

**ACTIVIDADES DE APOYO AL DISEÑO DE PROTOCOLOS PARA LA  
OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO DE CAFÉ COMO COPRODUCTO INNOVADOR EN  
EL ECOSISTEMA CAFETERO PARQUE TECNOLÓGICO DE INNOVACIÓN  
(TECNICAFÉ).**



**MODALIDAD PASANTÍA INVESTIGATIVA**

**YERLY FERNANDA QUIÑONES LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2018**

**ACTIVIDADES DE APOYO AL DISEÑO DE PROTOCOLOS PARA LA  
OBTENCIÓN DE MUCÍLAGO DE CAFÉ COMO COPRODUCTO INNOVADOR EN  
EL ECOSISTEMA CAFETERO PARQUE TECNOLÓGICO DE INNOVACIÓN  
(TECNICAFÉ).**

**YERLY FERNANDA QUIÑONES LÓPEZ**

**Director**

**Javier Hoyos García, I.A M.Sc.**

**Codirector**

**Giovanni Varona Balcázar**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2018**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

### Nota de aceptación

El director, codirector y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por su autora y lo encuentran satisfactorio.

---

Firma Director Javier Hoyos García

---

Firma Codirector Giovanni Varona Balcázar

---

Firma del Jurado Charles Sidney Muñoz

---

Firma del Jurado Andrés Felipe Palechor

Popayán, 19 de Julio de 2018

## *Dedicatoria*

*A Dios por sostener y fortalecer mi vida en cada momento,  
por cumplir su propósito en mí, por su infinito amor y fidelidad.  
A mi madre Melva Lopez, a mis segundos padres Esmeralda y Guido,  
por su apoyo incondicional, amor, comprensión por enseñarme a ser  
mejor cada día por creer y apoyarme siempre en todos mis proyectos.  
A mis hermanitos Cristhy y Jhuan, por su compañía y aventuras.  
A mis abuelos por su crianza, sus consejos por creer siempre en mí.  
A mi ángel guardián que desde el cielo está iluminado mi camino,  
fuiste un ejemplo de vida a seguir, tu perseverancia en la vida es  
digna de imitar.  
Al parque tecnológico del café TECNICAFFE por permitirme realizar  
este trabajo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi madre Melva Ruby, quien dedicó todo su esfuerzo, tiempo y paciencia, a la culminación de esta etapa de mi vida, quien no perdió la fe y posó toda su voluntad y juventud, sin aquejas ni remordimientos. De la misma magnitud, a todos mis familiares que en mayor o menor medida, estuvieron pendientes de mí.

A la Universidad del Cauca por mi formación académica.

Al ingeniero Javier Hoyos M.Sc, por su asesoría, por su tiempo y dedicación, por toda la paciencia y atención que demostró en el desarrollo de mi trabajo de grado.

Al profesor Giovanni Varona quien me ha guiado, enseñado y motivado para entrar en el maravilloso mundo de la biología lo que me ayudo a culminar mi carrera con éxito.

Al profesor Oscar Bermúdez por permitirme entrar al grupo de investigación QCB.

Al Departamento de Biología y profesores por contribuir en mi formación como profesional y como persona.

Así mismo, a mis amigos y compañeros, que de manera directa o indirecta fueron un gran apoyo, desde estudiar juntos, hasta el ánimo vehemente con el cual se dirigían a mí, para que no me rindiera y siguiera siempre dando pasos hacia adelante. En especial, a mi grupo de amigos, Jesús Cortez, Farid Manquillo, Dalila Urbano, Vanesa Caicedo, Yulieth Bermúdez y a mi buen amigo Cristian Lasso que hasta el final continuaron a mi lado e hicieron de esta aventura algo hermoso.

Y para terminar, estoy muy agradecida con el profesor Charles Muñoz por su tiempo y colaboración en el desarrollo del proyecto.

En fin, GRACIAS a todos los que contribuyeron a mi formación y para que este trabajo pudiera ser concluido.

Para todos, ¡Dios los bendiga!

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
3.	JUSTIFICACIÓN .....	5
4.	OBJETIVOS.....	7
	4.1 Objetivo general .....	7
	4.2 Objetivos específicos .....	7
5.	ESTADO DEL ARTE.....	8
	5.1 Historia de TECNİCAFÉ.....	8
	5.2 Misión.....	8
	5.3 Visión.....	8
	5.4 Principios, valores y compromisos institucionales. ....	9
	5.5 Marco Legal .....	9
6.	MARCO TEÓRICO.....	11
	6.1 Coproducto.....	11
	6.2 Mucílago .....	11
	6.3 Antioxidantes .....	12
	6.4 Antioxidantes en el Café .....	13
	6.5 Efectos en la Salud.....	14
	6.6 Vitamina C.....	14
	6.7 Flavonoides .....	15

6.8	ABTS (Acido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonico).....	15
6.9	DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo).....	16
6.10	Sistemas cafeteros .....	16
6.11	Beneficio del café en Colombia .....	18
6.12	Residuos del café .....	20
7.	ANTECEDENTES .....	21
8.	METODOLOGÍA .....	23
8.1	Área de Estudio .....	23
8.2	Metodología para toma de muestra en mucílago de café.....	24
8.3.	Metodología para determinar Análisis proximal y fisicoquímico de mermelada de mucílago de café.....	26
8.4	Metodología para determinar Tamizaje fitoquímico.....	26
8.5	Metodología para la determinación de Flavonoides en Mucílago de café .....	29
8.6	Metodología para determinar ABTS en Mucílago de café .....	30
8.7	Metodología para la determinación DPPH en Mucílago de café .....	31
9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	32
10.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
11.	CONCLUSIONES.....	51
12.	RECOMENDACIONES .....	52
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	54

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Diseño estructura de cereza de café. Fuente: Imagen de Google .....	12
<b>Figura 2.</b> Estructura molecular del ácido L-ascórbico. ....	14
<b>Figura 3.</b> Estructura química ABTS. ....	15
<b>Figura 4.</b> Estructura química DPPH.....	16
<b>Figura 5.</b> Cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío .....	17
<b>Figura 6.</b> Diseño del beneficio del café .....	19
<b>Figura 7.</b> Área de estudio, vereda la Venta Cajibío, municipio de Popayán, Cauca. .	24
<b>Figura 8.</b> Fruto de café procesado en laboratorio Universidad del Cauca, para extraer mucílago. ....	25
<b>Figura 9.</b> Extracción Mucílago laboratorio Universidad del Cauca. ....	25
<b>Figura 10.</b> Prueba en tubo de ensayo para derivados antracenicicos. ....	28
<b>Figura 11.</b> Prueba en tubo de ensayo para reactivo Wagner.....	28
<b>Figura 12.</b> Prueba en tubo de ensayo para reactivo Dragendorff.....	28
<b>Figura 13.</b> Prueba en tubo de ensayo para reactivo Flavonoides. ....	29
<b>Figura 14.</b> Prueba en tubo de ensayo para reactivo Taninosr. ....	29
<b>Figura 15.</b> Reactivo Flavonoides totales .....	30
<b>Figura 16.</b> Reactivo ABTS.....	31
<b>Figura 17.</b> Reactivo DPPH.....	32
<b>Figura 18.</b> Cromatograma Mermelada de Mucílago de Café .....	422
<b>Figura 19.</b> Producto terminado mermelada de Mucílago de café.....	511



## Indice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Metodología Tamizaje Fitoquímico .....	27
<b>Tabla 2.</b> Resultado análisis proximal, en Mucilago de Café .....	366
<b>Tabla 3.</b> Valores de referencia de nutrientes (VRN), Ministerio de protección social para Colombia.....	388
<b>Tabla 4 :</b> Resultados Humedad y Cenizas .....	40
<b>Tabla 5:</b> Resultados Vitamina C .....	40
<b>Tabla 6.</b> Resultado tamizaje fitoquímico .....	433
<b>Tabla 7.</b> Ensayo ABTS .....	455
<b>Tabla 8.</b> Ensayo DPPH .....	47
<b>Tabla 9.</b> Ensayo Flavonoides Totales.....	488

## Indice de Graficas

<b>Grafica 1.</b> Porcentaje valor diario análisis proximal .....	38
<b>Grafica 2.</b> Curva de calibración del trolox para la capacidad antioxidante por ABTS, .....	45
<b>Grafica 3.</b> Curva de calibración del trolox para la capacidad antioxidante por DPPH. ....	47
<b>Grafica 4.</b> Curva de calibración concentración catequina,.....	49

## RESUMEN

Esta investigación contribuye al conocimiento de las diferentes formas del manejo y uso que se le puede dar a los subproductos derivados del café, en Colombia, las comunidades campesinas locales desempeñan un papel fundamental en la ordenación del medio ambiente y en el desarrollo debido a sus conocimientos y prácticas tradicionales cafeteras, es por esto que con ayuda del parque tecnológico del café TECNICAFFÉ con inclusión a las mujeres cafeteras, vienen desarrollando diferentes alternativas de conservación al medio ambiente, problemática ambiental que se viene generando a partir del uso inadecuado que se le puede dar a los subproductos del café. Con esta finalidad se propuso realizar un coproducto innovador derivado de los subproductos del café siendo este mermeladas de mucíago de café, para ello se realizaron diferentes estudios bioquímicos para garantizar su consumo humano.

Como resultados obtenidos se obtuvo; el ácido ascórbico que ha sido reconocido como un nutriente importante en varios productos alimentarios de la canasta familiar. En esta investigación se le estudió al mucíago de café (*coffea arabica*) sus propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y actividad antioxidante, para su posible aplicación como alimento nutracéutico. Al fruto se le realizó su beneficio para poder

obtener el mucílago. El análisis proximal de mermelada de mucílago de café (*coffea arabica*) procedente de Cajibío Cauca, Colombia presentó un contenido de humedad, cenizas, grasa y proteína de 65,32%, 0,61%, 0,80% y 1,28%, respectivamente, valores cercanos a los referentes de la FAO y del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). El fruto presentó un contenido de proteína relativamente alto (1,28%) la mayoría de los frutos no superan el 1,0%. El porcentaje de humedad obtenido por deshidratación por calor fue de 65,32%. La vitamina C, determinada por HPLC, contenida en la mermelada fresca fue de 99,25 mg/100 g de muestra. El contenido de flavonoides totales en el mucílago de café sin procesar fue de 714,71 mg catequina/100g extracto seco. El extracto metanólico del café presentó actividad antioxidante por su capacidad para atrapar el catión radical ABTS+, registrando valores para el mucilago seco de 19,200  $\mu\text{mol}$  trolox/100 g de extracto seco. En el caso del atrapamiento del radical DPPH+, se alcanzaron concentraciones de 13,291  $\mu\text{mol}$  trolox /100 g de extracto seco muestra deshidratada por calor.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, los últimos años se ha venido presentando un progresivo desarrollo socioeconómico, industrial y agrícola siendo promovido por los ciudadanos colombianos ya que se ve forzado a suplir sus necesidades más esenciales entre ellas vivienda digna, educación, trabajo, salud, alimentación, siendo estas cada vez más importantes, y generando de esta manera un creciente e inquebrantable impacto y deterioro ambiental, creado por la explotación desmesurada de los recursos ecosistémicos.

La perspectiva que se tiene sobre el manejo de los residuos sólidos generados por las actividades humanas, ha hecho que se implementen medidas de seguridad que contrarresten esta problemática ambiental, algunas medidas incluye la implementación de tecnologías limpias que contribuye a mejorar la calidad de vida de las personas y por consiguiente de los ecosistemas, así mismo implementar puntos ecológicos para la separación de los residuos sólidos con el propósito de proteger la salud humana y el medio ambiente.

hay que mencionar además que una de las actividades agroindustriales que genera grandes volúmenes de residuos con mayor impacto negativo en Suramérica es la relacionada con el beneficio del café; en este continente se encuentran dos de los mayores países productores de café a nivel mundial: Brasil y Colombia (Vásquez de Díaz, Prada, y Mondragón, 2010).

Una de las alternativas que se están realizando para mitigar este impacto y generar nuevas soluciones al manejo de los derivados del café y erradicar estos problemas es generar para el campesino una posibilidad de comercializar los procesos

derivados de estos subproductos lo cual representan una ayuda económica para el productor campesino y sus familias.

Como muestra de compromiso con el trabajo social y ambiental en beneficio del caficultor y el medio ambiente una de las corporaciones que ha demostrado su interés por perfeccionar estas medidas de seguridad ambiental es el parque tecnológico de innovación del café y su caficultura-TECNiCAFÉ que trabaja desde el Departamento del Cauca, para lograr el aprovechamiento integral de los recursos del ecosistema cafetero, enlazando la tecnología y la innovación para el mejoramiento de la calidad de los coproductos de café, de esta manera se mejora la calidad de vida y bienestar de las comunidades caficultoras.

Con esta finalidad se realizó un estudio de la composición nutricional y biológica que presenta el mucílago de café con el objetivo de darle un uso agregado evitando la contaminación de fuentes hídricas y ecosistemas ambientales, así mismo es una alternativa de negocio que permite a los productores de café maximizar las utilidades de sus unidades productivas con unos productos terminados de muy buena calidad como es el caso del mucílago de café.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia el manejo de los cultivos de café está basado en policultivos y monocultivos, los (policultivos con sombra diversificada) ayudan a mitigar el impacto generado por los procesos de transformación, en este sentido la complejidad estructural propia de los sistemas cafeteros con sombrero diversificado o tradicionales asemejan estructuras de ecosistemas naturales, permitiendo en cierta medida que en estos agroecosistemas se lleven a cabo dinámicas ecológicas y funcionales similares a las de un bosque natural, que pueden generar diversidad de servicios ecosistémicos como regulación climática, ciclaje de nutrientes, polinización y provisión de hábitat para diferentes especies de fauna (Perfecto y Vandermeer, 2008).

Sin embargo, los sistemas cafeteros tradicionales no han sido ajenos a los diferentes procesos de transformación de las últimas décadas, donde se han sustituido policultivos por extensas áreas de monocultivos de café, disminuyendo y afectando la disponibilidad de los recursos ofertados (tanto de hábitat como alimenticios), Esto debido al afán de la humanidad por aprovechar tierras más extensas y fértiles que generan mayores rendimientos productivos y económicos, como es el caso de los cultivos de café (Gast *et al.*, 2013). De esta manera los monocultivos han venido postulándose en los últimos años como pioneros en la industria cafetera, del mismo modo se resalta la importancia y el significado socioeconómico que aporta al país. (Jaramillo, 2012).

En los países productores de café, los residuos y subproductos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se ha tratado de innovar métodos para utilizarlos como

materia prima para la producción de bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pépticas, proteína y abono.(Rathinavelu y Graziosi, 2005).

En la agroindustria mundial del café solamente se utiliza el 9,5% del peso total del fruto en la preparación de bebidas y el 90.5% son subproductos depositados en mayor proporción a los cuerpos de aguas, contaminándolas y disminuyendo la posibilidad de vida de los ecosistemas, o se realiza un acopio en la época de recolección y luego son retirados de estas instalaciones entrando a contaminar el suelo; se calcula que aproximadamente son vertidos a campo abierto dos millones de toneladas de pulpa y 420.000 toneladas de mucílagos que bien podrían incrementar la cadena de valor en los sistemas productivos y no seguir contaminando el medio ambiente. Se ha tratado de adoptar métodos de utilización como materia prima en la producción de concentrados para las industrias porcícolas y ganaderas y en preparación de bebidas (Suarez, 2012).

### 3. JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas en Colombia se han incrementado las actividades antropogénicas que transforman los ecosistemas naturales reemplazándolos por cultivos más tecnificados, debido al soporte económico que estos sistemas brindan, es el caso de los cultivos de café, uno de los cultivos más influyentes para la subsistencia de las familias, que ha sido implementado en grandes extensiones de monocultivos, cabe resaltar que el manejo inapropiado de los desechos puede traer consecuencias graves para la funcionalidad ecosistémica como la pérdida de la diversidad ecológica, hídrica y por ende la reducción de servicios ecosistémicos (Ricketts, 2004).

Debido a estos procesos de transformación, la comunidad científica ha puesto su interés en profundizar sobre las implicaciones que ocasionan los desechos de café, para ello se han realizado estudios que demuestran que se puede dar un uso agregado y realizar una transformación a estos subproductos como la pulpa y mucílago de café, generando un reemplazo de alimentos comestibles de uso humano, con el fin de generar estrategias de conservación y de uso sostenible que favorezca el adecuado aprovechamiento de los ecosistemas, que promuevan la seguridad alimentaria, ayudando a mitigar el impacto generado por los procesos de transformación, en este sentido la complejidad conlleva a darle un uso adecuado al manejo del café (Valdés, 2013).

El departamento del Cauca, ha estado históricamente rezagado en comparación a otros departamentos en temas de infraestructura, desarrollo socioeconómico y sobre todo en desarrollo tecnológico e investigación. En respuesta, y a favor de la generación de nuevo conocimiento, se inició un nuevo proceso con la corporación



TECNiCAFÉ en el municipio de Cajibío realizando estudios biológicos que aporte a la investigación, con la finalidad de impulsar el desarrollo socioeconómico y tecnológico, haciendo énfasis en el cuidado del medio ambiente.

Para el departamento del Cauca son escasos los estudios realizados sobre los beneficios nutricionales que pueda presentar el mucílago de café para ser reutilizado como un producto comestible, minimizando el impacto negativo que se le genera al medio ambiente, evitando las implicaciones directas en la salud pública por la contaminación de las fuentes de agua y suelos es por esta razón que este estudio constituye una herramienta que ayudará a la protección del medio ambiente y además a la generación de ingresos de las familias caficulturas.

Es aquí, desde la academia específicamente de la Biología apoyada en su gran campo de acción tanto en investigación como en la toma de decisiones donde se hace importante la participación del pasante para iniciar este nuevo proceso de investigación de la mano con la Corporación TECNiCAFÉ siendo el principal objetivo de esta investigación determinar el potencial de uso de los residuos del beneficio del mucílago de café, como fuente de actividad antioxidante totales, flavonoide, vitamina C, actividad nutricional como proteína, grasas totales, fibra dietaría total, carbohidratos totales y calorías totales.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

- “Determinar el potencial de uso de los residuos del beneficio del café (Mucílago) de la especie *Coffea arabica* L., 1753 en la hacienda los naranjos del parque tecnológico de innovación del café y su caficultura-TECNiCAFÉ”.

### 4.2 Objetivos específicos

- Apoyar al parque tecnológico de innovación del café y su caficultura-TECNiCAFÉ en la identificación de nutrientes del mucílago de café.
- Colaborar en el desarrollo de un coproducto innovador del café a partir del mucílago.
- Determinar la actividad antioxidante que puedan encontrarse dentro del mucílago de café.

## **5. ESTADO DEL ARTE**

### **5.1 Historia de TECNICAFÉ.**

El parque tecnológico de innovación TECNICAFÉ fue creado el 1° de octubre del 2015 siendo una institución de reconocimiento internacional como epicentro de innovación abierta y colaborativa, que permite identificar retos tecnológicos y facilitar las condiciones para que grupos de investigación y de desarrollo gestionen soluciones, esta corporación tiene como objetivo fomentar el emprendimiento, la innovación y transferencia tecnológica a la sociedad caficultora. Así mismo, se convierte en una empresa que ofrece alternativas de aprendizaje, y que está a disposición de los colombianos para facilitar el acceso al trabajo y contempla mejorar la calidad de vida de los mismos.

### **5.2 Misión**

TECNICAFÉ, como red de gestión del conocimiento para la innovación, propende por el fortalecimiento de la cadena de valor, a través de procesos innovativos que generen productos y servicios centrados en la agregación de valor, impulsando el emprendimiento de base tecnológica, de forma articulada con los sistemas de competitividad y de ciencia, tecnología e innovación (Narvaez,2015).

### **5.3 Visión**

TECNICAFÉ, como red de gestión de la innovación, propende por el fortalecimiento de la cadena de valor de la caficultura, a través de procesos innovativos que generen productos y servicios centrados en la agregación de valor, impulsando el emprendimiento de base tecnológica (Narvaez,2015).

#### **5.4 Principios, valores y compromisos institucionales.**

La actuación ética de la comunidad institucional se sustenta en los siguientes principios como: primero la vida, la libertad con responsabilidad y formación para la vida y el trabajo, valores como: liderazgo, solidaridad, justicia y equidad, y compromisos como: disciplina, dedicación y lealtad, promoción del emprendimiento, innovación, y calidad en la gestión, entre otros.

#### **5.5 Marco Legal**

**NOMBRE, NATURALEZA, DURACIÓN:** LA CORPORACIÓN PARQUE TECNOLÓGICO DE INNOVACIÓN DEL CAFÉ Y SU CAFICULTURA “Parque Tecnológico TECNICAFÉ”, es una asociación civil de participación mixta (público – privada) y de carácter científico y técnico sin ánimo de lucro, con patrimonio propio independiente de las personas que la componen. Estará organizada bajo las leyes Colombianas, dentro del marco de la Constitución Política y las normas de Ciencia, Tecnología e Innovación. Su duración es definida por un periodo de Cien (100) años; pero podrá disolverse cuando así lo decidan válidamente sus miembros en la forma y condiciones determinadas en los presentes estatutos y en la ley (Narvaez, 2015).

**RÉGIMEN JURÍDICO:** La CORPORACIÓN se regirá por el Título XXXVI del Código Civil y las normas pertinentes del derecho privado, de conformidad con lo previsto en la Constitución Política de Colombia en su artículo 209, los Decretos Leyes 130 de 1976 y 393 de 1991 y en las demás normas que los sustituyan o modifiquen.489 del 98 y ley 1289 del 2009.

**OBJETO Y FINES:** La CORPORACIÓN tiene por objeto la agregación sustentable de calidad y valor en la cadena de producción, comercialización y procesamiento de café y de sus coproductos del ecosistema cafetero para lograr la diferenciación, el posicionamiento y la valoración del café en los mercados más especializados del mundo del café, mediante un proceso articulado de investigación, desarrollo tecnológico e innovación incluyente, de los actores claves de la cadena de valor del café en un parque tecnológico, logrando el mejoramiento sostenido de la calidad de vida y del bienestar de las comunidades caficultoras. Para el debido cumplimiento de su objeto, la CORPORACIÓN trabajará en pos del cumplimiento de los siguientes fines:

- a) Trabajar en la generación del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico de la cadena del café a través de la investigación científica, la adaptación de tecnologías, la transferencia, la asesoría e innovación; con el fin de mejorar la competitividad de la producción, la equidad en la distribución de los beneficios de la tecnología, la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales, la capacidad científica y tecnológica del país y, en general, contribuir al mejoramiento de las comunidades caficultoras.
- b) Generar y promover el desarrollo en red de proyectos de ciencia, tecnología e innovación relacionados con la cadena del café.
- c) Ejercer como ente facilitador de procesos de articulación de los actores clave de la cadena de valor del café.
- d) Incubar, acelerar, promover, fortalecer, consolidar empresas y unidades de negocio de base tecnológica a partir de desarrollos innovadores relacionados con la cadena de valor del café.
- e) Gestionar y administrar recursos de I+D+i.

- f) Crear, desarrollar y operar laboratorios y talleres de prototipos y pruebas de concepto y producción para el escalamiento industrial de resultados de I+D.
- g) Generar, construir y operar infraestructura habilitante para el desarrollo de actividades de ciencia, tecnología e innovación por parte de grupos de investigación de instituciones pertenecientes al SNCTei. (Narvaez, 2015).

## **6. MARCO TEÓRICO**

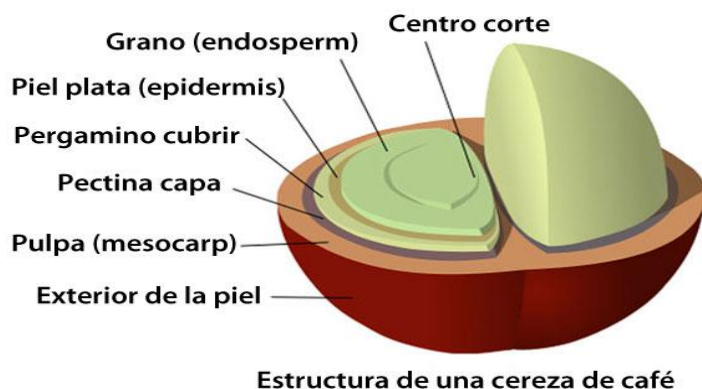
### **6.1 Coproducto**

Cuando se fabrican uno o dos productos diferentes, utilizando las mismas materias primas (insumos), se está realizando lo que se denomina “producción conjunta”. En alguna fase de la producción surgirán uno o más productos diferenciados. Ese momento se denomina “punto de separación”. El término de “coproductos o productos conjuntos” se aplica a las situaciones en las que todos los productos que aparecen en el punto de separación tienen un valor relativo importante. Cuando uno de los productos resultantes de la separación posee un valor muy pequeño en relación con el resto se le llama “subproducto” (García, 2008).

### **6.2 Mucílago**

El mucílago o mesocarpo es una estructura que se localiza entre la pulpa y el pergamino, constituida por tejidos hialinos que no contiene cafeína ni taninos rica en azúcares y pectinas, cubre el endospermo de la semilla de café y mide aproximadamente 0.4 mm de espesor. Representa aproximadamente el 22% en peso del café en baba y el 13% del peso de la cereza (Rodríguez y Zambrano, 2010). El mucílago tiene la función de hidratar la pulpa y así enriquecer su contenido

de nutrientes para su posterior descomposición y utilización para fertilizar los almácigos y el café en producción (Matuk *et al.*, 1997).



**Figura 1.** Diseño estructura de cereza de café. Fuente: Imagen tomada de (Girón, 2017)

### 6.3 Antioxidantes

Un antioxidante es una sustancia que forma parte de los alimentos de consumo cotidiano y que puede prevenir los efectos adversos de especies reactivas sobre las funciones fisiológicas normales de los humanos (Coronado *et al.*, 2015).

Un antioxidante se define como "cualquier sustancia que retrasa, previene o elimina el daño oxidativo a una molécula biológica" o también es la capacidad que tiene un compuesto para neutralizar los radicales libres. Los antioxidantes se pueden clasificar teniendo en cuenta los criterios de solubilidad, mecanismos de defensa y origen.

La presencia de antioxidantes naturales en los alimentos es importante, no sólo porque estos compuestos contribuyen a definir las características organolépticas y a preservar la calidad nutricional de los productos que los contienen, sino además, porque al ser ingeridos, ayudan a preservar en forma considerable la salud de los individuos que los consumen. En efecto, la recomendación de aumentar la ingesta de alimentos ricos en antioxidantes naturales es, en la actualidad, considerada una de las formas más efectivas de reducir el riesgo de desarrollo de aquellas

enfermedades crónicas no transmisibles que más limitan la calidad y expectativas de vida de la población mundial (Ruiz y Varela, 2010).

Entre los antioxidantes derivados de las plantas desde el punto de vista fitoquímico pueden ser taninos, xantonas, ácidos fenólicos, flavones, flavonoles, antocianinas entre otros, los cuales debido a sus propiedades redox pueden actuar como donadores de hidrógenos y de esta manera prevenir o retrasar el desarrollo de enfermedades degenerativas (Marwah *et al.*, 2007).

#### **6.4 Antioxidantes en el Café**

Según algunos estudios (Ramirez, 2010), en cinco de cada siete estudios epidemiológicos se demuestra que los flavonoides, siendo estos pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, también brindan protección frente a enfermedades cardiovasculares, mientras que sólo en uno de cuatro estudios se establecía su efecto protector frente al cáncer. Se apuntan a que se necesitan más pruebas concluyentes del efecto preventivo de los flavonoides frente al cáncer y enfermedades cardiovasculares, a la vez que faltan estudios sobre los efectos de otros fenoles (Ramirez, 2010). En el café un proceso de tostado de 10 minutos produce una capacidad antioxidante óptima debido a que sus compuestos polifenólicos no se ven mayormente afectados, sin embargo un proceso de tostado con un mayor tiempo puede reducir la capacidad antioxidante del café, debido a la pérdida de compuestos polifenólicos, Un estudio sobre cafés arábica y robusta procedentes de 6 países mostró que las muestras de robusta ofrecían una capacidad de protección antioxidante mayor que las de arábica, a la vez que dicha capacidad antioxidante era mucho mayor, en el café tostado en un óptimo proceso que en el verde (Gotteland y Saturnino, 2007).

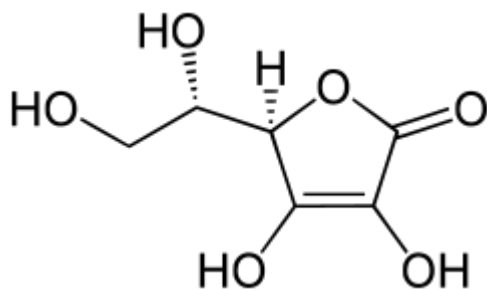


## 6.5 Efectos en la Salud

En la salud los antioxidantes actúan como sustancias capaces de proteger a las células de los efectos de los radicales libres (moléculas producidas cuando el cuerpo degrada los alimentos o por la exposición ambiental al humo y la radiación), la prevención de enfermedades, anulando los efectos perjudiciales de los radicales libres en las células, con una dieta de frutas y vegetales ricos en polifenoles y antocianinas tienen un bajo riesgo de contraer cáncer, enfermedades cardíacas y algunas neurológicas (Robles *et al.*, 2007).

## 6.6 Vitamina C

El ácido ascórbico (AA) es un nutrimento esencial para los humanos. Una baja ingesta causa una enfermedad, por deficiencia, conocida como escorbuto. Este ácido está presente en forma natural en muchas frutas y verduras, además, estos alimentos son ricos en vitaminas antioxidantes, compuestos fenólicos y carotenos (Gutierrez *et al.*, 2007).



**Figura 2.** Estructura molecular del ácido L-ascórbico. Fuente: Imagen de Sigma Aldrich

La determinación de Vitamina C ha sido ampliamente estudiada por diferentes técnicas analíticas, teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de la molécula. Sin embargo la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), garantiza límites de detección y cuantificación más bajos, que facilita además la eliminación de los efectos causados por la matriz (interferencias en otros métodos

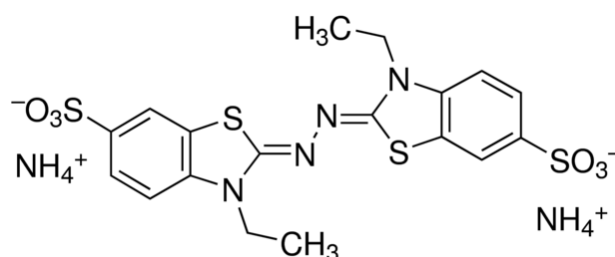
de análisis); esta técnica es utilizada frecuentemente en investigaciones agroindustriales, bioquímica y química analítica (Valle y Rodríguez, 2011).

### 6.7 Flavonoides

Los polifenoles, antocianinas y flavonoides son constituyentes de las plantas muy valiosos en la captura de radicales libres, debido a la gran cantidad de grupos hidroxilos presentes en su estructura (Kumarappan *et al.*, 2012). Los flavonoides pertenecen a la mayor clase de compuestos polifenólicos ampliamente distribuidos en las plantas y entre ellos se pueden encontrar flavonas, flavonoles, isoflavonas, flavononoles, catequinas, flavononas (Heim *et al.*, 2002). Aparecen frecuentemente en forma de O-glicosidos, conteniendo o no azúcares en su estructura (Spáčil *et al.*, 2008).

### 6.8 ABTS (Acido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonico)

La generación del radical ABTS constituye la base de uno de los métodos espectrométricos que han sido aplicados para medir la actividad antioxidante total de soluciones o sustancias puras y mezclas acuosas.



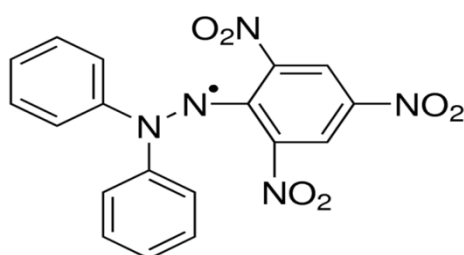
**Figura 3.** Estructura química ABTS. Fuente: Imagen de Sigma Aldrich

La técnica implica la producción directa del cromóforo ABTS verde-azul a través de la reacción entre ABTS y el persulfato de potasio ( $K_2S_2O_8$ ). Este presenta tres máximos de absorción a las longitudes de onda de 645 nm, 734 nm y 815 nm. La adición de los antioxidantes al radical preformado lo reduce a ABTS. De esta

manera el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical catión ABTS está determinado en función de la concentración y el tiempo; así como del valor correspondiente usando el Trolox como estándar, bajo las mismas condiciones (Tobar, 2013).

### 6.9 DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazilo)

La molécula 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH) la reacción principal del radical y el antioxidante es la aceptación y donación de un átomo de hidrogeno o de un electrón. La determinación de actividad antioxidante es un método colorimétrico en el cual se mide el cambio de color de morado intenso estel se absorbe en metanol a 517 nm. a amarillo en presencia de un antioxidante y se monitorea espectrofotométricamente. En la reacción de neutralización del DPPH· con ácido ascórbico, en la primera etapa, el antioxidante, cede un hidrógeno, produciéndose una transferencia de electrones de doble enlace, seguido a esto ocurre una segunda pérdida de hidrogeno. De acuerdo a esta reacción, el ácido ascórbico cede dos hidrógenos, explicando así su eficiencia como un excelente antioxidante (Tobar, 2013).



**Figura 4.** Estructura química DPPH. Fuente: Imagen de Sigma Aldrich

### 6.10 Sistemas cafeteros

En los sistemas cafeteros o también llamados sistemas agroforestales cafeteros se realiza un conjunto de prácticas de manejo del cultivo donde se combinan especies

arbóreas, incluyendo pastos y arvenses en asocio con el café (Moguel y Toledo, 1999), cuyo objetivo es el manejo y conservación del suelo, del mismo modo la conservación del recurso hídrico y el aumento y mantenimiento de la producción en los cultivos de café, garantizando de esta manera el fortalecimiento del desarrollo social y económico de las comunidades cafeteras (Farfán y Mestre, 2004).

En Colombia, el manejo de los sistemas cafeteros se ha clasificado en dos principales categorías, los cafetales a libre exposición solar, conformados por cerca del 50% de la caficultura colombiana, lo que implica al menos la deforestación de 400.000 hectáreas de bosque nativo originando la pérdida de diversidad biológica, y los cafetales con sombrío que permiten la conservación de los suelos, sin afectar el ciclo de los nutrientes, manteniendo el flujo de energía y controlando la erosión de los suelos (Noriega *et al.*, 2012).



Imagen A



Imagen B

**Figura 5.** Cafetales a libre exposición solar (imagen A) y bajo sombrío (imagen B). Fuente: Quiñones Yerly.

### **6.11 Beneficio del café en Colombia**

El beneficio es uno de los principales procesos del café inicia desde el proceso de recolección y transformación del café cereza a café pergamino seco mediante la separación de las partes del fruto con el fin de conservar su calidad física, organoléptica y sanitaria. En Colombia, se utiliza el beneficio húmedo, gracias al cual se obtienen características de acidez y aromas pronunciados, amargo moderado y al café resultado de este proceso se les denomina cafés suaves lavados, este método de procesamiento ha dado valor agregado al café Colombiano durante años, que realizado adecuadamente genera un margen de ganancia al productor (Peñuela *et al.*,2010).

El beneficio húmedo del café incluye el despulpado, la fermentación, el lavado y el secado del grano. En el despulpado a las cerezas se les retira la pulpa rápidamente después de la recolección. Posteriormente se retira el mucílago (mesocarpio) por medio de la fermentación del grano en tanques de fermentación o por medios mecánicos. La fermentación puede durar de 12 a 18 horas, dependiendo de algunas variables como clima, cantidad del mucílago, volumen de café y grado de madurez. Una vez el café ha pasado por el proceso de beneficio se seca al sol o en secadores mecánicos. Cuando ya se tiene el café seco, se le denomina café pergamino, puesto que al grano lo cubre una capa amarilla opaca llamada pergamino(Suarez, 2012).



### **6.12 Residuos del café**

Estudios realizados por el Centro Nacional de Investigaciones de Café, CENICAFE, han desarrollado tecnologías para el beneficio ecológico del café, con el fin de controlar la contaminación potencial de las fuentes de agua ocasionada por la inadecuada disposición de los coproductos del proceso de beneficio principalmente pulpa y mucílago, de esta forma manteniendo o aumentando los ingresos del caficultor, y obteniendo cafés de alta calidad, tanto física como en taza (Rodríguez, 2000).

Una de las tecnologías consiste en el despulpado del café sin agua, la remoción mecánica del mucílago y el tratamiento biológico de los residuos líquidos generados, utilizando reactores anaerobios; Para el aprovechamiento de los residuos sólidos generados durante el proceso de cultivo y beneficio del fruto, se están utilizando hongos de los géneros *Pleurotus*, *Lentinula*, *Ganoderma* e *Hypsizygus*, los cuales son muy apreciados por su gran valor nutritivo y medicinal, la lombricultura, los procesos de ensilaje y la obtención de pectinas, entre otros, permitiendo obtener productos de un alto valor agregado, valorizando los subproductos del proceso e impidiendo que se conviertan en fuentes de contaminación de nuestros recursos naturales.

## 7. ANTECEDENTES

Al hablar de mucílago se hace referencia a fibras solubles, con la propiedad de hincharse con el agua y formar disoluciones coloidales o geles, característica ésta a la que deben la mayoría de sus propiedades y aplicaciones. En las plantas funciona como depósitos de agua gracias a su capacidad de retención, evitando así la deshidratación y favoreciendo la germinación (Suarez, 2012). Se han realizado estudios específicos sobre algunas ventajas que tiene los subproductos derivados del café, en Venezuela (Salazar *et al.*, 2008) determinó el beneficio de la pulpa de café, que al ser ensilada preserva sus características nutrimentales, tornándola de particular importancia para la alimentación animal, en Ecuador Figueroa y Mendoza (2010), determinaron los minerales en la pulpa de café y de grano de café demostrando que es una buena fuente de potasio especialmente, magnesio y fósforo.

Para Colombia estudios realizados por CENICAFÉ Blandon, Davila, y Rodriguez (1999) utilizan el cultivo de la lombriz roja *Eisenia foetida* Savigny.,1826 para acelerar la transformación de estos subproductos en abono orgánico y, de esta forma, valorizarlos, se ha encontrado que mediante este sistema se puede reducir el tiempo de descomposición de la pulpa junto con el mucílago en un 61%.

Garavito y Puerta (1998) afirman que las características fisicoquímicas del mucílago basadas en azúcares, compuestos pépticos y minerales hacen de este subproducto un residuo potencialmente adecuado como suplemento en la alimentación animal.

Rodríguez y Zambrano (2010), señalan que se puede obtener energía renovable a través de la extracción del mucílago afirmando que la energía renovable que se obtiene de fuentes que son capaces de regenerarse por medios naturales y, por lo



tanto, se consideran inagotables. Los residuos agrícolas lignocelulósicos se pueden utilizar directamente como combustible o transformarse en bioetanol o biogás, mediante procesos de fermentación o en biodiésel, y son considerados energías renovables, dado que no se agotarán mientras puedan cultivarse los vegetales que los producen.

Se determinó el contenido de fenoles y flavonoides totales, la capacidad antioxidante en subproductos de café (borra industrializada y de la cafetería de la UTP y pulpa de finca tecnificada y no tecnificada), identificando que la pulpa de café no tecnificado tiene los mayores contenidos de fenoles y flavonoides totales (10 mg AG/g, 7.3 mg CQ/g respectivamente), los cuales están directamente relacionados con la capacidad antioxidante. Se determinó que el proceso industrial que sufre la borra de café afecta en un 60% la cantidad de fenoles y en un 55% el contenido de flavonoides totales y su capacidad antioxidante en un 50%, frente a la borra de la cafetería de la UTP. Mientras que la pulpa de finca no tecnificada y tecnificada varían en un 35% para fenoles totales, 10% para flavonoides totales y un 40% en su capacidad antioxidante siendo mayor para la pulpa no tecnificada Cortes *et al.*, 2017.

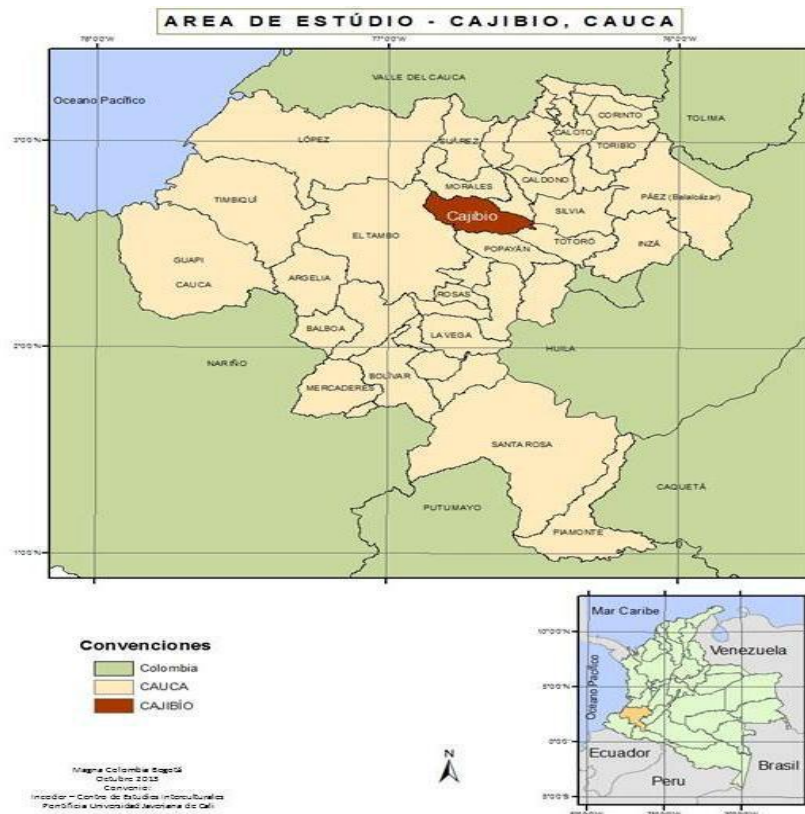
En Norte de Santander se realizaron estudios para determinar la capacidad antioxidante y determinar el contenido de fenoles totales todas las muestras presentaron capacidad antioxidante y fenoles totales, en pergamino, la cáscara y la pulpa de la cereza. Por lo tanto, se confirma el potencial de los residuos de café como fuentes naturales de antioxidantes (Fonseca, *et al.*, 2014).

## 8. METODOLOGÍA

### 8.1 Área de Estudio

El estudio se realizó en el Municipio de Cajibío, en la hacienda los naranjos del parque tecnológico de innovación del café y su caficultura-TECNiCAFÉ”. Con latitud norte  $2^{\circ}35'8''$  y  $76^{\circ}33'6''$  oeste, ubicado sobre la cuenca del río Cauca (figura 7). Presenta una altitud de 1,860 m.s.n.m, la temperatura oscila entre 19 C y 22 C, Según el sistema de clasificación de Holdridge, la zona de vida es Bosque Húmedo Premontano (bh- PM) con régimen pluviométrico bimodal y promedio anual de lluvias de 2,105 mm humedad relativa con valores que están entre el 70 %y 83% (IDEAM 2016).

La base económica de los habitantes de la vereda La Venta Cajibío es la agricultura representada principalmente por: café, pastos, maíz, hortalizas, frijol, caña panelera, plátano, frutales, bosque plantado y otros cultivos, los cuales brindan soporte económico y social a sus habitantes (La Rosa Agulera *et al.*, 2013).

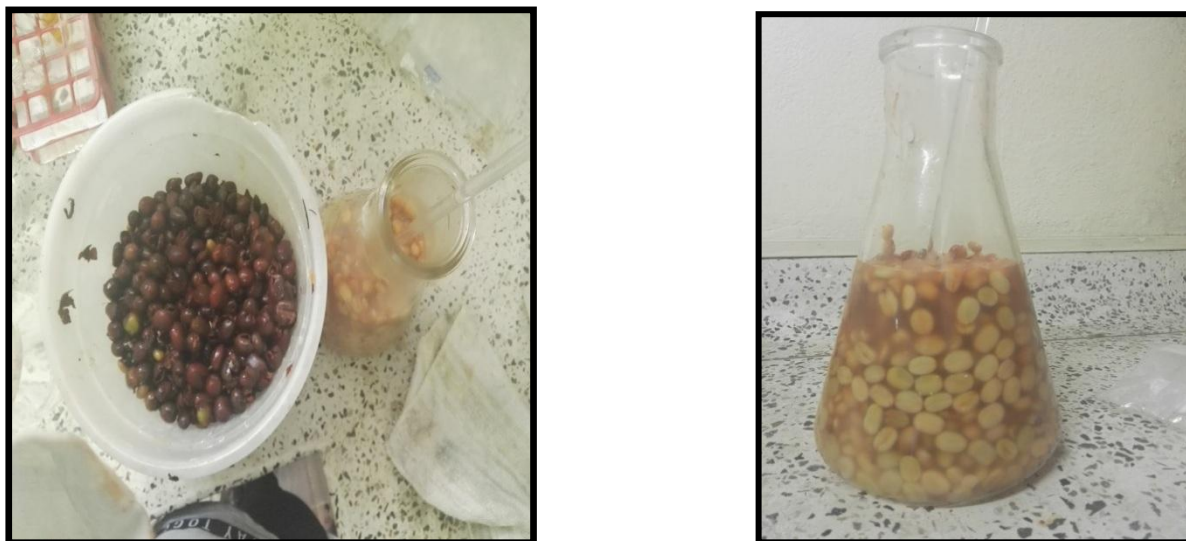


**Figura 7.** Área de estudio, vereda la Venta Cajibío, municipio de Popayán, Cauca. La Rosa Aguilera et al., (2013).

## 8.2 Metodología para toma de muestra en mucílago de café

El muestreo de esta investigación se realizó en la Hacienda los Naranjos que pertenece al parque tecnológico del café seleccionada por sus condiciones geográficas, para la colecta y preparación de muestras se tuvo en cuenta la metodología de Figueroa y Mendoza (2010) que consiste en tomar una muestra de 200 gr de mucílago de café (*Coffea arabica*), el beneficio húmedo se realizó en las instalaciones del parque Tecnología e Investigación TECNICAFFÉ, las muestras de mermelada mucílago procesado se trasladaron a las instalaciones del laboratorio de Avalquimicos que cuenta con los equipos, técnicas y certificación por la ONAC

(organismo nacional de acreditación de Colombia), para realizar los análisis nutricionales, que exige el INVIMA para comercializar un producto alimenticio. Los análisis biológicos y fisicoquímicos de antioxidantes y flavonoides se realizaron en las instalaciones del laboratorio de química de compuestos bioactivos (QCB) de la Universidad del Cauca.



**Figura 8.** Fruto de café procesado en laboratorio Universidad del Cauca, para extraer mucílago.

*Fuente: Quiñones Yerly*



**Figura 9.** Extracción Mucilago laboratorio Universidad del cauca. Fuente: Quiñones Yerly

### **8.3. Metodología para determinar análisis proximal y fisicoquímico de mermelada de mucílago de café.**

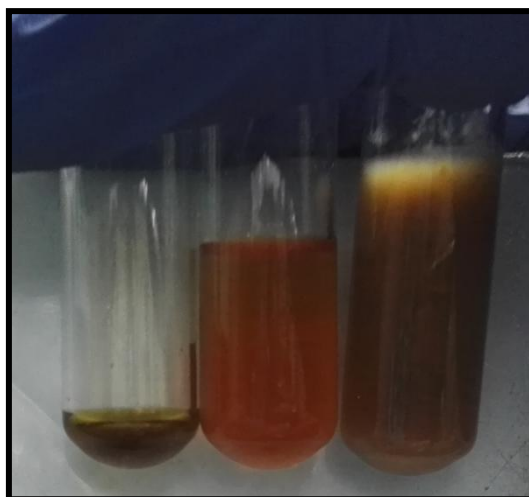
A la muestra de mermelada de mucílago *Coffea arabica* Variedad castillo se le realizó el análisis proximal: Humedad y cenizas (método gravimétrico ICONTEC GTC 1(1.14.2), A.O.A.C 942.05 respectivamente, proteína (método Kjeldahl, AOAC 991,20) y grasa total (método HUBBARD). Estos análisis se desarrollaron en el laboratorio de estudio de AVALQUIMICO y Procesados en el parque tecnológico del café TECNICAFÉ.

### **8.4 Metodología para determinar tamizaje fitoquímico**

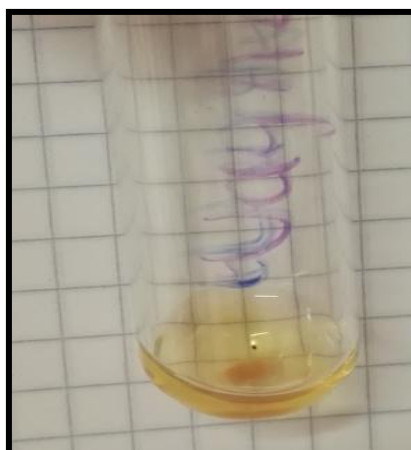
Se realizaron una serie de pruebas cualitativas para determinar la presencia de algunos metabolitos secundarios, las pruebas se le realizaron al extracto seco de mucílago el cual se obtuvo en la plancha de calentamiento, se pesó 30 g de material fresco se secó por 48 horas según la metodología planteada por (Dominguez, 1985), las pruebas realizadas se muestran en la (tabla 1).

**Tabla 1.** Metodología tamizaje fitoquímico

Metabolito(grupo funcional)	Prueba en tubo de ensayo	Descripción
<b>Taninos</b>	Cloruro férrico	Coloración azul o verde
<b>Alcaloides</b>	Dragendorff	Precipitado color anaranjado-rojizo.
	Mayer	Precipitado de color blanco a crema.
	Wagner	Precipitado color marrón.
<b>Saponinas</b>	Agua caliente	Formación de espuma
<b>Derivados antracénicos libres</b>	Reacción de Borntrager	Coloración rojiza
<b>Flavonoides</b>	Prueba de ácido clorhídrico	Coloración rojiza



**Figura 10.** Prueba en tubo de ensayo para derivados antracénicos. Fuente Quiñones Yerly



**Figura 11.** Prueba en tubo de ensayo para reactivo Wagner. Fuente Quiñones Yerly



**Figura 12.** Prueba en tubo de ensayo para reactivo Dragendorff. Fuente Quiñones Yerly



**Figura 13.** Prueba en tubo de ensayo para reactivo flavonoides. Fuente Quiñones Yerly



**Figura 14.** Prueba en tubo de ensayo para reactivo Taninos. Fuente Quiñones Yerly

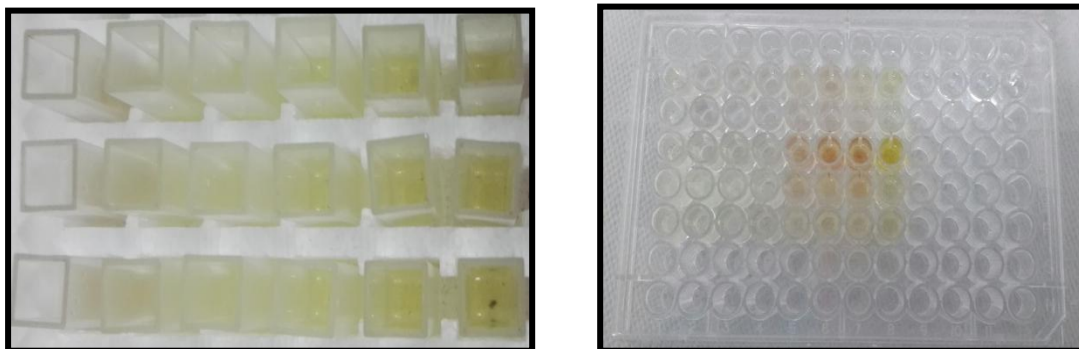
### **8.5 Metodología para la determinación de flavonoides en mucílago de café**

Su detección se basa en la absorción UV-Vis a diferente longitud de onda, ya que los flavonoides muestran máximos de absorción a diferentes longitudes de onda.

Se preparó una solución para el extracto de mucílago que contenía 230  $\mu\text{L}$  de agua y 40  $\mu\text{L}$  del mismo, se tomó 135  $\mu\text{L}$  de la solución preparada y se adicionó en celdas que contenían  $\text{NaNO}_2$  7,5  $\mu\text{L}$  (5%), se homogenizó y se dejó actuar durante cinco minutos, adicional a esto se agregó 30  $\mu\text{L}$  de  $\text{AlCl}_3$  al 2,5%, se homogenizó nuevamente, y se dejó reaccionar durante seis minutos, posterior a este tiempo se



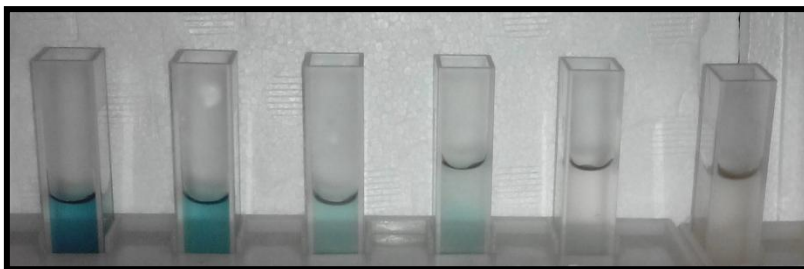
agregó 50  $\mu\text{L}$  de NaOH 1M, se agito inmediatamente, también se agregó 50  $\mu\text{L}$  de agua, se homogenizó y se midió la absorbancia a 500 nm exactamente 5 minutos después de agregar el NaOH (Kim *et al.*, 2002).



**Figura 15.** Reactivo flavonoides totales Fuente: Quiñones Yerly

### 8.6 Metodología para determinar ABTS en mucílago de café

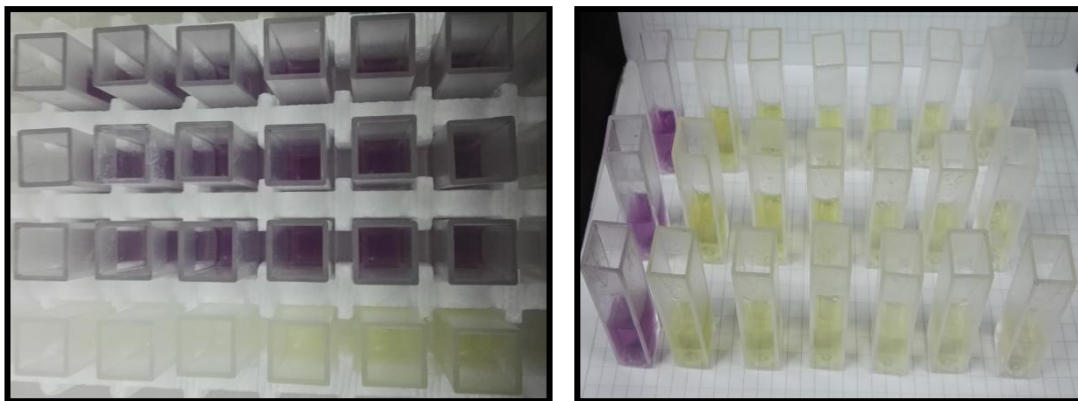
Según la metodología desarrollada por Re *et al.*, (1999) y descrita por Kuskoski *et al.*, (2004). El radical ABTS se obtiene tras la reacción de ABTS (7 mM) en solución acuosa con persulfato potásico (2,45 mM, concentración final) se homogenizó y cubrió la muestra con papel aluminio la solución se incubó en la oscuridad entre 12-16 horas a temperatura ambiente ( $\pm 25^{\circ}\text{C}$ ). Una vez formado el radical ABTS se diluyó con etanol hasta obtener un valor de absorbancia comprendido entre 0,70 ( $\pm 0,1$ ) a 754 nm (longitud de onda de máxima absorción). El ensayo se realizó por triplicado.



**Figura 16.** Reactivo ABTS. Fuente Quiñones Yerly

### **8.7 Metodología para la determinación DPPH en mucílago de café**

Este método, fue desarrollado por Brand-Williams, *et al.*, (1995), se basa en la reducción de la absorbancia medida a 515 nm del radical DPPH, por antioxidantes. Con modificaciones el método descrito por Kim *et al.*, (2002), se basa en la medida de la absorbancia del radical DPPH disuelto en 20 mg/l de metanol al 80%, a una longitud de onda de 517 nm. El ensayo se realizó por triplicado, Se añadió 0,1 mL de la muestra patrón, la mezcla se homogenizó cuidadosamente, y se mantuvo en la oscuridad durante 30 minutos. Las medidas de absorbancia se midieron en el espectrofotómetro a 517 nm se realizaron antes de añadir la muestra patrón y pasados los 30 y 60 minutos después de añadirla. A partir de las absorbancias obtenidas se determinará el porcentaje de actividad antioxidante.



**Figura 17.** Reactivo DPPH. Fuente Quiñones Yerly

## 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los valores obtenidos se expresaron como el promedio de los tres ensayos realizados en cada muestra, desviación estándar, coeficiente de variación para los resultados en  $\mu\text{mol}$  de Trolox/mg de extracto seco,  $\mu\text{mol}$  de catequina/mg de extracto seco, por otra parte se evaluó la correlación mediante el coeficiente de correlación de Pearson en donde se utilizó el programa estadístico software SPSS 11.5, la cual muestra si hay una correlación entre los tratamientos, esta prueba específicamente puede ser positiva o negativa y se entiende como una relación lineal, es decir, si la correlación es positiva los valores de ambos parámetros aumentan y si la correlación es negativa, a medida que aumenta el uno, el otro disminuye (entendiéndose como una recta de pendiente negativa).

## 10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Análisis nutricional de la mermelada de mucílago de café.**

El análisis nutricional de los alimentos comprende métodos de análisis básicos que permite identificar la cantidad de nutrientes que componen a un alimento, la metodología varía según el alimento a analizar. De forma general se utilizan las

técnicas oficiales de la AOAC ( Asociación of Oficial Analytical Chemists) y las INCONTEC para Colombia (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) (Ochoa *et al.*, 2013).

En el análisis químico proximal de la mermelada de mucílago de café se obtuvieron los siguientes datos, como se muestra en la (tabla 2); para grasas totales se reportó 0.80 g/100 g en la mermelada de mucílago; datos publicados por Flores (2012) indican que se obtuvo 0,5 g/100 g de grasas totales en mermelada de guayaba, mientras que para mermelada de mora se reportó 0,1 g/100g (Carvajal, 2015). En otros trabajos reportados por Cortés, Prieto, y Nuñez (2015) para mermelada de uchuva fueron de 0,48 g/100 g; los datos obtenidos para estas mermeladas son menores a la del mucílago, estas diferencias se podrían atribuir al estado de madures y la variedad del fruto.

El rango de proteína presentado en este estudio fue de 1.28 g/100g, mucho mayor al reportado por Carvajal (2015) para mermelada de mora de 0,6 g/100g de proteína, al de guayaba de 0,90-1,0 g/100 g (Flores 2012) y al de uchuva 0,54 g/100g; es de destacar que el contenido de proteína es relativamente alto en el fruto, pues generalmente la mayoría de las mermeladas de frutos no superan el 1%; por lo anterior es importante reconocer que el fruto de café brinda aportes nutricionales significativos.

Desde el punto de vista nutricional el aporte de los frutos tropicales reside en grandes niveles de carbohidrato necesarios para la formación metabólica de las células, aportándole al organismo aminoácidos esenciales y minerales vitales para la formación de los huesos, en este estudio se obtuvo un total de carbohidratos del 31,99% en comparación con otros datos reportados para Londoño *et al.*, (2016) del 63,27% en pulpa de café, en mermelada de guayaba un 11.9 %,en mermelada de

mora un 9.61% y en mermelada de uchuva 19.6%; la diferencia de estos datos infiere a la fermentación del fruto a la hora de extraer el mucílago.

La mermelada de mucílago como producto presenta un contenido muy bajo en grasas. De ahí que las calorías totales que aporten no sean elevadas, La capacidad calórica obtenida es de 140,28 Kcal/100 g de muestra, la mermelada de guayaba contiene 51Kcal/100g, la mermelada de mora 43 Kcal/100g y la mermelada de uchuva 73 Kcal/100g, según la guía de alimentos del (Ministerio de la protección Social, 2008) el aporte energético máximo que pueden tener las mermeladas es 258 Kcal demostrando así que nuestro producto está dentro de los niveles permitidos; no obstante, aunque no resulta un alimento preocupante por su contribución a la ingesta energética, no debe obviarse el aporte de azúcar simple de estos alimentos. Su consumo frecuente y continuo en el tiempo se relaciona con un mayor riesgo de padecer obesidad.

El promedio de fibra dietaría para la mermelada de mucilago de café fue de 1,45 g/100g, lo cual resulta ser menor en comparación con el trabajo de Flores (2012) de 1,60 g/100g en mermelada de guayaba fresca, Carvajal (2015) indico para mermelada de mora 0,5 g/100g, y para mermelada de uchuva 4,9 g/100g siendo este un valor muy bajo comparado con los anteriores. El contenido y composición de la fibra dietaría varia en los diferentes alimentos, la fibra dietaría se encuentra en productos vegetales y se compone de complejos carbohidratos de las pares celulares (celulosa, hemicelulosa, pectinas), la fibra dietaría tiene un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas, esto ha motivado el incremento del consumo de productos de origen vegetal como frutas y verduras, así como

recomendar a la industria de alimentos para que enriquezca sus productos con fibra alimentaria o con algunos componentes de ellos.

El contenido de azúcares totales es de 38.01 g/ 100g siendo el límite máximo permitido de azúcar adicionada el 40%, las mermeladas son alimentos altamente azucarados, el valor obtenido está dentro de los rangos que establece la norma técnica Colombiana (NTC, 285) (Ministerio de la protección Social, 2008). Al comparar los resultados obtenidos con la tabla de composición para alimentos colombianos del ICBF, (2015), se encuentra que los datos obtenidos se hayan dentro de los parámetros esperados, asumiendo de esta manera que la mermelada de mucílago de café contiene reveladores valores nutricionales que generan al consumidor seguridad alimentaria.

Las diferencias encontradas al comparar los resultados con otros estudios pueden estar determinadas por el ajuste de la metodología y características particulares de los diferentes frutos, aunque cabe mencionar que los métodos usados son hasta ahora los más confiables para dichas determinaciones.

**Tabla 2.** Resultado análisis proximal, en mermelada de mucílago de Café y otras mermeladas.

ANÁLISIS PROXIMAL	Mermelada mucílago de café	Mermelada de guayaba	Mermelada de mora	Mermelada de uchuva
MATERIA GRASA TOTAL	0.80 g/100 g	0,5 g/100 g	0,1 g/100 g	0,48 g/100 g
PROTEÍNA TOTAL	1,28 g/100g	0,9-1,0 g/100 g	0,6 g/100g	0,54 g/100 g
CALORIAS TOTALES	140.28 Kcal	51 Kcal	43Kcal	73Kcal
CARBOHIDRATOS	31.99 g/100 g	11.9 g/100 g	9.61 g/100 g	19,6 g/100 g
FIBRA DIETARIA TOTAL	1,45 g/100g	1,60 g/100g	0.5 g/100g	4,9 g/100g

Con el objetivo de analizar qué porcentaje de aporte nutricional nos brinda la mermelada de mucílago de café al consumirla diariamente, se quiso realizar adicionalmente el valor de referencia nutricional que es la cantidad diaria de nutrientes recomendada para mantener la salud de la mayoría de las personas de diferentes grupos de edad y estado fisiológico, teniendo en cuenta la guía del consumidor del ministerio de protección social (tabla 3).

Los valores de referencia de los nutrientes necesarios para la producción de energía se basan en la cantidad de calorías consumidas en un día. Un consumo de 2.000 calorías por día se ha tomado como referencia para rotulado nutricional. Aportes realizados por Ochoa *et al.*, (2013) indica que el valor diario de referencia (VRN) en grasa total son de 65 g/ día, y este valor expresado en porcentaje revela que la

mermelada de mucílago de café está aportando 1,23% del valor diario (VD) al consumirla; en el caso de proteínas su (VRN) es de 50 g aportando un porcentaje del 2,56% del (VD); asimismo el (VRN) en calorías es de 2000 Kcal aportando porcentualmente el 7% del (VD); de igual forma la fibra dietaria total en cuanto a su (VRN) es de 25 g dando su aporte en porcentaje del 5.8% del (VD), finalmente el (VRN) los carbohidratos es de 300 mg, su aporte de referencia nutricional con 10,6% del (VD), estos resultados porcentuales son calculados de la (tabla 2 y3), y se pueden observar en la gráfica 1.

Formula: porcentaje Valor Diario (VD)

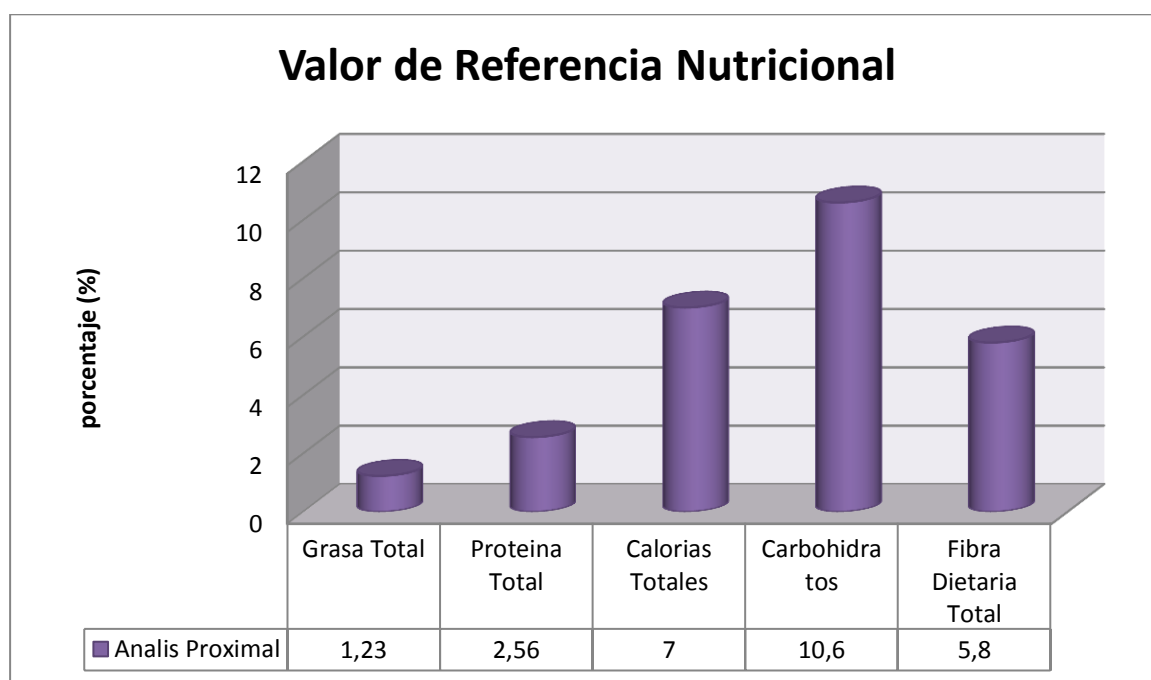
$$X = \frac{100 \times gde\ muestra}{(VRN)} = \%$$



**Tabla 3.** Valores de referencia de nutrientes (VRN), Ministerio de protección social para Colombia.

NE: no especificado

Energía/nutricional	Unidad de Medida	Niños Mayores de 6 meses y menores de 4 años	Niños Mayores de 4 años y adultos
Energías/Calorías	Kcal	NE	2000 Kcal
Grasa total	Gramos	NE	65 g
Grasas saturadas	Gramos	NE	20 g
Colesterol, Máx	Miligramos	NE	2400 g
Sólido, Máx	Miligramos	NE	2400 mg
Carbohidratos	Gramos	NE	300 g
Fibra dietaria	Gramos	NE	25 g
Proteínas	Gramos	18g	50 g



**Grafica 1.** Porcentaje valor diario análisis proximal

### **Análisis para humedad y cenizas**

Todos los alimentos, cualquiera que sea el método de industrialización al que han sido sometidos, contienen agua en mayor o menor proporción; las cifras de contenido en agua varían entre un 60% y un 95% en los alimentos naturales. Los datos obtenidos en este trabajo del contenido de humedad en la mermelada de mucílago fue de (65,32g/100g) con un porcentaje de rendimiento de humedad 6,53% siendo menores a los reportados para mucílago fresco de cacao procesado, donde se encontró un contenido de humedad del 9,64% Abarca *et al.*,(2010), de igual forma Londoño *et al.*, (2016) reportaron aproximadamente un 11,6% de humedad en pulpa con mucílago de café; otros estudios reportados en mermelada de guayaba deshidratada reportan 11,91% de humedad (Flores, 2012), lo cual indica que los resultados obtenidos en humedad se mantienen similares a otros estudios.

Las variaciones presentes en la cantidad de humedad pueden estar influenciadas por el tipo de variedad o de las condiciones climáticas en que se cultivaron los arboles de café, como la temperatura y la precipitación pluvial. La determinación del contenido de humedad es uno de los ensayos más importantes usados en el procesamiento y análisis de alimentos, dado que la cantidad de materia seca en un alimento se relaciona inversamente con la cantidad de humedad que contiene. El efecto de la humedad tiene gran significado tanto en la estabilidad como en la calidad de los alimentos, las frutas y vegetales que contiene mucha agua, los cuales están sujetos a una rápida degradación y al crecimiento de hongos, daño por insectos y podredumbre (Greenfield y Southgate, 2006).

Los resultados encontrados para cenizas en este estudio fueron de (0,61g/100g) similares a los comparados con estudios realizados por Londoño *et al.*, (2016) a pulpas hídricas con mucílago donde se encontraron valores de 0,34 % cenizas, así

como otros estudios realizados por Beatriz y Soto (2016) en pulpa de café desmulsificado de 1,5%, lo cual nos indica que la variable analizada en este estudio tiene porcentajes similares de cenizas. Las diferencias que se encuentran en cenizas pueden estar establecidas por la variedad de café con la que se trabajó en los diferentes estudios, el valor de las cenizas se puede considerar como un criterio útil para la identificación de la autenticidad de un alimento ya que se puede detectar la presencia de adulterantes.

**Tabla 4 : Resultados Humedad y Cenizas**

Análisis	Mermelada de mucilago de café.	Mermelada de guayaba	Método utilizado
Humedad	65.32g/100g	65.32	Incontec Gtc 1 (1.14.2)
Cenizas	0.61g/100g	0.61	A.O.A.C 942.05

### Cromatografía por HPLC de Vitamina C

**Tabla 5: Resultados Vitamina C**

Análisis	Unidad	Resultados	Método utilizado
Contenido de vitamina C (Ácido ascórbico)	Mg/100g	99.25	Hplc

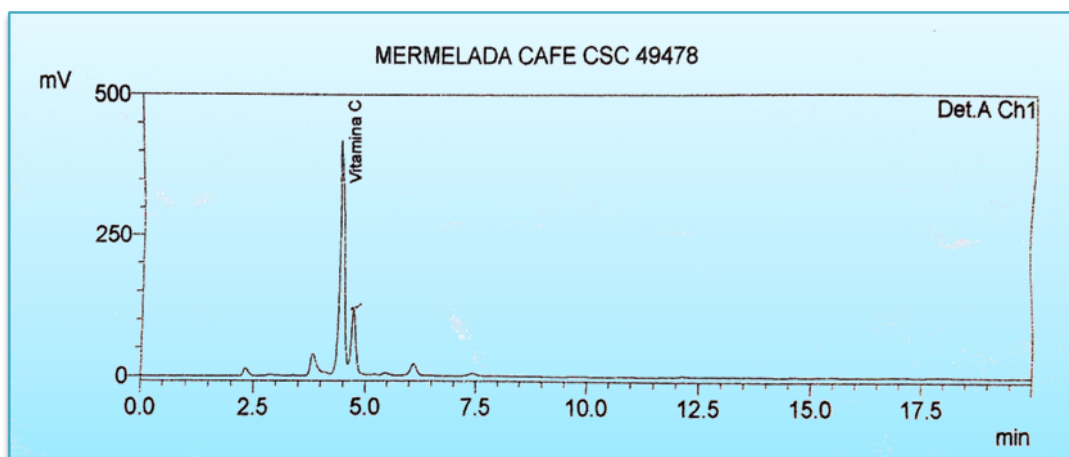
El AA (Ácido ascórbico) se clasifica como una vitamina hidrosoluble, razón por la cual es abundante en frutas cuyo contenido de agua es superior al 50 %; esta vitamina se degrada muy fácilmente por cambios de temperatura, incidencia de la radiación y concentración de oxígeno.

En la investigación se obtuvo una concentración del 99.25 mg/100g presentes en la matriz de mermelada de mucílago de café dentro de su composición, el cromatograma de la (figura 18), indica la aparición de un hombro en el pico de la vitamina C con un tiempo de retención de 4,47 min, lo cual implica la presencia representativa de vitamina C en este producto. Datos reportados por Flores, (2012) muestran que la mermelada de guayaba contiene 42,80 mg/100g de vitamina C; otros estudios indican presencia de vitamina C del 21,92 mg/100g en mermelada de uchuva, valores muy bajos en comparación con la mermelada de café.

Los compuestos no identificados corresponden a otros analitos presentes en el mucílago de café se intuye que sean tiamina, ribloflabina, niacina, etc, que se obtienen en el mismo nivel de lectura.

Con los resultados obtenidos en la cromatografía realizada por el método de HPLC en mermelada de mucílago de café, se presume que podrían ser utilizados en la industria alimenticia debido al alto contenido de vitamina C, suministrando como un alimento nutracéutico o funcional, ya que son sustancias de origen natural que al ingresar en el organismo se comportan como medicamentos, proporcionando un efecto beneficioso para la salud más allá de su valor nutricional básico.

Greenfield y Southgate, (2006) afirman que entre menor humedad contenga el alimento mejor será la conservación del contenido vitamínico en los alimentos, puesto que el agua es el principal vehículo de transporte de enzimas y demás sustancias que causan el deterioro.



**Figura 18.** Cromatograma mermelada de mucílago de café

### Tamizaje fitoquímico

En el presente estudio, el análisis fitoquímico fue realizado empleando métodos colorimétricos mediante los que se determinó cualitativamente metabolitos secundarios presentes en el mucílago de extracto seco. Se reveló la presencia de alcaloides como metabolitos secundarios más abundantes, dado que la cantidad de precipitado obtenido en las pruebas de Dragendorff y Wagner fue evidentemente muy marcado el color observado en cada prueba, Mayer no fue notorio su color, para lo cual fue negativo la prueba. Las pruebas también fueron notorias para flavonoides y taninos (prueba positiva para las reacciones de ácido clorhídrico y cloruro férrico). Grupos de metabolitos secundarios como saponinas y derivados antracénicos libres no fueron detectados en el presente estudio (tabla 4).

La presencia de diferentes metabolitos secundarios en el mucílago indica que a dicho extracto, se le puede atribuir diferentes procesos biosintéticos de actividad biológica.

**Tabla 6.** Resultado tamizaje fitoquímico

Grupo Funcional	Prueba en tubo de Ensayo	Resultado
<b>Taninos</b>	Cloruro férrico	+
<b>Alcaloides</b>	Dragendorff	+
	Mayer	+
	Wagner	-
<b>Saponinas</b>	Agua caliente	-
<b>Derivados antracénicos libres</b>	Reacción de Borntrager	-
<b>Flavonoides</b>	Prueba de ácido clorhídrico	+

### Actividad antioxidante

En relación a la evaluación de actividad antioxidante no se encontraron reportes en la literatura, de estudios para mucílago del café familia (*Coffea arabica*) L., 1753 donde se haya utilizado el método DPPH, ABTS y Flavonoides totales para determinar su actividad antioxidante, por eso se comparó con alguna literatura realizada en estudios de otros subproductos del café.

La actividad antioxidante es dependiente de la concentración del extracto o muestra. En la metodología que aplica el DPPH, los tiempos de incubación empleados son, en su mayoría, de 30 minutos y en algunos casos de 60 minutos en oscuridad

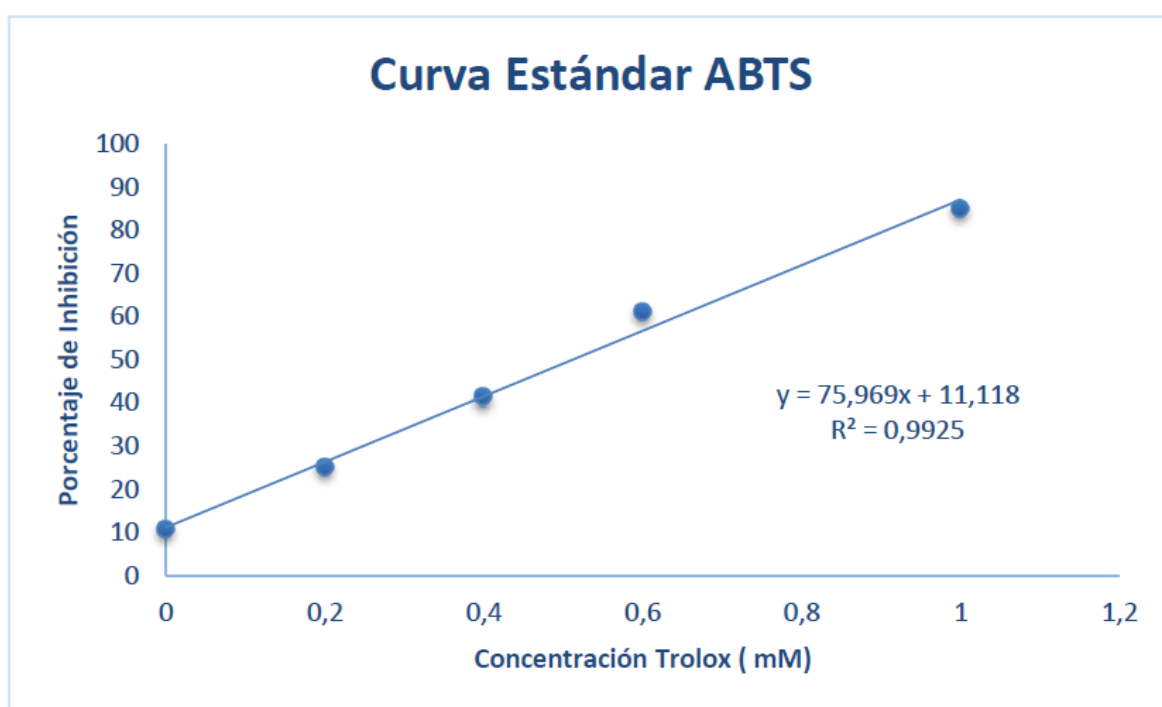
(Kuskoski *et al.*, 2004). El ABTS sus tiempos de incubación son entre 12 a 36 horas, y para flavonoides sus tiempos de incubación se presentan entre 5 a 6 minutos en oscuridad.

### **Contenido de ABTS**

En la (Tabla 7), se observa que la cuantificación de antioxidantes obtenidos con el método de ABTS fue de 19,200  $\mu\text{mol Trolox/ 100g}$  extracto seco; en estudios realizados por Días (2011), en pulpa fresca de café se reportó 17,93  $\mu\text{mol Trolox/ 100g}$  pulpa fresca este mismo autor obtuvo datos en borra de café de 2,280  $\mu\text{mol Trolox/ 100g}$ , datos menores en comparación a este estudio. Posterior a este López (2014), reportó para café tostado medio 416,94  $\mu\text{mol Trolox/ 100g}$  y para café tostado oscuro 127,15  $\mu\text{mol Trolox/ 100g}$  utilizando extracto etanólico como se realizó en este estudio, de esta manera se muestra una mayor capacidad antioxidante para café tostado medio, en comparación a nuestros datos obtenidos siendo estos resultados muy altos. Hay varias maneras de justificar estas diferencias; algunas de ellas son el empleo de distintos métodos para la evaluación de la capacidad antioxidante, las variedades del tipo de café empleado, la variación del tostado por condiciones de tiempo y temperatura, y finalmente en la obtención de mucílago ocurren muchos procesos de oxidación que pueden alterar la pérdida de antioxidantes.

**Tabla 7. Ensayo ABTS**

Muestra	(mg Trolox/100g de extracto seco) triplicado	Promedio ( $\mu\text{mol}$ Trolox/ 100g extracto seco)	CV%
Tipo de muestra líquida, de material vegetal especie <i>Coffea arabica</i>	4718,97	19,200	1,92
	4900,81		
	4839,25		



**Grafica 2.** Curva de calibración del trolox para la capacidad antioxidante por ABTS, se observa la relación lineal entre la concentración trolox y el porcentaje de inhibición del cation radical ABTS, indicando su capacidad para atrapar radicales libres.



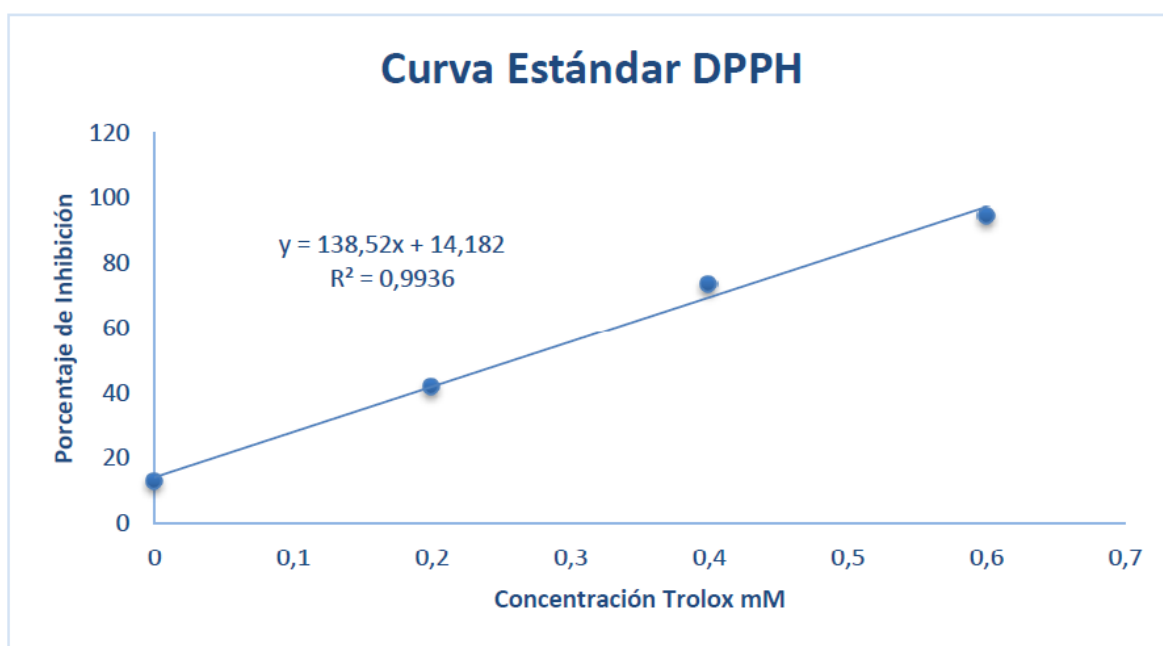
### Contenido de DPPH

En el resultado de la capacidad antioxidante en el extracto de subproducto de café ensayo por DPPH, su nivel de capacidad captadora de radicales fue de 13,291 um trolox/100g extracto seco, como se muestra en la (tabla 8).

Compuestos antioxidantes para pulpa fresca de café reportados por Días (2011), fueron de 22,85 um trolox/100g en pulpa fresca; otros estudios realizados por Cortes, Ortiz y Ramirez (2017), obtuvieron en pulpa fresca 25,22 um trolox/100g pulpa fresca, siendo estos resultados mayores a los valores obtenidos para este estudio. Naranjo, Vélez y Rojano (2011) determinaron antioxidantes en tazas de café de diferentes calidades, reportando un 17,028 um trolox/L para taza de café excelso D3, y para taza de café MQ pasilla de máquinas un 18,781 um trolox/L, valores cercanos a los obtenidos para mucílago. Cabe resaltar que se encontró una gran diferencia del subproducto de la borra de café con un valor de 1,93 um trolox/100g borra siendo este mucho menor a los conseguidos para mucílago. Se ha reportado que durante el procesamiento del café, el tostado afecta marcadamente su composición, debido a las altas temperaturas que conllevan a la pérdida de antioxidantes naturales presentes originalmente en el café, para el caso de la borra de café se demostró que contiene baja actividad antioxidante pero que puede ser utilizada para mejorar la calidad de la tierra aportando nitrógeno al suelo (López, 2014).

**Tabla 8.** Ensayo DPPH

Muestra	(mg Trolox/100g de extracto seco) triplicado	Promedio ( $\mu\text{mol}$ Trolox/ 100g extracto seco)	CV%
Tipo de muestra liquida, de material vegetal especie <i>Coffea arabica</i>	3358,18	13,291	1,64
	3358,28		
	3263,99		



**Grafica 3.** Curva de calibración del trolox para la capacidad antioxidante por DPPH, se observa la relación lineal entre la concentración trolox y el porcentaje de inhibición del cation radical DPPH, indicando su capacidad para atrapar radicales libres.

### Contenido de flavonoides

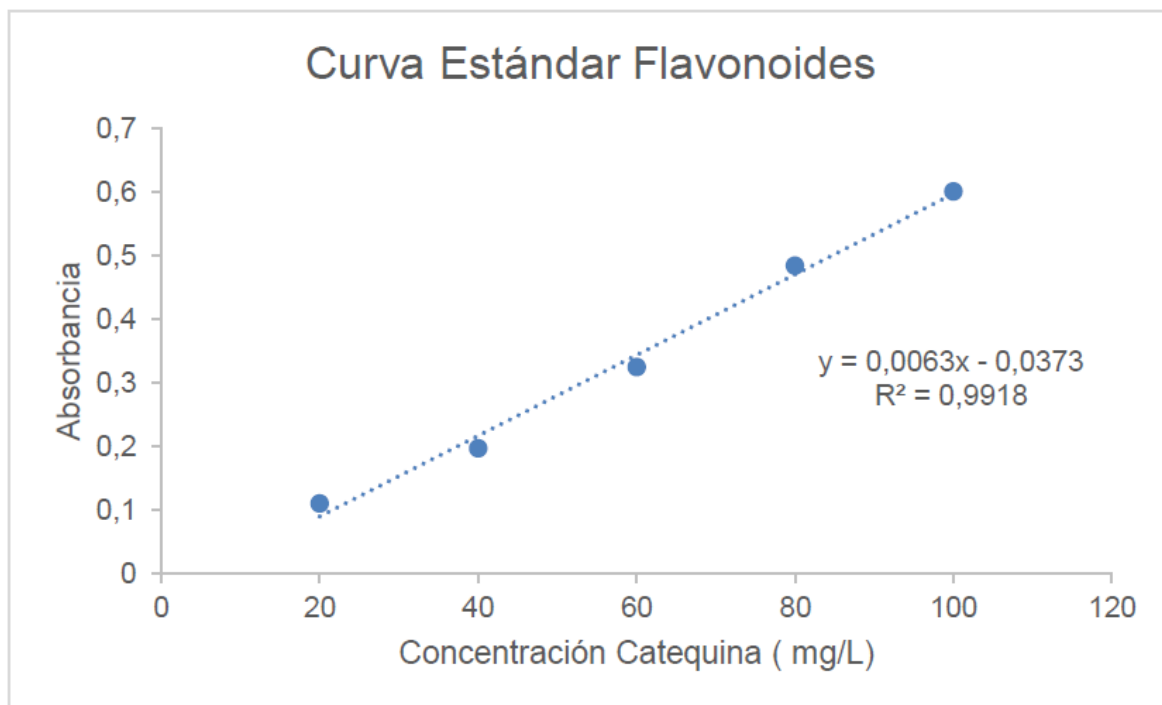
La cuantificación de flavonoides totales, se realizó debido al importante papel que cumple dichas moléculas como antioxidantes naturales; en esta investigación se encontró un alto contenido de flavonoides que fueron expresados en catequina, (Tablas 9). Entre mayor sea el contenido de flavonoides totales mayor es el

contenido de actividad antioxidante de la muestra, ya que dichos flavonoides están relacionados con dicha actividad (Vega *et al.*, 2017).

Se determinó el contenido de flavonoides totales (TFC) en comparación con el estándar de catequina, los resultados se observan en la (tabla 9) encontrándose valores de 714,71 mg catequina/100g extracto seco. En estudios realizados por Vega, De León y Reyes, (2017) determinaron el contenido de flavonoides totales los valores se muestran menores en café variedad arábica de 35,32 mg catequina/100g extracto seco, en café variedad geisha 38,29 mg catequina/100gES; López, (2014) reporto para grano de café tostado 38,35 mg catequina/100g extracto seco y para grano de café tostado oscuro 26,95 mg catequina/100g extracto seco, los datos reportados por estos autores concuerdan entre sí. Se considera que estas muestras son significativas entre los datos reportados, en lo que respecta al mucílago de café los resultados para este son mayores a los encontrados en granos de café, indicando que es de gran relevancia e interés, ya que son los primeros datos obtenidos del extracto acuoso del café, y, por ende, pueden servir como línea base para realizar futuros estudios acerca de las propiedades del mucílago café, que está adquiriendo auge a nivel comercial.

**Tabla 9.** Ensayo flavonoides totales

Muestra	(mg catequina/100g de extracto seco)	Promedio (mg catequina/ 100g Extracto seco)	CV%
Tipo de muestra líquida, de material vegetal especie <i>Coffea arabica</i>	694,03	714,71	2,94
	736,08		
	714,02		



**Grafica 4.** Curva de calibración concentración catequina, se observa la relación lineal entre la concentración y la absorbancia, indicando su capacidad para cuantificación de flavonoides.

### Correlaciones

Con la finalidad de determinar si hay una correlación entre los resultados de la actividad antioxidante por los métodos de DPPH y ABTS y el contenido de flavonoides totales por el método de catequina, se realizó el coeficiente de correlación de Pearson Según los resultados arrojados por esta prueba (grafica 3,4 y 5), el valor de TEAC para el ensayo de ABTS, DPPH y flavonoides totales se correlaciona positiva y significativamente.

Se puede ver en los Gráficos 3,4 que las curvas de calibración presentaron una alta linealidad con un  $R^2$  muy cercano a 1, para ambos métodos de medición de actividad antioxidante. De esta manera las curvas de calibración elaboradas se ajustan a los siguientes criterios: tienen un comportamiento lineal y la respuesta es directamente proporcional a las concentraciones utilizadas, lo que permite realizar la interpolación

para encontrar los valores de la actividad correspondiente para cada uno de los ensayos aplicados al extracto de mucílago de café con bastante precisión.

Según los valores obtenidos el método que mejor se correlaciona linealmente es DPPH•, seguido por ABTS+•, y flavonoides lo cual muestra una cercana correlación entre los métodos utilizados, ya que su coeficiente de correlación es superior al (0,99), esto puede deberse a que el extracto presenta compuestos de diferentes naturaleza.

Esto indica que la actividad antioxidante que se presenta en DPPH•, es casi en su totalidad por el contenido de fenoles y otros compuestos de otra naturaleza como taninos que aportan actividad antioxidante que se presentan en la muestra de mucílago. Una de las razones más probables es que este es un método más sensible y el radical que se genera es biológico, por lo que la explicación a la actividad captadora de radicales no es expresada en su totalidad por presencia de fenoles.

### **Elaboración del coproducto**

La mermelada fue elaborada en los laboratorios del parque tecnológico del café TECNICAFÉ La forma de preparación del producto final es material de reserva de la empresa. El mucílago recolectado en la finca los naranjos del municipio de Cajibío Cauca presentó un estado de uso óptimo que garantiza que las propiedades del mismo se encuentran en excelentes condiciones. De modo que la elaboración de la mermelada de mucílago del fruto de café aprovechando las cualidades del alimento, cumple con las especificaciones de la norma técnica colombiana 285 (NTC).



**Figura 19.** Producto terminado mermelada de Mucílago de café

## 11. CONCLUSIONES

- Los valores nutricionales, encontrados en la mermelada de mucilago de café comparado con las normas técnicas colombiana NTC reportan ser aptos para consumo humano.
- El mucílago de café es uno de los mayores subproductos de la industria del café y posee algunos componentes de importancia de acuerdo a su composición química proximal realizada como: fibra y carbohidratos con un 5.8% y 10,6 % respectivamente. Se concluye igualmente que el mucílago de café no es fuente rica en grasas, con 1,23%.
- Mediante el tamizaje fitoquímico, se realizó la determinación cualitativa de metabolitos que permitió evidenciar la presencia de algunos flavonoides, taninos, alcaloides los cuales son de alto valor biológico, a los cuales se les puede atribuir la actividad antioxidante del extracto.
- Los valores obtenidos de la actividad antioxidante son de gran importancia ya que tienen enormes propiedades funcionales e innumerables aplicaciones en varias áreas industriales, lo que podrían ser una fuente potencial de compuestos con actividad antioxidante para la industria alimentaria.

- El tiempo de incubación es necesario para realizar las medidas de DPPH, ABTS teniendo en cuenta que los radicales son estables. Debe señalarse que a pesar de las diferencias metodológicas, los resultados obtenidos con los métodos ABTS y DPPH permiten alcanzar conclusiones presumiendo que el método que presentó mayor actividad antioxidante fue el ABTS en comparación al DPPH entre mayor sea el porcentaje de atrapamiento del catión radical mayor es la actividad antioxidante del extracto.
- La utilización de subproductos del café presenta una alternativa para disminuir la contaminación ambiental y diseñar productos de alta calidad sensorial, y saludables gracias a su contenido de antioxidantes.
- Esta práctica me permitió afianzar en conocimientos tales como; técnicas en buenas prácticas de beneficio húmedo y seco, almacenamiento del grano de café, así mismo en el cuidado y conservación del recurso hídrico.

## **12.RECOMENDACIONES**

- Se recomienda en proyectos futuros analizar propiamente el tipo de proteínas que contiene el mucílago, si son proteínas fácilmente digeribles si contiene aminoácidos esenciales con el objetivo de complementar la información sobre el contenido proteico que pueda contener este mismo.
- Se recomienda realizar la separación y caracterización de los compuestos activos del extracto del mucílago, basados su alta capacidad antioxidante obtenida mediante los ensayos DPPH● y ABTS●+ y su contenido de flavonoides.

- Se recomienda realizar tanto los procesos de lavado y extracción del residuo en su punto de recolección, esto con el fin de evitar una posible degradación u oxidación en el residuo a estudiar.
- Se recomienda en proyectos futuros asociados a la obtención de antioxidantes y flavonoides totales a partir del mucílago de café, realizar por triplicado el proceso de extracción para una mayor confiabilidad del resultado.
- Se recomienda realizar fraccionamiento de estudio fitoquímico con la muestra de mucílago, puesto que la presencia de diferentes metabolitos en su composición química las hace fuentes promisorias en la búsqueda de biomoléculas con actividades biológicas.



### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Abarca, D *et al.*, 2010., “Residuos de café , cacao y cladodio de tuna : Fuentes promisorias de fibra dietaria”. *Revista Tecnologica de ESPOL- RTE* 23: 63–69.
2. Beatriz, Olga, y Ladino Soto, 2016. “Elaboración de una bebida alcohólica usando subproductos del proceso de beneficio del café ( pulpa de café ) elaboration of an alcoholic drink by using byproducts of the coffee benefit process ( coffee pulp ) Resumen Introducción Metodología”. *revista Nova (colombia)* 2(2): 44–49.
3. Blandon, G, M T Davila, y N Rodriguez, 1999. “Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago”. *Cenicafé* 50(1): 5–23.
4. Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier, y C. Berset, 1995. “Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity”. *LWT - Food Science and Technology* 28(1): 25–30.
5. Carvajal, Mayra, 2015. ‘ Manual técnico de parámetros de calidad nutritiva y nutraceútica de la mora de castilla ( rubus glaucus ) deshidratada " uniandes facultad de ciencias médicas bioquímico farmacéutico.
6. Coronado, M *et al.*, 2015. “Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana”. *Revista chilena de nutrición* 42(2): 206–12.
7. Cortés, G, G Prieto, y W Nuñez, 2015. “Caracterización bromatológica y fisicoquímica de la uchuva ( *Physalis peruviana* L . ) y su posible aplicación como alimento nutracéutico”. *Revista Ciencia en Desarrollo* 6(1): 87–97.

8. Cortes, S, A Ortiz, y S Ramirez, 2017. “Determinación de antioxidante en subproductos de café producido y comercializado en Risaralda (Colombia). Determination of antioxidant in coffee products produced and marketed in Risaralda (Colombia)”. : 1–8.
9. Días, Alejandra, 2011. Director “Pulpa de café : *Coffea arabica* L :como fuente alternativa de antioxidantes”.
10. Dominguez, X.A, 1985. “Quinonas”. En *Métodos de investigación fitoquímica*, 161–64.
11. Farfán, F., y A. Mestre, 2004. “Manejo del sombrío y fertilización del café en la zona central Colombiana”. *Avances Técnicos Cenicafé* 330(120–178): 1–8.
12. Figueroa, J, y J Mendoza, 2010. “Cuantificación de minerales K, Ca, Mg y P en pulpa y pergamino de café (*Coffea arabica* L. var. Typica)”. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(2): 221–30.
13. Flores, Jacqueline, 2012. “Elaboracion y evaluacion nutricional comparativa de mermelada de guayaba (*Psidium guajava*) deshidratada frente a mermeladas casera e industrial”.
14. Fonseca, L, L Calderon, y M Rivera, 2014. “Capacidad antioxidante y contenido de fenoles en café y subproductos del café producido y comercializado en norte de Santander (Colombia)”. *Vitae* 21(3): 228–36.
15. Garavito, Adriana, y G Puerta, 1998. “Utilización del mucílago de café en la alimentación de cerdos”. *Cenicafé* (248): 1–12.
16. García, J, 2008. *Contabilidad de Costos.1* McGraw- Hill Interamericana
17. Gast, H *et al.*, 2013. *Cenicafé - FNC Manual del cafetero colombiano investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Tomo II)*. Cenicafé. ed. O Parra.

18. Girón, J., 2017. "Conformacion de un grupo de evaluadores sensoriales especializados en café."
19. Gotteland, M, y P Saturnino., 2007. "Algunas verdades sobre el café some trues concerning the Coffee ." *Revista chilena de nutrición* 34: 5–24.
20. Greenfield, H., y D.a.T. Southgate., 2006. "Examen de los métodos de análisis". en *datos de composición de alimentos "Obtención, gestión y utilización"*, 107–22.
21. Gutierrez, Tania, Olga Hoyos, y Martha Páez., 2007. "Ascorbic acid determination in gooseberry". *Revista Biotecnología II* 5(1): 70–79.
22. Heim, Kelly E., Anthony R. Tagliaferro, y Dennis J. Bobilya, 2002. "Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships". *Journal of Nutritional Biochemistry* 13(10): 572–84.
23. ICBF. 2015. *Icbf Tabla de Composición de Alimentos Colombianos*.
24. IDEAM. 2016. "IDEAM". [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co).
25. Jaramillo, A. 2012. "Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café (Coffea arabica:Rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia." Universidad Nacional de Colombia.
26. Kim, Dae Ok, Ki Won Lee, Hyong Joo Lee, y Chang Yong Lee. 2002. "Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(13): 3713–17.
27. Kumarappan, C, E Thilagam, y C Mandal., 2012. "Antioxidant activity of polyphenolic extracts of ichnocarpus frutescens". *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3): 349–55.
28. Kuskoski, E. Marta *et al.*, 2004. "Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos". *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 24(4): 691–93.

29. Londoño, Liliana *et al.*, 2016. "Caracterización del sorgo ( *Sorghum bicolor* L .) y pulpa de café ( *Coffea arabica* ) como sustrato en fermentación en estado sólido Characterization of sorghum ( *Sorghum bicolor* L .) and coffee pulp ( *Coffea arabica* ) as substrate for solid st". 34: 1156–58.
30. López, Dunia, 2014. "Composición química y nutracéutica del residuo sólido del café ( *Coffea arabica* ) L utilizado y la actividad de los productos de su fermentación colónica in vitro en un modelo de inflamación".
31. Marwah, Ruchi G. *et al.* 2007. "Antioxidant capacity of some edible and wound healing plants in Oman". *Food Chemistry* 101(2): 465–70.
32. Matuk, V, G Puerta, y N Rodríguez, 1997. "Impacto biológico de los efluentes del beneficio humedo del café". *Cenicafé* 48(4): 234–52.
33. Ministerio de la protección Social, 2008. "Resolucion numero 288 de 2008". 2008: 1–54.
34. Moguel, P, y V M Toledo, 1999. "Biodiversity conservation in tradicional Coffee systems of Mexico". *Conservation Biology* 13(1): 11–21.
35. Naranjo, Mauricio, Luz. Vélez, y Benjamin Rojano, 2011. "Actividad antioxidante de café Colombiano de diferentes calidades". *Revista cubana de Plantas Medicinales* 16(2): 164–73.
36. Narvaez, V, 2015. "Estatutos Corporación Parque Tecnológico TECNICAFÉ". : 24.
37. Noriega, J., Monroy-G., y E Valencia, 2012. "Estructura de un ensamblaje de escarabajos coprófagos uso del suelo en Antioquia, Colombia". *Actual Biol* 34(96): 43–54.
38. Ochoa, A, L Peñalosa, M Muñoz, y G Mosquera, 2013. "Guía para los Consumidores sobre rotulado nutricional de alimentos envasados". : 1–66.

39. Peñuela, Esther, C Oliveros, y J Sanz, 2010. Cenicafé “Remoción del mucílago de café a través de fermentación natural”.
40. Perfecto, I, y J Vandermeer, 2008. “Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm”. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134: 173–200.
41. Ramirez, D, 2010. “Café, cafeina Vs. salud revision de los efectos del consumo de café en la salud”. *Revista Centro de Estudios en Salud* 1(12): 156–67.
42. Rathinavelu, R, y G Graziosi, 2005. “Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café”. *Central European Journal of Chemistry* (942): 4.
43. Re, Roberta *et al.*, 1999. “Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay”. *Free Radical Biology and Medicine* 26(9–10): 1231–37.
44. Ricketts, T, 2004. “Tropical Forest Fragments Enhance Pollinator Activity in Nearby Coffee Crops”. *Conservation Biology* 18(5): 1262–71.
45. Robles, M *et al.* 2007. “Frutos tropicales mínimamente procesados: potencial antioxidante y su impacto en la salud”. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América* 32(4): 227–32.
46. Rodríguez, N, 2000. “Manejo de residuos en la agroindustria cafetera”. *Seminario Internacional Gestión Integral De Residuos Sólidos Y Peligrosos, Siglo Xxi*: 1–10.
47. Rodríguez, N, y D Zambrano, 2010. “Los subproductos del café: fuente de energía renovable”. *Avances Técnicos Cenicafé* (3): 8.
48. La Rosa Agulera, M *et al.*, 2013. “Análisis de la estructura de la propiedad en

- el municipio de Cajibío (Cauca)". *Convenio INCODER - Centro de estudios Interculturales - Pontificia Universidad Javeriana Cali. Coordinación: Carlos Duarte* 1: 67.
49. Ruiz, D, y A Varela, 2010. Antioxidantes naturais. Aspectos saludables, toxicologicos de aplicacion industriais *Antioxidantes naturales. Aspectos saludables, toxicológicos y aplicaciones industriales*. Xunta de G. Santiago de Compostela.
50. Salazar, Adrianyela Noriega, Ramón Silva Acuña, Y Moraima, y García De Salcedo, 2008. "Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal". *Zootecnia Trop* 26(4): 411–19.
51. Spáčil, Zdeněk, Lucie Nováková, y Petr Solich, 2008. "Analysis of phenolic compounds by high performance liquid chromatography and ultra performance liquid chromatography". *Talanta* 76(1): 189–99.
52. Suarez, Jesus. 2012. "Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio de café, en el municipio de Betania Antioquia: Usos y aplicaciones".
53. Tobar, J, 2013. "Determinación de la actividad antioxidante por DPPHY ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecoregion cafetera". *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9): 1689–99.
54. Valdés, P, 2013. "Situación mundial del síndrome de colapso de las abejas". *Agrimundo Inteligencia Competitiva para el Sector Agroalimentario*: 1–4.
55. Valle, M, y G Rodríguez, 2011. "Evaluación de vitamina C por HPLC en el desarrollo postcosecha del tomate ( *Solanum lycopersicum* v . Dominator )". *Revista Eciperú* 8(1): 48–53.

56. Vásquez de Díaz, M, P Prada, y M Mondragón, 2010. “Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos”. *Nova - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* 8(Julio-Diciembre 2010): 213–19.
57. Vega, Aracelly, Javier . De León, y Stephany . Reyes, 2017. “Determinación del contenido de polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de 34 cafés Comerciales de panamá”. *Informacion Tecnologica* 28(4): 29–38.