabor residual menos persistente en la bebida se presentó en la Aero Press en el grado de tueste bajo y un sabor residual más persistente en la Chemex y grado de tueste alto, así mismo las bebidas realizadas en la Chemex presentaron una acidez alta en todos los grados de tueste, debido a que este método de preparación se caracteriza por dejar un sabor residual muy sutil y una acidez pronunciada (FNC, 2015) y baja acidez en la Aero Press en el grado de tueste bajo, siendo esto característico del método como se muestra en la figura 3d, el amargor tiene una tendencia similar a la acidez, lo anterior se debe a que a medida que aumenta el grado de tueste, estos dos atributos se desarrollan mejor (Puerta, 2008) además, existe una correlación entre el pH de la bebida y la acidez como atributo sensorial, lo cual se atribuye a que pH y acidez son conceptos indirectamente relacionados, ya que a mayor acidez en la bebida, el valor de pH serpa menor (Díaz. et al, 2015), en la figura 3e se muestra un amargor más leve en las bebidas preparadas en la Chemex en todos los grados de tueste, puesto que la Chemex se caracteriza por el dulzor persistente de la bebida (FNC, 2015) y un amargor pronunciado en el grado de tueste bajo independientemente del método de preparación.

En la figura 3f se observa la impresión global en taza de cada una de las muestras evaluadas, evidenciándose que no existe gran interacción entre el método de preparación Chemex y V60. Se establece que para todos los grados de tueste la Chemex logra una impresión general más aceptable en taza, sin embargo, hubo una menor aceptación en la Aero Press en grado de tueste alto y bajo, sin embargo, en el grado de tueste bajo se presentó el menor nivel de aceptación por los panelistas en todos los métodos de preparación, lo anterior se debe a la falta de desarrollo del grano en este grado, imposibilitando baja expresión de los atributos sensoriales evaluados (Wang, X.,Tak Lim, L., 2015)



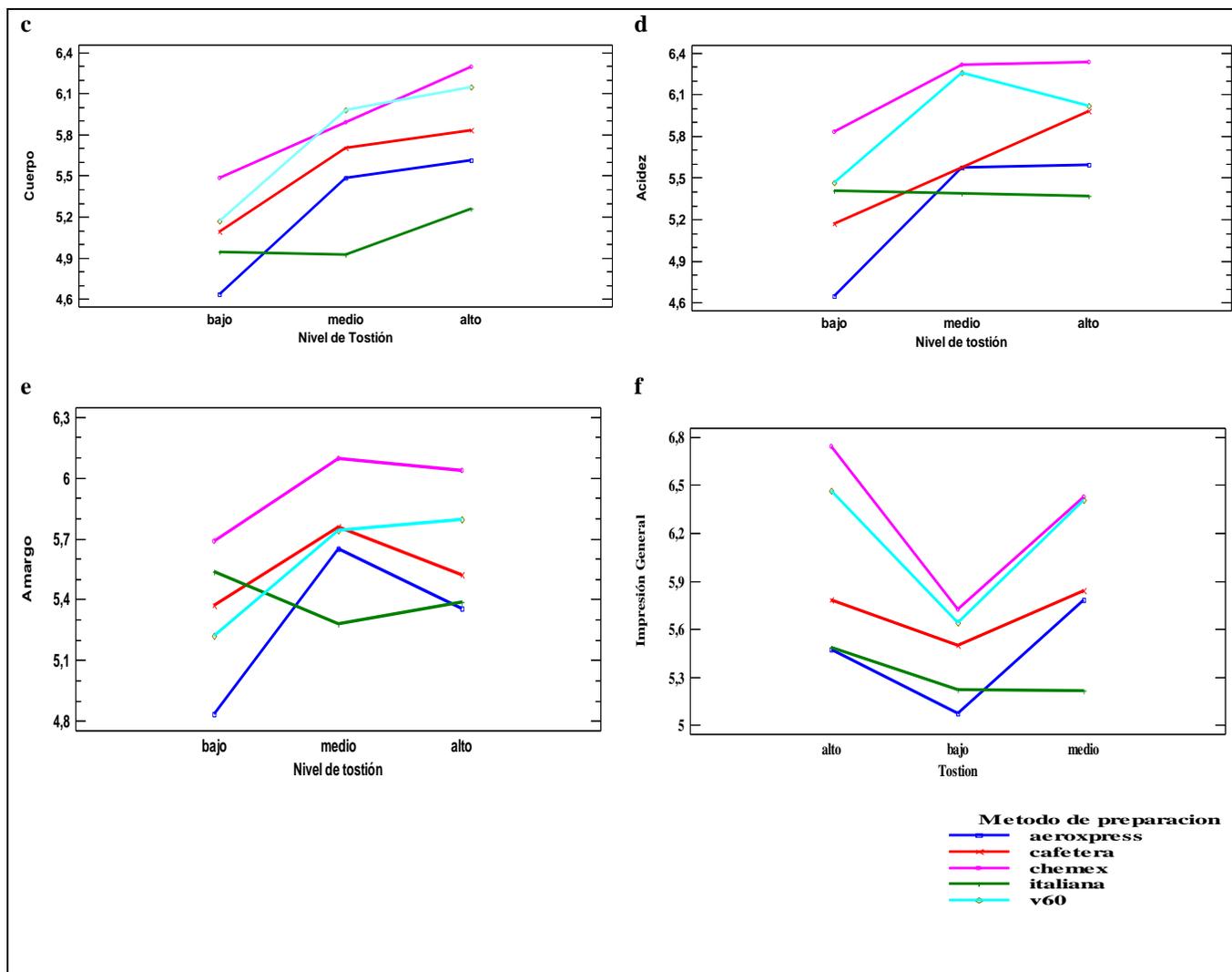


Figura 3. Gráfico de interacciones del efecto simultáneo de los grados de tueste y los métodos de preparación sobre los atributos sensoriales de la bebida de café.

La variación de la impresión general de las bebidas evaluadas con respecto a los tres factores analizados: método de preparación, grado de tueste y variedad, se muestra en la figura 4 en donde se evidencia la media de impresión general para cada uno de los tres factores. También muestra un intervalo alrededor de cada media, los cuales están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. La impresión general de las bebidas de café con respecto a cada método de preparación se observa en la figura 4a, evidenciándose que no existen diferencias estadísticamente significativas con un grado de 95% de confianza entre la Chemex y la V60, debido a que estos dos métodos de preparación están clasificados en el mismo tipo de extracción, el cual se realiza mediante la filtración, además ambos métodos utilizan el mismo tipo de granulometría, la cual coincide con la utilizada en la investigación, del mismo modo, no existen diferencias entre la Aero Press y la cafetera convencional eléctrica, así mismo entre la Aero Press y la cafetera Italiana. En la figura 4b se evidencia que no se existe diferencias estadísticamente significativas entre el grado de tueste medio y alto, sin embargo, si existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos grados anteriormente mencionados y el grado de tueste bajo. En la figura 4c se muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas con un grado de 95% de confianza entre las tres variedades de café evaluadas; Castillo, Caturra y Colombia.

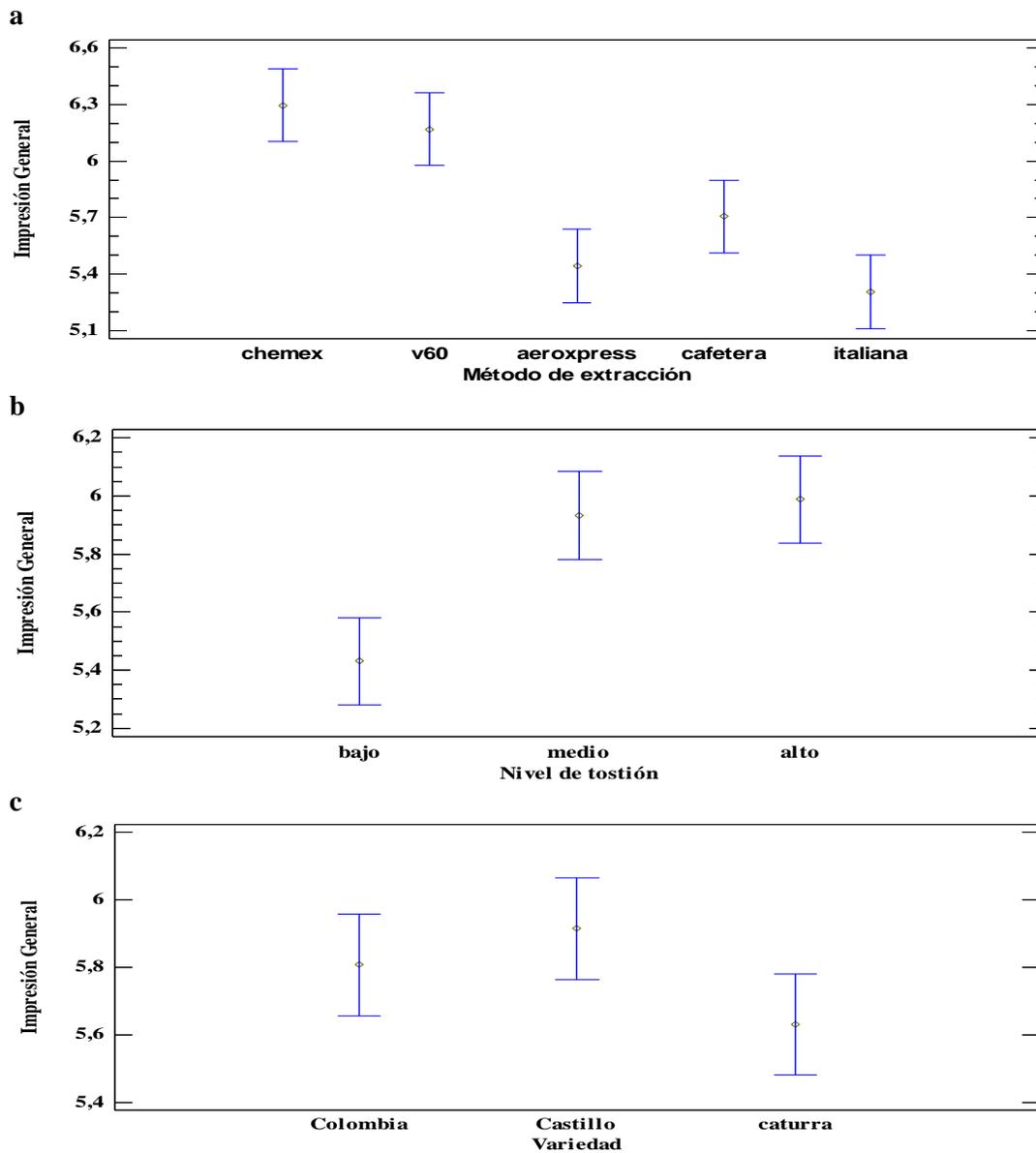


Figura 4. Gráfico de la media y 95% Fisher LSD de la impresión general de la bebida para cada uno de los factores: a) método de preparación, b) grado de tueste, c) variedad.

Los valores medios de los atributos sensoriales en la bebida de café se evidencian en la tabla 4. De acuerdo con la tabla, los superíndices expresan diferencias estadísticamente significativas en el análisis de ANOVA simple, el cual corresponde a la comparación entre grados de tueste para cada parámetro evaluado, separados por variedad.

Tabla 4. Efecto de las variedades de café, métodos de preparación y grados de tueste en los atributos sensoriales de las bebidas luego del proceso de preparación (puntajes promedio de 3 repeticiones).

Tueste	Método	ATRIBUTOS SENSORIALES								
		Aroma	Color	Dulzor	Sabor residual	Sabor	Cuerpo	Acidez titulable	Amargo	Impresión general
Variedad Castillo										
Baja	Chemex	6.72± 1.27 ^c	6.44± 1.25 ^d	6.28± 1.64 ^b	6.06± 1.66 ^b	6.17± 1.65 ^b	6.39± 1.54 ^b	6.78± 1.66 ^c	6.44± 1.58 ^c	6.61± 1.61 ^c

	V60	6.39± 1.65 ^{bc}	5.33± 1.57 ^c	5.94± 1.26 ^b	5.17± 1.89 ^{ab}	5.56± 1.85 ^b	5.11± 1.78 ^a	5.61± 1.79 ^{bc}	5.39± 1.91 ^{bc}	5.83± 1.79 ^{bc}
	AeroPress	5.11± 1.74 ^a	3.67± 1.64 ^a	4.82± 1.51 ^a	3.94± 2.15 ^a	4.11± 1.84 ^a	4.28± 1.71 ^a	4.33± 1.71 ^a	4.11± 1.81 ^a	4.28± 1.71 ^a
	Cafetera	5.61± 1.50 ^{ab}	4.89± 1.78 ^{bc}	5.39± 1.65 ^{ab}	5.06± 1.95 ^{ab}	4.94± 1.92 ^{ab}	5.0± 1.75 ^a	4.78± 2.34 ^{ab}	5.28± 1.93 ^b	5.17± 1.69 ^{ab}
	Italina	5.22± 1.80 ^a	4.0± 1.91 ^{ab}	5.44± 1.98 ^{ab}	5.11± 1.64 ^{ab}	4.94± 1.95 ^{ab}	5.0± 1.72 ^a	5.39± 1.82 ^{ab}	5.67± 1.41 ^{bc}	4.78± 2.04 ^{ab}
Media	Chemex	5.89± 1.64 ^{ab}	6.39± 1.58 ^c	5.89± 1.84 ^a	5.89± 1.37 ^a	6.5± 1.10 ^b	6.22± 1.55 ^a	6.33± 1.45 ^a	6.0± 1.68 ^a	6.5± 1.25 ^{bc}
	V60	6.78± 1.21 ^b	6.67± 1.45 ^c	6.28± 1.32 ^a	6.5± 1.15 ^a	6.5± 1.0 ^b	6.0± 1.50 ^a	6.28± 1.07 ^a	5.78± 1.83 ^a	6.61± 1.19 ^c
	AeroPress	5.67± 2.40 ^{ab}	4.72± 2.42 ^{ab}	5.67± 2.01 ^a	5.72± 1.81 ^a	5.44± 2.10 ^a	5.23± 1.75 ^a	5.94± 2.04 ^a	6.0± 1.61 ^a	5.61± 1.82 ^{ab}
	Cafetera	5.28± 2.22 ^a	5.55± 2.03 ^{bc}	5.89± 2.25 ^a	6.12± 1.73 ^a	5.89± 1.71 ^{ab}	5.94± 1.76 ^a	5.83± 2.41 ^a	6.39± 1.38 ^a	6.41± 1.58 ^{abc}
	Italina	5.0± 1.91 ^a	3.78± 1.92 ^a	5.39± 2.25 ^a	5.67± 1.57 ^a	4.94± 1.59 ^a	5.44± 1.34 ^a	5.89± 1.45 ^a	5.94± 1.47 ^a	5.5± 1.58 ^a
Alta	Chemex	6.33± 2.20 ^{ab}	7.17± 1.82 ^b	6.22± 2.02 ^a	6.67± 1.81 ^a	6.53± 1.55 ^a	6.61± 1.65 ^b	6.67± 1.85 ^a	6.39± 1.79 ^a	7.17± 1.61 ^b
	V60	6.28± 2.32 ^{ab}	6.61± 1.72 ^b	6.05± 1.66 ^a	6.28± 1.67 ^a	6.5± 1.92 ^a	6.17± 1.42 ^{ab}	6.22± 1.70 ^a	5.83± 1.54 ^a	6.61± 1.72 ^{ab}
	AeroPress	5.22± 1.98 ^a	5.11± 1.97 ^a	5.83± 1.79 ^a	5.78± 1.60 ^a	5.53± 1.81 ^a	5.78± 1.56 ^{ab}	6.61± 1.65 ^a	5.55± 1.33 ^a	5.59± 1.58 ^a
	Cafetera	6.83± 1.10 ^b	7.11± 1.23 ^b	6.22± 1.93 ^a	6.0± 1.57 ^a	6.33± 1.53 ^a	6.05± 1.35 ^{ab}	6.39± 1.79 ^a	5.55± 1.82 ^a	6.0± 1.68 ^a
	Italina	6.17± 2.04 ^{ab}	5.11± 1.94 ^a	5.5± 2.20 ^a	5.94± 1.86 ^a	5.78± 1.70 ^a	5.5± 1.80 ^a	5.72± 2.05 ^a	6.11± 1.64 ^a	6.06± 1.39 ^a
Variedad Caturra										
Baja	Chemex	5.67± 2.03 ^a	5.78± 1.48 ^b	5.22± 2.34 ^a	5.05± 2.07 ^a	5.17± 2.06 ^a	5.17± 1.82 ^a	5.44± 2.06 ^a	5.05± 2.18 ^a	5.39± 1.72 ^a
	V60	4.94± 1.92 ^a	5.28± 1.99 ^{ab}	5.0± 2.45 ^a	5.33± 2.83 ^a	5.39± 2.55 ^a	5.11± 2.45 ^a	5.67± 2.38 ^a	5.11± 2.42 ^a	5.67± 2.35 ^a
	AeroPress	5.16± 2.00 ^a	4.44± 2.33 ^a	5.50± 2.00 ^a	5.05± 2.15 ^a	5.06± 2.15 ^a	4.39± 2.03 ^a	4.50± 2.31 ^a	5.11± 2.35 ^a	5.22± 2.18 ^a
	Cafetera	5.33± 1.17 ^a	5.33± 1.88 ^{ab}	5.17± 2.45 ^a	5.28± 2.83 ^a	5.67± 2.30 ^a	5.00± 2.14 ^a	5.11± 2.52 ^a	4.83± 2.23 ^a	5.56± 2.15 ^a
	Italina	4.94± 1.80 ^a	4.22± 1.99 ^a	4.78± 2.26 ^a	5.00± 1.97 ^a	5.39± 2.06 ^a	4.83± 1.58 ^a	5.39± 1.97 ^a	5.11± 1.90 ^a	5.61± 1.88 ^a
Media	Chemex	6.05± 1.43 ^a	6.05± 1.89 ^{bc}	5.83± 1.72 ^b	5.94± 1.73 ^b	5.78± 1.70 ^b	5.78± 1.70 ^b	6.56± 1.62 ^c	6.17± 1.76 ^a	6.39± 1.72 ^b
	V60	5.78± 1.66 ^a	6.28± 1.71 ^c	5.44± 2.06 ^{ab}	5.89± 1.91 ^b	5.94± 1.92 ^b	5.67± 1.81 ^b	6.39± 1.82 ^{bc}	5.44± 2.59 ^a	5.89± 1.97 ^b
	AeroPress	5.78± 1.70 ^a	4.89± 1.71 ^{ab}	5.56± 2.06 ^{ab}	5.56± 2.20 ^b	5.67± 2.17 ^b	5.28± 2.02 ^b	4.94± 2.21 ^a	5.39± 2.28 ^a	5.61± 2.09 ^{ab}
	Cafetera	6.05± 1.92 ^a	5.61± 1.85 ^{abc}	5.22± 1.99 ^{ab}	5.17± 2.06 ^{ab}	5.33± 2.17 ^{ab}	5.28± 2.05 ^b	5.22± 2.13 ^{ab}	5.56± 2.06 ^a	5.44± 2.06 ^{ab}
	Italina	5.17± 2.06 ^a	4.72± 2.11 ^a	4.44± 1.85 ^a	4.17± 1.76 ^a	4.05± 1.66 ^a	3.89± 1.68 ^a	4.78± 2.13 ^a	4.72± 2.27 ^a	4.61± 1.75 ^a
Alta	Chemex	5.94± 1.83 ^{ab}	6.05± 2.18 ^b	6.17± 1.76 ^b	6.17± 1.82 ^{ab}	6.39± 1.65 ^c	6.00± 1.61 ^{ab}	6.05± 2.13 ^a	5.89± 1.90 ^a	6.44± 1.42 ^b
	V60	6.83± 1.34 ^a	6.78± 1.39 ^b	5.94± 1.63 ^b	6.33± 2.03 ^b	6.11± 1.87 ^{bc}	6.28± 1.36 ^b	6.22± 1.80 ^a	6.11± 1.84 ^a	6.61± 1.58 ^b

	AeroPress	5.39± 1.19 ^a	4.78± 1.40 ^a	4.44± 1.98 ^a	4.83± 2.09 ^a	5.00± 2.00 ^{ab}	5.00± 1.75 ^a	5.11± 1.90 ^a	4.78± 2.31 ^a	5.22± 1.70 ^a
	Cafetera	6.33± 1.61 ^{ab}	6.39± 2.00 ^a	5.61± 1.91 ^{ab}	5.39± 2.40 ^{ab}	5.5± 2.06 ^{abc}	5.94± 2.04 ^{ab}	5.78± 1.86 ^a	5.50± 1.92 ^a	5.78± 1.63 ^{ab}
	Italina	5.39± 1.78 ^a	4.78± 2.07 ^b	4.67± 2.20 ^a	5.83± 2.41 ^a	4.61± 2.48 ^a	4.89± 2.08 ^a	5.39± 2.28 ^a	4.89± 2.42 ^a	5.00± 2.00 ^a
Variedad Colombia										
Baja	Chemex	4.89± 1.94 ^a	5.00± 1.75 ^a	4.50± 2.46 ^a	5.17± 1.88 ^a	5.11± 2.19 ^a	4.89± 1.71 ^a	5.28± 2.44 ^a	5.56± 2.50 ^a	5.17± 1.88 ^a
	V60	5.17± 1.62 ^a	5.33± 1.75 ^a	4.89± 1.97 ^a	5.33± 2.17 ^a	5.11± 2.32 ^a	5.28± 1.74 ^a	5.11± 1.87 ^a	5.17± 1.98 ^a	5.39± 1.72 ^a
	AeroPress	4.56± 1.58 ^a	4.83± 1.68 ^a	5.39± 2.17 ^a	5.39± 1.82 ^a	5.50± 2.06 ^a	5.23± 2.14 ^a	5.11± 2.02 ^a	5.28± 1.99 ^a	5.72± 1.93 ^a
	Cafetera	5.56± 2.04 ^a	5.17± 2.12 ^a	4.94± 1.98 ^a	5.83± 2.15 ^a	6.05± 2.23 ^a	5.28± 2.27 ^a	5.61± 2.00 ^a	6.00± 2.14 ^a	5.78± 2.10 ^a
	Italina	5.06± 2.01 ^a	4.33± 1.94 ^a	4.33± 1.85 ^a	4.78± 1.78 ^a	5.11± 2.05 ^a	5.00± 1.85 ^a	5.44± 2.00 ^a	5.83± 1.94 ^a	5.28± 1.90 ^a
Media	Chemex	5.83± 1.58 ^a	6.78± 1.70 ^{bc}	5.67± 2.20 ^a	5.89± 1.64 ^b	5.94± 1.55 ^{ab}	5.67± 1.91 ^a	6.05± 1.92 ^a	6.11± 1.52 ^a	6.39± 1.85 ^a
	V60	6.22± 1.48 ^a	6.89± 1.71 ^c	5.67± 1.78 ^a	6.05± 1.80 ^b	6.55± 1.58 ^b	6.23± 1.87 ^a	6.11± 1.87 ^a	5.0± 1.78 ^a	6.72± 1.71 ^a
	AeroPress	6.22± 1.52 ^a	5.67± 1.37 ^{ab}	5.44± 1.62 ^a	5.83± 1.25 ^{ab}	6.0± 1.38 ^{ab}	5.94± 1.66 ^a	5.83± 1.38 ^a	5.55± 1.50 ^a	6.11± 1.28 ^a
	Cafetera	6.0± 1.53 ^a	6.0± 1.61 ^{abc}	5.22± 1.26 ^a	5.11± 1.64 ^{ab}	5.94± 1.66 ^{ab}	5.89± 1.81 ^a	5.67± 1.57 ^a	5.33± 2.11 ^a	5.673± 1.53 ^a
	Italina	5.5± 1.92 ^a	5.5± 2.04 ^a	4.83± 1.38 ^a	4.78± 1.66 ^a	5.44± 1.86 ^a	5.44± 1.80 ^a	5.50± 1.50 ^a	5.17± 1.62 ^a	5.53± 1.77 ^a
Alta	Chemex	6.23± 1.64 ^a	6.94± 1.47 ^a	6.28± 1.32 ^b	5.94± 1.80 ^b	6.17± 1.98 ^a	6.28± 1.67 ^a	6.28± 1.67 ^a	6.61± 1.65 ^b	6.61± 1.65 ^a
	V60	5.39± 2.20 ^a	6.83± 1.50 ^a	5.83± 1.76 ^b	5.00± 2.27 ^{ab}	5.67± 2.17 ^a	6.00± 1.57 ^a	6.00± 1.57 ^a	6.17± 2.00 ^{ab}	6.17± 2.00 ^a
	AeroPress	6.00± 2.00 ^a	6.05± 1.76 ^a	5.5± 1.34 ^{ab}	5.55± 1.30 ^{ab}	5.72± 1.53 ^a	6.05± 1.26 ^a	6.05± 1.26 ^a	5.61± 1.33 ^{ab}	5.61± 1.33 ^a
	Cafetera	5.39± 1.88 ^a	6.17± 2.31 ^a	5.67± 1.41 ^{ab}	5.11± 1.97 ^{ab}	5.50± 1.72 ^a	5.50± 1.50 ^a	5.50± 1.50 ^a	5.55± 1.76 ^{ab}	5.55± 1.764 ^a
	Italina	5.39± 2.35 ^a	5.72± 2.76 ^a	4.78± 1.73 ^a	4.56± 1.98 ^a	5.11± 1.99 ^a	5.39± 2.06 ^a	5.39± 2.06 ^a	5.38± 2.00 ^a	5.39± 2.00 ^a

^{abcd} Las medias dentro de cada fila con letras diferentes son significativamente diferentes (P < 0.05)

3.5 análisis de la borra mediante espectro infrarrojo de transformada de Fourier (FTIR)

Los patrones de los espectros de la borra de café de las muestras analizadas se registraron dentro de un rango de 4000 cm⁻¹ – 600 cm⁻¹ con 4 cm⁻¹ de resolución como se evidencia en las siguientes figuras, en donde se denota el efecto simultáneo de los grados de tueste y los métodos de preparación en cada una de las variedades analizadas; variedad Castillo (figura 5), variedad Caturra (figura 6) y variedad Colombia (figura 7). Cada espectro se calculó como el promedio de 15 escaneos y sometidos a sustracción de fondo, los cuales presentan espectros característicos del café.

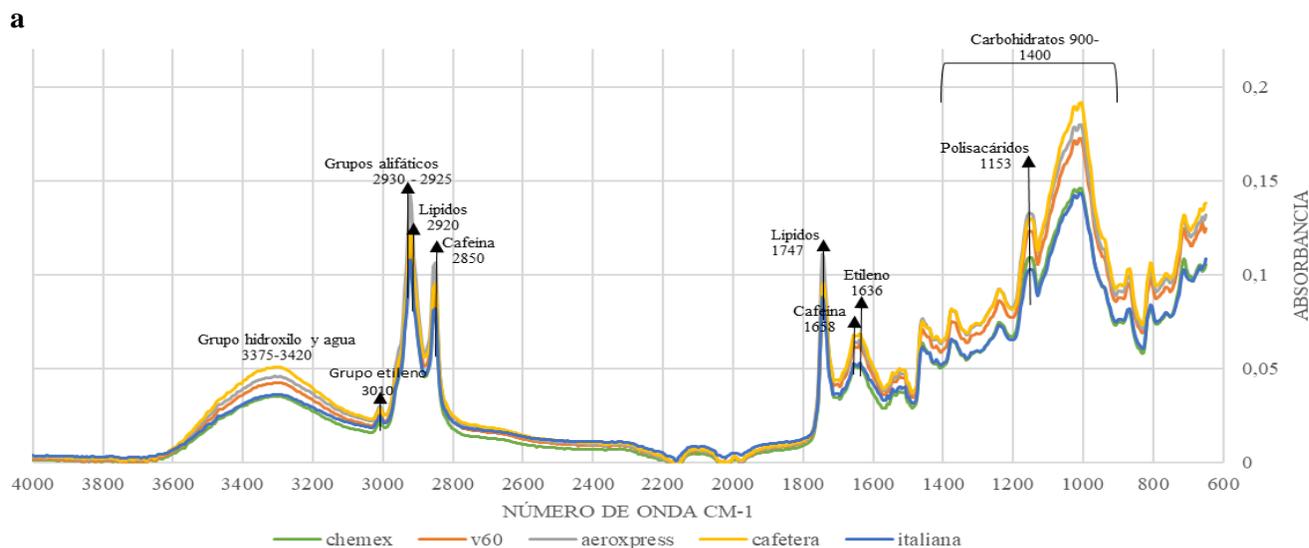
Se evidencia un enfoque de la región entre 1600 cm⁻¹ y 1800 cm⁻¹, dos picos que están claramente definidos, el grupo de etileno (C = C) en 1636 cm⁻¹ según investigaciones realizadas por Liang et al, (2016a); Del mismo modo, todos los espectros presentan una mínima ampliación estándar de cafeína a 1658 cm⁻¹ y 1600 cm⁻¹ (Daghbouche, S., Garrigues, M., Vidal., M. de la Guardia. 1997; Garrigues, M., Bouhsain., Garrigues., M. de la Guardia.2000).

Además se observa el pico agudo a 1747 cm^{-1} , se asigna a el C=O, el cual se extiende desde los ésteres alifáticos y se relaciona principalmente con la presencia de lípidos. Existen otros picos significativos en 2920 cm^{-1} , 2850 cm^{-1} , estos han sido previamente identificados en cafés tostados (arábica y robusto), por consiguiente las regiones están asociadas a estiramientos simétricos y asimétricos de enlaces CH en los grupos CH^2 y CH^3 , respectivamente. La región asociada con grupos CH^2 está altamente relacionado con la presencia de lípidos, mientras que la región CH^3 se ha utilizado para la cuantificación de cafeína (Craig et al. 2014).

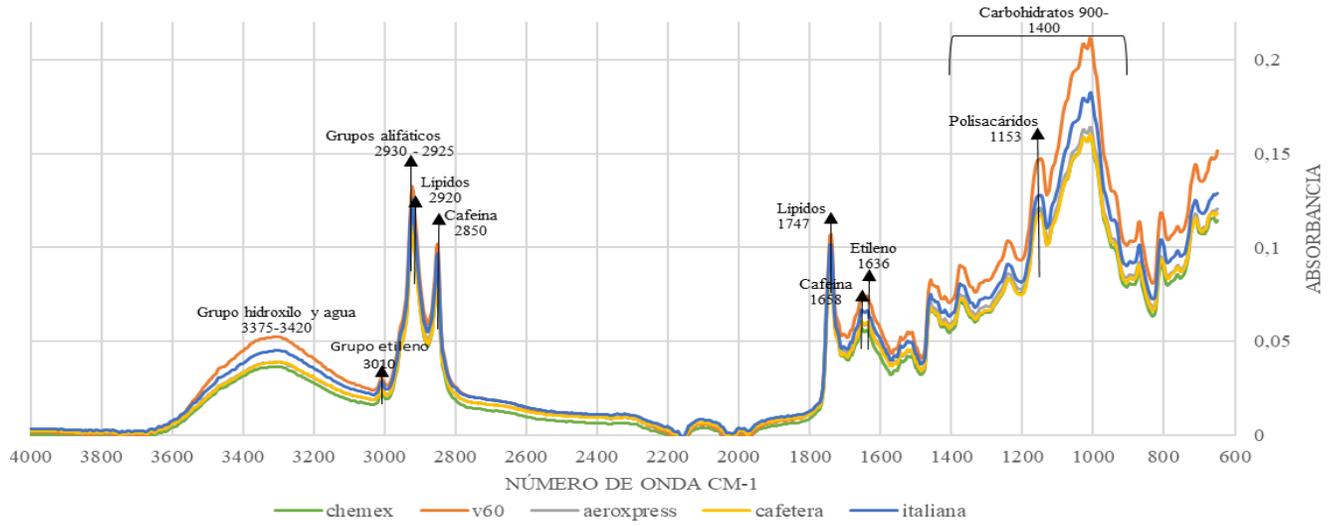
Según Silverstein, R., Webster, F., Kiemle, D., Bryce, D (2015) en especies de café arábicas, los picos a 2922 cm^{-1} , 2852 cm^{-1} , 1743 cm^{-1} y 1153 cm^{-1} se asocian principalmente con lípidos de sorción y son asignados respectivamente al estiramiento asimétrico de CH_2 , además, el pico a 1153 cm^{-1} se ha asociado con los polisacáridos según resultados de investigaciones realizadas por Robert, P., Marqués, M., Barron, C., Guillon, F., Saulnier, L (2005). La región de 1400 cm^{-1} a 900 cm^{-1} es conocida como la región de huellas dactilares debido a la gran cantidad de picos característicos de enlaces simples, en donde existe gran presencia de carbohidratos (Craig et al. 2014), la región entre $3420\text{--}3375\text{ cm}^{-1}$ puede asignarse al estiramiento O-H de grupos hidroxilo (alcoholes, fenoles y ácidos carboxílicos) y agua, así como de estiramiento de N-H en las aminas I y II (Siesler, H. W., Y. Ozaki, S. Kawata, y H. M. Heise. 2002; Szmids, E., y K. Meisel. 2007). La región entre $3050\text{--}2700\text{ cm}^{-1}$ fue dominado por (El-Abassy, R. M., P. Donfack, and A. Materny. 2011) El pico a 3010 cm^{-1} (presente solo en café molido) se atribuyó al grupo etileno. Dos picos, ubicados a $2925\text{--}2930$ y 2854 cm^{-1} se debieron a la vibración de estiramiento C-H de grupos alifáticos (metileno).

Adicional a esto, se observa el efecto del método de preparación en cada grado de tueste para toda las variedades en las cuales no se presenta gran relación entre los factores, sin embargo, en el grado de tueste bajo la Chemex obtuvo menor absorbancia en cada longitud de onda en comparación con los demás métodos de preparación influyendo que la mayor cantidad de los compuestos químicos quedaron presentes en la bebida sin importar la variedad, por otro lado los mayores niveles de absorbancia se presentaron en la Aero Press para la variedad Castillo y Caturra, sin embargo, en la variedad Colombia fue la V60 donde hubo mayor retención en la borra de los compuestos químicos.

VARIEDAD CASTILLO



b



c

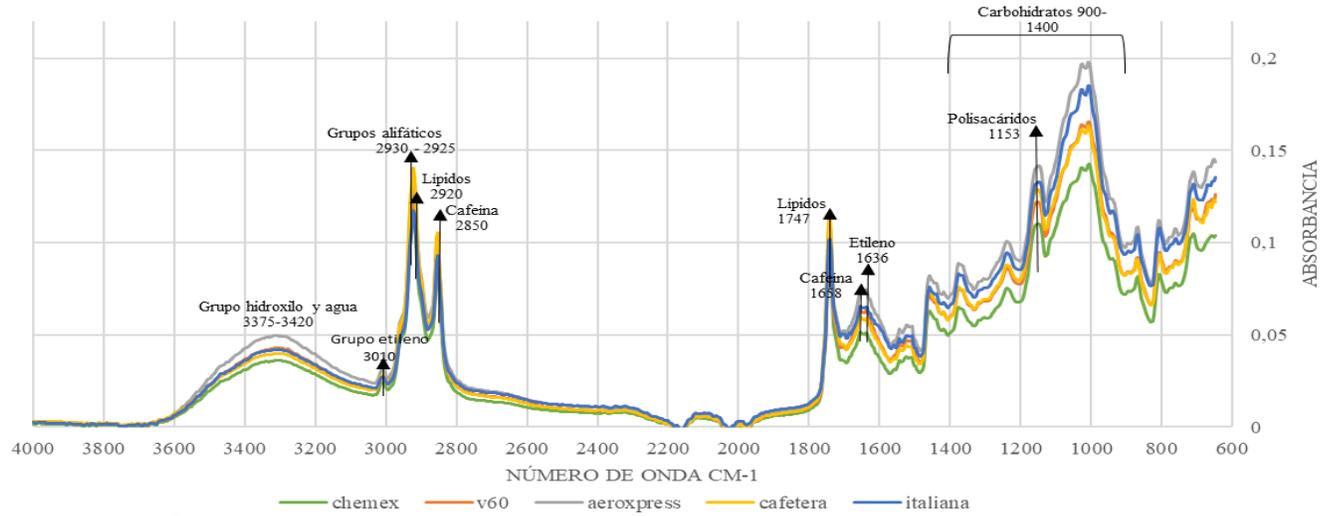
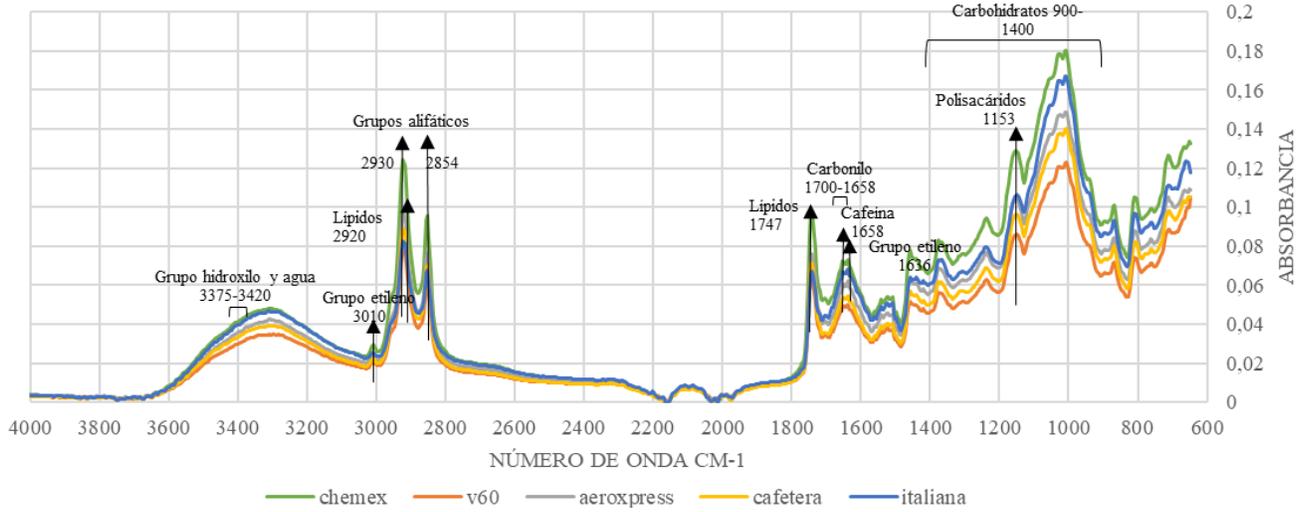


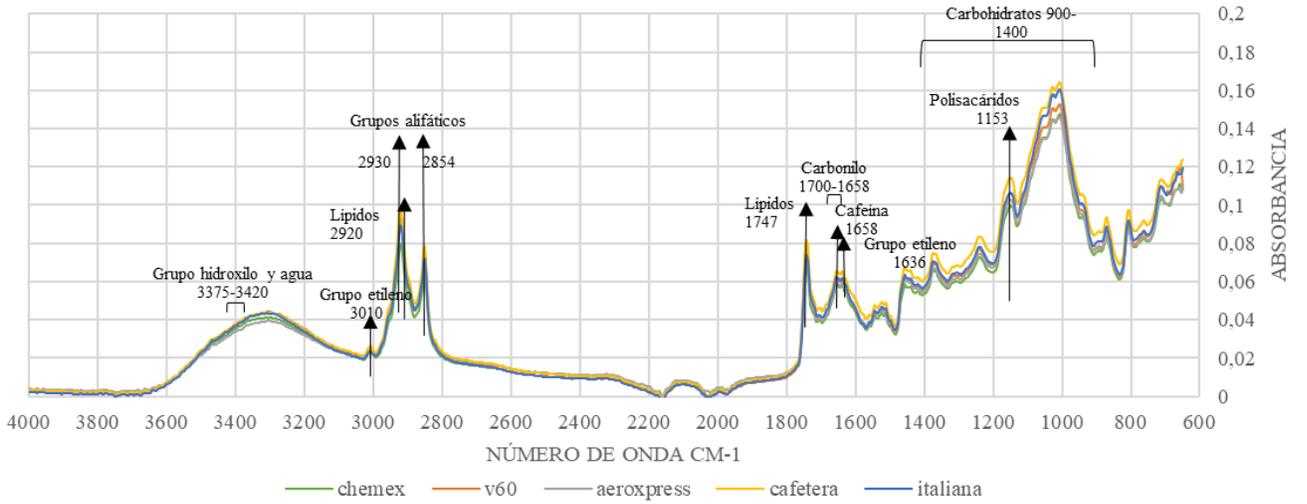
Figura 5. Espectro FTIR de la borra de café en cada variedad Castillo, luego del proceso de preparación mediante cinco métodos y tres grados de tueste: a) Tueste bajo, b) Tueste medio, c) Tueste alto.

VARIEDAD CATURRA

a



b



c

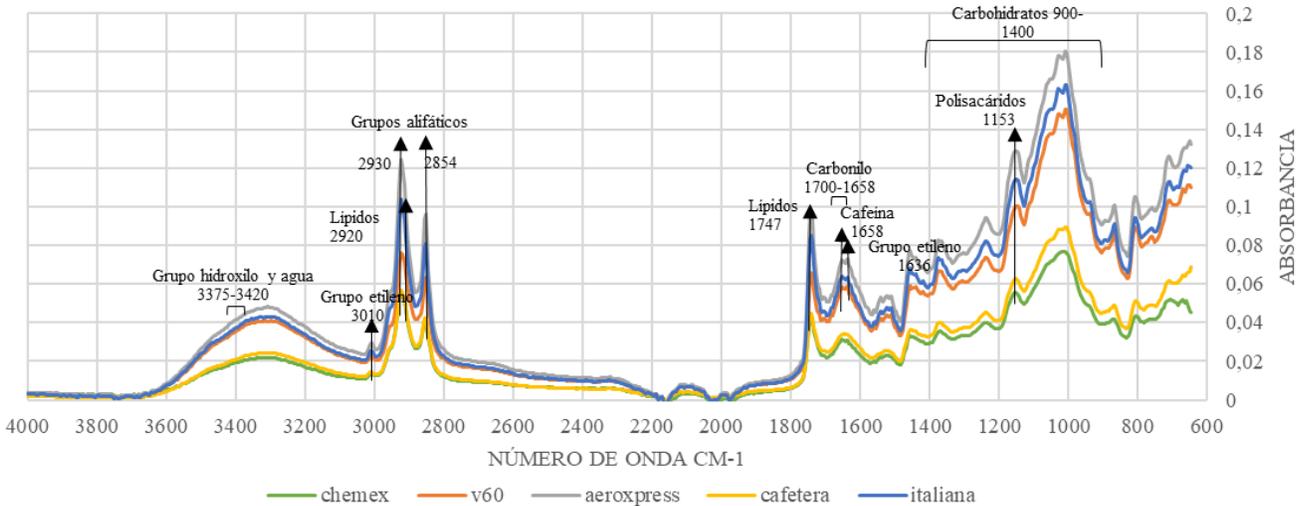
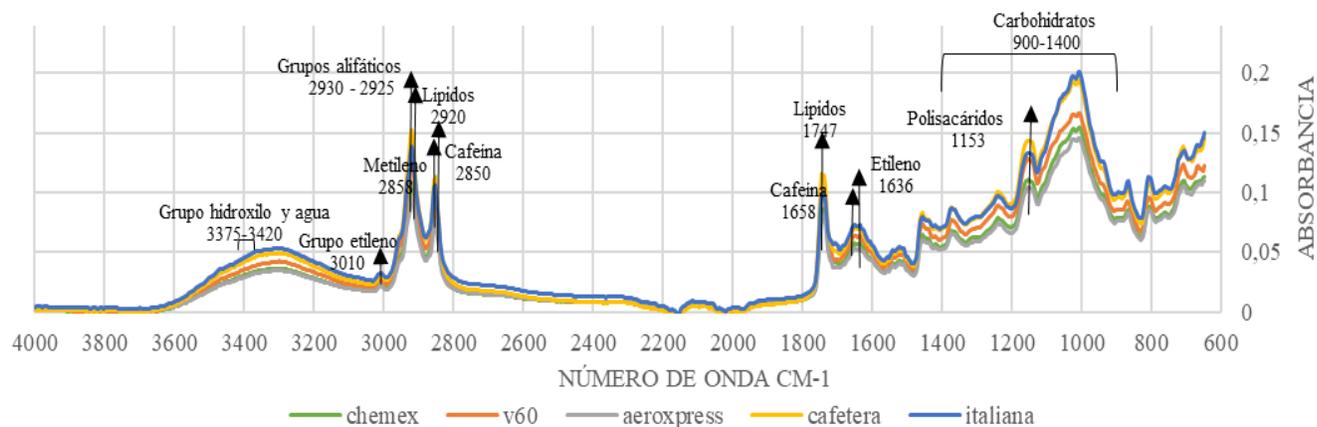


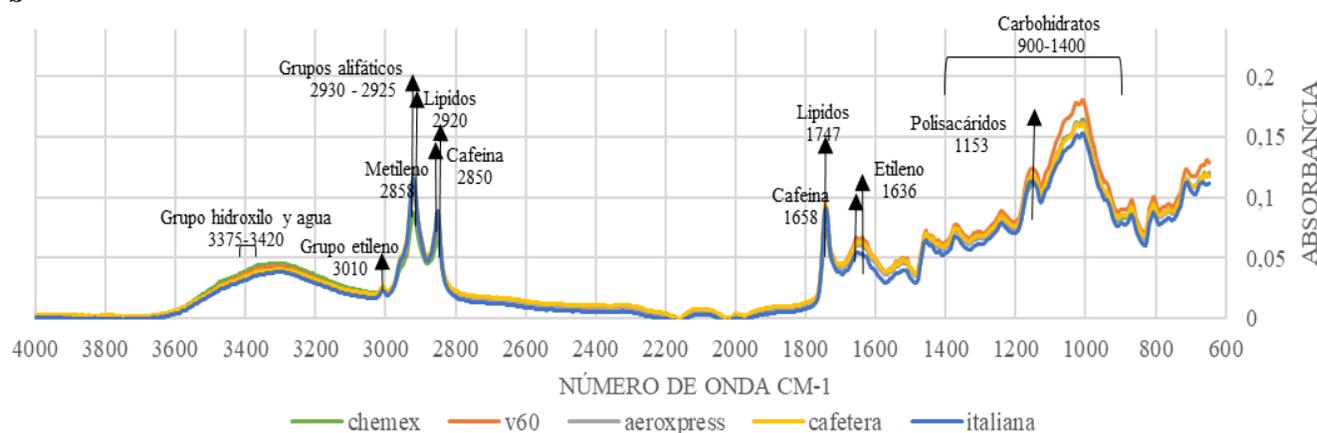
Figura 6. Espectro FTIR de la borra de café en cada variedad Caturra, luego del proceso de preparación mediante cinco métodos y tres grados de tueste: a) Tueste bajo, b) Tueste medio, c) Tueste alto.

VARIEDAD COLOMBIA

a



b



c

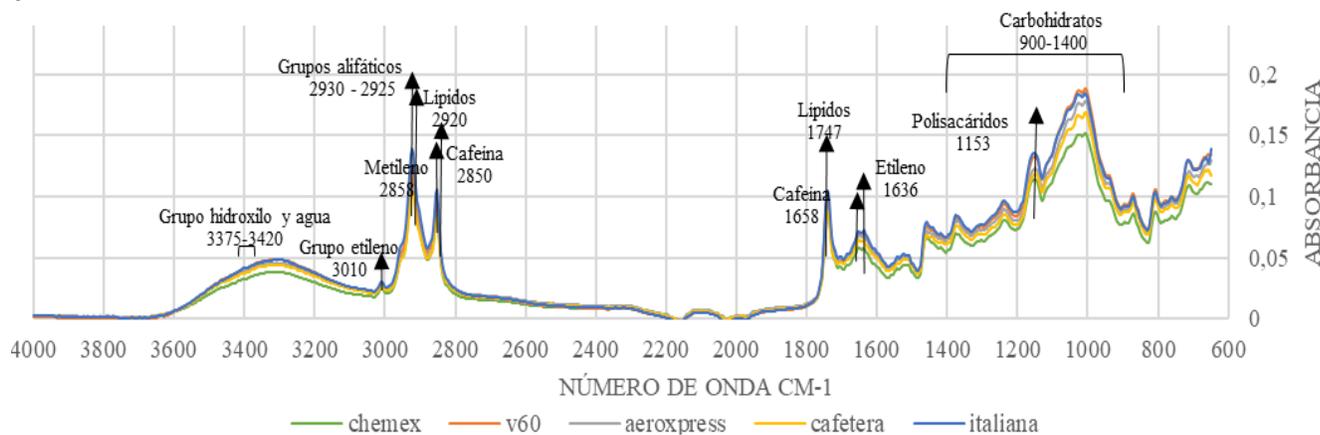


Figura 7. Espectro FTIR de la borra de café en cada variedad Colombia, luego del proceso de preparación mediante cinco métodos y tres grados de tueste: a) Tueste bajo, b) Tueste medio, c) Tueste alto.

4. CONCLUSIONES

La variedad de las muestras de café analizadas no es un factor influyente en el análisis sensorial de aceptación, debido a que no se presentan diferencias estadísticamente significativas en la variabilidad de aceptación de los atributos sensoriales de la bebida, no obstante, en las pruebas realizadas en el FTIR en la borra de café si se evidenciaron tendencias diferentes de los espectros según el grado de tueste y método de preparación para cada variedad, sin embargo, no presentan un patrón similar en ningún factor de comparación, concluyendo a su vez que existe contenido importante de los compuestos químicos del café, los cuales prevalecen aun en la borra luego del proceso de extracción, dando lugar a la posible obtención de otros subproductos que beneficien a la sociedad.

Las diferencias en la aceptación de los atributos sensoriales de las muestras de café, depende, en parte del método de preparación y grado de tueste. Se establece que los métodos de preparación en donde la extracción del grano se realiza mediante el filtrado, presentan mayor nivel de aceptación por los consumidores evaluados, por otro lado al considerar la granulometría como un factor constante en todos los métodos de preparación, los atributos sensoriales no se logran desarrollar correctamente en las bebidas preparadas en métodos en donde se requería granulometría gruesa como la cafetera Italiana y la Aero Press, por lo anterior se atribuye menor aceptación en los atributos sensoriales. A su vez, se establece que los grados de tueste medio y alto tienen mayor nivel aceptación, independientemente del método de preparación empleado, lo anterior debido a que el grano de café en tueste bajo no alcanza a desarrollarse completamente, limitando la expresión adecuada de sus atributos.

En las propiedades fisicoquímicas del café antes y después del proceso de extracción, todos los factores involucrados en la investigación tienen gran relevancia en las diferentes variaciones, sin embargo la variedad del café de las muestras no se consideran altamente significativas

Mediantes las pruebas realizadas en el FTIR, se obtuvo información relevante acerca de los compuestos químicos que quedaron presentes en la bebida de café, en donde se podría incorporar dicha información a las necesidades individuales de consumidor, siendo específicos al efecto que causa el método de preparación y el grado de tueste en cada uno de los compuestos químicos, del mismo modo se refleja que luego de la extracción del grano, en la borra, aún quedan presentes compuestos químicos importantes para el aprovechamiento, demostrando que la productividad del café no termina completamente en la taza. El efecto del método de preparación y grado de tueste en cada una de las variedades no tienen una tendencia estándar en correlación con los factores de comparación. De acuerdo a los resultados obtenidos de los espectros del FTIR, se puede concluir que si se desea obtener el mayor contenido de los de los compuestos químicos del grano de café aún después de realizar el proceso de extracción, el método de preparación Chemex con café a un grado de tueste bajo es el que mejor cumple el objetivo, por otro lado si se desea un mejor aprovechamiento de los compuestos químicos que quedan retenidos en la borra luego del proceso de extracción, se adquieren luego de la preparación mediante la V60 con un café de variedad castillo con tueste medio

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC., 2000. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.
- Bhumiratana, N., Adhikari, K., Chambers. E., 2011. Evolution of sensory aroma attributer from coffe beans to brewed coffee. Food Science and Technology, Manhattan, USA. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>
- Craig, A. P., Franca, A. S., Oliveira, L.S., 2012. Evaluation of the potential of ftir and chemometrics for separation between defective and non-defective coffees. Food Chemistry, Belo Horizonte, v. 132, p. 1368–1374, dec. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.121>.

- Craig, A.P., Franca, A.S., Oliveira, L.S., Irudayaraj, J., Ileleji, K., 2014. Application of elastic net and infrared spectroscopy in the discrimination between defective and non-defective roasted coffees, *Talanta*, 128, pp. 393-400. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.05.001>.
- Consumers International., 2005. From bean to cup: How consumer choice impacts upon coffee producers and the environment. Consumers International, London, UK. ISBN 1-902391-63-2.
- Daghbouche, Y., S. Garrigues, M. T. Vidal, and M. de la Guardia. 1997. Flow Injection Fourier Transform Infrared determination of caffeine in soft drinks. *Anal. Chem.* 69: 1086–1091.
- Díaz, A., Perdomo., A. 2015. Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) del occidente de Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 2015
- El-Abassy, R. M., P. Donfack, and A. Materny. 2011. Discrimination between Arabica and Robusta green coffee using visible micro Raman spectroscopy and chemometric analysis. *Food Chem.* 126: 1443–1448.
- Federación nacional de cafeteros de Colombia (FNC), s.f a. Huila, eje del nuevo mapa cafetero colombiano. Consultado el 18 de agosto del 2018 en <https://www.federaciondefcafeteros.org/clientes/es/buenas_noticias/huila_eje_del_nuevo_mapa_cafetero_colombiano/
- Federación nacional de cafeteros de Colombia (FNC), s.f. b. Información estadística cafetera. Consultado el 20 de agosto del 2018 en https://www.federaciondefcafeteros.org/particulares/es/quienes_somos/119_estadisticas_historicas/?fbclid=IwAR1k6rPyVhlBmRV0pW5G1yZ_maJIZHoyESowFcOzOTQYrqwYhJbnbrkPkJQ
- Franca, A., Oliveira, L., Oliveira, R., Mancha, P., Augusti, R., 2009. preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. *Journal of Food Engineering*, Volume 92, Issue 3, June 2009, Pages 345-352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.012>.
- Garrigues, J. M., Z. Bouhsain, S. Garrigues, and M. de la Guardia. 2000. Fourier transform infrared determination of caffeine in roasted coffee samples. *Fres. J. Anal. Chem.* 366: 319–322.
- Hoehl, K., Schoenberger, G., and Bush-stockfisch, M. 2010. Water quality and taste sensitivity for basic tastes and metallic sensation. *Food Qual. Prefer.* 21, 243–249. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.06.007>
- INCONTEC.NTC 3566., 2011. Café verde. Preparación de muestras para uso en análisis sensorial. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Bogotá.
- International standard ISO 6668., 2008. Green coffee— Preparation of samples for use in sensory analysis. Food products, International Organization for Standardization, Geneva Switzerland.
- Lawless, H., Stevens, D., Chapman, K., and Kurtz, A., 2005. Metallic taste from electrical and chemical stimulation. *Chem. Sens.* 30, 185–194. DOI: <https://doi.org/10.1093/chemse/bji014>.
- Lee, S. M., Chung, S. J., Lee, O. H., Lee, H. S., Kim, Y. K., and Kim, K. O. 2008. Development of sample preparation, presentation, procedure and sensory descriptive analysis of green tea. *Journal of Sensory Studies* 23, 450–467. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2008.00165.x>

- Liang, N., Lu X., Hu Y., Kitts D. 2016. Application of attenuated total reflectance-Fourier transformed infrared (ATR-FTIR) spectroscopy to determine chlorogenic acid isomer profile and antioxidant capacity of coffee beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vancouver, v. 64, n. 3, p. 681–689, jan. 2016a. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b05682
- Márquez, s.f. Guía pedagógica para la impartición del bloque de contenidos de las bebidas sin alcohol en el C.F.G.M. de técnico en servicios en restauración. Madrid, España, Editorial visión libros. 25 p.
- Michel, C., Velasco, C., Fraemohs, P., and Spence, C. 2015. Studying the impact of plating on ratings of the food served in a naturalistic dining context. *Appetite* 90, 45–50. DOI: 10.1016/j.appet.2015.02.030.
- Parenti, A., Guerrini, L., Masella, P., Spinelli, S., Calamai, L., 2014. Comparison of espresso coffee brewing techniques, *Journal of Food Engineering*, V. 121, 112–11, August, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.08.031>
- Puerta G., 2000. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. (en línea). Consultado el 26 de septiembre de 2018. Disponible en: [http://www.cenicafe.org/es/publications/arc051\(01\)005-019.pdf](http://www.cenicafe.org/es/publications/arc051(01)005-019.pdf)
- Puerta, G. I., 2008. Calidad en taza de mezclas preparadas con granos de *Coffea arabica* L. y *Coffea canaphora*. *Cenicafé* 59 (3): 183-203. 2008.
- Reis, N., Franca, AS., Oliveira, LS. Quantitative evaluation of multiple adulterants in roasted coffee by diffuse reflectance infrared fourier transform spectroscopy (DRIFTS) and chemometrics. *Talanta*, Belo Horizonte, v. 115, p. 563–568, jun. 2013b. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.06.004>
- Rendón, M., Scholz, M., Bragagnolo, N. 2018. Physical characteristics of the paper filter and low cafestol content filter coffee brews, *Food Research International*, 108, 280-285, March, 2018. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.03.041.
- Robert, P., Marqués, M., Barron, C., Guillon, F., Saulnier, L. 2005. FTIR investigation of cell Wall polysaccharides from cereal grains. Arabinoxylan infrared assignment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, 53 (18), pp 7014–7018. DOI: 10.1021/jf051145y
- Romero del castillo, R., Costell, E., Plans, M., Simo, J., and CASANAS, F. 2012. A standardized method of preparing common beans (*phaseolus vulgaris* l.) for sensory analysis. *J. Sensory Studies* 27, 188–195. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2012.00381.x>
- Sanchez, K., Chambers, E., 2015. How does product preparation affect sensory properties? An example with coffee. *Journal of Sensory Studies*. V. 30, noviembre 25, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/joss.12184>
- SCAA, Specialty Coffee Association of america, 2015. SCAA Protocols, Cupping Specialty Coffee Published by the Specialty Coffe Association of America. Pág.10.
- Siesler, H. W., Y. Ozaki, S. Kawata, and H. M. Heise. 2002. *Near-Infrared Spectroscopy: Principles, Instruments, Applications*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Silverstein, R., Webster, F., Kiemle, D., Bryce, D. 2015. *Spectrometric identification of organic compounds*. New York, College of environmental science & forestry. Seventh edition.

- Smith, A. 2007. *American Food and Drink*, Oxford University Press, New York
- Singh B., Wechter M., Yuhong H., Lafontaine C. Determination of caffeine content in coffee using Fourier transform infra-red spectroscopy in combination with attenuated total reflectance technique: a bioanalytical chemistry experiment for biochemists. (1998) Elsevier Science, *Biochemical Education* 26 (1998) 243-247. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0307-4412\(98\)00078-8](https://doi.org/10.1016/S0307-4412(98)00078-8)
- Specialty coffee association of america. 2012a. *Coffee terms & definitions from the specialty coffee association of America*. Symposium April 18–19, SCAA Press, Portland, Oregon.
- Specialty coffee association of america. 2012b. *Specialty Coffee Facts & Figures*. SCAA Press, Santa Ana, CA, 562.624.4100.
- Szmidt, E., and K. Meisel. 2007. The applicability of Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy in waste management. *Waste Management* 27: 268–276.
- Tawfik, M., El Bader, N., 2005. Chemical Characterization of Harar and Berry Coffee Beans with Special Reference to Roasting Effect. *Journal of Food Technology*, 3: 601-604. DOI: [jfttech.2005.601.604](https://doi.org/10.1016/j.jftech.2005.601.604).
- Wan, X., Zhou, X., Woods, A.T., and SPENCE, C. 2015. Influence of the glassware on the perception of alcoholic drinks. *Food Qual. Prefer.* 44, 101–110. DOI: [10.1016/j.foodqual.2015.03.018](https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.03.018)
- Wang, X., Tak Lim, L., 2012. Fourier Transform Infrared and Physicochemical Analyses of Roasted Coffee, *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, 5446–5453 doi.org/10.1021/jf300348e. DOI: [10.1021/jf300348e](https://doi.org/10.1021/jf300348e)
- Wang, X., Tak Lim, L., 2015. Chapter 27: Physicochemical characteristics of roasted coffee. *Coffee in health and disease prevention*. Pag 247-254. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00027-9>
- Zanin, R. C., Corso, M. P., Kitzberger, C. S., Scholz, M. B., & Benassi, M. D. (Diciembre de 2016). Good cup quality roasted coffees show wide variation in chlorogenic acids content. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 480-483. DOI: [10.1016/j.lwt.2016.08.012](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.012)