

**EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN, CLARIFICACIÓN Y DECOLORACIÓN  
COMO PRIMERAS ETAPAS DENTRO DE UN ESQUEMA DE VALORIZACIÓN  
DE PULPA DE CAFÉ SECADA**

**JOHANA ANDREA TREVISSE HERNÁNDEZ  
YURLEY TATIANA ZAPATA REY**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2018**

**EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN, CLARIFICACIÓN Y DECOLORACIÓN  
COMO PRIMERAS ETAPAS DENTRO DE UN ESQUEMA DE VALORIZACIÓN  
DE PÚLPA DE CAFÉ SECADA**

**JOHANA ANDREA TREVISSE HERNÁNDEZ  
YURLEY TATIANA ZAPATA REY**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de  
Ingeniero Químico**

**Director  
Prof. CARLOS JESÚS MUVDI NOVA  
Doctor de Ingeniería de Procesos.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi madre, Olga Lucia Hernandez Calderón, quien ha dado todo de sí misma para hacer de mí una gran mujer. Gracias a tu esfuerzo, sacrificio, tenacidad y dedicación hoy puedo afrontar la vida como una mujer profesional, honesta, digna y con carácter.

A mis abuelos, Guillermo Hernandez vivas y Cecilia Calderón de Hernandez, y a mi tío, Cesar Augusto Hernandez Calderón, quienes siempre me han brindado su orientación, cariño y respaldo. Gracias por llenar mi vida de dicha.

A esa persona que ha estado conmigo 6 años, en los momentos de felicidad y tristeza y que siempre ha tenido las palabras correctas para cada momento. Gracias por estar ahí siempre que lo necesito y dibujar una sonrisa en mi rostro cada vez que parecía imposible reír. Gracias por tu paciencia y amor a toda costa.

A mi director el Dr. Carlos Jesús Muvdi Nova por la paciencia, y el tiempo dedicado para la realización de este proyecto. También agradezco por sus consejos no solo para la formación profesional sino para la vida.

***JOHANA ANDREA TREVISSE HERNANDEZ***

## **AGRADECIMIENTOS**

Al culminar esta etapa de mi vida, quiero agradecer en primer lugar a Dios, por darme la fuerza y la fe para continuar aún en los momentos de dificultad, a mis padres y demás familiares por su amor incondicional y porque siempre creyeron en mí y me apoyaron en cada decisión que tomé durante este tiempo.

También quiero agradecer de manera muy especial al profesor Carlos Muvdi Nova, por la confianza que nos brindó, todo el tiempo dedicado, además de sus consejos, constante apoyo y orientación a lo largo de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander, por una formación académica de gran calidad y por brindarnos tantos espacios culturales, que aportaron muchísimo a mi crecimiento personal.

A toda la familia que conforma el grupo CICTA porque cada uno de ellos nos brindó su colaboración y conocimiento cuando los necesitamos e hicieron de este tiempo una gran experiencia, llena de aprendizaje.

A don Eduardo en el laboratorio de procesos, por su tiempo, orientación y consejos en una fase fundamental de nuestro proyecto. Así como a la escuela de nutrición, en cabeza de la profesora Adriana Soto por su apoyo y formación en análisis sensorial.

A todos los profesores que hicieron parte de mi formación, y que a pesar de sus diversas maneras de enseñar trataron siempre de transmitirnos sus conocimientos y motivarnos a mejorar.

Finalmente, agradezco a mis compañeros y amigos, que hicieron de estos años, una experiencia única.

***TATIANA ZAPATA REY.***

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	13
1. OBJETIVOS .....	18
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. METODOLOGÍA .....	19
2.1 FASE 1: ACONDICIONAMIENTO DE LA PULPA DE CAFÉ SECADA Y EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO DE LA MISMA.....	20
2.2 FASE 2: CLARIFICACIÓN DEL EXTRACTO OBTENIDO POR MEDIO DE FILTRACIÓN CON FILTRO PRENSA.....	21
2.3 FASE 3: DECOLORACIÓN DEL EXTRACTO CLARIFICADO MEDIANTE MEMBRANAS DE ULTRAFILTRACIÓN.....	22
2.4 MÉTODOS EXPERIMENTALES Y DE ANÁLISIS.....	22
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PULPA DE CAFÉ SECADA.....	24
3.2 INFLUENCIA DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN EN LA PERCEPCIÓN SENSORIAL, CONTENIDO DE POLIFENOLES, METILXANTINAS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, EN EXTRACTOS DE PULPA DE CAFÉ.....	25
3.3 EFECTO DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y LA RELACIÓN SÓLIDO/SOLVENTE EN LA PERCEPCIÓN SENSORIAL, OBTENCIÓN DE POLIFENOLES, METILXANTINAS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS EXTRACTOS DE PULPA DE CAFÉ.....	27
3.4 CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO FINAL.....	31
3.5 ESTUDIO DEL PROCESO DE CLARIFICACIÓN DE LOS EXTRACTOS DE PULPA DE CAFÉ MEDIANTE FILTRO PRENSA Y SU INFLUENCIA EN LA PERCEPCIÓN SENSORIAL, CONTENIDO DE POLIFENOLES, METILXANTINAS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	32
3.6 INFLUENCIA DEL UMBRAL DE CORTE EN EL PROCESO DE DECOLORACIÓN-CLARIFICACIÓN DE EXTRACTOS DE PULPA DE CAFÉ SECADA.....	35
4. CONCLUSIONES .....	40
5. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	41

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42
BIBLIOGRAFÍA .....	54

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café secada empleada en el presente trabajo y por diferentes autores. *Desviación media. ....	24
<b>Tabla 2.</b> Puntuación de la evaluación sensorial de los extractos de pulpa de café obtenidos a 90°C, relación sólido/solvente de 1/15 y diferentes tiempos de extracción. ....	25
<b>Tabla 3.</b> Contenido de polifenoles, metilxantinas (cafeína y teobromina) y capacidad antioxidante de los extractos de pulpa de café obtenidos a 90°C, relación sólido/solvente de 1/15 y diferentes tiempos de extracción. *Desviación media. ...	26
<b>Tabla 4.</b> Distribución de tamaño de partícula de la pulpa de café secada y molida. ....	28
<b>Tabla 5.</b> Evaluación sensorial de los extractos de pulpa de café obtenidos a 90°C y tiempo de extracción de 7min, variando la relación sólido/solvente y tamaño de partícula.....	29
<b>Tabla 6.</b> Resultados de la evaluación sensorial de los extractos de pulpa de café preseleccionados en la prueba anterior, obtenidos a 90°C y tiempo de extracción de 7min, variando la relación sólido/solvente y tamaño de partícula.....	29
<b>Tabla 7.</b> Resultados del contenido de polifenoles, metilxantinas y capacidad antioxidante de los extractos variando el tamaño de partícula (D < 2mm, 0,5 mm < D < 2mm, 1 mm < D < 2mm) y la relación sólido solvente (1/6, 1/15, 1/50), usando un tiempo de extracción de 7 min a una temperatura de 90°C.*Desviación media. ....	30
<b>Tabla 8.</b> Resultados de la evaluación sensorial de discriminación de los extractos de pulpa de café clarificados y sin clarificar. ....	33

<b>Tabla 9.</b> Caracterización de los extractos de pulpa de café antes y después de la filtración con filtro prensa empleando como medio filtrante dril súper ocho, P = 20 psi y T = 27 °C. *Desviación media.....	34
<b>Tabla 10.</b> Comparación de las características fisicoquímicas de los extractos decolorados mediante carbón activado y membranas de ultrafiltración y el extracto sin decolorar.....	38

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Corte longitudinal de una cereza de café. ....	14
<b>Figura 2.</b> Proceso de beneficio húmedo del café. ....	14
<b>Figura 3.</b> Esquema metodológico del proyecto. ....	19
<b>Figura 4.</b> Variación de la turbidez y el volumen en el tiempo durante el proceso de clarificación empleando filtro prensa a temperatura ambiente y $P = 20$ psi. ....	33
<b>Figura 5.</b> a) Variación del color, b) Absorbancia a 600 nm de los extractos de pulpa de café filtrados con membranas de diferentes umbrales de corte (1, 3, 5 y 8 kDa) a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\Delta\text{PTM } 20$ psi, $\text{Re} = 68780$ y $Q_{\text{ALIMENTACIÓN}} = 0,25$ L/s. *Desviación estándar. ....	35
<b>Figura 6.</b> Variación del flux de permeado en el tiempo para umbrales de corte de 1, 3, 5 y 8 kDa a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\Delta\text{PTM } 20$ psi, $\text{Re} = 68780$ y $Q_{\text{ALIMENTACIÓN}} = 0,25$ L/s. ....	36
<b>Figura 7.</b> Variación de la turbidez, contenido de polifenoles y metilxantinas en los extractos decolorados mediante membranas de ultrafiltración con umbral de corte de 1, 3, 5 y 8 kDa a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\Delta\text{PTM } 20$ psi, $\text{Re} = 68780$ y $Q_{\text{ALIMENTACIÓN}} = 0,25$ L/s. *Desviación estándar. ....	37

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN DE LA EXTRACCIÓN, CLARIFICACIÓN Y DECOLORACIÓN COMO PRIMERAS ETAPAS DENTRO DE UN ESQUEMA DE VALORIZACIÓN DE PULPA DE CAFÉ SECADA. \*

**AUTORES:** Johana Andrea Trevisse Hernández – Yurley Tatiana Zapata Rey. \*\*

**PALABRAS CLAVE:** Extracto, metilxantinas, capacidad antioxidante, filtro prensa, membranas cerámicas.

### DESCRIPCIÓN:

Como estrategia de valorización de pulpa de café, se realizó la extracción y posterior clarificación del extracto obtenido, con el fin de obtener una base de productos alimenticios. Las extracciones se realizaron a 90°C empleando agua como solvente. En la primera etapa se evaluó el tiempo de extracción, y se observó que a 7 min la muestra presenta las mejores características sensoriales (57 % de juicios positivos) y fisicoquímicas, cafeína (0,51 mg/mL), teobromina (0,21 mg/mL), polifenoles (1,45 mg EAG/ mL) y capacidad antioxidante (22,73  $\mu$ mol ET/mL). Posteriormente, se evaluó el tamaño de partícula y la relación sólido/solvente, la muestra con relación 1/15 y tamaño de partícula entre 0,5 y 2 mm fue la mejor valorada por los panelistas, además, presenta un equilibrio entre eficiencia en la extracción de los compuestos de interés y concentración en la solución resultante. En la segunda fase se realizó un proceso de clarificación con filtro prensa a presión de 20 psi y temperatura ambiente, logrando una reducción de la turbidez del 96,5%, encontrando que no se alteraban las características sensoriales ni fisicoquímicas del extracto. En la tercera fase se realizó una decoloración con membranas de ultrafiltración, con el fin de obtener un extracto con alto contenido de cafeína y potencial de ser empleado como aditivo en la industria de alimentos. Se escogió un umbral de corte de 3 kDa, ya que con éste se logra la mayor permeabilidad (13,1 L/m<sup>2</sup> h) y una reducción en la absorbancia (600 nm) del 80%.

---

\* Trabajo de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova. Ingeniero Químico, M.Sc., Ph.D.

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF EXTRACTION, CLARIFICATION AND DISCOLORATION AS FIRST STAGES WITHIN A DRINKING COFFEE PULP ASSESSMENT SCHEME. \*

**AUTHORS:** Johana Andrea Trevisse Hernández – Yurley Tatiana Zapata Rey. \*\*

**KEYWORDS:** Extract, methylxanthines, antioxidant capacity, filter press, ceramic membranes.

### DESCRIPTION:

As a strategy for the valorization of coffee pulp, extraction and subsequent clarification of the extract obtained was carried out, in order to obtain a base of food products. The extractions were carried out at 90 °C using water as solvent. In the first stage, the extraction time was evaluated, and it was observed that at 7 minutes the sample presented the best sensory characteristics (57% of positive judgments) and physicochemical characteristics, caffeine (0.51 mg/mL), theobromine (0.21 mg/mL), polyphenols (1.45 mg EAG/mL) and antioxidant capacity (22.73  $\mu$ mol ET/mL). Subsequently, the particle size and the solid / solvent ratio were evaluated, the sample with 1/15 ratio and the particle size between 0.5 and 2 mm was the best valued for the panelists, in addition, it presents a balance between efficiency in the extraction of the compounds of interest and concentration in the resulting solution. In the second phase, a clarification process was carried out with a pressure of 20 psi and room temperature, achieving a reduction in the turbidity of 96.5%, finding that the sensory and physicochemical characteristics of the extract were not altered. In the third phase, a discoloration was carried out with ultrafiltration membranes, in order to obtain an extract with high coffee content and potential to be used as an additive in the food industry. A cut-off threshold of 3 kDa was chosen, which can achieve the highest permeability (13.1 L/m<sup>2</sup>h) and a reduction in absorbance (600 nm) of 80%.

---

\* Undergraduate Project.

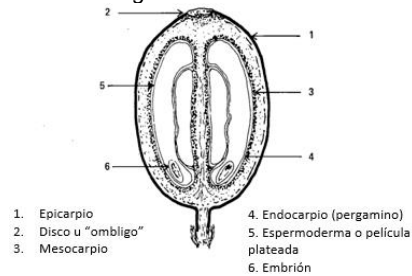
\*\* Physical and Chemical Engineering's Faculty. School of Chemical Engineering. Food Science and Technology Research Center. Advisor: Carlos Jesús Muvdi Nova. Chemical Engineer, M.Sc., Ph.D.

## INTRODUCCIÓN

El café es uno de los productos agrícolas más importantes a nivel mundial y hace parte de la economía base de países como Brasil, Vietnam, Colombia e Indonesia. Colombia es el tercer país productor de café a nivel mundial, según el reporte de la Federación Nacional de Cafeteros, durante el 2017 en Colombia se produjeron 14,2 millones de sacos de 60 kg de café verde.

Sin embargo, los residuos generados por la industria del café representan un serio problema para los países productores [1]. Se estima que menos del 5% de la materia vegetal generada se emplea para la elaboración de la bebida, el resto queda en forma residual, representado principalmente en materiales fibrosos, pulpa, mucílago y cascarilla [2]. Los principales problemas son la disposición de grandes volúmenes de agua con altas concentraciones de compuestos orgánicos [3] y los enormes volúmenes de material sólido a disponer [2]. Además de la contaminación ambiental que de esto se genera, el proceso de beneficio representa pérdidas económicas, ya que no se aprovecha el potencial que tienen algunos de los subproductos generados debido a su composición [4] [5] [6]. Los granos de café o semillas se hallan en el fruto del arbusto, que en el estado de madurez son de color rojo y se le denomina «cereza». En la Figura 1 se presenta un corte longitudinal de un fruto de café y muestra las fracciones anatómicas del fruto: el grano de café propiamente dicho o endospermo, la piel exterior o epicarpio, el disco, la pulpa o mesocarpio en la cual se encuentra una sustancia gelatinosa azucarada que recibe el nombre de mucílago, una cubierta dura que se denomina cáscara o endocarpio, la espermoderma o película plateada y el embrión [7].

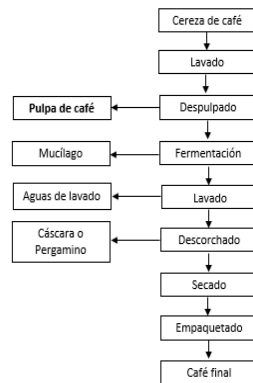
**Figura 1.** Corte longitudinal de una cereza de café.



**Fuente:** Bressani, 1978.

Los frutos maduros del café son generalmente procesados en los mismos lugares de producción y pasan por una serie de operaciones que tienen por objeto despojar a los granos de su envoltura (pulpa, mucílago y pergamino) para obtener un grano comestible de buena calidad [8]. Este proceso puede realizarse de dos maneras: por vía húmeda o por vía seca [1]. En Colombia se emplea el beneficio por vía húmeda (Figura 2), que comprende principalmente las etapas de despulpado, remoción del mucílago (por fermentación natural o remoción mecánica), lavado y secado [9].

**Figura 2.** Proceso de beneficio húmedo del café.



**Fuente:** Modificado de Braham & Bressani, 1970.

La pulpa de café es el principal subproducto que se obtiene del beneficio del café, y representa, en base seca, alrededor del 29% de la cereza de café [1] [12]. El promedio de la producción de pulpa es de 2,25 t/ha-año por cada millón de sacos de 60 kg de café almendra que Colombia exporta [11]. Ésta contiene principalmente carbohidratos, proteínas y fibra, además de sustancias como la cafeína y los taninos, polifenoles, pectinas y ácido clorogénico [12] [13]. Lo cual muestra que la pulpa de café es una fuente potencial de metilxantinas y antioxidantes que no debe ser desperdiciada [14].

A nivel mundial se han realizado diversos estudios para la valorización de los subproductos de café, la mayoría de éstos se han enfocado en la generación de energía [11] [15] [16] [17] compost [18], fertilizantes y productos aptos para consumo animal [8] [19] [20] [21] [22] [23]. En estudios recientes se han evaluado las propiedades de las sustancias que contienen los residuos de café y su potencial uso en la industria de alimentos. Díaz [24] evaluó la extracción de antioxidantes de la pulpa fresca de café, empleando como solventes metanol y etanol, llegando a la conclusión de que esta pulpa tiene una capacidad antioxidante significativa comparada con otras frutas que regularmente se consideran fuente de antioxidantes. En una investigación reciente acerca de los compuestos bioactivos presentes en la pulpa de café y su potencial para la elaboración de bebidas, se encontró que los subproductos de café pueden ser valorizados mediante la producción de una bebida funcional antioxidante con contenidos de cafeína y polifenoles [14].

En Colombia, existe un proceso patentado para la elaboración de mieles a partir de la concentración del mucílago del grano de café, mediante tratamiento enzimático y posteriormente deshidratación al vacío, con el fin de obtener un producto de alta digestibilidad y palatabilidad a una concentración de 55 °Brix. Igualmente, considera la producción de harinas a partir del secado y molienda de la cáscara del café. Estos productos se emplearían en la industria alimentaria y cosmética [25].

Este trabajo hace parte del Proyecto iNNpulsa “Fortalecimiento del clúster de café de Santander, a través de la innovación y el acceso a mercados nacional e internacionales”. Dado que el aprovechamiento de subproductos de café, como la pulpa, para la elaboración de alimentos para consumo humano como mieles y pulverizados, es un tema poco desarrollado hasta el momento, este estudio se centra en la evaluación de las etapas iniciales de este proceso, como la extracción y clarificación de la pulpa secada de café. Establecer las mejores condiciones en estas etapas es de gran importancia ya que afectan directamente las propiedades sensoriales del producto final.

En cuanto al proceso de extracción, diversos estudios realizados [26] [27] [28] indican que los factores de interés son el tamaño de las partículas, la temperatura, el tiempo de extracción y la concentración solvente, siendo este último el de mayor influencia. Para procesos de clarificación, el filtro prensa es ampliamente usado en la industria, ya que es un equipo de bajo consumo energético y de alta eficiencia de compactación, obteniendo tortas semisólidas de fácil disposición [29]. Los principales factores que determinan la efectividad, mediante los cuales se puede realizar la separación, son la concentración de sólidos y tamaño de la partícula, temperatura, pH, presión, viscosidad y densidad [30].

Por otra parte, las metilxantinas (por ejemplo, cafeína y teobromina) son compuestos de alto interés en la industria de alimentos, debido a sus propiedades estimulantes del organismo, además de que tiene efecto diurético y relaja los músculos lisos, entre otros beneficios [31]. Mediante el uso de técnicas de decoloración existe la posibilidad de generar otro enfoque para el aprovechamiento de los extractos de pulpa de café, ya que las metilxantinas hacen parte de productos como gaseosas, gomas, suplementos de pérdida de peso, bebidas energizantes y analgésicos [31] [32] [33]. En industrias como la azucarera y la del aceite, estos procesos se llevan a cabo empleando carbón activado [34] [35]. Sin embargo, un

método de decoloración en desarrollo es el uso de membranas de ultrafiltración, cuyas variables de mayor importancia son el umbral de corte de la membrana y la presión transmembrana [36]; este último es catalogado como un parámetro importante asociado al rendimiento del proceso [37].

Finalmente, un tema importante a mencionar en esta temática es el análisis sensorial, ya que los extractos obtenidos serán la base de otros productos destinados a consumo humano. En la industria de alimentos, el análisis sensorial es de gran importancia, ya que permite realizar análisis de calidad y aceptación de productos [38]. Existen tres tipos de pruebas sensoriales, discriminatorias, descriptivas y afectivas, las cuales se aplican según el objetivo que se quiera evaluar [39]. El objetivo de las pruebas discriminativas es determinar si dos productos son percibidos de manera diferente por el consumidor. Dentro de esta categoría se encuentra la prueba triangular, la cual consiste en presentar a los panelistas simultáneamente tres muestras codificadas, de las cuales dos son iguales y una diferente, el panelista debe identificar la muestra diferente [39] [40]. Por otra parte, el objetivo de las pruebas afectivas es determinar la aceptabilidad de consumo de un producto; dentro de esta categoría se encuentran las pruebas de satisfacción con escala hedónica. Esta prueba consiste en pedirle a los panelistas que den su informe sobre el grado de satisfacción que tienen de un producto, la escala más utilizada es la escala hedónica de 9 puntos [41], que va desde "me gusta extremadamente" hasta "me disgusta extremadamente" [42]. Otro tipo de prueba afectiva es la de preferencia por ordenación, en la cual se pide a los panelistas que ordenen una serie de muestras en forma creciente para cada una de las características o atributos que se estén evaluando [39] [40]. En cuanto a las pruebas descriptivas, se emplean principalmente para definir las propiedades de un alimento y medirlas de la manera más objetiva posible [43], este tipo de pruebas no se aplica durante el presente estudio, ya que para realizarlas se requiere de un panel altamente entrenado y se emplean principalmente para productos terminados [39].

Comentado [TZR1]: Modificado.

## **1. OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la influencia de las variables de operación que intervienen en las etapas iniciales de un esquema de valorización de pulpa de café.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Determinar la influencia del tiempo, el tamaño de partícula y la relación sólido/solvente en el proceso de extracción empleando pulpa de café secada.

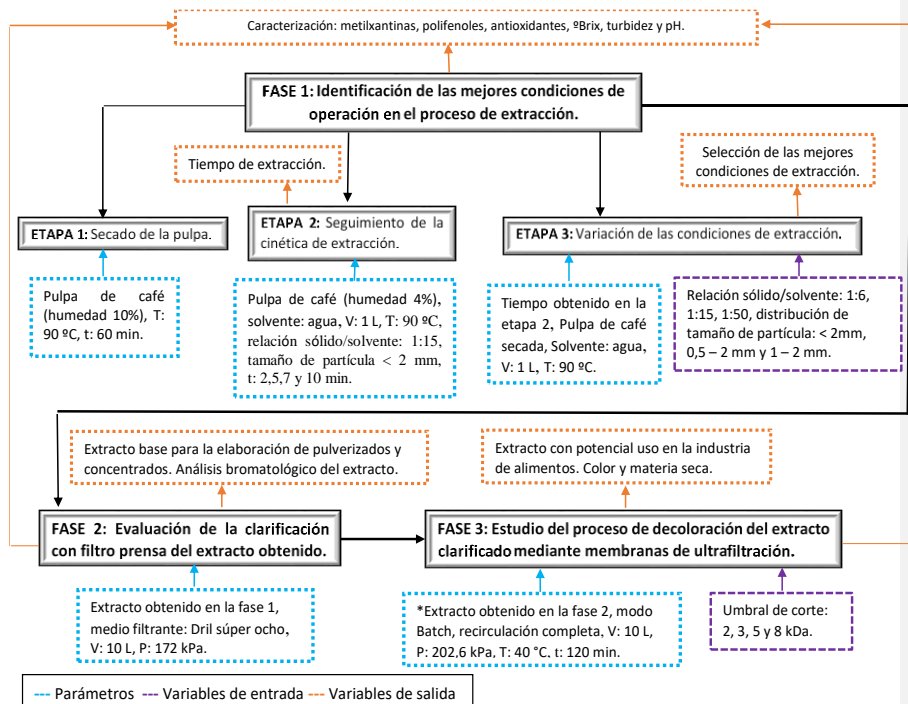
Evaluar la técnica de filtro prensa como estrategia para la clarificación de los extractos obtenidos.

Estudiar el proceso de decoloración del extracto clarificado mediante el uso de membranas de ultrafiltración.

## 2. METODOLOGÍA

En la Figura 3 se presenta el cuadro metodológico de las fases desarrolladas durante este proyecto. El diseño metodológico se dividió en 3 fases las cuales se explican a continuación:

Figura 3. Esquema metodológico del proyecto.



Fuente: autores.

## **2.1 FASE 1: Acondicionamiento de la pulpa de café secada y extracción sólido-líquido de la misma.**

La pulpa de café proporcionada por el Clúster Café de Santander se secó durante 1 h a 90 °C en estufa [44], con el fin de reducir la humedad de 10 a 4%. Posteriormente, se realizó la reducción de tamaño empleando un molino de cuchillas y malla para diámetro inferior a 2 mm.

Etapa 1.1: En esta etapa se llevó a cabo la extracción de la pulpa de café secada. La extracción se efectuó por el método sólido-líquido usando agua como solvente, volumen de 1 L, temperatura de 90°C [14] [45] relación sólido/solvente de 1:15 [14] y distribución de tamaño de partícula con diámetro inferior a 2 mm [46].

Se realizó el seguimiento a la cinética de extracción con el fin de determinar el mejor tiempo de extracción, los tiempos evaluados fueron 2, 5, 7 y 10 min [14] [45] [47]. Para seleccionar el mejor tiempo se tuvo en cuenta dos criterios: el análisis sensorial y la caracterización fisicoquímica de los extractos. La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba hedónica de escala verbal con un panel de 30 evaluadores (con acompañamiento del Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Nutrición). En cuanto a la caracterización fisicoquímica, se evaluó la cantidad de cafeína, teobromina, antioxidantes y polifenoles, a todas las muestras.

Etapa 1.2: En esta etapa se evaluó la influencia de la relación sólido/solvente y tamaño de partícula en la extracción [48]. Las relaciones sólido/solvente evaluadas fueron 1:6, 1:15 y 1:50 [14] [45] [46]; mientras que los tamaños de partícula se escogieron con base en la distribución de tamaño obtenido al tamizar la pulpa molida empleando mallas de la N° 12 a la N° 35. Como primer nivel se tomó toda la pulpa molida (< 2 mm), para el segundo nivel se eliminó la parte más fina (0,5 - 2 mm) y en el tercer nivel se tuvo en cuenta únicamente la parte más gruesa (1- 2 mm). Inicialmente, se evaluaron las nueve combinaciones posibles entre estos dos factores. La extracción se realizó mediante el método sólido-líquido empleando

agua como solvente, a temperatura de 90°C [14] [45], volumen de 1L y el tiempo de extracción obtenido en la etapa anterior.

En esta etapa se realizó un análisis sensorial, con un panel de 28 evaluadores, mediante una prueba hedónica de ordenamiento; en la cual se le asignó la posición 1 a la muestra preferida y la 3 a la menos preferida. Con esta prueba se redujo el número de muestras de nueve a tres, teniendo en cuenta las mejor evaluadas. Posteriormente, se realizó un nuevo análisis sensorial con las muestras preseleccionadas a un grupo de 15 evaluadores semientrenados, empleando la misma prueba.

Igualmente, se analizó el contenido de cafeína, teobromina, capacidad antioxidante y polifenoles. Con base en estos dos aspectos se establecieron las mejores condiciones para relación sólido/solvente y tamaño de partícula.

## **2.2 FASE 2: Clarificación del extracto obtenido por medio de filtración con filtro prensa.**

La etapa de clarificación se realizó por medio de filtro prensa, a una presión constante de 20 psi, con un volumen de extracto de 15L [49], utilizando Dril súper ocho como medio filtrante (5 placas de 0,04 m<sup>2</sup>) [50]. Se hizo seguimiento a la cinética de filtración mediante pruebas de turbidez y se estudió la resistencia de la torta y del medio filtrante. Al extracto filtrado se le midió el contenido de materia seca, cafeína, teobromina, antioxidantes y °Brix. Además, se realizó una prueba sensorial discriminativa tipo triangular con un panel de 30 evaluadores no entrenados, con el fin de determinar si se percibían diferencias en los extractos antes y después de la etapa.

### **2.3 FASE 3: Decoloración del extracto clarificado mediante membranas de ultrafiltración.**

En la última fase se procedió a decolorar el extracto previamente clarificado utilizando membranas de ultrafiltración, con el fin de obtener un producto con un contenido importante de cafeína con potencial aplicación en productos alimenticios.

En esta fase se trabajó a presión transmembrana constante de 20 psi [51], volumen de 10L, temperatura de 30 °C, operando en modo Batch con recirculación completa, durante un tiempo de 120 min. La variable a evaluar fue el umbral de corte, utilizando membranas de 1, 3, 5 y 8 kDa. Las pruebas se realizaron por duplicado y se determinó el contenido de cafeína, teobromina, materia seca, pH, °Brix, turbidez y color.

### **2.4 Métodos experimentales y de análisis.**

La clarificación con filtro prensa se realizó siguiendo el protocolo establecido en el manual de prácticas del Laboratorio de Procesos de la Escuela de Ingeniería Química/UIS. La decoloración con membranas de ultrafiltración se realizó empleando el piloto de membranas de 0,14 m de longitud (superficie membranaria 0,00307 m<sup>2</sup>), construido por el grupo CICTA/UIS, siguiendo el protocolo establecido por Cáceres & Mora [52].

El análisis sensorial se realizó en colaboración con la Escuela de Nutrición/UIS, las pruebas se desarrollaron según el protocolo preestablecido para este tipo de análisis, las muestras se sirvieron codificadas y en orden aleatorio, a temperatura ambiente, en relación sólido/solvente de 1/50, empleando agua entre muestra y muestra para lavado del paladar y teniendo en cuenta las buenas prácticas de cata.

Las pruebas de análisis fisicoquímico se llevaron a cabo en el CICTA/UIS, según protocolos preestablecidos. El contenido de cafeína y metilxantinas se determinó

usando cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) [53]. La capacidad antioxidante se determinó por el TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) usando el método ORAC (Capacidad de Absorción Radical de Oxígeno) y el método de polifenoles totales con reactivo Folin-Ciocalteu [14]. El color se determinó por espectrofotometría empleando un EspectFoto UV-VIS con lecturas a 600 nm (amarillo), Proteína (A.O.A.C 991.20), Grasa (A.O.A.C 2000), Ceniza (A.O.A.C 923.03), Materia seca (A.O.A.C 990.19), Acidez (A.O.A.C 940.28), °Brix empleando refractómetro y turbidez por turbidimetría. Las pruebas microbiológicas (*Coliformes Totales*, *Escherichia coli*, Mohos y Levaduras) las realizó el laboratorio de análisis de alimentos y aguas INOQUALAB, mediante la técnica de recuento en placa.

Comentado [TZR2]: Barrido.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Caracterización de la pulpa de café secada.

En la Tabla 1 se presenta el análisis bromatológico de la pulpa de café empleada en este trabajo y la reportada por diferentes autores. Se observa un contenido bastante similar en humedad, proteína cruda, fibra y carbohidratos entre las tres pulpas. El pH es ácido, igual que el reportado por Botero et al. [54]. En cuanto a los compuestos de mayor interés, el contenido de cafeína es 3 veces mayor al reportado por Bermúdez et al. [55] y 6,5 veces menor al reportado por Botero et al. [54]. El contenido de fenoles es muy similar al reportado por Botero et al. [54] y 66 veces mayor al reportado por Bermúdez et al. [55].

**Tabla 1.** Caracterización fisicoquímica de la pulpa de café secada empleada en el presente trabajo y por diferentes autores. \*Desviación media.

Componente	Autores	Botero et al. [54]	Bermúdez et al. [55]
Humedad (%)	10,7 ± 0,04	11,6 ± 1,08	13,01
Proteína cruda (%) (bs)	9,62 ± 0,03	14,83 ± 0,33	11,16
Grasa (%) (bs)	2,65 ± 0,12	1,74 ± 0,15	7,98
Cenizas (%) (bs)	7,705 ± 0,04	0,34 ± 0,07	7,97
Fibra (%) (bs)	13,59 ± 0,13	17,95 ± 0,13	14,65
Carbohidratos totales (%) (bs)	69,325	63,27 ± 0,17	58,24
pH	4,22	3,92 ± 0,02	-----
Cafeína	6,296	41,46 ± 0,02	2,00
Fenólicos totales (mg / g)	25,14	32,82 ± 0,76	0,38
Capacidad antioxidante (µmol ET/g)	757	6762,55 ± 0,03*	153 - 274**
Mohos y levaduras (UFC)	< 10	-----	-----
Coliformes totales y <i>E.Coli</i>	< 3	-----	-----

\*[56] \*\*[14].

Estas diferencias se deben principalmente a la variedad de café, la localidad y las diferentes prácticas agrícolas [10] [14]. En cuanto a la capacidad antioxidante, se

observa la misma variabilidad en los resultados, siendo 9 veces menor a la reportada por Meza et al. [56] y de 3 a 5 veces mayor a la reportada por [14]. En cuanto a las pruebas microbiológicas realizadas, no se detectó presencia de microorganismos que representen riesgo para la salud humana.

### 3.2 Influencia del tiempo de extracción en la percepción sensorial, contenido de polifenoles, metilxantinas y capacidad antioxidante, en extractos de pulpa de café.

Se realizó el análisis sensorial de los cuatro extractos obtenidos a temperatura de 90°C, relación sólido/solvente 1/15 y diferentes tiempos (2,5, 7 y 10 min), mediante una prueba hedónica con un panel de 28 catadores. Según los resultados obtenidos (Tabla 2), se observa que la dispersión de las puntuaciones asignadas por los panelistas a cada uno de los extractos es amplia en todos los casos. Este comportamiento se atribuye a que la prueba realizada es de tipo afectiva, por lo cual las valoraciones son dependientes de los gustos y preferencias de cada uno de los evaluadores [39]. No obstante, a pesar de la variabilidad, estas pruebas permiten conocer el grado de aceptación de un producto [42] [43] y con base en ello establecer cuáles podrían ser las mejores condiciones de extracción.

**Tabla 2.** Puntuación de la evaluación sensorial de los extractos de pulpa de café obtenidos a 90°C, relación sólido/solvente de 1/15 y diferentes tiempos de extracción.

Puntuación*	Tiempo de extracción			
	2 min	5 min	7 min	10 min
	5,7 ± 1,5 <sup>a</sup>	4,9 ± 1,5 <sup>ab</sup>	5,6 ± 1,5 <sup>a</sup>	4,6 ± 1,9 <sup>b</sup>

\* Los datos de los panelistas representan la media ± SD (n = 30), y se basan en una escala hedónica con 9 como me gusta muchísimo y 1 como me disgusta muchísimo. Los valores que tienen superíndice diferente, presentan diferencia estadística con un valor-p<0,05, según lo medido por la prueba de Tukey HSD.

Con base en estas puntuaciones se realizó un análisis ANOVA y se estableció que el tiempo de extracción es una variable influyente en la percepción sensorial de los

panelistas (valor-p = 0,036, a un nivel de confianza del 95%). Mediante la prueba de Tukey HSD se identificó que la muestra de 10 min tuvo valoración diferente a la de 2 y 7 min, mientras que la muestra de 5 min posee una puntuación intermedia, que la hace igual a las muestras de 2, 7 y 10 min. Los extractos de 2 y 7 min son los que presentan una media más alta y en términos de porcentaje obtuvieron 57% de valoraciones positivas en ambos casos, mientras que para las muestras de 5 y 10 min estos porcentajes fueron, 30 y 38%, respectivamente. En términos de la escala sensorial evaluada, las apreciaciones en promedio se encuentran entre me disgusta ligeramente y me gusta moderadamente, esto se atribuye en parte, a la poca costumbre en el consumo de este tipo de bebidas bajo las condiciones en que fueron evaluadas (sin endulzantes y a temperatura ambiente).

Comentado [TZR3]: Agregado.

En la Tabla 3 se presenta el contenido de polifenoles, metilxantinas (cafeína y teobromina) y capacidad antioxidante de los cuatro extractos obtenidos. Aunque los valores se encuentran cercanos en orden de magnitud, existen diferencias en el rango de resultados, pudiéndose apreciar el incremento de los contenidos y capacidades con el tiempo de extracción.

**Tabla 3.** Contenido de polifenoles, metilxantinas (cafeína y teobromina) y capacidad antioxidante de los extractos de pulpa de café obtenidos a 90°C, relación sólido/solvente de 1/15 y diferentes tiempos de extracción. \*Desviación media.

	Tiempo de extracción			
	2 min	5 min	7 min	10 min
<b>Polifenoles [mg EAG/ mL]</b>	1,273 ± 0,087 <sup>a</sup>	1,288 ± 0,054 <sup>a</sup>	1,456 ± 0,070 <sup>b</sup>	1,507 ± 0,050 <sup>b</sup>
<b>Cafeína [mg/mL]</b>	0,460 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,495 ± 0,010 <sup>b</sup>	0,502 ± 0,001 <sup>b</sup>	0,516 ± 0,026 <sup>b</sup>
<b>Teobromina [mg/mL]</b>	0,197 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,197 ± 0,006 <sup>a</sup>	0,214 ± 0,012 <sup>b</sup>	0,209 ± 0,001 <sup>b</sup>
<b>Capacidad antioxidante [µmol ET/ mL]</b>	21,55 ± 0,61 <sup>a</sup>	22,31 ± 1,86 <sup>ab</sup>	22,73 ± 3,67 <sup>ab</sup>	26,80 ± 3,70 <sup>b</sup>

\* Los valores que se encuentran dentro de la misma fila y tienen superíndice diferente, indican diferencia en el rango de resultados.

En el análisis sensorial, los extractos obtenidos a tiempos de 2 y 7 min presentaron las mejores puntuaciones. En cuanto al análisis fisicoquímico, se observa que el extracto de 7 min contiene 9% más de cafeína y 8% más de teobromina con respecto al de 2 min. De igual manera, la concentración de polifenoles es 1,4 veces mayor para el tiempo de 7 min. Por otra parte, en la capacidad antioxidante no se aprecia diferencia. Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas tanto sensoriales como fisicoquímicas, se estableció como tiempo de extracción 7 min, ya que presenta las mejores características.

El extracto obtenido con 7 min de extracción contiene entre 10 y 50% menos de cafeína que una taza de café, dependiendo de la variedad de éste y el método de extracción [57] [58] [59]. El contenido de cafeína en el extracto de cáscara es equivalente al encontrado en una taza de té verde [58] y 2,28 veces mayor que el reportado para una taza de té negro [60]. Comparado con bebidas energizantes como el Red Bull®, el contenido de cafeína en el extracto es 56% más alto [57] [61].

Los extractos obtenidos también se caracterizan por su alto contenido de antioxidantes, el valor determinado en este trabajo es 1,5 veces mayor que el reportado por Hegger et al. [14] para extractos de cáscara de café obtenidos en condiciones similares. En cuanto al contenido de polifenoles, el resultado obtenido es 2,4 veces mayor que el reportado por Hegger et al. [14] y 1,25 veces mayor que el contenido reportado para el vino. En relación al té verde y el té negro el resultado obtenido en el extracto es en promedio 7% mayor.

### **3.3 Efecto del tamaño de partícula y la relación sólido/solvente en la percepción sensorial, obtención de polifenoles, metilxantinas y capacidad antioxidante de los extractos de pulpa de café.**

Con base en un análisis preliminar de la distribución de tamaño de partícula de la pulpa de café secada y molido (Tabla 4), se establecieron tres rangos de interés: 1)  $D < 2$  mm, en el cual se incluye la totalidad de la pulpa; 2)  $0,5 < D < 2$  mm, en este

caso se elimina el material más fino y el cual representa el 17,61 % de la pulpa; y 3)  $1 < D < 2$  mm, en este caso se tiene en cuenta únicamente el material más grueso, que representa el 39 % de la pulpa.

**Tabla 4.** Distribución de tamaño de partícula de la pulpa de café secada y molida.

<b>Malla</b>	<b>Diámetro [mm]</b>	<b>% retenido</b>
<b>12</b>	1,7	11,13
<b>14</b>	1,4	13,44
<b>16</b>	1,18	14,42
<b>18</b>	1	18,38
<b>20</b>	0,85	11,80
<b>35</b>	0,5	13,21
<b>Fondos</b>	-----	17,61

Se realizó el análisis sensorial de los 9 extractos obtenidos al variar la relación sólido/solvente y el tamaño de partícula de la pulpa empleada mediante una prueba hedónica de ordenamiento (se clasifican las muestras según el orden de preferencia, siendo la número 1 la preferida). Los resultados obtenidos, que se presentan en la Tabla 5, fueron analizados estadísticamente a partir de la prueba de Kramer, a un nivel de confianza del 95%, encontrándose que no hay diferencia estadísticamente significativa entre ninguna de las muestras. No obstante, este tipo de pruebas (sensoriales) permiten conocer hacia donde se dirigen las preferencias de los panelistas [40], y con base en esto, seleccionar las mejores condiciones de extracción.

Para fines investigativos se escogieron las tres muestras con mayor cantidad de juicios positivos: 1) relación sólido/solvente 1/6 y tamaño de partícula  $< 2$ mm; 2) relación sólido/solvente 1/15 y tamaño de partícula entre 0,5 mm y 2 mm; y 3) relación sólido/solvente 1/50 y tamaño de partícula entre 1 mm y 2 mm.

**Tabla 5.** Evaluación sensorial de los extractos de pulpa de café obtenidos a 90°C y tiempo de extracción de 7min, variando la relación sólido/solvente y tamaño de partícula.

Relación sólido/solvente	Tamaño de partícula	Cantidad de juicios por orden de preferencia*		
		1	2	3
1/6	D < 2 mm	11	12	5
1/6	0,5 < D < 2 mm	8	5	15
1/6	1 < D < 2 mm	9	11	8
1/15	D < 2 mm	5	11	12
1/15	0,5 < D < 2 mm	11	11	6
1/15	1 < D < 2 mm	12	6	10
1/50	D < 2 mm	8	8	12
1/50	0,5 < D < 2 mm	9	8	11
1/50	1 < D < 2 mm	11	12	5

\* Los datos de los panelistas (n = 28), se basan en una prueba hedónica de ordenamiento en la cual se asigna la posición 1 a la muestra preferida y 3 a la menos preferida.

En la Tabla 6 se presenta el resumen de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial de los extractos preseleccionados (realizado por duplicado); dado que el número de panelistas es reducido (n=15) no se realizó prueba estadística. De esta tabla se observa que, al igual que en las pruebas anteriores hay gran variabilidad en los resultados, esto debido a las características de este tipo de pruebas y al número reducido de evaluadores [40].

**Tabla 6.** Resultados de la evaluación sensorial de los extractos de pulpa de café preseleccionados en la prueba anterior, obtenidos a 90°C y tiempo de extracción de 7min, variando la relación sólido/solvente y tamaño de partícula.

Relación sólido/solvente	Tamaño de partícula	Cantidad de juicios por orden de preferencia*					
		Original			Duplicado		
		1	2	3	1	2	3
1/6	D < 2mm	3	5	7	6	7	2
1/15	0,5 mm < D < 2mm	6	4	5	7	4	4
1/50	1 mm < D < 2mm	6	6	3	2	4	9

\* Los datos de los panelistas (n = 15), se basan en una prueba hedónica de ordenamiento en la cual se asigna la posición 1 a la muestra preferida y 3 a la menos preferida.

Sin embargo, la muestra de relación sólido/solvente 1/15 y tamaño de partícula entre 0,5 mm y 2 mm fue la que obtuvo mayor cantidad de juicios positivos, presentando además mayor reproducibilidad que las otras dos muestras; este hecho puede deberse a que esta muestra es la que contiene características intermedias tanto en cantidad de solvente empleado como en tamaño de partícula.

En la Tabla 7 se presenta el contenido de polifenoles, metilxantinas (cafeína y teobromina) y capacidad antioxidante de los extractos obtenidos, donde se evidencia que existen diferencias en cada una de las muestras evaluadas. Para tamaños de partícula bajos y relación sólido/solvente alta (muestra A), se observa que aunque la concentración es mayor, la extracción de estos compuestos es menos eficiente, ya que se obtiene menor cantidad de los mismos por gramo de cáscara empleado.

**Tabla 7.** Resultados del contenido de polifenoles, metilxantinas y capacidad antioxidante de los extractos variando el tamaño de partícula ( $D < 2\text{mm}$ ,  $0,5\text{ mm} < D < 2\text{mm}$ ,  $1\text{ mm} < D < 2\text{mm}$ ) y la relación sólido/solvente (1/6, 1/15, 1/50), usando un tiempo de extracción de 7 min a una temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$ . \*Desviación media.

	Muestra*		
	A	B	C
<b>Polifenoles [mg EAG/mL de muestra]</b>	4,232 ± 0,905 <sup>a</sup>	2,444 ± 0,009 <sup>b</sup>	0,959 ± 0,014 <sup>c</sup>
<b>Polifenoles [mg EAG/ g]</b>	25,389 ± 5,434 <sup>a</sup>	36,667 ± 0,135 <sup>b</sup>	47,929 ± 0,739 <sup>c</sup>
<b>Cafeína [mg/g de muestra]</b>	5,037 ± 0,008 <sup>a</sup>	8,483 ± 1,445 <sup>b</sup>	15,478 ± 0,148 <sup>c</sup>
<b>Cafeína [mg/mL]</b>	0,840 ± 0,001 <sup>a</sup>	0,566 ± 0,09 <sup>b</sup>	0,310 ± 0,002 <sup>c</sup>
<b>Teobromina [mg/g de muestra]</b>	2,144 ± 0,012 <sup>a</sup>	3,490 ± 0,666 <sup>b</sup>	6,176 ± 0,059 <sup>c</sup>
<b>Teobromina [mg/mL]</b>	0,357 ± 0,002 <sup>a</sup>	0,233 ± 0,044 <sup>b</sup>	0,124 ± 0,001 <sup>c</sup>
<b>Capacidad antioxidante [μmol ET/g de muestra]</b>	313,52 ± 20,66 <sup>a</sup>	398,39 ± 36,70 <sup>b</sup>	497,74 ± 50,42 <sup>c</sup>
<b>Capacidad antioxidante [μmol ET/mL]</b>	52,25 ± 3,44 <sup>a</sup>	26,56 ± 2,45 <sup>b</sup>	9,95 ± 1,01 <sup>c</sup>

\*La muestra A corresponde a  $D < 2\text{mm}$  y relación sólido/solvente 1/6; la muestra B a  $0,5\text{ mm} < D < 2\text{mm}$  y relación sólido/solvente 1/15; y la muestra C a  $1\text{ mm} < D < 2\text{mm}$  y relación sólido/solvente de 1/50. Los valores que se encuentran dentro de la misma fila y tienen superíndice diferente, indican que el valor obtenido es diferente según el rango de resultados.

Esto puede ser resultado de una aglomeración de partículas finas, que disminuye la transferencia de masa de los compuestos [62]. Adicionalmente, el bajo volumen de solvente genera una rápida saturación y disminuye el gradiente de concentración limitando el flujo de compuestos hacia la solución [63]. Para tamaños de partículas grandes y relaciones sólido/solvente bajas ( $1 \text{ mm} < D < 2 \text{ mm}$ ,  $1/50$ ), obtenemos altas eficiencias, ya que no presenta los problemas mencionados anteriormente. Sin embargo, las concentraciones de los compuestos de interés en la solución son más bajas en comparación a las demás muestras, debido al gran volumen de solvente utilizado.

Teniendo en cuenta los resultados de análisis sensorial y las pruebas fisicoquímicas, se escogió la muestra B (relación sólido/solvente  $1/15$  y tamaño de partícula de entre  $0,5$  y  $2 \text{ mm}$ ), ya que además de ser la mejor valorada por los panelistas presenta un equilibrio entre eficiencia en la extracción de los compuestos de interés y concentración en la solución resultante.

### **3.4 Caracterización del residuo final.**

Se realizó un análisis bromatológico y fisicoquímico al residuo resultante del proceso de extracción, con el fin de conocer su composición y posibilidades de usos futuros. El residuo contiene  $78,93 \%$  de humedad,  $3,22\%$  de proteína,  $0,95\%$  de grasa,  $3,21 \%$  de fibra y  $1,11 \%$  de cenizas. Existe gran cantidad de estudios enfocados en el uso de la pulpa de café para alimentación animal [64] [65] [66] [67]. Algunos estudios han evaluado su utilización para alimentación de cerdos [67] [68] [69] llegando a la conclusión de que en proporciones adecuadas contribuye al aumento de peso de estos animales. Sin embargo, se reporta como limitante el alto contenido de cafeína en la pulpa, debido a la gran variedad de efectos adversos que generan en los animales [7] [70] [71]. Aunque el volumen de la pulpa de café que se puede suministrar en mezclas depende de la especie y edad del animal [72], estudios realizados por Ferrer et al. [70] señalan valores de  $0,85\%$  de cafeína en pulpa fresca

en formulados, mientras que Cabezas et al. [22] recomiendan emplear pulpa con niveles de cafeína inferiores al 0,12%, para alimentación de rumiantes. Según la caracterización del residuo, después del proceso de extracción el contenido de cafeína se redujo a 0,11 %, por tanto, esta disminución representa una ventaja para el aprovechamiento de la pulpa en alimentación animal en la región, teniendo en cuenta que según el último censo reportado por el ICA [73], en Santander hay 2806 granjas porcinas y 35781 granjas con bovinos.

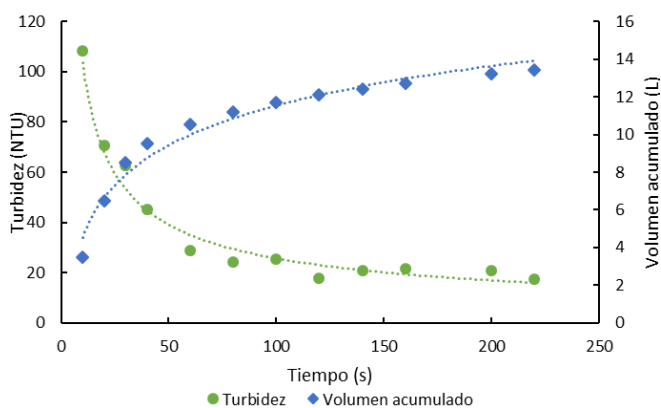
### **3.5 Estudio del proceso de clarificación de los extractos de pulpa de café mediante filtro prensa y su influencia en la percepción sensorial, contenido de polifenoles, metilxantinas y capacidad antioxidante.**

Después de establecer las condiciones para el proceso de extracción, se realizó el proceso de clarificación de los extractos de cáscara empleando filtro prensa.

En la Figura 4, se presenta la variación del volumen y la turbidez en el tiempo durante el proceso de clarificación empleando filtro prensa. Se observa que durante los primeros 60 s el volumen aumenta considerablemente (70,3 % del volumen filtrado) y después de este tiempo tiende a estabilizarse, presentando una permeabilidad de 3165 L/m<sup>2</sup>h. Este comportamiento es típico en los procesos de filtración a presión constante debido a la formación de una capa (torta) de partículas sólidas sobre la superficie del medio filtrante que va aumentando de espesor con el tiempo causando una disminución en la velocidad de filtración [74].

Los resultados evidencian una rápida filtración de la solución, debido a una muy baja resistencia de la torta formada, lo que imposibilita el cálculo mediante la ecuación para procesos de filtración [75].

**Figura 4.** Variación de la turbidez y el volumen en el tiempo durante el proceso de clarificación empleando filtro prensa a temperatura ambiente y P = 20 psi.



Con el fin de determinar si el proceso de clarificación con filtro prensa afectaba las características sensoriales de los extractos, se realizó un análisis sensorial mediante una prueba discriminativa tipo triangular con un grupo de 30 personas. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8. El análisis estadístico de los resultados obtenidos en la prueba de evaluación sensorial se realizó mediante una prueba Chi cuadrada ajustada para un nivel de confianza del 95% [39], mediante la cual se estableció que no existe diferencia estadísticamente significativa en la percepción sensorial en cuanto al sabor de los extractos. Por tanto, se infiere que este proceso no afecta la calidad sensorial de los extractos.

**Tabla 8.** Resultados de la evaluación sensorial de discriminación de los extractos de pulpa de café clarificados y sin clarificar.

Código	Muestra	Número de veces que la muestra fue seleccionada como diferente
0630	Extracto no clarificado	8
7813	Extracto no clarificado	10
2543	Extracto clarificado	12

En la Tabla 9 se presentan los resultados de la caracterización del extracto antes y después del proceso de filtración. En ella se observa que se logró una reducción en la turbidez del 96,5%, lo cual representa una alta eficiencia comparado con procesos como el realizado por Goyes [76] con jarabe de glucosa, donde se alcanzó un rendimiento del 85%. Por otra parte, no se observan variaciones considerables en parámetros como la densidad, °Brix, % de materia seca y pH.

En cuanto a los compuestos de interés, no se observa un cambio considerable en la cantidad de metilxantinas (cafeína y teobromina), sin embargo, la capacidad antioxidante y la cantidad de polifenoles se reducen considerablemente. Esto puede ser consecuencia, a factores medioambientales como la luz y el grado de conservación del extracto [77].

**Tabla 9.** Caracterización de los extractos de pulpa de café antes y después de la filtración con filtro prensa empleando como medio filtrante Dril súper ocho, P = 20 psi y T = 27 °C. \*Desviación media.

Parámetro	Extracto inicial	Extracto filtrado
°Brix	0,9 ± 0,10	0,7 ± 0,10
pH	4,30 ± 0,02	4,22 ± 0,01
% Materia seca	2,06 ± 0,13	2,05 ± 0,09
Densidad [g/mL]	1,021 ± 0,001	0,994 ± 0,001
Turbidez [NTU]	505 ± 0,51	17,80 ± 0,40
Cafeína [mg/mL]	0,57 ± 0,09	0,62 ± 0,02
Teobromina [mg/mL]	0,23 ± 0,04	0,15 ± 0,01
Polifenoles [mg EAG/mL]	36,667 ± 0,135	1,330 ± 0,03
Capacidad antioxidante [µmol ET/ mL]	26,56 ± 2,45	14,06 ± 1,45

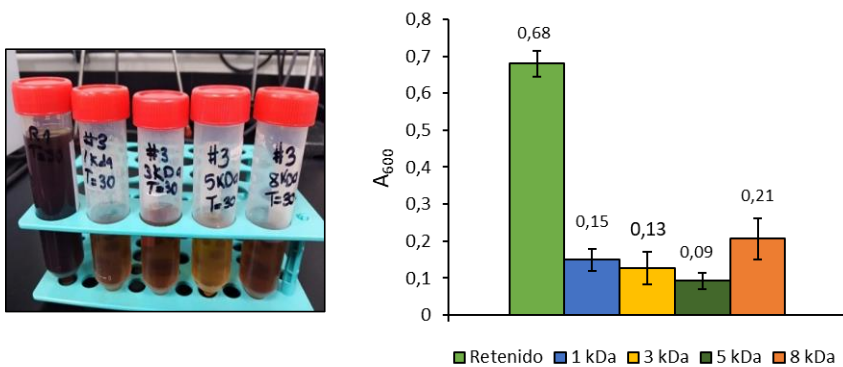
Al extracto clarificado se le realizó un análisis bromatológico y se obtuvo un 97,95% de humedad, 0,17% de proteína, 0,392% de cenizas y 9,97% de acidez. En cuanto al %grasa y %fibra están por debajo del límite de detección. Como se puede observar, los sólidos solubles son bajos, aunque el contenido de acidez es alto, debido a la presencia de ácidos fenólicos contenidos en la pulpa como ácidos

clorogénicos, epicatequina y otros [1] [78], también responsables de la capacidad antioxidante del extracto [79] [80].

### 3.6 Influencia del umbral de corte en el proceso de decoloración-clarificación de extractos de pulpa de café secada.

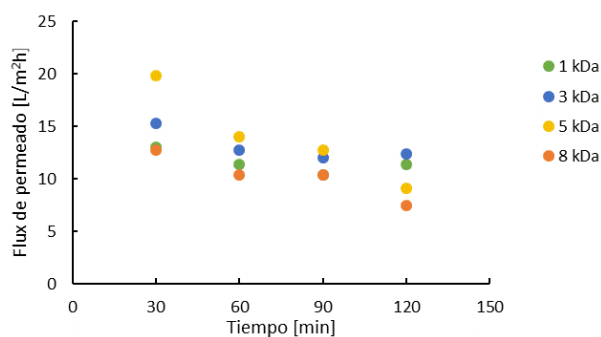
En la Figura 5 se muestra el aspecto de los extractos obtenidos mediante filtración con membranas de 1, 3, 5 y 8 kDa y el extracto sin filtrar. En la Figura 5a se observa que el extracto filtrado con membranas es menos turbio que el retenido y que se logró reducir el color de los extractos en los cuatro casos. En la Figura 5b se comprueba mediante absorbancia a 600 nm que para los extractos filtrados el color disminuyó entre 3,3 y 7,4 veces respecto al extracto inicial. A las condiciones evaluadas, el umbral de corte no tuvo una diferencia significativa en el color de los extractos obtenidos, ya que todas las mediciones se encuentran en el mismo rango de valores.

**Figura 5.** a) Variación del color, b) Absorbancia a 600 nm de los extractos de pulpa de café filtrados con membranas de diferentes umbrales de corte (1, 3, 5 y 8 kDa) a 30 °C,  $\Delta$ PTM 20 psi,  $Re = 68780$  y  $Q_{ALIMENTACIÓN} = 0,25$  L/s. \*Desviación estándar.



En la Figura 6 se muestra el comportamiento del flux de permeado para los distintos umbrales de corte evaluados. Se observa que para las membranas de 1 y 3 kDa la permeabilidad se estabiliza pasada 1 h de filtración, mientras que para las membranas de 5 y 8 kDa continúa disminuyendo hasta las 2 h de filtración. Este comportamiento se atribuye al ensuciamiento de las membranas (formación de depósitos, adsorción), al trabajar bajo presión y en caliente [81] [82]. En muchos casos en los que se han empleado membranas de microfiltración [52] [83] la permeabilidad aumenta con el umbral de corte, sin embargo, en este estudio no se observa una relación entre el umbral de corte evaluado y el flux de permeado. Este hecho se atribuye a la cercanía en el umbral de corte de las cuatro membranas evaluadas, que en la realidad están compuestas de poros de distintos tamaños siguiendo una distribución Gaussiana; lo que genera para este caso que las membranas compartan tamaños de poro similares (el umbral de corte que se reporta en una membrana es el que asegura una retención del 90-95% de una partícula esférica con este tamaño) [84].

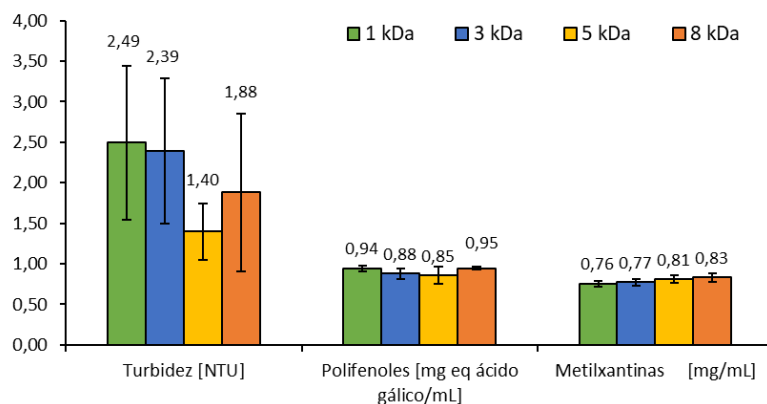
**Figura 6.** Variación del flux de permeado en el tiempo para umbrales de corte de 1, 3, 5 y 8 kDa a 30 °C,  $\Delta$ PTM 20 psi, Re = 68780 y  $Q_{ALIMENTACIÓN} = 0,25$  L/s.



En la Figura 7 se presenta la turbidez promedio, el contenido de polifenoles y metilxantinas de los extractos filtrados. Al igual que con el flux de permeado, no se

observa diferencia en el contenido de polifenoles y metilxantinas de los extractos decolorados. Esto se atribuye a la cercanía en el umbral de corte de las cuatro membranas evaluadas [84] y a que las membranas están reteniendo compuestos de similar tamaño molecular [83], ya que en el proceso de ultrafiltración la separación es función del tamaño de las moléculas implicadas [85]. En cuanto a la turbidez se observa una mayor desviación en los resultados, debido a los bajos valores obtenidos para este parámetro.

**Figura 7.** Variación de la turbidez, contenido de polifenoles y metilxantinas en los extractos decolorados mediante membranas de ultrafiltración con umbral de corte de 1, 3, 5 y 8 kDa a 30 °C,  $\Delta PTM$  20 psi,  $Re = 68780$  y  $Q_{ALIMENTACIÓN} = 0,25$  L/s. \*Desviación estándar.



Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cuanto a la reducción de color, el contenido de compuestos de interés y el flux de permeado, la membrana de 3 kDa representa la mejor opción, ya que presenta mayor productividad que las otras membranas evaluadas (permeabilidad promedio de 13,1 L/m<sup>2</sup>h).

En la Tabla 10 se comparan diferentes parámetros de interés del extracto de pulpa de café antes de la decoloración y después de la decoloración empleando

membranas de ultrafiltración (3 kDa). En cuanto al porcentaje de materia seca, se obtuvo una reducción del 14,7 %, la absorbancia 600 nm (amarillo) disminuye en promedio 81 % respecto al extracto no filtrado, mientras que la reducción de la turbidez supera el 85 %. Este comportamiento es de esperarse, ya que este tipo de membranas se emplean para procesos de clarificación y decoloración de diferentes productos como jugos de frutas [86], lactosuero [52], hidrolizados de almidón de yuca [87], entre otros. En cuanto a los compuestos de interés, el contenido de metilxantinas (cafeína y teobromina) se mantiene en el mismo rango de valores. Mientras que el contenido de polifenoles disminuyó (un 32 %), como ocurrió durante la clarificación con filtro prensa; esto puede ser consecuencia de factores medioambientales como la luz o el grado de conservación del extracto [77].

**Tabla 10.** Comparación de las características fisicoquímicas del extracto decolorado mediante membranas de ultrafiltración (3 kDa) y el extracto retenido.

Parámetro	Extracto retenido	Extracto filtrado
Materia seca [%]	2,05 ± 0,09	1,82 ± 0,07
PH	4,21 ± 0,00	4,27 ± 0,03
Turbidez	17,80 ± 0,40	2,04 ± 0,51
°Brix	0,7 ± 0,10	0,68 ± 0,11
Absorbancia a 600 nm	0,68 ± 0,03	0,13 ± 0,04
Polifenoles [mg eq ácido gálico/mL]	1,33 ± 0,03	0,91 ± 0,04
Metilxantinas [mg/mL]	0,77 ± 0,02	0,79 ± 0,03

\* Valores promedio en el tiempo de filtración, desviación estándar (n=4)

El proceso de decoloración de extractos de pulpa de café mediante membranas de ultrafiltración, se comparó con otra técnica muy empleada en la industria de alimentos que es el carbón activado. Mediante esta técnica se logró un extracto incoloro que presenta una absorbancia en promedio 95 % menor al extracto original. Sin embargo, se observó que en el proceso de decoloración mediante carbón activado la pérdida de los compuestos de interés (metilxantinas y polifenoles) fue casi del 100%; indicando que la decoloración con carbón activado no es una buena alternativa para este tipo de extractos.

Por otra parte, mediante la decoloración con membranas de ultrafiltración se obtiene un extracto clarificado y decolorado, que conserva el contenido de metilxantinas y por ende su potencial para ser empleado en productos como gaseosas, gomas, suplementos de pérdida de peso, bebidas energizantes y analgésicos [31] [32] [33].

#### 4. CONCLUSIONES

Se definieron las mejores condiciones de extracción utilizando una relación sólido/solvente 1/15, tamaño de partícula entre 0,5 y 2 mm y tiempo de 7 min, para lograr un contenido importante de metilxantinas (cafeína y teobromina), polifenoles y capacidad antioxidante. Las pruebas de análisis sensorial, mostraron una alta variabilidad debido a la dependencia de los gustos y preferencias de cada uno de los evaluadores (no entrenados). Sin embargo, estas pruebas permitieron conocer el grado de aceptación del extracto, ubicado en me gusta moderadamente.

Se evaluó la clarificación con filtro prensa de extractos de pulpa de café secada, lográndose una reducción significativa en la turbidez de los extractos (>95%), sin alterar ni lo sensorial, ni el contenido de compuestos de interés como las metilxantinas (cafeína y teobromina). La etapa tuvo una capacidad de filtración de 3165 L/m<sup>2</sup>h, asegurando la base para la futura obtención de pulverizados y concentrados con potencial aplicación como productos alimenticios.

Se evaluó el uso membranas de ultrafiltración para la decoloración de los extractos de pulpa de café variando el umbral de corte, y se encontró que todas las membranas evaluadas tuvieron la capacidad de reducir el color (reducción de 81% en la absorbancia a 600nm). Sin embargo, la membrana de 3 kDa representa la mejor opción, ya que mostró la mayor permeabilidad (13,1 L/m<sup>2</sup>h). Además, no se presentó retención de compuestos de interés como la cafeína, logrando así un extracto con mejores características para un posible uso como aditivo en la industria de alimentos.

## **5. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Analizar la influencia de la temperatura en la extracción y tostión de la pulpa, variable que no se tuvo en cuenta en este estudio, ya que esta podría incidir en las percepciones sensoriales y características fisicoquímicas de los extractos.

Considerar modificaciones en el protocolo de evaluación sensorial, con el fin de adecuarlas al entorno cultural. En cuanto a la temperatura de las muestras que sean servidas en caliente, y la posibilidad de agregar endulzantes a los extractos.

Estudiar la viabilidad de emplear el residuo resultante del proceso de extracción para alimentación animal en las granjas porcinas y con ganado bovino de Santander.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MURTHY, Pushpa y NAIDU, Madhava. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition-A review. *Resources, Conservation and Recycling* 66, 2012. p. 45-58.
- [2] RODRÍGUEZ V.; ZAMBRANO, F. y RAMÍREZ G. Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café. In: *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. Chinchiná: FNC: CENICAFÉ, 2013. 3 vols.
- [3] HADDIS, A. y DEVI, R. Effect of effluent generated from coffee processing plant on the water bodies and human health in its vicinity. *Journal of Hazardous Materials*, 152(1), 259–262. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.06.094>.
- [4] SOLANO, Jorge y VALENCIA, C. Implementación De Infraestructura Para El Beneficio Húmedo Y Seco Del Café a Pequeños Caficultores De La Vereda Las Yescas, Municipio De Sotará, Departamento Del, 1–86. 2014. Retrieved from <http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2709/1/10535246.pdf>.
- [5] MARTINEZ-SAEZ, N., *et al.* A novel antioxidant beverage for body weight control based on coffee silverskin. *Food Chemistry*, 150, 2014. p. 227–234. Tomado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.100>.
- [6] MURTHY, P.y NAIDU, M. Proteases Production by *Aspergillus oryzae* in Solid State Fermentation Utilizing Coffee By Products.pdf. *Worrd Applied Sciences Journal*. 2010.
- [7] BRESSANI, E. y BRAHAM, R. Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. Instituto de Nutrición Centro América y Panamá, INCAP. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID. International Development Research Centre. 1978. ISBN: 0-88936-172-X.

- [8] SALAZAR, A., *et al.* Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Trop*, 26(4), 2008. p. 411–419.
- [9] RODRÍGUEZ, V., QUINTERO, Y. y L. V. Índice de calidad ambiental en el proceso de beneficio húmedo del café. *Disciplina Gestión de Recursos Naturales y Conservación*. 2015. p. 2
- [10] ELIAS, Luiz. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP. 1978. En: BRESSANI, E. y BRAHAM, R. Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. Instituto de Nutrición Centro América y Panamá, INCAP. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID. International Development Research Centre. 1978. ISBN: 0-88936-172-X.
- [11] RODRÍGUEZ, N. y ZAMBRANO, D. Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *Avances Técnicos Cenicafé*, (3), 8. 2010. Recuperado en: <https://doi.org/ISSN-0120-0178>.
- [12] PANDEY, A., *et al.* Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*. 2000. Tomado de: [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(00\)00084-X](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(00)00084-X)
- [13] PERRONE, D.; FARAH, A. y DONANGELO, M. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(17), 4265–4275. 2012. Tomado de: <https://doi.org/10.1021/jf205388x>.
- [14] HEEGER, A., *et al.* Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. *Food Chemistry*, 221, 2017. p. 969–975. Tomado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>.
- [15] RODRÍGUEZ, N. Producción de bioetanol a partir de la pulpa y el mucílago del café. In: Informe anual de actividades 2006-2007. Chinchiná, (Colombia), Cenicafé. *Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental*, p. 78.

- [16] RODRÍGUEZ, Erika y CÁRDENAS, Victor. Evaluación de la producción de bioetanol a partir de la degradación de la pulpa de café. Trabajo de grado en ingeniería ambiental y sanitaria. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de Ingeniería ambiental y sanitaria. 2009.
- [17] NAVIA, D.; VELAZCO, R. y HOYOS, J. Production and evaluation of ethanol from coffee processing by-products. *Vitae*, 18(4), 2011. p. 287–294. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012140042011000300007&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012140042011000300007&lng=en&tlng=en).
- [18] MORENO, Nidia y ROMERO, Ariel. Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras. Trabajo de magister en desarrollo sostenible y medio ambiente. Manizales: Universidad de Manizales. Facultad de ciencias contables económicas y administrativas. 2016.
- [19] SOLLMAN. T. Manual of pharmacology. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1957.
- [20] VARGAS, E. Valor nutritivo de la pulpa de café. Tesis (Magister Scientifcae) - Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia INCAP/CESNA. Guatemala, 1974. p. 67.
- [21] BRESSANI, R. y G., Elías. Utilización de desechos de café en alimentación de animales y materia prima industrial. Trabajo presentado en la reunión de Exposición Pecuaria del Istmo Centroamericano (EXPICA 76) San Salvador, El Salvador 3-8 mayo, 1976. Guatemala, INCAP, 1976. p. 25.
- [22] CABEZAS, T., *et al.* Pulpa y pergamino de café. XII. Efecto del almacenamiento sobre el valor nutritivo de la pulpa de café para terneros A:rch. Latinoamer. Nutr. 26, 1977. p. 203-215.

[23] PINTO, R., *et al.* Sustitución de melaza por mucílago de café (*Coffea arabica* L.) en bloques nutricionales para rumiantes. *Archivos de Zootecnia*, 63(241), 2014. p. 65–71. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922014000100007>.

[24] DÍAZ, A. PULPA DE CAFÉ: *Coffea arabica* L: COMO FUENTE ALTERNATIVA DE ANTIOXIDANTES, 15–16, 2011. pp 22. Tomado de: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL\\_Días\\_Curay\\_Alejandra\\_Tatiana\\_1064344.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL_Días_Curay_Alejandra_Tatiana_1064344.pdf).

[25] RAMÍREZ, Andres; LOPEZ, Juan y JARAMILLO, Carlos. Proceso para la obtención de miel y/o harina de café a partir de la pulpa o cascara y el mucílago del granodecafé.2013.Recuperadode:<https://www.google.com/patents/WO2013088203A1?cl=es>.

[26] CUEVAS GARCIA, R. Optimización y factibilidad económica del proceso de descafeinización de la pulpa de café. Tesis (Magíster Scientifcae). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/Universidad de San Carlos de Guatemala - INCAP/ CESNA, Guatemala.1976.

[27] HERAS, I.; ALVIS, A. y ARRAZOLA, G. Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (*Solana melonera* L.). *Informacion Tecnologica*, 24(5), 2013. p. 93–102. Tomado de: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000500011>.

[28] GARCÍA, H., *et al.* Optimización de las variables de extracción de flavonoides a partir de hojas de *Annona muricata* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(3), 298–308. 2016.

[29] AGUATEC. Manual técnico de filtro prensa. 2018. Tomado de: [https://www.aguatec.com.co/images/stories/fichas\\_tec/Filtro%20Prensa.pdf](https://www.aguatec.com.co/images/stories/fichas_tec/Filtro%20Prensa.pdf).

[30] CÁRDENAS, Carla. Diseño de un Filtro para Cerveza Artesanal. Trabajo de grado en ingeniería de alimentos. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias agrarias. Escuela de Ingeniería en alimentos. 2016.

[31] CALLE, S. Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales. *Universidad Politécnica de Cataluña*, 3, 2011. p.138.

[32] MCCUSKER, R.; GOLDBERGER, A. y CONE, J. Caffeine Content of Energy Drinks, Carbonated Sodas, and other Beverages. *J Anal Toxicol*. 2006; 30:112-4.

[33] CARRILLO, A. y BENITEZ, J. Clinically significant pharmacokinetic interactions between dietary caffeine and medications. *Clin Pharmacokinet*. 2000;39(2):127-53. Casa Fuentes Misiones Argentina. Universidad del Bío-Bío. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería industrial.

[34] BADUI, S. *Química de los alimentos. Química de los alimentos*. 2006. Recuperado de: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

[35] ZAPAROLLI, José. Determinación de la dosificación óptima de carbón activado y tierra diatomácea, para la remoción de color de licores de azúcar derretida en la fabricación de azúcar refino. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. 2013.

[36] ACEVEDO-ESTUPIÑAN, María; PARRA-ESCUADERO, Carlos y MUVDI-NOVA, Jesús. Estudio del proceso de clarificación de hidrolizados de almidón de yuca utilizando membranas cerámicas. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. *Revista de la facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias*. Vol. 22 número 2, 2015 p. 121-129. ISSN 0121-4004 / ISSN 2145-2660. Tomado de: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n2a06>.

[37] GÉSAN-GUIZIOU, G.; DAUFIN, G. y BOYAVAL, E. Critical stability conditions in skimmed milk crossflow microfiltration: impact on operating modes. *Lait* 80(1): 129-140. 2000.

[38] CORDERO-BUESO, G. Aplicación Del Análisis Sensorial De Los Alimentos En La Cocina Y En La Industria Alimentaria. Cursos de Verano. 2013. Tomado de : <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3548.4003>.

[39] LIRÍA, María. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Instituto de investigación nutricional- IIN. Proyecto AgroSalud. Lima: CIAT; 2007. Disponible en: [www.agrosalud.org](http://www.agrosalud.org).

[40] HERNANDEZ, Elizabeth. Evaluación sensorial. Bogotá, D.C. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Facultad de ciencias básicas e ingeniería. Centro Nacional de Medios para el aprendizaje. Curso tecnología de cereales y oleaginosas guía didáctica. Primera Edición. 2005.

[41] DRAKE, M. Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, vol. 90, no. 11, p. 4925-4937. En RAMÍREZ-NAVAS, J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, 12(1), 2007. p. 83–102. Tomado de : <https://doi.org/ISSN 2027-6850>.

[42] RAMÍREZ-NAVAS, J. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, 12(1), 83–102, 2012. Tomado de: <https://doi.org/ISSN 2027-6850>.

[43] GASTÉLUM, R.; MOORILLÓN, O. y FRANCO, G. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 3(1), 1–7. Retrieved.2009. Recuperado en: <http://tecnociencia.uach.mx/numeros/numeros/v3n1/data/AnalisisSensorialdeAlimentos.pdf>.

[44] MONTOLIVO, Orietta. Simulación de los Procesos del Té Negro, Casa Fuentes Misiones Argentina. Universidad del Bío-Bío. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería industrial. 2010. Concepción.

[45] CASTIGLIONI, S., *et al.* Influence of steeping conditions (time, temperature, and particle size) on antioxidant properties and sensory attributes of some white and green teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(5), 2015. p. 491–497. Tomado de: <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1042842>.

- [46] DE-HEER, Nicholas. Formulation and sensory evaluation of herbs tea from Moringa oleifera, Hibiscus sabdariffa and Cymbopogon citratus. *African Journal Online*, 15(1), 2011. p. 1–10. Tomado de: <https://doi.org/10.4314/jgsa.v15i1>.
- [47] LEE, J. y CHAMBERS, D. Sensory descriptive evaluation: brewing methods affect flavour of green tea. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 2009. p. 427–439.
- [48] ORTEGA, C., *et al.* Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. Universidad de pamplona. Programa Ingeniería de Alimentos. 2014.
- [49] VENTOSILLA, J., y OJEDA, J. Selección de filtro prensa y optimización de medios filtrantes para concentrados, relaves y lodos de neutralización. *II Encuentro de Metalurgia*, 17, 117–124. 2014. Retrieved from [http://www.intermetperu.com/encuentrometalurgia.com/encuentros\\_realizados/Material\\_II\\_Encuentro\\_Metalurgia/DOMINGO\\_03\\_NOV\\_2013/SESION\\_1\\_03\\_NOV\\_2013/JORGE\\_VENTOSILLA/Seleccion\\_de\\_Filtro\\_Prensa\\_Optimizacion\\_de\\_Medios\\_Filtrantes\\_para\\_Concentrados\\_y\\_Relavesx](http://www.intermetperu.com/encuentrometalurgia.com/encuentros_realizados/Material_II_Encuentro_Metalurgia/DOMINGO_03_NOV_2013/SESION_1_03_NOV_2013/JORGE_VENTOSILLA/Seleccion_de_Filtro_Prensa_Optimizacion_de_Medios_Filtrantes_para_Concentrados_y_Relavesx).
- [50] CAMPOS, Lizeth y AGUILAR, Orlando. Estudio de la molienda como pretratamiento de harina de yuca integral para su uso en el proceso de obtención de jarabes de glucosa. Univerdad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicoquímicas. 2014.
- [51] BRANS, G., *et al.* Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *Journal of membrane Science*. Vol. 243, nro. 1-2, 2004. p. 263-272. ISSN 0376-7388.
- [52] CÁCERES, Sergio y MORA, Said. Evaluación del esquema “ filtración con membrana / evaporación de película / secado por aspersion” como alternativa de tratamiento para la valorización de lactosuero ácido. Trabajo de grado en ingeniería química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería fisicoquímicas. Escuela de ingeniería química. 2017.

[53] KADRI, S., et al. Characterization of Coffea arabica monofloral honey from Espírito Santo, Brazil. *Food Chemistry*, 203, 2016. p. 252–257. Tomado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.074>.

[54] BOTERO, N.; LONDOÑO, L. y ROJAS, F. Extracción de polifenoles totales asistida por enzimas, a partir de residuos de la industria del cacao Extraction of total polyphenols assisted by enzymes from cocoa industrial wastes, 34, 2016. p. 21–29. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58784>.

[55] BERMÚDEZ, Catalina, et al. Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba. Estación Experimental Agroforestal III Frente, 2014. Santiago de Cuba. Biofábrica Santiago, Santiago de Cuba.

[56] MEZA, Shirley.; ORTIZ, Aristoteles y RAMIREZ, Luz. Determinación de antioxidante en subproductos de café producido y comercializado en Risaralda (Colombia). Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. 2016. Recuperadode:<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7597/63373C828.pdf?sequence=1>.

[57] PARDO, Ricardo, et al. Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. Sociedad Científica Española de Estudios sobre el Alcohol, el Alcoholismo y las otras Toxicomanías Palma de Mallorca, España. 2007. ISSN: 0214-4840. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=289122084002>.

[58] GARCÍA, Friné.; LOPEZ, Luis y CRUZ, Katya. Bebidas energizantes: ¿Qué te tomas?. Área de conocimiento: Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud. Disciplina: Ciencias de la Salud Tipo de Investigación: Documental. 2015. Disponible en:<http://vinculacion.dgire.unam.mx/Congreso-Trabajos-pagina/Trabajos-2015/1-Ciencias%20Biol%C3%B3gica%20y%20de%20la%20Salud/3.Ciencias%20de%20la%20Salud/9.%20CIN2015A10029.pdf>.

[59] OCU. Informes cafés, bebidas energéticas, cafeína. 2009. Recuperado de: <http://www.cafeina.com.es/contenidoCafeina/>.

[60] OCU. Informes cafés, bebidas energéticas, cafeína. 2015. Recuperado de: <http://www.cafeina.com.es/contenidoCafeina/>.

[61] LOUISE, Burke. Nutrición En El Deporte / Nutrition in Sport: Un Enfoque Practico / a Practical Approach Ed. Médica Panamericana, 2009 p. 61.

[62] GEANKOPLIS, C. Procesos de transporte y operaciones unitarias. CECSA. *University of Minnesota. México*. Compañía editorial continental, s.a. de C.V. México 3ra edición. 1998. Disponible en: <https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>.

[63] CARBALLO, Aura. Extracción de cafeína a partir de café venezolano utilizando el proceso de extracción por: microondas (EM) y ultrasonido (EU). Trabajo de grado en ingeniería química. Caracas: Universidad Central de Venezuela. 2008.

[64] NORIEGA, Adrianyela; SILVA, Ramón Y GARCÍA DE SALCEDO, Moraima. Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Monagas. Maturín, Monagas. Venezuela. 2008. Review.

[65] BAUTISTA E.; BARRUETA, E. y ACEVEDO, L. Utilización de la pulpa de café ensilada en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. En: Ramírez J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 1999. p. 84-101.

[66] MOREAU, Y.; J. ARREDONDO, I. y ROUSSOS, S. Utilización dietética de la proteína y de la energía de la pulpa de café fresca y ensilada por la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Braz. Arco. Biol. Technol., 46(2), 2003. p. 35-347.

[67] PAJOY, Henry. Evaluación de las ganancias de peso en cerdos alimentados con ensilaje de pulpa de café en la finca el cabuyo de la vereda alto cañada del municipio de la plata huila. Trabajo de grado de zootecnia. La plata Huila: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. 2017.

[68] BRESSANI, R.; CABEZAS, R. y MURILLO, B. The use of coffee processing waste as animal feed. p.-107-117. 1975. Proc. Conf. on Animal Feeds of Tropical and Sub-Tropical Origin. Held at the London School of Pharmacy, Brunswick Square, London 1-5 April, 1974.

[69] JARQUIN, R., *et al.* Efecto de los niveles proteínicos y de la pulpa de café en raciones para cerdos criollos. Presentado para publicación a Turrialba. 1977.

[70] FERRER, J., *et al.* Ensilaje de la pulpa de café. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 417-428. 1995.

[71] FERREIRA, A., *et al.* Factores antinutricionais da casca e da polpa desidratada do café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes período Rev. Bras. Zootec.,30(4): 1331-1352. 2001.

[72] FLORES, R. Uso de la pulpa de café en la alimentación de bovinos de carne y leche. 1976. En RAMÍREZ, J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. p. 1-27.

[73] ICA. Censo pecuario nacional. 2017. Tomado de: <https://Areas/Pecuaría/Servicios/Epidemiología-Veterinaria/Censos-2016/Censo2017.aspx>.

[74] BRITO, Hanníbla. Texto básico de operaciones unitarias II. Profesor de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. 2001.

[75] VENTOSILLA, J., y OJEDA, J. Selección de filtro prensa y optimización de medios filtrantes para concentrados, relaves y lodos de neutralización. *II Encuentro de Metalurgia*, 17, 117–124. 2014. Retrieved from [http://www.internetperu.com/encuentrometalurgia.com/encuentros\\_realizados/Material\\_II\\_Encuentro\\_Metalurgia/DOMINGO\\_03\\_NOV\\_2013/SESION\\_1\\_03\\_NOV\\_2013/JORGE\\_VENTOSILLA/Seleccion\\_de\\_Filtro\\_Prensa\\_Optimizacion\\_de\\_Medios\\_Filtrantes\\_para\\_Concentrados\\_y\\_Relavesx](http://www.internetperu.com/encuentrometalurgia.com/encuentros_realizados/Material_II_Encuentro_Metalurgia/DOMINGO_03_NOV_2013/SESION_1_03_NOV_2013/JORGE_VENTOSILLA/Seleccion_de_Filtro_Prensa_Optimizacion_de_Medios_Filtrantes_para_Concentrados_y_Relavesx).

[76] GOYES, Gabriela. Reingeniería del proceso de clarificación del jugo de caña en el ingenio azucarero del norte IANCEM. Trabajo de grado en ingeniería química. Quito: universidad central del ecuador. Facultad de ingeniería química. 2014. Recuperado en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2507/1/T-UCE-0017-68.pdf>.

[77] ROTHWELL, A., *et al.* Effects of food processing on polyphenol contents: A systematic analysis using Phenol-Explorer data. *Mol.Nutr.Food Res.* 2014.

[78] RODRÍGUEZ-DURAN, L., *et al.* Soluble and bound hydroxycinnamates in coffee pulp (*Coffea arabica*) from seven cultivars at three ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62, 7869-7876. 2014.

[79] RAMIREZ-MARTINEZ, R. Phenolic compounds in coffee pulp: Quantitative determination by HPLC. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 43(2): 135144. 1988.

[80] RAMIREZ-CORONEL, A., *et al.* Characterization and estimation of proanthocyanidins and other phenolics in coffee pulp (*Coffea arabica*) by thiolysis-high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 52(5): 1344-1349. 2004.

[81] GOULAS, Athanasios y GRANDISON, Alistair. Applications of membrane separation. En: BRITZ, T. y ROBINSON, R., ed. *Advanced Dairy Science and Technology.* Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2008, p. 312. ISBN 9780470697634.

[82] D'SOUZA, N. y MAWSON, A. Membrane cleaning in the dairy industry: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 45, nro. 2. 2005. p. 125-134. ISSN 1040-8398.

[83] ACOSTA, Julieth y RÍOS, Silvia. Aplicación de las técnicas con membranas de microfiltración y ultrafiltración para la clarificación y fraccionamiento de sangre de bovino cruda e hidrolizada. Trabajo de grado en ingeniería química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicoquímicas. 2013.

[84] CUI, H. y MURALIDHARA, S. *A Practical Guide to Membrane Technology and Applications in Food and Bioprocessing*. Membrane Technology. 1st Edition. 2010. p. 312. ISBN: 9780080951348.

[85] TOLEDO, R. *Fundamentals of Food Process Engineering*. Chapman & Hall, 2d Edition, USA. 1991. Chapter 13.

[86] CASTRO, Beatriz, *et al.* Procesamiento de jugos de frutas por membranas semipermeables. Departamento de operaciones unitarias en ingeniería química e ingeniería de alimentos. Instituto de ingeniería química, facultad de ingeniería, universidad de la república. 2010.

[87] DÍAZ, Gloria y RAMOS, Dietmar. Trabajo de grado en ingeniería química. Bucaramanga: Universidad industrial de santander. Facultad de ingenierías fisicoquímicas. 2015.

## BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO-ESTUPIÑAN, María; PARRA-ESCUADERO, Carlos y MUVDI-NOVA, Jesús. Estudio del proceso de clarificación de hidrolizados de almidón de yuca utilizando membranas cerámicas. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Revista de la facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias. Vol. 22 número 2, 2015 p. 121-129. ISSN 0121-4004 / ISSNe 2145-2660. Tomado de: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v22n2a06>.

ACOSTA, Julieth y RÍOS, Silvia. Aplicación de las técnicas con membranas de microfiltración y ultrafiltración para la clarificación y fraccionamiento de sangre de bovino cruda e hidrolizada. Trabajo de grado en ingeniería química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicoquímicas. 2013.

AGUATEC. Manual técnico de filtro prensa. 2015. Tomado de: [https://www.aguatec.com.co/images/stories/fichas\\_tec/Filtro%20Prensa.pdf](https://www.aguatec.com.co/images/stories/fichas_tec/Filtro%20Prensa.pdf).

BADUI, S. *Química de los alimentos. Química de los alimentos*. 2006. Recuperado de: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

BAUTISTA E.; BARRUETA, E. y ACEVEDO, L. Utilización de la pulpa de café ensilada en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. En: Ramírez J. (Ed). *Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal*. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 1999. p. 84-101.

BERMÚDEZ, Catalina, *et al.* Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial (CEBI), Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba. Estación Experimental Agroforestal III Frente, 2014. Santiago de Cuba. Biofábrica Santiago, Santiago de Cuba.

BOTERO, N.; LONDOÑO, L. y ROJAS, F. Extracción de polifenoles totales asistida por enzimas, a partir de residuos de la industria del cacao Extraction of total polyphenols assisted by enzymes from cocoa industrial wastes, *34*, 2016. p. 21–29. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58784>.

BRANS, G., *et al.* Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *Journal of membrane Science*. Vol. 243, nro. 1-2, 2004. p. 263-272. ISSN 0376-7388.

BRESSANI, E. y BRAHAM, R. Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. Instituto de Nutrición Centro América y Panamá, INCAP. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID. International Development Research Centre. 1978. ISBN: 0-88936-172-X.

BRESSANI, R.; CABEZAS, R. y MURILLO, B. The use of coffee processing waste as animal feed. p.-107-117. 1975. Proc. Conf. on Animal Feeds of Tropical and Sub-Tropical Origin. Held at the London School of Pharmacy, Brunswick Square, London 1-5 April, 1974.

BRESSANI, R. y G., Elías. Utilización de desechos de café en alimentación de animales y materia prima industrial. Trabajo presentado en la reunión de Exposición

Pecuaría del Istmo Centroamericano (EXPICA 76) San Salvador, El Salvador 3-8 mayo, 1976. Guatemala, INCAP, 1976. p. 25.

BRITO, Hanníbla. Texto básico de operaciones unitarias II. Profesor de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH. 2001.

CABEZAS, T., *et al.* Pulpa y pergamino de café. XII. Efecto del almacenamiento sobre el valor nutritivo de la pulpa de café para terneros A:rch. Latinoamer. Nutr. 26, 1977. p. 203-215.

CÁCERES, Sergio y MORA, Said. Evaluación del esquema “ filtración con membrana / evaporación de película / secado por aspersión” como alternativa de tratamiento para la valorización de lactosuero ácido. Trabajo de grado en ingeniería química. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingeniería fisicoquímicas. Escuela de ingeniería química. 2017.

CALLE, S. Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales. *Universidad Politécnica de Cataluña*, 3, 2011. p.138.

CAMPOS, Lizeth y AGUILAR, Orlando. Estudio de la molienda como pretratamiento de harina de yuca integral para su uso en el proceso de obtención de jarabes de glucosa. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisicoquímicas. 2014.

CARBALLO, Aura. Extracción de cafeína a partir de café venezolano utilizando el proceso de extracción por: microondas (EM) y ultrasonido (EU). Trabajo de grado en ingeniería química. Caracas: Universidad Central de Venezuela. 2008.

CÁRDENAS, Carla. Diseño de un Filtro para Cerveza Artesanal. Trabajo de grado en ingeniería de alimentos. Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias agrarias. Escuela de ingeniería en alimentos. 2016.

CARRILLO, A. y BENITEZ, J. Clinically significant pharmacokinetic interactions between dietary caffeine and medications. *Clin Pharmacokinet.* 2000;39(2):127-53. Casa Fuentes Misiones Argentina. Universidad del Bío-Bío. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería industrial.

CASTIGLIONI, S., *et al.* Influence of steeping conditions (time, temperature, and particle size) on antioxidant properties and sensory attributes of some white and green teas. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(5), 2015. p. 491–497. Tomado de: <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1042842>.

CASTRO, Beatriz, *et al.* Procesamiento de jugos de frutas por membranas semipermeables. Departamento de operaciones unitarias en ingeniería química e ingeniería de alimentos. Instituto de ingeniería química, facultad de ingeniería, universidad de la república. 2010.

CORDERO-BUESO, G. Aplicación Del Análisis Sensorial De Los Alimentos En La Cocina Y En La Industria Alimentaria. Cursos de Verano. 2013. Tomado de : <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3548.4003>

CUEVAS GARCIA, R. Optimización y factibilidad económica del proceso de descafeinización de la pulpa de café. Tesis (Magíster Scientifícae). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia/Universidad de San Carlos de Guatemala - INCAP/CESNA, Guatemala.1976.

CUI, H. y MURALIDHARA, S. A Practical Guide to Membrane Technology and Applications in Food and Bioprocessing. Membrane Technology. 1st Edition. 2010. p. 312. ISBN: 9780080951348.

D'SOUZA, N. y MAWSON, A. Membrane cleaning in the dairy industry: A review. Critical Reviews in Food Sciene and Nutrition. Vol. 45, nro. 2. 2005. p. 125-134. ISSN 1040-8398.

DE-HEER, Nicholas. Formulation and sensory evaluation of herbs tea from Moringa oleifera, Hibiscus sabdariffa and Cymbopogon citratus. *African Journal Online*, 15(1), 2011. p. 1–10. Tomado de: <https://doi.org/10.4314/jgsa.v15i1>.

DÍAZ, A. PULPA DE CAFÉ: Coffea arabica L: COMO FUENTE ALTERNATIVA DE ANTIOXIDANTES, 15–16, 2011. pp 22. Tomado de: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL\\_Días\\_Curay\\_Alejandra\\_Tatiana\\_1064344.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/707/3/UTPL_Días_Curay_Alejandra_Tatiana_1064344.pdf).

DÍAZ, Gloria y RAMOS, Dietmar. Trabajo de grado en ingeniería química. Bucaramanga: Universidad industrial de santander. Facultad de ingenierías fisicoquímicas. 2015.

DRAKE, M. Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, vol. 90, no. 11, p. 4925-4937. En RAMÍREZ-NAVAS, J. S. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiteIA*, 12(1), 2007. p. 83–102. Tomado de : <https://doi.org/ISSN 2027-6850>.

ELIAS, Luiz. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos, INCAP. 1978. En: BRESSANI, E. y BRAHAM, R. Pulpa de café: composición, tecnología y utilización. Instituto de Nutrición Centro América y Panamá, INCAP. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID. International Development Research Centre. 1978. ISBN: 0-88936-172-X.

FERREIRA, A., *et al.* Factores antinutricionais da casca e da polpa desidratada do café (*Coffea arabica* L.) armazenadas em diferentes período Rev. Bras. Zootec.,30(4): 1331-1352. 2001.

FERRER, J., *et al.* Ensilaje de la pulpa de café. Rev. Fac. Agron. LUZ, 12: 417-428. 1995.

FLORES, R. Uso de la pulpa de café en la alimentación de bovinos de carne y leche. 1976. En RAMÍREZ, J. (Ed). Pulpa de Café Ensilada. Producción, Caracterización y Utilización en la Alimentación Animal. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. p. 1-27.

GARCÍA, Friné.; LOPEZ, Luis y CRUZ, Katya. Bebidas energizantes: ¿Qué te tomas?. Área de conocimiento: Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud. Disciplina: Ciencias de la Salud Tipo de Investigación: Documental. 2015. Disponible en: <http://vinculacion.dgire.unam.mx/Congreso-Trabajos-pagina/Trabajos-2015/1-Ciencias%20Biol%C3%B3gica%20y%20de%20la%20Salud/3.Ciencias%20de%20la%20Salud/9.%20CIN2015A10029.pdf>.

GARCÍA, H., *et al.* Optimización de las variables de extracción de flavonoides a partir de hojas de *Annona muricata* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 21(3), 298–308. 2016.

GASTÉLUM, R.; MOORILLÓN, O. y FRANCO, G. Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *TECNOCIENCIA Chihuahua*, 3(1), 1–7. Retrieved. 2009. Recuperado en: <http://tecnociencia.uach.mx/numeros/numeros/v3n1/data/AnalisisSensorialdeAlimentos.pdf>.

GEANKOPLIS, C. Procesos de transporte y operaciones unitarias. CECSA. *University of Minnesota. México*. Compañía editorial continental, s.a. de C.V. México 3ra edición. 1998. Disponible en: <https://fenomenosdetransporte.files.wordpress.com/2008/05/geankopolis.pdf>.

GÉSAN-GUIZIOU, G.; DAUFIN, G. y BOYAVAL, E. Critical stability conditions in skimmed milk crossflow microfiltration: impact on operating modes. *Lait* 80(1): 129-140. 2000.

GOULAS, Athanasios y GRANDISON, Alistair. Applications of membrane separation. En: BRITZ, T. y ROBINSON, R., ed. *Advanced Dairy Science and Technology*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2008, p. 312. ISBN 9780470697634.

GOYES, Gabriela. Reingeniería del proceso de clarificación del jugo de caña en el ingenio azucarero del norte IANCEM. Trabajo de grado en ingeniería química. Quito: universidad central del ecuador. Facultad de ingeniería química. 2014. Recuperado en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2507/1/T-UCE-0017-68.pdf>.

HADDIS, A. y DEVI, R. Effect of effluent generated from coffee processing plant on the water bodies and human health in its vicinity. *Journal of Hazardous Materials*, 152(1), 259–262. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.06.094>

HEEGER, A., *et al.* Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. *Food Chemistry*, 221, 2017. p. 969–975. Tomado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>.

HERAS, I.; ALVIS, A. y ARRAZOLA, G. Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (Solana melonera L.). *Informacion Tecnologica*, 24(5), 2013. p. 93–102. Tomado de: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000500011>.

HERNANDEZ, Elizabeth. Evaluación sensorial. Bogotá, D.C. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Facultad de ciencias básicas e ingeniería. Centro Nacional de Medios para el aprendizaje. Curso tecnología de cereales y oleaginosas guía didáctica. Primera Edición. 2005.

ICA. Censo pecuario nacional. 2017. Tomado de: <https://Areas/Pecuaria/Servicios/Epidemiologia-Veterinaria/Censos-2016/Censo2017.aspx>.

JARQUIN, R., *et al.* Efecto de los niveles proteínicos y de la pulpa de café en raciones para cerdos criollos. Presentado para publicación a Turrialba. 1977.

KADRI, S., *et al.* Characterization of Coffea arabica monofloral honey from Espírito Santo, Brazil. *Food Chemistry*, 203, 2016. p. 252–257. Tomado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.074>.

LEE, J. y CHAMBERS, D. Sensory descriptive evaluation: brewing methods affect flavour of green tea. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 2(04), 2009. p. 427–439.

LIRÍA, María. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Instituto de investigación nutricional- IIN. Proyecto AgroSalud. Lima: CIAT; 2007. Disponible en: [www.agrosalud.org](http://www.agrosalud.org).

LOUISE, Burke. Nutrición En El Deporte / Nutrition in Sport: Un Enfoque Practico / a Practical Approach Ed. Médica Panamericana, 2009 p. 61.

MARTINEZ-SAEZ, N., *et al.* A novel antioxidant beverage for body weight control based on coffee silverskin. *Food Chemistry*, 150, 2014. p. 227–234. Tomado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.100>.

MCCUSKER, R.; GOLDBERGER, A. y CONE, J. Caffeine Content of Energy Drinks, Carbonated Sodas, and other Beverages. *J Anal Toxicol.* 2006; 30:112-4.

MEZA, Shirley.; ORTIZ, Aristoteles y RAMIREZ, Luz. Determinación de antioxidante en subproductos de café producido y comercializado en Risaralda (Colombia). Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia. 2016. Recuperado de: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/7597/63373C828.pdf?sequence=1>.

MONTOLIVO, Orietta. Simulación de los Procesos del Té Negro, Casa Fuentes Misiones Argentina. Universidad del Bío-Bío. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería industrial. 2010. Concepción.

MOREAU, Y.; J. ARREDONDO, I. y ROUSSOS, S. Utilización dietética de la proteína y de la energía de la pulpa de café fresca y ensilada por la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Braz. Arco. Biol. Technol., 46(2), 2003. p. 35-347.

MORENO, Nidia y ROMERO, Ariel. Evaluación de diferentes métodos para la transformación de la pulpa de café en abono orgánico en fincas cafeteras. Trabajo de magister en desarrollo sostenible y medio ambiente. Manizales: Universidad de Manizales. Facultad de ciencias contables económicas y administrativas. 2016.

MURTHY, P. y MADHAVA, M. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition - A review. 2012. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>

MURTHY, P.y NAIDU, M. Proteases Production by *Aspergillus oryzae* in Solid State Fermentation Utilizing Coffee By Products.pdf. *Worrd Applied Sciences Journal*. 2010.

NAVIA, D.; VELAZCO, R. y HOYOS, J. Production and evaluation of ethanol from coffee processing by-products. *Vitae*, 18(4), 2011. p. 287–294. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012140042011000300007&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012140042011000300007&lng=en&tlng=en).

NORIEGA, Adrianyela; SILVA, Ramón Y GARCÍA DE SALCEDO, Moraima. Universidad de Oriente, Núcleo Monagas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Monagas. Maturín, Monagas. Venezuela. 2008. Review.

OCU. Informes cafés, bebidas energéticas, cafeína. 2009. Recuperado de: <http://www.cafeina.com.es/contenidoCafeina/>.

OCU. Informes cafés, bebidas energéticas, cafeína. 2015. Recuperado de: <http://www.cafeina.com.es/contenidoCafeina/>.

ORTEGA, C., *et al.* Evaluación del rendimiento de la extracción de café tostado molido comercial. Universidad de pamplona. Programa Ingeniería de Alimentos. 2014.

PAJOY, Henry. Evaluación de las ganancias de peso en cerdos alimentados con ensilaje de pulpa de café en la finca el cabuyo de la vereda alto cañada del municipio de la plata huila. Trabajo de grado de zootecnia. La plata Huila: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente. 2017.

PANDEY, A., *et al.* Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. *Biochemical Engineering Journal*. 2000. Tomado de: [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(00\)00084-X](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(00)00084-X)

PARDO, Ricardo, *et al.* Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. Sociedad Científica Española de Estudios sobre el Alcohol, el Alcoholismo y las otras Toxicomanías Palma de Mallorca, España. 2007. ISSN: 0214-4840. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=289122084002>.

PERRONE, D.; FARAH, A. y DONANGELO, M. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(17), 4265–4275. 2012. Tomado de: <https://doi.org/10.1021/jf205388x>.

PINTO, R., *et al.* Sustitución de melaza por mucílago de café (*Coffea arabica* L.) en bloques nutricionales para rumiantes. *Archivos de Zootecnia*, 63(241), 2014. p. 65–71. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922014000100007>.

RAMÍREZ, Andres; LOPEZ, Juan y JARAMILLO, Carlos. Proceso para la obtención de miel y/o harina de café a partir de la pulpa o cascara y el mucílago del grano de café. 2013. Recuperado de: <https://www.google.com/patents/WO2013088203A1?cl=es>.

RAMIREZ-CORONEL, A., *et al.* Characterization and estimation of proanthocyanidins and other phenolics in coffee pulp (*Coffea arabica*) by thiolysis-high-performance liquid chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(5): 1344-1349. 2004.

RAMÍREZ-MARTINEZ, R. Phenolic compounds in coffee pulp: Quantitative determination by HPLC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 43(2): 135144. 1988.

RAMÍREZ-NAVAS, J. Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*, 12(1), 83–102, 2012. Tomado de: <https://doi.org/ISSN 2027-6850>.

RODRÍGUEZ V.; ZAMBRANO, F. y RAMÍREZ G. Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café. In: *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. Chinchiná: FNC: CENICAFÉ, 2013. 3 vols.

RODRÍGUEZ, V., QUINTERO, Y. y L. V. Índice de calidad ambiental en el proceso de beneficio húmedo del café. *Disciplina Gestión de Recursos Naturales y Conservación*. 2015. p. 2

RODRÍGUEZ, Erika y CÁRDENAS, Víctor. Evaluación de la producción de bioetanol a partir de la degradación de la pulpa de café. Trabajo de grado en ingeniería ambiental y sanitaria. Bogotá D.C: Universidad de la Salle. Facultad de ingeniería ambiental y sanitaria. 2009.

RODRÍGUEZ, N. Producción de bioetanol a partir de la pulpa y el mucílago del café. In: *Informe anual de actividades 2006-2007*. Chinchiná, (Colombia), Cenicafé. *Disciplina de Calidad y Manejo Ambiental*, p. 78.

RODRÍGUEZ, N. y ZAMBRANO, D. Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *Avances Técnicos Cenicafe*, (3), 8. 2010. Recuperado en: <https://doi.org/ISSN-0120-0178>.

RODRÍGUEZ-DURAN, L., *et al.* Soluble and bound hydroxycinnamates in coffee pulp (*Coffea arabica*) from seven cultivars at three ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 62, 7869-7876. 2014.

ROTHWELL, A., *et al.* Effects of food processing on polyphenol contents: A systematic analysis using Phenol-Explorer data. *Mol.Nutr.Food Res.* 2014.

SALAZAR, A., *et al.* Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal. *Zootecnia Trop*, 26(4), 2008. p. 411–419.

SOLANO, Jorge y VALENCIA, C. Implementación De Infraestructura Para El Beneficio Húmedo Y Seco Del Café a Pequeños Caficultores De La Vereda Las Yescas, Municipio De Sotará, Departamento Del, 1–86. 2014. Retrieved from <http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/2709/1/10535246.pdf>.

SOLLMAN. T. *Manual of pharmacology*. Philadelphia, W. B. Saunders Co., 1957.

TOLEDO, R. *Fundamentals of Food Process Engineering*. Chapman & Hall, 2d Edition, USA. 1991. Chapter 13.

VARGAS, E. Valor nutritivo de la pulpa de café. Tesis (Magister Scientifcae) - Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia INCAP/CESNA. Guatemala, 1974. p. 67.

VENTOSILLA, J., y OJEDA, J. Selección de filtro prensa y optimización de medios filtrantes para concentrados, relaves y lodos de neutralización. *II Encuentro de Metalurgia*, 17, 117–124. 2014. Retrieved from [http://www.intermetperu.com/encuentrometalurgia.com/encuentros\\_realizados/Material\\_II\\_Encuentro\\_Metalurgia/DOMINGO\\_03\\_NOV\\_2013/SESION\\_1\\_03\\_NOV\\_2013/JORGE\\_VENTOSILLA/Seleccion\\_de\\_Filtro\\_Prensa\\_Optimizacion\\_de\\_Medios\\_Filtrantes\\_para\\_Concentrados\\_y\\_Relavesx](http://www.intermetperu.com/encuentrometalurgia.com/encuentros_realizados/Material_II_Encuentro_Metalurgia/DOMINGO_03_NOV_2013/SESION_1_03_NOV_2013/JORGE_VENTOSILLA/Seleccion_de_Filtro_Prensa_Optimizacion_de_Medios_Filtrantes_para_Concentrados_y_Relavesx).

ZAPAROLLI, José. Determinación de la dosificación óptima de carbón activado y tierra diatomácea, para la remoción de color de licores de azúcar derretida en la fabricación de azúcar refino. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. 2013.