



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA



TÍTULO DE TESIS

***“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA
CEREZA DEL CAFÉ *Coffea arábica* L.”.***

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO
FARMACOBIOLOGO**

PRESENTADO POR:

p Q.F.B. DIANA LETICIA ORDAZ DURAN

ASESOR DE TESIS:

M. C. ROSA MARÍA GARCÍA MARTÍNEZ

MÉXICO, MORELIA MICHOACÁN, MAYO 2018

DEDICATORIA

A mis padres, RAFAEL ORDAZ OROBIO Y MA LETICIA DURAN BACA, que gracias a su apoyo incondicional, cariño, fe, y sacrificio, hoy concluyo una nueva etapa en la vida.

A mis hermanos Rafa y Esaul, que siempre me han acompañado en el caminar protegiendome y cuidándome siempre.

A mi familia materna y paterna, que siempre me han demostrado su cariño y comprensión.

A la mi asesora Rosa María García Martínez por haberme dedicado su tiempo y enseñanza a lo largo de esta etapa universitaria.

A dos eslabones importantes en mi carrera universitaria mis amigas y maestras QFB Gloria Cornelio y M.C Diana Maya.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inicialmente a **DIOS** por permitirme lograr esta nueva etapa en mi vida, por permitirme darme dos padres generosos que siempre están conmigo. A **MIS PADRES** agradezco por su apoyo y confianza en todo lo necesario para cumplir mis objetivos personales y como estudiante, por hacer de mí una mejor persona con sus consejos, enseñanzas y amor. A **MIS HERMANOS** por siempre estar pendiente de mí y apoyándome a sus diferentes maneras. A mis **TIOS, PRIMOS Y ABUELOS** por estar siempre pendiente de mí y con su cariño incondicional.

A una parte esencial en la vida de todo ser humano una segunda familia llamada **AMIGOS**, esos amigos que siempre están contigo en las buenas y en las malas, amigos de infancia y juventud amigos “opus dei”, Leslie, Ale, May, Adri, Tere, Esaul, Charly, Romel, Martin, chicharo, amigos que vas conociendo a lo largo de tu vida que hacen de este caminar una mejor versión de ti, amigos universitarios; Andrea, Lalo, Braulio, Esaul, Rosita, Marlen, Alex, Toño, fer, Bianca, Pao, Triny, Marleny, Ross, Oscar, Monse, fer niño, Naty, Lore, gema, Glory, amigos del servicio social, y aunque muchos toman caminos distintos pero forman parte de ti, amigos y compañeros de los diferentes semestres que conocí, amigos de la orientación de Alimentos 02 (la mejor). Gracias por permitirme y enseñarme lo que es una verdadera amistad.

A los profesores que formaron parte de mi educación que muchos de ellos llegas considerarlos amigos que logran destacar de ti tus capacidades intelectuales y forjar así un futuro exitoso.

A la persona que gracias a ella fue realizado este trabajo mi asesora M.C Rosa María García Martínez por haber confiado este proyecto en mí, por dedicar sus enseñanzas, tiempo y sabiduría y siempre estar al pendiente de mí. A la Química Glo por estar conmigo en todo momento en el laboratorio y eventos que asistíamos parte fundamental de este proyecto y a la maestra Diana reforzando mis conocimientos en todo momento, a quienes ahora considero parte de mi familia y amigos gracias a las tres. De igual manera a los profesores del laboratorio de alimentos.

A mis sinodales por haber aceptado ser parte de este trabajo y poner de su tiempo para que pueda ser concluido este proyecto.

Contenido

RESUMEN	7
I.- INTRODUCCIÓN	10
JUSTIFICACION	11
HIPOTESIS	11
II.- OBJETIVOS	12
1.- Objetivo general.....	12
2.- Objetivos específicos	12
III.- MARCO TEÓRICO	13
ORIGEN Y DISTRIBUCION.....	13
3.1CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA DEL CAFÉ.....	14
DESCRIPCION BOTANICA Y CLASIFICACIÓN.....	14
3.2 ESPECIES Y VARIEDADES DE CAFÉ	18
3.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UN GRANO DE CAFÉ	21
3.5 TRATAMIENTO DEL CAFÉ	22
3.5.1 MÉTODO SECO	22
3.5.2 MÉTODO HÚMEDO	22
3.6 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN MÉXICO	26
3.6.1 PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE CAFÉ EN MÉXICO	27
3.7 PRINCIPALES USOS.....	29
4.- ALIMENTOS SUSTENTABLES Y SU APLICACIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE	32
5. ALIMENTOS FUNCIONALES	33
6.- ANTIOXIDANTES	36
6.3.1 Vitaminas	37
6.3.2 Minerales:.....	38
6.3.3 Fotoquímicos protectores	38

6.3.4 Taninos.....	40
7.- Fibra alimentaria	40
7.2 Clasificación	42
7.3 Funciones de los tipos de fibras.....	44
7.4 Ingesta diaria recomendada.....	45
8.- SEGURIDAD ALIMENTARIA	46
8.1 Los cuatro fundamentos de la seguridad alimentaria.....	46
9.- MATERIALES Y METODOS	48
9.1 MATERIALES Y EQUIPOS.....	48
9.2 METODOLOGIA	49
9.2.1 DIAGRAMA DE METODOLOGÍA	49
Determinación de humedad (Método 934.01, AACC 2000).....	49
Determinación de cenizas o minerales (Método 44.19 AACC, 2000)	49
Determinación de grasa total (Método 920.85 AACC, 2000).....	50
Determinación de proteína (AACC, 2000)	50
Determinación de fibra dietética (Prosky <i>et al.</i> , 1998)	50
Determinación de holocelulosa (Hemicelulosa y celulosa) (Wise, 1946).....	51
Determinación de lignina (Runkel y Wilke, 1951)	52
Determinación de celulosa.....	52
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PULPA.....	56
10.1.1 ANALISIS BROMATOLOGICO	56
10.1.2 CONTENIDO DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES	59
10.1.3 DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENOLICOS	60
10.1.4 % DE INHIBICIÓN DE LOS RADICALES ABTS Y DPPH	62
10.1.5 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	64
11. CONCLUSIONES.....	69
BIBLIOGRAFÍA	70

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tallo y ramas del café	14
Ilustración 2. Hojas pequeñas del café	15
Ilustración 3. La flor del café	16
Ilustración 4 . Partes del fruto del café	18
Ilustración 5. Despulpado del café.....	23
Ilustración 6. Fermentación del café.....	23
Ilustración 7. Secado del café	24
Ilustración 8. Trillado del café	25
Ilustración 9. Pulido del café	25
Ilustración 10. Trilla del café	26
Ilustración 11. Tueste del café.....	26

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificación de la Coffea arábica	19
Tabla 2. Especificación de la Coffea Canephora	20
Tabla 3. Especificaciones de la Coffea liberia	20
Tabla 4 . Principales componente químicos del Café	21
Tabla 5. Producción anual de café en Estados Mexicanos	28
Tabla 6. Grupo de flavonoides dietarios y sus fuentes	39
Tabla 7. Principales componentes de la fibra dietética	41
Tabla 8. Clasificación tradicional de la fibra	43
Tabla 9. Efectos fisiológicos de la fibra	45
Tabla 10. Análisis bromatológico de la pulpa de café fresca.	56
Tabla 11. Análisis bromatológico en pulpa deshidratada	57
Tabla 12. Análisis bromatológico de la pulpa deshidratada con la cubierta.	58
Tabla 13. Comparación de los resultados basados en los análisis bromatológicos.	59
Tabla 14. Contenido de compuestos en la pulpa de café	60
Tabla 15. Determinación de polifenoles en la pulpa de café	63
Tabla 16. Porcentaje de inhibición para los diferentes solventes utilizados	66
Tabla 17. Determinación de antioxidantes por los métodos DPPH y ABTS	64

INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Cuantificación de fenoles Totales	67
Grafica 2. Concentración de antioxidantes en la pulpa de café con radical dpph	68
Grafica 3. Concentración de antioxidantes en la pulpa de café con radical abts.....	66

RESUMEN

El café es una de las mercancías más comercializadas en el mundo, y genera una gran cantidad de residuos o subproductos durante el procesamiento hasta la obtención de la bebida. La cáscara, pulpa y piel comprenden casi el 45% de la cereza del café, y que son los principales subproductos de esta industria. El objetivo de este trabajo es aprovechar este producto secundario (pulpa de café) derivado de la producción del café y explotar sus propiedades nutricionales y antioxidantes para la obtención de un alimento funcional presentándolo como una botana crujiente obtenida del proceso de deshidratación solar de la cereza de café posteriormente bañada con una cubierta de sustituto de cacao.

El estudio se le realizó a la cereza de café en estado maduro en tres presentaciones, es decir, en estado fresco, estado deshidratado y estado deshidratado con la cubierta de cacao perteneciente a la variedad *arabica*, la cual se adquirió en zonas aldeanas a la ciudad de Morelia Michoacán. La cereza de café fue separada de forma manual del grano del café, para su posterior deshidratación solar. El análisis proximal realizado se basó en la metodología descrita en el AOAC, completando con la determinación de fibra dietética utilizando el método enzimático de Prosky 1998. Así mismo también se le determinó la actividad y capacidad antioxidante basándose en la metodología de Brand-Williams *et al.*, (1995) usando como agente oxidante el ABTS y DPPH en diferentes mezclas de solventes para evaluar la mejor mezcla de extracción; obteniendo un resultado favorable para la mezcla de solventes metanol/agua en nuestras tres presentaciones, con una cantidad de 898.81 $\mu\text{mol ET/gr}$; para la cereza en estado deshidratado; 861.17 $\mu\text{mol ET/gr}$ para la cereza deshidratada con el sustituto de cacao; 744.81 $\mu\text{mol ET/gr}$ para la cereza de café en estado fresco, estos resultados fueron obtenidos con el radical DPPH, para el ion ABTS los resultados fueron también favorecidos para la mezcla de solventes metanol/agua con un resultado mayoritario de 18.31 $\mu\text{mol ET/gr}$ para la cereza en estado deshidratado; 14.27 $\mu\text{mol ET/gr}$ para la cereza de café con la cubierta de sustituto de cacao y 9.52 $\mu\text{mol ET/gr}$ para la pulpa de café en estado fresca. Se

cuantificaron también la cantidad de polifenoles presentes en nuestra cereza de café a través de la metodología descrita por Follin-Ciocalteu, en donde se obtuvo un resultado de 24.487 mg EAG/g.

Palabras clave: pulpa de café, subproducto, antioxidantes, Alimento funcionales, Fibra Dietetica.

ABSTRACT

The coffee is one of the most marketed products in the world, it generates a big quantity of residues or by-products in its process until we get the drink. The skin, the grain and the husk comprising almost the 45% of the coffee bean, they are the most important by-products in the coffee industry. The purpose of this thesis is to take advantage of this by-product (skin) derived from coffee production, exploiting its nutritional and antioxidant properties for the obtaining of a functional foodstuff by way of crunchy snack from the coffee bean's solar drying, subsequently it is covered with cacao's substitute.

The study was done to the ripe skin in three different ways, it means, fresh, dried and dried with the husk, which belongs to the Arabica variety, which was bought in the areas around Morelia, Michoacán. The skin was separated, by hand, from the coffee grain, after that it was dehydrated using direct solar energy. The Proximate analysis was based on the methodology described in the AOAC, completed by determining of dietary fiber using the enzymatic method described by Prosky 1998. Also, it was determined the activity and capacity from the antioxidant, based on the methodology described by Brand-Williams et al., (1995), using as an oxidizing agent the ABTS y DPPH in different solvent blends to evaluate the best blend of extraction, obtaining a satisfactory result to the solvent blend methanol/water, in our three ways, with a quantity of 898.81 $\mu\text{molET/gr}$ to the dried skin, 861.17 $\mu\text{molET/gr}$ to the dried skin with the cacao's substitute, 744.81 $\mu\text{molET/gr}$ to the fresh skin, these results were obtained with the radical DPPH, to the ion ABTS the results also were favored to the solvent blend methanol/water with the majority result 18.31 $\mu\text{molET/gr}$ to the dried skin; 14.27 $\mu\text{molET/gr}$ to the dried skin with the cacao's substitute and 9.52 $\mu\text{molET/gr}$ to the fresh skin. Also it was quantified as the quantity of polyphenols were present in our coffee bean with the methodology described by Follin-Ciocalteu with whom it was obtained a result of 24.487 mg EAG/g.

Key words: coffee pulp, by-product, antioxidants, functional food

I.- INTRODUCCIÓN

La investigación actual en temas de alimentación está muy centrada en la búsqueda e identificación de aquellos componentes de los alimentos que puedan ser beneficiosos para la salud y la prevención de enfermedades, de manera que, incorporados a la dieta habitual o añadidos a otros alimentos, puedan suponer un efecto saludable. El alimento de interés para la investigación en ésta tesis es la cereza del café; producto de origen vegetal que, como tal, presenta una serie de componentes similares a otros encontrados en frutas y verduras, en el cacao y en el té. Contiene vitaminas, minerales y cientos de compuestos diferentes que pueden tener efectos diversos sobre el organismo humano (Franco & Lizarraga, 2014).

El café es considerado como una de las materias primas más importantes a las que se les da seguimiento en la economía mundial. Es así que para muchos de los países menos adelantados del mundo, las exportaciones de café representan una parte fundamental de sus ingresos en divisas, en algunos casos más del 80%, ocupando el café el tercer lugar de generador de divisas en el país de México ya que se cultivan 7000 hectáreas, distribuidas principalmente en los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla, Guerrero y Oaxaca (Alvarez, 2015).

La producción cafetalera posee un alto valor económico y social, además la actividad desempeña un papel ambiental importante, ya que su producción se da bajo sistemas que mantienen una cubierta vegetal casi permanente sobre el suelo, reduciendo así los problemas de erosión. La combinación de los beneficios económicos, sociales y ambientales que genera el cultivo del café hace necesaria que los agentes involucrados en el sector promuevan los incentivos necesarios para apoyar la competitividad y crecimiento económico del grano (Flores, 2015).

Hoy en día después de la investigación de componentes de productos naturales o sus subproductos, que son benéficos para la salud en el organismo humano, se han desarrollado diferentes tipos de alimentos, los cuales le dan un valor agregado cumpliendo con propiedades funcionales, qué hacen de éstos un alimento atractivo para el consumo humano.

JUSTIFICACION

Este estudio pretende lograr que uno de los principales productos secundarios en la industria cafetalera como lo es la cereza del café sea aprovechada de una manera que beneficie la salud del ser humano, pues se pretende investigar sus principales propiedades y componentes que esta aporta, así como también los antioxidantes, y el aporte de fibra que esta nos ofrece y poder así incorporarla a la elaboración de una botana crujiente que nos ayude a retrasar o prevenir ciertos procesos de oxidación celular provocados por los radicales libres a los cuales estamos expuestos, previniendo así aquellas enfermedades como cardiovasculares, intestinales e inclusive hasta ciertos tipos de cáncer.

HIPOTESIS

La deshidratación solar de la cereza de café será favorable para la concentración y conservación de los componentes nutritivos presentes en ella, específicamente que esta nos aporta como lo es el contenido de fibra y propiedades de capacidad antioxidante para la elaboración de la botana con este producto secundario.

II.- OBJETIVOS

1.- Objetivo general

Rescatar la cereza de café para evaluar su capacidad antioxidante así como polifenoles totales y darle un valor agregado elaborando una botana dulce crujiente que cumpla con propiedades funcionales.

2.- Objetivos específicos

- Identificar y conocer las características generales del café.
- Separar y dar tratamiento de secado de la cereza de café.
- Elaborar la botana propuesta con la cereza de café y posteriormente caracterizarla cereza de café en sus tres presentaciones como lo es en estado fresco, deshidratado y con la cubierta de sustituto de cacao de acuerdo al método OACC.
- Cuantificar la capacidad antioxidante de la cereza de café por los métodos ABT'S y DPPH.

III.- MARCO TEÓRICO

ORIGEN Y DISTRIBUCION

El café arábico se originó en las tierras altas de más de 1000 m.s.n.m. de Etiopía y Sudán, África. En los años 575 y 890, los persas lo llevaron a Arabia y Yemen, en tanto que los nativos africanos lo extendieron a Mozambique y Madagascar. De aquí los holandeses y los portugueses, entre los años 1600 y 1700, lo trasladaron a Ceilán, posteriormente a Java y a la India, así como a otras regiones de Asia y África. El café procede de Abisinia, es una región que se sitúa al noreste de África entre el mar rojo y el río Nilo, que constituye principalmente lo que hoy en día se conoce como Etiopía (Mora, 2008).

En 1727 fue trasladado de Sumatra a Brasil, luego paso a Perú y Paraguay. Posteriormente se extendió a Puerto Rico y el salvador en 1740; a Guatemala, en 1750; a Bolivia, Ecuador y Panamá en 1784; por último, a Costa Rica, procedente de Cuba y Guatemala entre 1796 y 1798 (Alvarado & Rojas, 2007).

Se sabe que en un primer momento sus pobladores elaboraron una bebida alcohólica dejando fermentar su fruto maduro. Pero fueron los árabes los primeros en extraer los granos del café, tostarlos, molerlos y mezclarlos con agua caliente.

En Europa se introduce en el siglo XVI por mercaderes venecianos y no pasó mucho tiempo para que esta deliciosa bebida se extendiera por todo el mundo. Otra de las más conocidas leyendas, dice que un pastor llamado Kaldi conducía a su rebaño en Etiopía. Un día las cabras encontraron unos cafetos y comieron sus bayas y masticaron las hojas, llegada la noche las cabras en lugar de dormir se pusieron a retozar alegremente y mantuvieron la energía toda la noche (Mora, 2008).

Actualmente el café se produce en cuatro de los cinco continentes del mundo; África, Asia, Oceanía y América. De todos estos continentes es América la que lleva la supremacía en cuanto a los métodos de cultivo, formas de producción, número de países que lo producen (Mora, 2008).

Cómo productor de café, México ocupa el quinto lugar a nivel mundial, después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam, México es el primer productor mundial de café orgánico y uno de los primeros café “Gourmet” (D.F., 2001).

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PLANTA DEL CAFÉ

DESCRIPCION BOTANICA Y CLASIFICACIÓN

A. Tallo y Ramas

El arbusto de café está compuesto generalmente de un solo tallo o eje central. El tallo exhibe dos tipos de crecimiento. Uno que hace crecer al arbusto verticalmente y otro en forma horizontal o lateral. El crecimiento vertical u ortotrópico es originado por una zona de crecimiento activo o plúmula en el ápice de la planta que va alargando a ésta durante toda su vida, formando el tallo central, nudos y entrenudos. En los primeros 9 a 11 nudos de una planta joven sólo brotan hojas. De ahí en adelante ésta comienza a emitir ramas laterales (Monroig, 2017).



Ilustración 1. Tallo y ramas del café

B. Raíces

Al igual que en el tallo en el sistema radical hay un eje central o raíz pivotante que crece y se desarrolla en forma cónica. Esta puede alcanzar hasta un metro de profundidad si las condiciones del suelo lo permiten.

C. Hojas

El árbol del café presenta hojas opuestas verdes brillantes, con márgenes lisos. En las ramas, un par de hojas aparece cada 15 ó 20 días aproximadamente. Independiente de la densidad de siembra, un cafeto de un año de edad tiene 440 hojas en promedio (Arias, 2012).



Ilustración 2. Hojas pequeñas del café

D. florescencia

Las flores son pequeñas, de color blanco y de olor fragante. Los cinco pétalos de la corola se unen formando un tubo. El número de pétalos puede variar de 4 a 9 dependiendo de la especie y la variedad. El cáliz está dividido en 4 a 5 sépalos (Monroig M. , 2017).

El proceso de formación de las flores del cafeto puede durar de 4 a 5 meses, donde se presentan las siguientes etapas:

1. Iniciación floral y diferenciación
2. Un corto periodo de latencia
3. Renovación rápida del crecimiento botón floral
4. Apertura de las yemas

La fase final del desarrollo de la flor está condicionada por la suspensión del periodo de latencia y solo se da por la presencia de lluvia después de un periodo prolongado de verano, caída repentina de la temporada o aun, neblina intensa al final de un periodo seco.

La fecundación de la flor ocurre cuando un grano de polen se pone en contacto con el óvulo. Si este recibe el polen de la misma flor, se da la autofecundación. En el cafeto la autofecundación es un poco mayor del 90% (Arias, 2012).



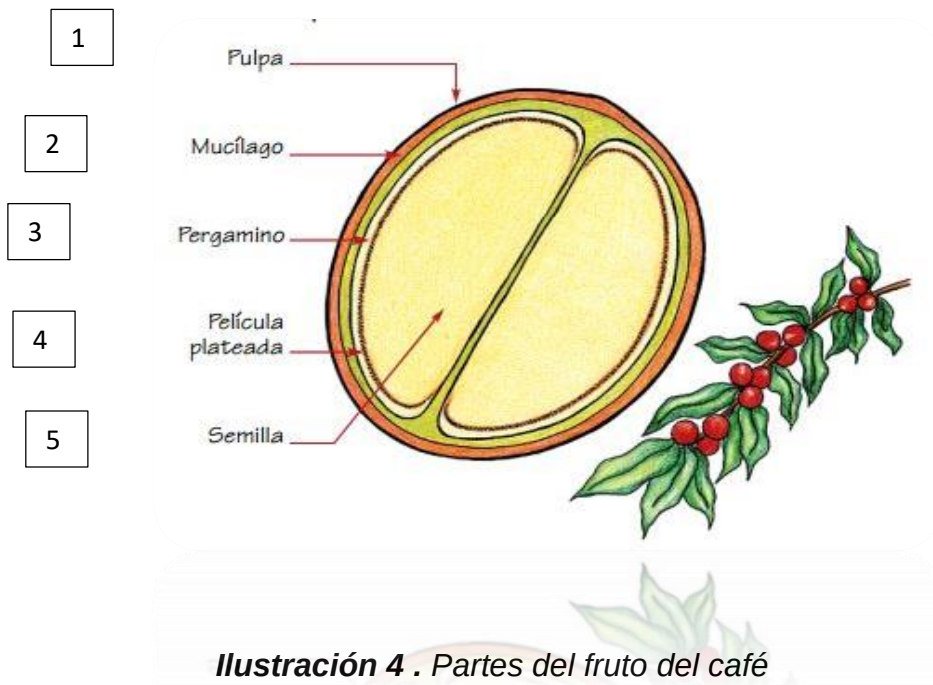
Ilustración 3. La flor del café

E. El fruto del cafeto es una drupa.

Es de forma ovalada o elipsoidal ligeramente aplanada. Contiene normalmente dos semillas plano convexas separadas por el tabique (surco) interno del ovario. Pueden presentarse tres semillas o más en casos de ovarios tricelulares o pluricelulares o por falsa poliembrionía (cuando ovarios bicelulares presentan más de un óvulo en cada célula). A causa del aborto de un óvulo se puede originar un fruto de una sola semilla (caracolillo). El fruto es de color verde al principio, luego se torna amarillo y finalmente rojo aunque algunas variedades maduran color amarillo con un tamaño similar a una cereza, es por ellos que en muchos lugares productores de estos frutos los conocen como “cereza del café”.

Las partes de la fruta desde el exterior al interior son:

1. Epicarpio (cutícula, cáscara, pulpa): de color rojo o amarillo en su madurez, jugoso y envuelve todas las demás partes del fruto.
2. Mesocarpio (mucílago, baba): de consistencia gelatinosa y color cremoso.
3. Endocarpio (pergamino, cascarilla): cubierta corácea de color crema a marrón que envuelve la semilla.
4. Espermoderma (película plateada): envuelve la semilla (integumento seminal)
5. Endospermo: la semilla propiamente constituida
6. Embrión: localizado en la superficie convexa de la semilla y representado por un hipocotíleo y dos cotiledones.



(Monroig M. , 2017).

3.2 ESPECIES Y VARIEDADES DE CAFÉ

El café como grupo botánico está constituido por más de 100 especies de una gran “familia”, conocida como el género *Coffea*. De acuerdo a la región y clima de origen se desarrollaron diferentes tipos de cafetos, con constituciones genéticas diversas (tamaño y forma de las plantas y frutos, resistencia a enfermedades y plagas, sabor de la bebida, etc. Sin embargo de este centenar de especies o grupos, tres están bien definidas y dos de estas son las principales especies que se explotan comercialmente. El café comercializado a nivel mundial proviene de la especie *Café arábico* (*C. arábica L*), es la especie más conspicua a nivel mundial, no sólo por el área sembrada y la cantidad suplida en el mercado, sino por la excelente calidad de su bebida, el *café robusta* (*C. canephora Pierre ex Froehner*), es otra de las especies comercializadas y el *café liberiano* (*C. liberica Mull ex Hiern*) en menor cantidad, y algunos autores manejan otra especie conocida como *café excelso* (*C. excelsa A. Chev.*); además, existe una gran cantidad de otras especies llamadas económicas, que se plantan en escala local y normalmente no entran a los canales comerciales. Pero la típica bebida de café es más

familiarizada con dos plantas principalmente; el cafeto de la especie arábica y el cafeto de la especie robusta (Mora, 2008).

En las siguientes tablas se describen las características de las tres especies que han sido adecuadas para el cultivo comercial.

TABLA 1.ESPECIFICACIÓN DE LA COFFEA ARÁBICA

Reino:	Plantae
Orden:	Rubiaceae
Familia:	Rubiáceas
Género:	Coffea
Especie:	<i>Coffea arábica</i>
Familia:	Rubiáceas
Origen:	África Oriental
Lluvia anual:	1.500 – 2000 mm/m2
pH	Ligeramente ácido entre 5.5 y 6.5.
Temperatura:	20-25 °C
Características:	Arbusto de 3 m y libremente puede crecer hasta 7 m de altura, con ramas redondeadas, hojas opuestas, peciolo corto, flores blancas aromáticas. El fruto es una drupa esférica u oval más o menos carnosa, contiene dos semillas.

Fuente: (Botanical on line, 2017).

TABLA 2. ESPECIFICACIÓN DE LA COFFEA CANEPHORA

Reino:	Plantae
Orden:	Gentinales
Familia:	Rubiáceas
Género:	Coffea
Especie:	<i>Coffea canephora</i>
Origen:	África Oriental
Temperatura:	65-80 °C
Características:	Árbol o arbusto liso de hasta 10 metros de altura con un sistema radicular somero, con hojas anchas que a veces adquieren una apariencia corrugada ampliamente acunadas en su base, de 12-30 cm de largo y 5-15 cm de ancho. Tiene flores blancas, algunas veces ligeramente difusas con rosa. Las bayas elipsoides, más o menos de 8-16 mm, estriadas cuando secas. La planta tiene mayor rendimiento que Coffea arábica y es menos susceptible a plagas pero con más amargo que aquella.

Fuente: (Botanical on line, 2017).

TABLA 3. ESPECIFICACIONES DE LA COFFEA LIBERIA

Reino:	Plantae
Orden:	Gentinales
Familia:	Rubiáceas
Género:	Coffea
Especie:	<i>Coffea liberia</i>
Familia:	Rubiáceas
Origen:	Malasia y África Oriental
Temperatura:	65-80 °C
Características:	Árbol fuerte y de gran tamaño, de hasta 18 m de altura de hojas grandes y coriáceas. El fruto y las semillas son también grandes. Se comercializa en pequeñas cantidades ya que su demanda de aroma y sabor son muy escasas.

Fuente: (International coffe organization, 2017).

3.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UN GRANO DE CAFÉ

El café contiene diversos componentes químicos, con diferentes características. A pesar de que el café es una de las plantas más estudiadas, muchos componentes todavía permanecen indetectados.

TABLA 4 .PRINCIPALES COMPONENTE QUÍMICOS DEL CAFÉ

Agua	El grano de café verde tiene de 6 a 13% el grano tostado no tiene más del 5% de humedad porque el agua se evapora durante el tostado.
Minerales	3%-4% de minerales sobre todo fosfatos y sulfatos de calcio, magnesio, potasio y sodio.
Azúcares	Representan más de la mitad en peso de los granos. Los principales son Los principales son <i>Galactomananos, Xilanos, Hemicelulosa y Celulosa</i> .
Lípidos	Entre un 10% y un 15% de los granos secos son lípidos: glicéridos de los ácidos palmítico, esteárico, oleico y <i>linoleico</i> . La fracción lipídica no saponificable (~5%) está representada por esteroides y <i>diterpenos: cafestol y kahwéol</i> .
Alcaloides	Sustancia orgánica sintetizada a partir de aminoácidos. El principal alcaloide del café es la cafeína, la variedad arábica contiene menos del 1.5%, el café robusta más del 2.5%
Ácidos fenólicos	El más importante es el <i>Ácido clorogénico</i> . Químicamente es un éster de dos ácidos: <i>Ácido caféico (ácido 3,4-dihidroxicinámico)</i> y <i>ácido quínico (ácido hexahidrotetrahidroxibenzóico)</i> .

Fuente (Tricas, 2015).

3.5 TRATAMIENTO DEL CAFÉ

Existen dos métodos diferentes para preparar la cereza para su torrefacción; el SECO y el HÚMEDO.

3.5.1 MÉTODO SECO

Este proceso es antiguo, sencillo y económico. Las cerezas recogidas se deben extender planas sobre ladrillo o cemento a la luz del sol, pasando un rastrillo para moverlas regularmente y evitar su deterioro. En las noches y si hay lluvia se deben tapar las cerezas para evitar que absorban humedad. Después de cuatro o cinco semanas de secado al sol, las cerezas se encuentran casi secas (12% humedad) y su piel ahora debe ser marrón oscuro y las semillas deben estar sueltas al interior. Pasado este proceso, el café se almacena durante un tiempo para que continúe su secado, ahora a la sombra, generalmente en silos especiales para café. Se usa generalmente para los frutos de menor calidad y es significativamente más económico que el húmedo, proceso que se le aplica a los granos de mejor calidad, generalmente Arábica y con cierta Robusta en Indonesia (Marroquín, 2017).

3.5.2 MÉTODO HÚMEDO

Este método húmedo es largo y costoso pero es mejor para conservar las propiedades del café. Esta se debe realizar casi inmediatamente después de la cosecha, ya que con el pasar de las horas, quitar la pulpa de la semilla es cada vez más difícil, los pasos son los siguientes:

Despulpado: Es el retiro mecánico de la pulpa al grano del café. Las maquinas despulpadoras trabajan con agua y en base a discos móviles, remueven la carne

de la semilla expulsando la pulpa, que posteriormente se usa como abono. Las semillas se separan y caen a un canal diseñado para separar los granos verdes de los maduros por diferenciales de densidad.



Ilustración 5. *Despulpado del café*

Fermentación y lavado: Una vez se tienen los granos despulpados y lavados, se pasan inmediatamente a un tanque de fermentación, en el cual con ayuda de enzimas, después de 12-36 horas, se separa completamente el mucílago, dejando al aire el envoltorio con textura de pergamino.



Ilustración 6. *Fermentación del café*

Secado: Consiste en secar el pergamino envoltorio hasta que tenga una humedad no menor al 11%, ya que si se seca más, pierde el color y sabor que le dan su carácter. Esta etapa del proceso se puede hacer bien por medio de máquinas secadoras a base de aire o extendiéndolo como en el técnica seca durante unos 10~12 días.

El resultado de estos dos diferentes procesos es el llamado “Café Pergamino”, y es de esta forma en la que se almacena (en condiciones controladas) hasta el momento de su exportación o preparación para el consumo. Debe ser almacenado a la misma altura sobre el nivel del mar de su lugar de origen y tratamiento para evitar que la humedad se filtre en el pergamino.



Ilustración 7. Secado del café

Trillado: Se hace antes de la exportación, y consiste en separar o descascarillar el grano del pergamino. Hay diferentes aparatos diseñados para esta tarea, muchos basados en fricción por medio de tambores, discos, rotores y cuchillas, pero todos cumplen la misma la función: decorticar el grano.



Ilustración 8. Trillado del café

Pulido: Proceso industrial que elimina los residuos de pergamino que hayan podido quedar después del proceso anterior, convirtiéndose- en café verde.



Ilustración 9. Pulido del café

Trilla: Clasificación por tamaño y densidad del café verde. La selección de los granos se puede hacer de varias maneras, desde un tamiz (una especie de coladera) hasta sofisticados métodos neumáticos, gravimétricos o electrónicos para seleccionar lotes de calidad uniforme.



Ilustración 10. Trilla del café

Tueste: Los granos de café verdes son sometidos a un proceso de tueste por medio de calor, resaltando las características de aroma y sabor (Peña S. L., 2017).



Ilustración 11. Tueste del café

3.6 PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN MÉXICO

México cuenta con condiciones ideales para el cultivo del café, con zonas montañosas del sureste del país que se encuentran a altitudes mayores a 900 metros sobre el nivel del mar, así como temperaturas que van de los 17.5 a 25.3°C. En México, la variedad que se produce es la denominada “arábiga” (*Coffea arábica*) y del tipo robusta (*Coffea canephora*). La cafeticultura en México

representa una actividad fundamental en el sector agrícola, no sólo por el valor de su producción, sino además por ser un importante generador de divisas pues es una actividad que genera más de tres millones de empleos directos e indirectos, de los cuales el 70 por ciento los realizan integrantes de comunidades indígenas, además por las bondades que ofrece al ser un cultivo de gran relevancia ambiental, puesto que el 99% de los predios cafetaleros se establecen bajo sombra (SAGARPA, 2015).

3.6.1 PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE CAFÉ EN MÉXICO

La producción de café en México está distribuida en 16 estados cafetaleros, destacando Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca como los principales productores y en donde se concentra más del 80% de la producción. México ocupa el segundo lugar mundial de producción de café orgánico, destacando como principales estados productores Chiapas, Oaxaca, Veracruz y Puebla, con una producción de 350 mil sacos de 60 kilos de café verde (SAGARPA, 2015).

México se ubica en el noveno lugar, de países productores de café. Los principales consumidores de café en grano son Estados Unidos, Brasil, Alemania, Japón y Francia, que en conjunto representan el 36.6% del consumo mundial del café. La superficie total de producción es de 697 mil 366 hectáreas pertenecientes a 511,669 productores. Del total de la superficie de café, el 97 % corresponde a las variedades arábicas y un 3 % a las robustas, estas últimas ocupadas para la industria de los solubles (SAGARPA, 2015).

La siguiente tabla clasifica los estados mexicanos de mayor a menor producción en toneladas al año.

TABLA 5. PRODUCCIÓN ANUAL DE CAFÉ EN ESTADOS MEXICANOS

CULTIVO	ESTADO	PRODUCCIÓN (TON)
CAFÉ CEREZA	Nayarit	24,634.91
	Jalisco	5,399.77
	San Luis potosí	13,052
	Querétaro	135.00
	Colima	2,744.20
	Michoacán	60.00
	Hidalgo	35,229.00
	Edo de México	427.43
	Puebla	148,900.43
	Guerrero	48,921.44
	Morelos	94.30
	Veracruz	353,697.22
	Oaxaca	129,781.19
	Chiapas	402,099.78
	Tabasco	848.68

Fuente: (Perez D. , 2015) CON INFORMACION DE INIFAP.

UBICACIÓN EN EL MAPA



3.7 PRINCIPALES USOS

La planta del café se utiliza principalmente para tomar la infusión de la bebida que se prepara con su semilla, además de ser ingrediente como saborizante y aromatizante en toda la industria de alimentos. Para ello como se vio anteriormente debe ser tostada y molida.

Los usos que tiene son obtenidos a partir de su semilla, hojas y desechos de la preparación de su fruto, que al darles un tratamiento específico se pueden utilizar en diversas áreas:

- **Industria textil:** como colorante (las hojas, el fruto completo o solamente la pulpa).
- **Medicamentos:** en la actualidad existen multitud de medicamentos con cafeína, tanto sola como asociada con otros principios activos como en el caso de los analgésicos. Aquellos medicamentos que sólo contienen cafeína están indicados oficialmente para casos de astenia (cansancio de origen intelectual o físico), aunque se suele recurrir a ellos cuando es necesario mantenerse despierto, como por ejemplo el caso de los transportistas.
- **Fertilizante:** Los restos de café son buenos fertilizantes para los jardines debido a su contenido en nitrógeno. Los restos de café molido también contienen potasio, fósforo, y muchos otros microminerales que ayudan al desarrollo de la planta.
- **Biogás procedente del agua residual del café:** Otra fuente potencial de producción de biogás es el agua drenada del extracto de la cereza del café. El extracto de la cereza que ha sido recogida y mantenida

varias horas en un saco o que se ha dejado suelta y puesta a secar será un hervidero de microorganismos de todo género que funcionan en los pegajosos jugos de fruta que se liberan. La adecuada fermentación y otros procedimientos realizados de tal manera que hará que salgan a la superficie más sólidos, principalmente taninos y polifénicos de color oscuro.

- **Ensilaje:** La pulpa del café es realmente una sustancia muy versátil, pero el hecho de que contenga cafeína se vio hasta ahora como un factor negativo que la hacía inutilizable como pienso animal. Con un leve drenaje de la pulpa, inoculación con aditivos comerciales de ensilaje y envase en forros de plástico dentro de contenedores de reciclaje, puede conseguirse en 3-4 meses un pienso excelente, adecuado para forraje de ganado, que puede traer ingresos suplementarios fuera de temporada.
- **Combustible:** La cáscara del café es prácticamente lignocelulosa y no tiene ningún valor como fertilizante. Puede quemarse la cáscara en un generador de gas pobre y después accionar un motor sobre ese gas pobre para producir electricidad. Al igual que con el biogás, el calor residual procedente del generador de gas y del motor puede usarse para calentar una corriente de aire limpio, y eso puede todavía usarse para secar aún más café.
- **Estiércol:** Los sólidos de la pulpa del café contienen solamente una quinta parte de los nutrientes que se sacan del suelo con la exportación del grano verde. Sin embargo, son una buena fuente de humus y de suelo de carbono orgánico.
- **Bebidas alcohólicas y refrescantes:** Es muy poco lo que se descubrió sobre el uso de la pulpa de la cereza del café para la elaboración de

bebidas alcohólicas o refrescantes. En este caso la cafeína no supondría un problema, ya que se añade con frecuencia a las bebidas refrescantes y licores (Rathinavelu & Graziosi, 2005).

A demás de las diferentes utilidades posibles que se le ha dado a la pulpa de café, existen también usos para otro subproducto que se obtiene de este mismo procedimiento, al cual se le llama mucilago de café, el cual se obtiene de los residuos industriales del café y que pueden obtenerse, en distintos estados de pureza, como los siguientes tipos de sustancias:

- **Pectinas sin refinar:** esas pectinas pueden estar en forma de gel soluble termorreversible o en forma de eslabón no reversible que tienen un sabor de boca distinto.
- **Azucares naturales del fruto del café:** procede principalmente del agua del despulpe reciclada, en su mayor parte son monosacáridos, glucosa, galactosa, ramnosa y arabinosa con un ligero sabor distinto.
- **Compuestos antioxidantes y flavonoides:** estos compuestos son principalmente los compuestos de antocianina del color del fruto, pero también contienen todos los demás polifenólicos, tales como los ácidos clorogénicos y por supuesto la cafeína. Estas sustancias pueden combinarse de varias maneras para hacer una serie de aditivos de los alimentos que pueden tener interés para la industria del “alimento saludable”.
- **Pro antocianas incoloras:** estas podrían usarse como recursos básicos para la fabricación de otros alimentos o quizá para la síntesis más sofisticada de otras sustancias químicas (Rathinavelu & Graziosi, 2005).

En sí los usos del café son variados e interesantes. Por ser un producto de origen natural obtenido de la agricultura, lo involucra a formar parte de la alimentación sustentable de la tierra, qué en los últimos años éste término ha tenido un

desarrollo en investigación con el fin de sacar el mejor beneficio de los alimentos agrícolas.

4.- ALIMENTOS SUSTENTABLES Y SU APLICACIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE

El término sustentable se refiere al equilibrio existente entre una especie con los recursos del entorno, que propone satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar las capacidades futuras.

La sustentabilidad para una sociedad significa la existencia de condiciones económicas, ecológicas, sociales y políticas, que permitan su funcionamiento en forma armónica en el tiempo y en el espacio. No puede haber sustentabilidad en una sociedad cuando se están destruyendo o terminando los bienes de la naturaleza, o cuando la riqueza de un sector se logra a costa de la pobreza de otro (Carmona, 2017).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), alrededor del 33 por ciento de la tierra del planeta está altamente degradada y otro 44 por ciento está ligeramente o moderadamente degradado debido a la erosión, la salinización, la compactación y la contaminación química de los suelos. Esto es realmente preocupante ya que ésta nos proporciona los alimentos necesarios para vivir, por lo tanto, alimentar a los 9 mil millones de seres humanos que poblarán la Tierra en 2050 de manera sustentable es uno de los mayores retos que enfrenta el hombre (Cruz, 2016).

Una alimentación sustentable privilegia por consiguiente alimentos orgánicos o agroecológicos (modo de producción sin químicos o pesticidas que no cuentan con la certificación oficial de orgánicos), alimentos de estación o producidos cerca del lugar de compra ya que su transporte requerirá menos energía.

Los efectos de la alimentación en la salud de las personas son hoy un hecho indiscutible. Y así como lo que comemos incide directamente en nuestra salud,

también nuestro consumo de alimentos afecta al medio ambiente. Al consumir alimentos más sanos, como por ejemplo verduras cultivadas sin fertilizantes químicos ni pesticidas, no sólo estamos cuidando nuestra salud sino también a la naturaleza. El uso de pesticidas se puede sustituir exitosamente por “el control integrado de las plagas (CIP)” y el “control biológico”. El control integrado de plagas (CIP) implica la rotación de cultivos (sembrar diferentes especies, en ciclos anuales) y el cultivo intercalado (mezclar diferentes especies en el área de cultivo) (Argentina, 2017).

5. ALIMENTOS FUNCIONALES

El desarrollo en el campo de la nutrición ha incluido nuevos conceptos como el de Alimento funcional. Concepto que hace referencia a aquellos alimentos o componente de éste que presentan un efecto benéfico para la salud más allá de sus propiedades nutritivas. Este surgimiento fue encadenado por varios puntos clave: Interés creciente por el binomio de alimentos/ salud, envejecimiento progresivo de la población, aumento de enfermedades atópicas, reducción de costos sanitarios, mayor relevancia de etiquetado nutricional, y prevención de enfermedades. Potenciando así a que los gobiernos, los investigadores, los profesionales de la salud y la industria alimenticia busquen la manera de controlar estos cambios de la forma más eficaz (Aranoeta 2009).

Por ello en las últimas décadas la industria alimentaria ha tenido que cambiar sus objetivos, pasando por asegurar la productividad, la calidad, y la seguridad alimentaria hasta el actual objetivo de garantizar la salud y promoverla. La definición de Alimento Funcional, AF, está ahora incorporada en la normativa alimentaria de varios países. Sin embargo, el país que inició con el origen de este concepto fue Japón. En los años 80s, las autoridades sanitarias japonesas analizaron los puntos clave que en el párrafo anterior se mencionan, y para controlarlos se desarrollaron alimentos específicamente enfocados a mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades en este segmento de la

población. Nacieron de esta forma los alimentos con denominación FOSHU, abreviatura del inglés "Food with Specific Health Uses" (Duran & Vlenzuela, 2010).

De acuerdo a los japoneses los "Alimentos funcionales" pueden clasificarse en tres categorías:

1. Alimentos a base de ingredientes naturales
2. Alimentos que deben consumirse como parte de la dieta diaria

Alimentos que al consumirse cumplen un papel específico en las funciones del cuerpo humano, los cuales son:

- Mejoramiento de los mecanismos de defensa biológica.
- Prevención o recuperación de alguna enfermedad específica.
- Control de las condiciones físicas y mentales.
- Retardo en el proceso de envejecimiento.

Requisitos de comercialización para un alimento FOSHU

Para que un producto pueda ser comercializado en la categoría de FOSHU debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Su efectividad sobre el organismo debe estar claramente probada.
- Ausencia de cualquier asunto vinculado con la seguridad alimentaria (test de toxicidad en animales, confirmación de efectos en caso de exceso de consumo, entre otros)
- Que contenga ingredientes nutricionalmente apropiados (por ejemplo: no usar sal o azúcar en exceso, entre otros)
- Garantía del producto y de sus especificaciones por el tiempo de consumo.
- Métodos de control de calidad establecidos, tales como especificaciones de productos e ingredientes, procesos y métodos de análisis.

- Su efectividad debe estar probada. Por ello en las últimas décadas la industria alimentaria ha tenido que cambiar sus objetivos, pasando por asegurar la productividad, la calidad, y la seguridad alimentaria hasta el actual objetivo de garantizar la salud y promoverla (Duran & Vlenzuela, 2010).

Otros términos creados para caracterizar los “alimentos funcionales” son:

- Alimentos genéticamente diseñados
- Farmacoalimentos
- Fitoalimentos /fitonutrientes
- Alimentos inteligentes
- Alimentos terapéuticos
- Alimentos con valor añadido
- Prebióticos/probióticos
- Fuentes fotoquímicas

El término fotoquímico enfatiza las fuentes vegetales que contienen compuestos importantes para el buen funcionamiento del cuerpo humano. Tales componentes son: Terpenos, fitoesteroles, fenoles, lignanos, tioles, tocoferoles y tricotienoles, la mayoría llamados antioxidantes (Chasquibol, 2003).

6.- ANTIOXIDANTES

6.1 Radicales libres

Los radicales libres son átomos o grupos de átomos que tienen un electrón desapareado o libre por lo que son muy reactivos ya que tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica. Una vez que el radical libre ha conseguido sustraer el electrón que necesita, la molécula estable que se lo cede se convierte a su vez en un radical libre por quedar con un electrón desapareado, iniciándose así una verdadera reacción en cadena que destruye nuestras células. La vida media biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un gran daño a moléculas, membranas celulares y tejidos. Los radicales libres no son intrínsecamente deletéreos; de hecho, nuestro propio cuerpo los produce en cantidades moderadas para luchar contra bacterias y virus.

Estas acciones se dan constantemente en las células de nuestro cuerpo, proceso que debe ser controlado con una adecuada protección antioxidante (Suwalsky, 2006).

6.2 Definición de Antioxidante

Un antioxidante es una sustancia capaz de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres mediante la liberación de electrones en nuestra sangre, los que son captados por los radicales libres. El problema para la salud se produce cuando nuestro organismo tiene que soportar un exceso de radicales libres durante años, producidos mayormente por contaminantes externos, que provienen principalmente de la contaminación atmosférica y el humo de cigarrillos, los que

producen distintos tipos de radicales libres en nuestro organismo (Finkel & Holbrook, 2000).

6.3 Antioxidantes en la alimentación

Muchas de las sustancias antioxidantes han ido descubriéndose a punta de paradojas: Una de ellas fue la famosa paradoja francesa, o por qué los franceses tiene menos enfermedades cardiovasculares que los americanos a pesar de comer tanta o más grasa. Eso dio lugar al descubrimiento de las sustancias antioxidantes presentes en el vino, que los franceses toman con regularidad. Pero no es el alcohol, sino los antioxidantes de la uva negra y la pepita de uva, componentes de ésta bebida (Castillo, 2017).

Muchos alimentos vegetales los contiene en gran cantidad. Son las mismas sustancias que les protegen de ser fácilmente oxidados por la acción del aire y sol. Estos antioxidantes se listan a continuación.

6.3.1 Vitaminas

- **CAROTENOS.** Presentes en verduras naranjas, rojas y verde oscuro: Zanahorias, calabazas, melocotones, mangos, tomates, verdura de hoja verde. Son precursores de la vitamina A.
- **VITAMINA C.** Conocida como ácido ascórbico existe en concentraciones altas en muchos ambientes celulares, como en los estromas de los cloroplastos, las frutas y verduras son en general una buena fuente de vitamina c, sin embargo la concentración puede variar dependiendo de la especie, algunas frutas son: naranja, guayaba, brócoli,.
- **VITAMINA E.** Es el antioxidante de las grasas: las de nuestro cuerpo, y las de los alimentos. Comprende dos tipos de moléculas: los tocoferoles y los tocotrienoles (Gomez, 2017).

6.3.2 Minerales:

- Selenio
- Manganeso
- Zinc
- Magnesio
- Hierro

Una buena forma de asegurar un buen aporte de sales minerales es consumir alimentos integrales, de cultivo biológico, y no desechar la parte más verde de las verduras. Es interesante introducir las algas como parte de la dieta habitual, por su riqueza en sales minerales (Castillo, 2017).

6.3.3 Fotoquímicos protectores

En los alimentos vegetales, las vitaminas antioxidantes no suelen estar solas. Normalmente están acompañadas de otras sustancias con una gran eficacia antioxidante, que además protegen las vitaminas y aumentan su potencia. Son numerosos y variados:

- **Bioflavonoides**

Los flavonoides son un sub-tipo de polifenoles (el más abundante) cuya principal característica estructural (C6-C3-C6) es poseer 2 anillos aromáticos que están ligados entre sí a través de 3 átomos de carbono; generalmente, tales carbonos conforman un heterociclo oxigenado. Las propiedades antioxidantes de los flavonoides emergen, primariamente, de la presencia de grupos hidroxilo fenólicos en su estructura.

A su vez, los flavonoides se sub-dividen en los siguientes 6 grupos: antocianidinas, flavanoles, flavanonas, flavonoles, flavonas e isoflavonas (Su función dentro del mundo de las plantas es la de atraer a los animales polinizadores hacia las flores o a los animales que comen los frutos, con la intención de dispersar mejor las semillas y reproducir la especie. Aparte de proteger a las plantas de los nocivos efectos de los rayos UV (Mendez, 2017).

TABLA 6. GRUPO DE FLAVONOIDES DIETARIOS Y SUS FUENTES

Flavonoides/ Grupo	Compuestos	Principales Fuentes alimentarias
Antocianidinas	Cianidina, delphinidina, malvidina, pelargonidina, peonidina, petunidina.	Los berries de color rojo, azul y púrpura; las uvas rojas y moradas; manzana roja, el vino tinto.
Flavanoles	<i>Monómeros (catequinas):</i> Catequina, epicatequina, epigallocatequina, epicatequingalato, epigallocatequingalato. <i>Dímeros y polímeros:</i> Teaflavinas, tearubiginas, proantocianidinas.	<i>Catequinas:</i> Té verde, cacao, uvas, berries, manzanas. <i>Teaflavinas, tearubiginas:</i> Té negro y Oolong. <i>Proantocianidinas:</i> Cacao, manzanas, berries, uvas rojas, vino tinto.
Flavanonas	Hesperetina, naringenina, eriodictiol.	Frutas cítricas y sus jugos (naranjas, pomelos, limones).
Flavonoles	Quercetina, Quempferol, miricetina, isoramnetina	Cebolla amarilla, cebollin, col rizada, brócoli, manzanas, berries, té.
Flavonas	Apigenina, luteolina	Perejil, tomillo, apio, ají, orégano.
Isoflavonas	Daidzeína, genisteína, gliciteína.	Soja, alimentos de soja, las leguminosas.

Fuente: (Gomez, 2017).

Compuestos interesantes que se mencionan en el cuadro anterior qué están fuera de toda duda son: Las proantocianinas y las antocianinas. Numerosos estudios han demostrado que son 50 veces más eficaces que la vitamina E y 20 veces más eficaces que la vitamina C como antioxidantes. Una ventaja adicional de las proantocinidinas es que atraviesan la barrera hematoencefálica, lo que no ocurre con otros antioxidantes. Las propiedades reducen el riesgo en enfermedades

coronarias al mantener la permeabilidad vascular, evitando las lesiones de los radicales libres sobre las arterias (Ramos, 2014).

6.3.4 Taninos

Son compuestos polifenólicos muy astringentes y de gusto amargo que producen algunas plantas.

La importancia de los taninos en el mundo vegetal es la capacidad para proteger las plantas contra las heridas que sufren y protegen de ataque exteriores, porque resultan tóxicos para los microorganismos y los herbívoros.

Los taninos además de tener uso como antibacterianos, antídotos para algunos venenos, reductores de colesterol, entre otros, son antioxidantes importantes en plantas como el té verde, orégano, uvas y el café (Morales, 2017).

Los estudios realizados sobre las funciones de estas sustancias acaban siempre por poner de manifiesto que es más eficaz tomar directamente alimentos ricos en antioxidantes, que un suplemento concreto de esta o aquella sustancia. En la naturaleza, los alimentos integrales tienen una armonía en sí mismos. Los aceites, por ejemplo, tienen su antioxidante incorporado (Vit E), los cereales las vitaminas del grupo B necesarias para su metabolización (en cáscara), etc. Por ese motivo es muy beneficioso, y más completo, tomar los alimentos vegetales tal y como los produce la naturaleza, lo que permite que sus variados componentes actúen sinérgicamente.

7.- Fibra alimentaria

7.1 Definición

La fibra en definición, es un grupo de polisacáridos de los considerados como estructurales que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos, pero que cumplen una función en el bienestar del individuo.

La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales entre los cuales destacan la celulosa, hemicelulosa, ligninas así como pectinas. En la siguiente tabla se pueden mostrar los principales componentes de la fibra dietética.

TABLA 7. PRINCIPALES COMPONENTES DE LA FIBRA DIETÉTICA

Polisacáridos Celulosa Hemicelulosa Pectinas Gomas Mucílagos Polifruktosas
Análogos de hidratos de carbono Dextinas no digeribles Maltodextrinas resistentes Polidextrosa Hidroxipropilmetilcelulosa Almidón resistente Hidratos de carbono sintéticos
Oligosacáridos Inulina Frucoologosacárido Galactooligosacárido
Derivados no hidratos de carbono Lignina Ceras Filatos Cutinas y suberinas

Compuestos polifenólicos

Fuente (Hernandez, 2010).

7.2 Clasificación

La fibra se clasifica de acuerdo a su solubilidad en soluble e insoluble, pero ambos tipos se encuentran en distintas proporciones en los alimentos.

- FIBRA SOLUBLE. Se disuelve y se descompone en el agua: cuando esto ocurre forma un gel denso.
- FIBRA INSOLUBLE. No se disuelve ni se descompone en el sistema digestivo humano. La fibra insoluble pasa por el tracto gastrointestinal casi intacta (Smit, 2007).

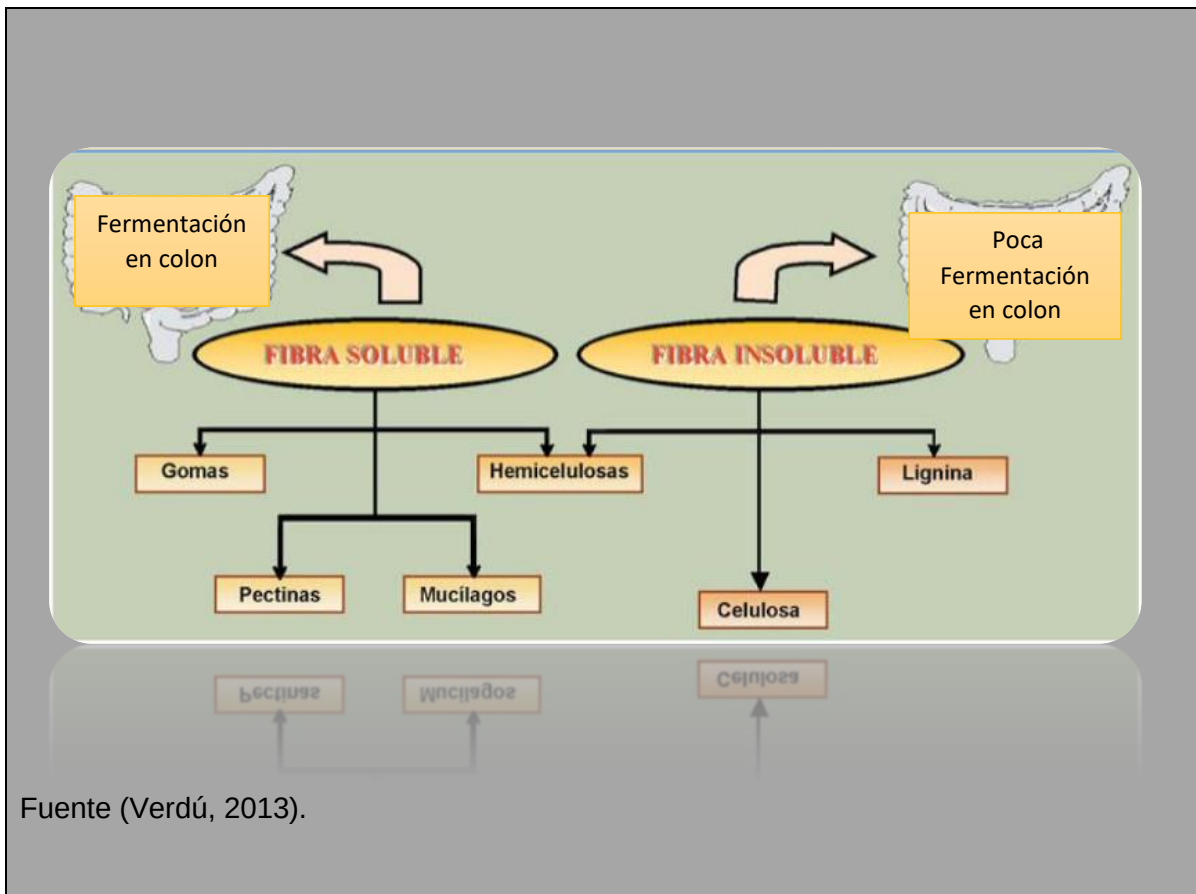
También se puede clasificar en función de la fermentación bacteriana.

- Fibras no fermentables (<10%). Entre estas destacan fibras insolubles, como la lignina, y algunas fibras insolubles como la metílcélulosa y la carboximetilcelulosa.
- Fibras parcialmente fermentables (10-70%). Destacan fibras insolubles ricas en celulosa. También se incluyen en este grupo fibras solubles, como el agar.
- Fibras fermentables (>70 %). Están constituidas siempre por fibras solubles ricas en hemicelulosa o ricas en ácidos glucorónicos (pectinas o algunas gomas).

En la actualidad existe un consenso general al afirmar que los efectos de la fermentación en el colon de la fibra son imprescindibles para el buen funcionamiento del aparato digestivo (Hernandez, 2010).

TABLA 8. CLASIFICACIÓN TRADICIONAL DE LA FIBRA

	Soluble	Insoluble
Gomas	Las gomas son exudados formados en el sitio de injuria de las plantas, constituyen un grupo complejo de polisacáridos que contienen ácido glucorónico y galacturónico así como xilosa, galactosa y manosa.	
Lignina	La lignina es un polímero no polisacárido que contiene unidades de fenilpropano derivados de los alcoholes sinapílico, coniferílico y cumarílico.	
Mucílagos	Los mucílagos están generalmente dispersos en el endospermo y se mezclan con los polisacáridos digeribles, la utilidad que le prestan a la planta es de reserva energética y para darles humedad a la semilla.	
Pectinas	las pectinas son polímeros de ácido galacturónico con cadenas laterales con diferentes azúcares.	
Celulosa		La celulosa es un polímero de glucosa unida en posición β 1-4, sin cadenas laterales.
Hemicelulosa		Las hemicelulosas son polímeros de pentosas y hexosas, con cadenas laterales en las que se presentan diferentes azúcares y ácidos glucorónicos (existen alrededor de 250 diferentes tipos de hemicelulosas)



7.3 Funciones de los tipos de fibras

Fibra soluble

- 1.-Prolonga el vaciado del estómago para que el azúcar se libere y se absorba más despacio
- 2.-Se amarra a los ácidos grasos que son los componentes básicos de las grasas.

Beneficios:

- 1.- Reduce el colesterol total y el colesterol LDL y por lo tanto reduce el riesgo de enfermedades cardíacas.
- 2.- Regula el azúcar sanguíneo

Fibra insoluble

- 1.- Mueve el bolo a través del intestino

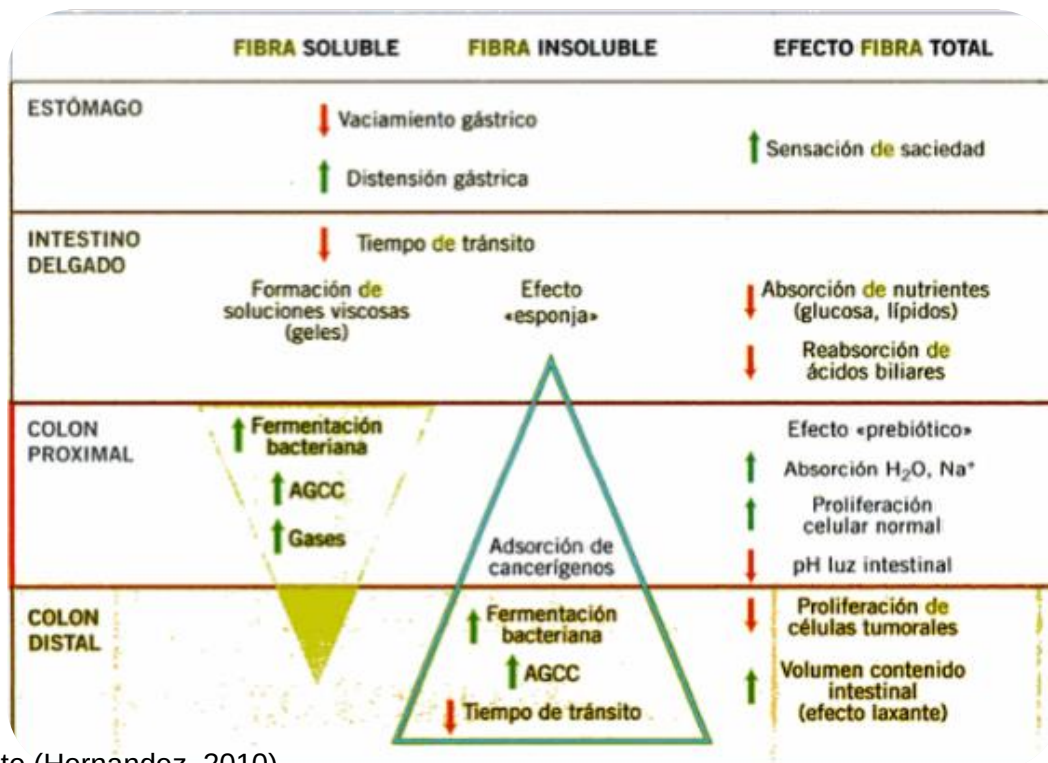
2.- Controla y balancea el pH en los intestinos.

Beneficios

- 1.- Estimula el movimiento intestinal y previene el estreñimiento
- 2.- Remueve desechos tóxicos del colon
- 3.- Ayuda a prevenir el cáncer de colon mantener un pH optimo en el intestino para evitar que los microorganismos produzcan sustancias cancerígenas (Smit, 2007).

Es importante consumir tanto fibra soluble como insoluble porque cada una proporciona beneficios únicos. En la siguiente imagen se presentan en resumen los efectos fisiológicos de las fibras.

TABLA 9. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA FIBRA



Fuente (Hernandez, 2010)..

7. 4 Ingesta diaria recomendada

La ingesta de fibra en un adulto debe oscilar entre 20 y 35 g/día, o bien, basándose en el contenido calórico de la dieta, ha de ser entre 10 y 13 gramos de fibra dietética por cada 1,000 kcal ingeridas.

En el caso de los niños mayores de 2 años, tradicionalmente se ha venido recomendando un consumo que resulte de sumar 5 g/día a la edad del niño, de forma que alcance consumos de 25 a 35 gr a partir de 20 años de edad.

Conviene que la dieta esté compuesta por distintas fuentes de fibra soluble e insoluble, especialmente de cereales integrales, frutas, verduras y legumbres (Rivera, 2008).

8.- SEGURIDAD ALIMENTARIA

El concepto seguridad alimentaria hace referencia al acceso a alimentos inocuos y nutritivos para los consumidores en todo momento. El cambio producido en los últimos años en los sistemas de producción o la globalización han influenciado de manera decisiva en la seguridad alimentaria. Desde hace años, términos como seguridad y calidad son cada vez más reconocidos, aceptados y exigidos por el consumidor, lo que ha obligado también a hacer frente a nuevos retos y desafíos para prevenir riesgos alimentarios. La seguridad alimentaria, tal y como se conoce hoy en día, se ocupa sobre todo de que los alimentos no supongan un riesgo para la salud y que sean saludables. Para ello, es importante que estas dos premisas se cumplan desde el primer momento de la producción y en toda la cadena alimentaria (Fernandez, 2014).

8.1 Los cuatro fundamentos de la seguridad alimentaria

En 1996, con motivo de la Cumbre Mundial de Alimentación, se consideró que la "seguridad alimentaria se consigue cuando las personas tienen, en todo momento, acceso físico y económico a alimentos seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias con el fin de llevar una vida activa y sana". De acuerdo con los conceptos que aporta la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el término de seguridad alimentaria engloba cuatro acepciones básicas:

1. **Disponibilidad** física de los alimentos para todo el mundo, que depende del nivel de producción y de las existencias.
2. **Acceso** a los alimentos que garantiza el diseño de políticas destinadas a alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria.
3. **Uso de alimentos**, es decir, la manera en que el cuerpo aprovecha los distintos nutrientes de los alimentos.
4. **Estabilidad** del acceso a alimentos, esto es, que la disponibilidad a los alimentos seguros sea periódica, no puntual. En este caso se habla de riesgo nutricional. En este campo influyen las condiciones climáticas o factores económicos.

Pero la seguridad alimentaria no es la misma en los distintos países del mundo. Si bien en los desarrollados los principales problemas se relacionan con deficiencias en la producción, manipulación o conservación, en los que se encuentran en vías de desarrollo se vinculan con el acceso a agua potable, dietas pobres o escasez de alimentos (Chavarrias, 2014).

9.- MATERIALES Y METODOS

9.1 MATERIALES Y EQUIPOS

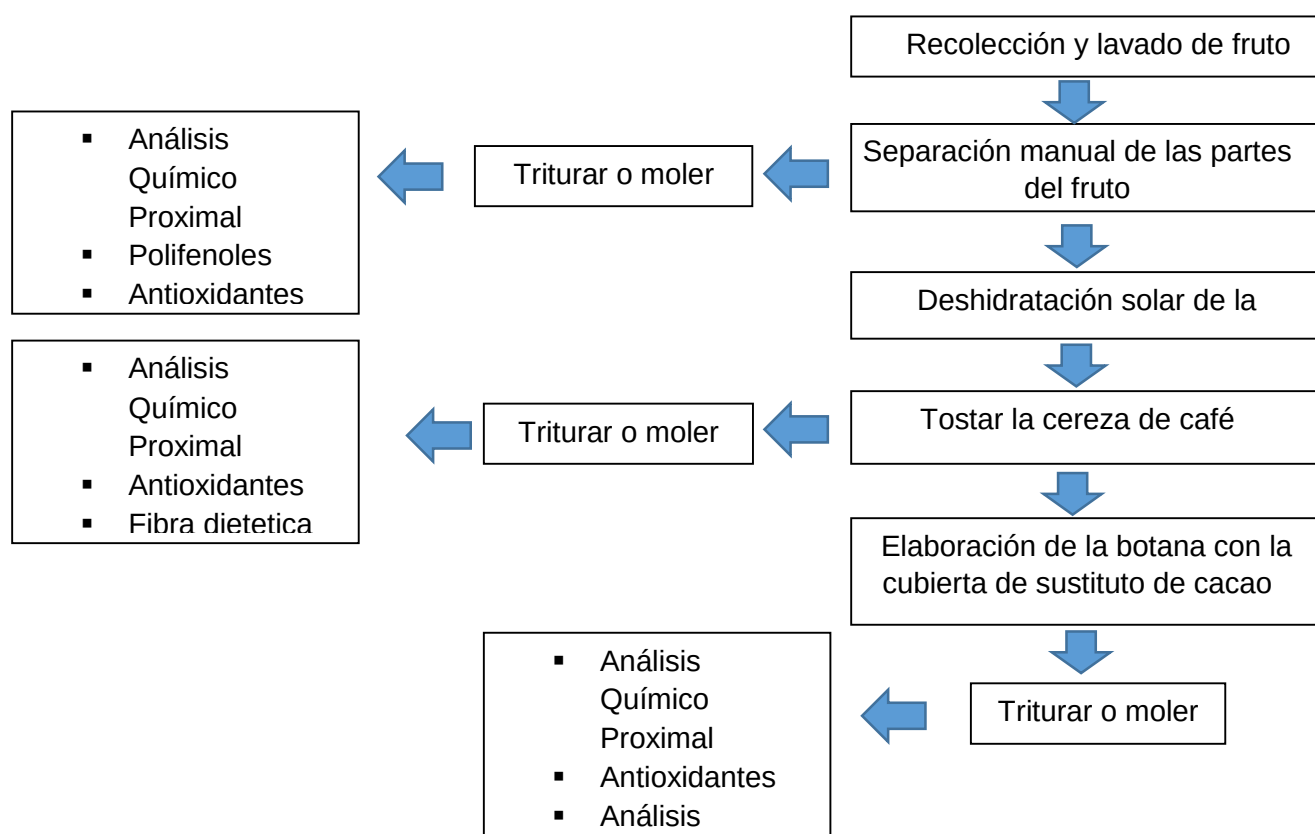
- Desecador. Marca: Nalgene. Modelo: 150MM
- Digestor de fibra. Marca: Labconco, Modelo: 098593
- Equipo Kjeldhal
- Estufa de secado digital FELISA modelo Fe- 291D
- Mufla. Marca: FELISA, Modelo: FE-363
- Bomba de vacío SIEMENS, modelo: IRF3 052-4YC31
- Baño metabólico Marca: Thermo Scientific Modelo: 2870
- Kit de fibra dietética total SIGMA®
- Baño maria Marca: Precisión Scientific, Modelo: 60647-4793
- Licuadora marca Osterizer®
- Balanza analítica digital. Marca: VELAB BALANCE, Modelo: VE-300
- Centrifuga. Marca: Internacional Equipment Company a Division of Damon Refrigerated. Modelo: PR-J
- Espectrofotómetro UV/Vis Marca: SPECTRONIC®20 GENESYS
- Deshidratador solar

9.1.2 MATERIA PRIMA

En este proyecto se trabajó con la cereza de café variedad *Coffea arábica*, en estado maduro. Proveniente de zonas aledañas a la ciudad de Morelia Michoacán. Se lavó y se separó de forma manual la cereza de café que en este caso es la de interés de los granos de café. Parte de las cerezas ya separadas se deshidrató y se tostó para poder elaborar la botana con la cubierta de sustituto de cacao, para posteriormente realizar los análisis a las 3 formas, es decir en estado fresco, en estado deshidratado y al producto terminado es decir con la cubierta de cacao. Como sustituto de cacao se utilizó una tablilla de chocolate marca Moctezuma®.

9.2 METODOLOGIA

9.2.1 DIAGRAMA DE METODOLOGÍA



9.2.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Para el análisis bromatológico una vez que ya tenemos las tres presentaciones de la cereza de café, es decir, en estado fresco, deshidratado y con la cubierta, posteriormente se trituró por separado cada presentación en un mortero o en la licuadora, esto con la finalidad de reducir el tamaño de partícula.

Determinación de humedad (Método 934.01, AACC 2000)

La humedad de la muestra se determinó mediante el porcentaje de agua eliminada por evaporación durante un calentamiento directo en una estufa a 105 °C por 3 h.

Determinación de cenizas o minerales (Método 44.19 AACC, 2000)

El contenido de cenizas presentes en la muestra se determinó por medio de una incineración, previo calentamiento en una parrilla eléctrica para su final calcinación, en una mufla a 560 °C por 3 h.

Determinación de grasa total (Método 920.85 AACC, 2000)

Se basó en una extracción Soxhlet semicontinua de 2 g de muestra con éter etílico, en un tiempo de aproximadamente 3 a 6 h. los matraces fueron colocados en la estufa por 30 min a 105 °C, se atemperó y pesó hasta que este fuera constante. El contenido de grasa se cuantificó por diferencia de peso.

Determinación de proteína (AACC, 2000)

Se basó en la determinación de nitrógeno orgánico de la muestra, realizándose en tres partes, la primera consistió en la descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento, en presencia de ácido sulfúrico concentrado, y luego se registró la cantidad de amoníaco obtenido de la muestra por titulación con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N, en presencia de rojo de metilo.

Determinación de fibra dietética (Prosky et al., 1998)

Se basó en la digestión enzimática con α -amilasa, amiloglucosidasa y proteasa para hidrolizar el almidón y la proteína. Se filtró separando la parte insoluble (sólido) de la soluble (líquido), al componente insoluble se le realizaron lavados, se secó y peso, mientras que la porción soluble se precipitó de la solución agregando alcohol al 95 %, se lavó, seco y peso. Se corrigió la técnica determinando proteína y cenizas de cada una de las fracciones. Se utilizó un Kit de fibra dietética total SIGMA[®].

$$FD = \frac{W_{\text{residuo}} - (W_{\text{cenizas}} - W_{\text{proteína}})}{W_{\text{Muestra}}}$$

Dónde:

– FD: Fibra Dietética

– W residuo = Peso papel filtro seco con muestra – Peso papel filtro a peso constante.

– W proteína: peso de la proteína

– W cenizas: peso de cenizas

– W muestra: peso inicial de la muestra

Determinación de holocelulosa (Hemicelulosa y celulosa) (Wise, 1946)

Extracción para obtener muestra libre de extracto. A 5 g de muestra se le determinó previamente el contenido de humedad y se colocó en cartuchos de celulosa, se montó en el equipo Soxhlet y en un matraz balón se adicionaron 150 ml de hexano, se llevó a reflujo y se comenzó a contar las 6 h de extracción a partir de la primera sifonada, pasado el tiempo se dejó enfriar el equipo, se desmontó y los cartuchos se dejaron orear durante toda la noche, este mismo procedimiento se realizó con acetona, metanol y el agua, finalmente se esparció la muestra en un papel filtro para su secado a temperatura ambiente durante toda la noche.

Determinación de holocelulosa. Se tomaron 5 g de muestra libre de extracto y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 200 ml, se le adicionaron 1.5 g de clorito de sodio (NaClO_2), 160 ml de agua destilada y 10 gotas de ácido acético, se cubrió el matraz con papel aluminio y se colocó en un baño de agua a 75 °C por 1 h, pasado este tiempo se le adicionaron nuevamente 1.5 g de NaClO_2 y 10 gotas de ácido acético, este procedimiento se repitió dos veces más hasta cumplir 4 h de digestión, al finalizar se detuvo la reacción poniendo el matraz en un baño con hielo y al enfriarse se filtró y se lavó con agua fría y acetona, se secó en una estufa a 40 °C por tres días y se pesó.

CÁLCULOS

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{(Pc + M) - Pf}{M} \times 100$$

Dónde:

Pc = peso constante del crisol

Pf = peso final (crisol + mtra. seca)

M = Peso de la muestra húmeda

Determinación de lignina (Runkel y Wilke, 1951)

Se pesaron 2 g de muestra libre de extracto y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 200 ml, se le adicionaron 50 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 72 %, 5 ml de ácido bromhídrico (HBr) al 49 % y se dejó reposar por 2 h en una campana de extracción, pasado este tiempo se le adicionaron 200 ml de agua destilada fría para detener la reacción y se hirvió por 5 min, se filtró y se enjuagó con agua caliente hasta un pH neutro y se dejó secar sobre una caja petri de vidrio en una estufa a 105 °C por 6 h, se atemperó y se pesó.

CÁLCULOS

$$\% \text{ Lignina} = \frac{(Pp + M) - Pf}{M} \times 100$$

Dónde:

Pp = peso constante del papel filtro

Pf = peso final (papel filtro + mtra. seca)

M = Peso de la muestra húmeda

Determinación de celulosa

Esta técnica parte de la muestra obtenida en la determinación de celulosa. Se pesaron 2 g de muestra y se le adicionaron 10 ml de NaOH al 17.5 % a temperatura ambiente, se dejó reposar por 5 min y se le adicionaron otros 5 ml de NaOH y dejándolo reposar nuevamente 5 min; se repitió el procedimiento una vez más para finalmente dejarlo reposar 30 min seguidos, al término del tiempo se le adicionaron 33 ml de agua destilada a temperatura ambiente dejándolo reposar por una hora, se filtró en crisol Gooch, se lavó con 35 ml de solución de NaOH al 8.3 % , agua destilada y ácido acético al 10 % dejándolo reposar por 3 min, se neutralizó con lavados de agua (aproximadamente 250 ml), se secó en una estufa toda la noche a 105 °C y se pesó.

CALCULOS

$$\% \text{ celulosa} = \frac{(Pc + M) - Pf}{M} \times 100$$

Dónde:

Pc = peso constante del crisol

Pf = peso final (crisol + mtra. seca)

M = Peso de la muestra húmeda

9.2.4 POLIFENOLES EXTRAÍBLES

Extracción. Se pesó 1 g de muestra de cada presentación; en estado fresco, en estado deshidratado y con la cubierta por separado y se le adicionaron 20 ml de metanol con 20 ml de agua para el tubo uno, para el tubo dos los solventes utilizados fueron acetona agua en concentraciones 1:1 y para el tubo 3 el solvente utilizado fue agua. La mezcla se mantuvo en constante agitación por 1 semana aproximadamente, protegiéndose de la luz; pasado este tiempo se centrifugó a 4000 rpm/10 min y los extractos obtenidos se guardaron hasta su posterior utilización. Estos extractos se utilizaron para determinar polifenoles totales, antioxidantes totales, así como la capacidad antioxidante (DPPH• y ABTS^{•+}).

El contenido de polifenoles totales presentes en la muestra control y en nuestra muestra se determinaron de acuerdo con el método colorimétrico Folin–Ciocalteu. Los polifenoles son fácilmente oxidables en medios básicos, por ejemplo en presencia de carbonato de sodio (Na₂CO₃), los cuales reaccionan con los ácidos fosfotúngstico y fosfomolibdico para generar su reducción, formando un complejo colorido que es proporcional a la cantidad presente de polifenoles. Para la realización de ésta técnica se utilizó como estándar al ácido gálico. Para extracción de los polifenoles se usó como solvente metanol/agua, acetona/agua y agua de las soluciones de extracción, se tomaron alícuotas de 40 µL y se le adicionaron 910 µL de agua destilada, 250 µL del Reactivo Folín-Ciocateau, 800

μL de Carbonato de Sodio al 20 % y posteriormente se dejó reposar por 2 h en obscuridad. La absorbancia se leyó a 765 nm en un Espectrofotómetro UV/Vis Marca: SPECTRONIC®20 GENESYS. La curva de calibración se realizó con ácido gálico. Los resultados fueron reportados como mg EAG/100 g parte comestible (Singleton y Rossi, 1965).

9.2.5 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Existen diferentes métodos que evalúan la capacidad antioxidante de los llamados agentes antioxidantes. En este caso usamos dos técnicas las cuales fueron DPPH y ABTS.

A. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: Método de captura de radicales libres por DPPH[•] (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) (Brand-Williams *et al.*, 1995)

Se utilizó la metodología según Brand-Williams, y col. (1995). El 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo es un radical libre estable que presenta una coloración púrpura en medio metanólico. Cuando hay donación de un electrón o un protón por un compuesto con poder antioxidante, esta coloración se torna amarillenta pálida que es medida espectroscópicamente a 517 nm. Esta técnica consistió en tomar 3.8 mL de reactivo DPPH[•] (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) a una concentración de 100 μmol, y se le agregó 50 μL del extracto de la muestra. La lectura de la absorbancia fue tomada cada minuto hasta el minuto seis y después a los 30 y 60 minutos. Para la curva de calibración se utilizó como estándar Trolox de 0-1500 μmol. Los resultados fueron reportados como μmol ET/100g muestra, y el porcentaje de inhibición utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de inhibición} = \frac{\text{Absorbancia control} - \text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia control}} * 100$$

B. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE: ABTS^{•+} (2,2'azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfónico) (Re et al., 1999)

El radical ABTS^{•+} se forma tras la reacción de ABTS (7 mM) con persulfato potásico (2.45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente y en oscuridad durante 12 h. Una vez formado el radical ABTS^{•+} se diluye con etanol hasta obtener un valor de absorbancia de 0.700 ± 0.100 a 754 nm (longitud máxima de absorción), una vez equilibrada, se tomó 10 µL de la solución de extracción y se mezcló con 990 µL del ion ABTS^{•+}. Las lecturas fueron tomadas cada minuto hasta el minuto 7. Esta técnica se realizó en oscuridad. Las muestras se procesaron por triplicado. Para la curva de calibración se utilizó una concentración de 0 a 1500 µmol de Trolox como estándar (Re et al., 1999).

Los resultados se reportaron en µmol Equivalentes a Trolox /100g; y en porcentaje de inhibición mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de inhibición} = \frac{\text{Absorbancia control} - \text{Absorbancia muestra}}{\text{Absorbancia control}}$$

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PULPA

10.1.1 ANALISIS BROMATOLOGICO

Se realizó la caracterización de la pulpa de café en tres diferentes estados; fresco, deshidratado y en nuestro producto terminado el cual es la pulpa deshidratada con la cubierta de cacao. Con relación a la evaluación fisicoquímica de los tratamientos en la Tabla 10 se puede apreciar los resultados del análisis bromatológico realizado a la pulpa fresca.

TABLA 10. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA PULPA DE CAFÉ FRESCA

	PULPA FRESCA (%)	PULPA FRESCA (VALENCIA ET, AL 2008). (%)
Humedad	65.53	74.83
Cenizas	3.07	6.66
Grasa	2.48	1.60
Proteína	1.35	1.00
Fibra insoluble	10.15	11.43
Carbohidratos totales	17.42	----

En donde se puede observar que los resultados obtenidos son muy cercanos a los resultados señalados por Valencia *et al* (2008). Señalados en la tercer columna al igual que se pueden comparar con otras bibliografías como el porcentaje de humedad que son señalados por Marin *et al* (2003). En donde mencionan un porcentaje de humedad de 69.70%, sin embargo se pueden observar algunas variables en algunas determinaciones como es en el caso de cenizas y grasa, lo cual se le atribuye o se relación con la altitud a la que las plantas de café están

plantadas, así como también a el clima, o estado de maduración al que fueron sometidas a la caracterización, ya que estos factores afectan tanto nutricionalmente como a sus características organolépticas, pues estas se acentúan a medida que incrementa la altura (Marin et al., 2003).

En la *Tabla 11* se pueden observar los resultados obtenidos de la caracterización a la pulpa en estado deshidratado.

Tabla 11. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO EN PULPA DE CAFÉ DESHIDRATADA

PULPA DESHIDRATADA	(%)
Humedad	10.31
Cenizas	8.45
Grasa	2.61
Proteína	6.74
Fibra Dietética total (FDT)	30.02
Fibra Insoluble	26.63
fibra Soluble	5.41
Carbohidratos totales	39.85

En lo que respecta a la Tabla 11, se puede apreciar que el proceso de deshidratación solar logra que algunos componentes se vean modificados de una manera favorable como es en el caso de proteína que en esta ocasión se obtiene un valor de 6.74%, de igual manera que el porcentaje de fibra insoluble se ve aumentado obteniendo esta vez un valor de 26.63% y para fibra soluble un valor de 5.41% que comparado con lo que señalan Parra *et al.*, (2004) los cuales reportan un resultado de 26.43% de fibra cruda o insoluble.

Estos nutrientes de relevancia se ven modificados debido a la ausencia de humedad que la cereza en estado deshidratado presenta, pues como se observó en estado fresco la pulpa presenta un porcentaje de 66% tal y como lo podemos observar, en estado deshidratado cae hasta un 10% logrando así que los otros componentes ya mencionados puedan sobresalir en esta caracterización. Además se añadió a esta caracterización el contenido de fibra enzimática o dietética cuantificando tanto fibra insoluble o cruda así como la fibra soluble, obteniendo un valor de Fibra dietética total de 32.02% del cual el 26.4% pertenece a fibra insoluble y el otro 5.41% a la fibra soluble. Este valor de fibra dietética llega a

considerarse como un valor altamente significativo ya que el consumo de fibra dietética de acuerdo por la Organización Mundial de la Salud, se encuentra alrededor de los 30-40 g por día, por tanto su presencia en nuestro producto propuesto es óptimo y aceptable para los diferentes consumidores y que éste además de ser nutritivamente saludable nos brinda propiedades benéficas al organismo, tal como el libre tránsito intestinal, eliminación de toxinas, disminución de riesgo de cáncer de colon, reduce la absorción de colesterol y glucosa disminuyendo la mortalidad por enfermedades cardiovasculares. El cual es un valor significativo pues el contenido de fibra arrojado es aceptable para que nuestro producto pueda ser consumido de una manera saludable con propiedades que sean benéficas para el organismo.

Además de realizarle la fibra dietética posteriormente esta se caracterizó en su forma individual es decir, se calculó el porcentaje de holocelulosa, celulosa y lignina; de tal análisis obtenemos un resultado de 57.56% de contenido de holocelulosa, un 23.49% para la celulosa y para lignina se obtuvo un valor de 69.05%. Estos resultados nos comprueban que nuestro alimento tiene una buena fuente de fibra insoluble favoreciendo a un buen funcionamiento del tracto intestinal previniendo así enfermedades intestinales como estreñimiento e incluso cáncer de colon.

De igual manera en la Tabla 12 se muestran los resultados de la caracterización para la pulpa deshidratada con el recubrimiento de sustituto de caco, es decir, nuestro producto final.

Tabla 12. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA PULPA DE CAFÉ DESHIDRATADA CON LA CUBIERTA

PULPA DESHIDRATADA CON CUBIERTA	(%)
Humedad	9.35
Cenizas	3.87
Grasa	10.28
Proteína	5.64
Fibra cruda	26.63

fibra soluble	5.41
Carbohidratos totales	38.82

Para esta caracterización los resultados también se muestran favorables pues estos se mantienen semejantes a los obtenidos en la Tabla 11 sin embargo, se observan algunas modificaciones o variantes en cuanto al porcentaje de humedad, cenizas y grasa, lo cual se le atribuye a la cubierta de cacao que se le está agregando a la pulpa una vez deshidratada, es por ello que el porcentaje de grasa se ve aumentado en esta presentación, la proteína también se ve modificada esto es debido a que la cubierta no logra que esta se libere completamente o esta tiende a solubilizarse. No obstante, los valores obtenidos para proteína, fibra insoluble y soluble respectivamente logran ser aceptados o satisfactorios para nuestro producto ya terminado.

En la siguiente tabla se muestra la caracterización de las tres presentaciones evaluadas en este proyecto en donde se logra apreciar las variaciones de los resultados del análisis proximal realizado a cada presentación. Cabe mencionar que los carbohidratos totales se determinaron por diferencia.

Tabla 13. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS BASADOS EN LOS ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

	PULPA FRESCA (%)	PULPA DESHIDRATADA (%)	PULPA DESHIDRATADA CON CUBIERTA DE SUSTITUTO DE CACAO (%)
Humedad	65.53	10.31	9.35
Cenizas	3.07	8.45	3.87
Grasa	2.48	2.61	10.28
Proteína	1.35	6.74	5.64
Fibra insoluble	10.15	26.63	26.63
fibra soluble	---	5.41	5.41
Carbohidratos totales	17.42	39.85	38.82

10.1.2 CONTENIDO DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES

Estos compuestos pertenecen a un grupo heterogéneo de metabolitos secundarios, ampliamente distribuidos en el reino de las plantas que usualmente se encuentran unidos a polímeros insolubles participan en diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis, la formación de componentes estructurales, la alelopatía y la defensa ante los factores adversos del ambiente Reyes *et al* (2011).

Tabla 14. CONTENIDO DE COMPUESTOS EN LA PULPA DE CAFÉ

COMPUESTO	BASE SECA (%)
Taninos	1.80-8.56
Sustancias pécticas	6.5
Azucares reductores	12.4
Azucares no reductores	2.0
Cafeína	1.3
Ácido clorogénico	2.6
Ácido cafeíco total	1.6

(Dias & Elias, 2009)

En su composición también se encuentran los flavonoides, grupo responsable del color en la pulpa del café. Encontramos los taninos que son metabolitos secundarios cuyo papel primordial en la planta es como medio de defensa, son compuestos polifenólicos de alto peso molecular. Se utilizan principalmente para la preservación del cuero, pero también se utilizan cantidades menores para teñir y en las industrias químicas (Dias & Elias, 2009).

10.1.3 DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y COMPUESTOS FENOLICOS

POLIFENOLES TOTALES

Se trabajó con la cereza o pulpa de café en estado deshidratado, los polifenoles fueron extraídos en tres diferentes mezclas de solventes por separado para evaluar así la comparativa de que mezcla de solvente es mejor medio para extraer

estos compuestos como se muestra en la Tabla 15, obteniendo un resultado de 11.388 mg EAG /g para la mezcla de solventes Acetona/Agua (1:1), se muestra un resultado mayor de 24.487 mg EAG/g para el solvente utilizado Metanol/Agua y para nuestro tercer resultado con un valor de 5.912 mg EAG/g que pertenece al solvente utilizado agua.

Como lo señala Díaz (2011), en sus resultados obtenidos, ella reporta un valor de 29.36 mg EAG/100g y 38.59 mg EAG/100g respectivamente. Es importante mencionar que Díaz (2011) trabajó con la pulpa de café en estado fresco y para su extracción utilizó como solvente el metanol al (99.99%) y etanol al (99%) por separado, lo que explica la diferencia de los resultados obtenidos,

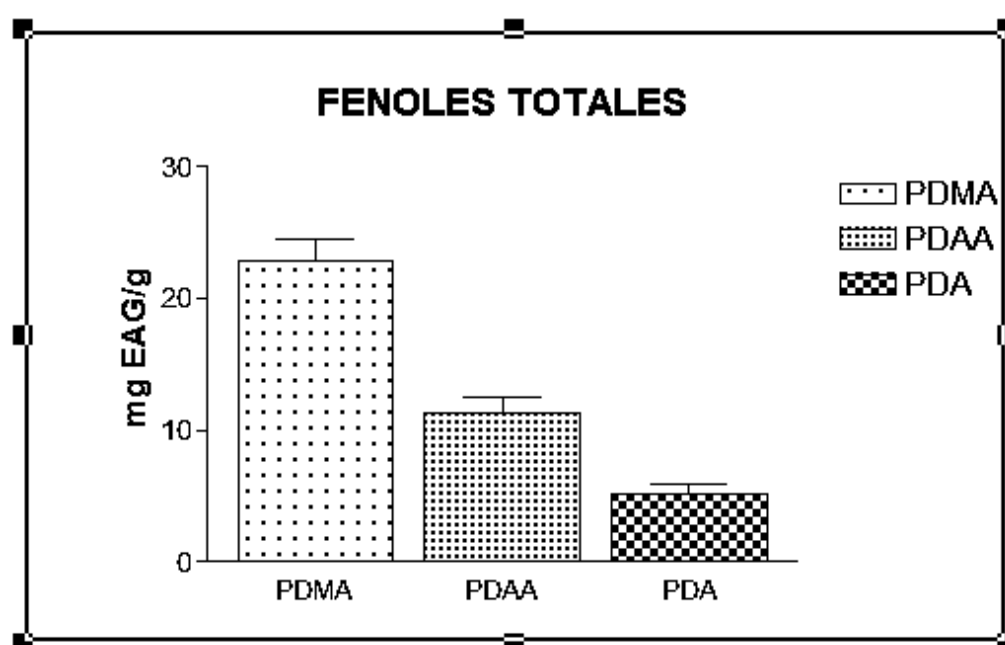
Tabla 15. DETERMINACION DE POLIFENOLES EN LA PULPA DE CAFÉ

SOLVENTE UTILIZADO	POLIFENOLES TOTALES (mg EAG/g)
Acetona- Agua	11.388±1.93
Metanol- Agua	24.487 ± 2.88
Agua	5.912 ± 1.37

**Los resultados son de tres repeticiones ± la desviación estándar*

Los resultados para la determinación de fenoles totales se aprecian de manera más significativa en la **gráfica 1**, pues se observa que el solvente con mejor extracción es correspondiente a la mezcla de metanol/agua, seguido del solvente acetona/agua y por último con el solvente agua.

Grafica 1. CUANTIFICACION DE FENOLES TOTALES EN LA PULPA DE CAFÉ



10.1.4 % DE INHIBICIÓN DE LOS RADICALES ABTS Y DPPH

La actividad antioxidante se mide en términos de donar hidrógeno o de la capacidad atrapadora de radicales. La reducción y estabilización del radical por los antioxidantes da lugar a la decoloración de éste, produciendo una disminución de la absorbancia y se expresa como porcentaje de decoloración de la solución radicalaria a una concentración dada. Los cromógenos más utilizados para estas determinaciones son el ABTS y DPPH.

Muchos estudios se han centrado en determinar la capacidad antioxidante de varios residuos agroindustriales de los cuales se ha obtenido excelentes resultados para su aprovechamiento, en este proyecto para la extracción de estos compuestos se utilizaron tres diferentes mezclas de solventes; metanol-agua, acetona- agua y solo agua, en concentraciones 1:1 para evaluar así también en que medio se extraen mejor estos compuestos, para lo cual se utilizaron los métodos DPPH Y ABTS.

Por lo cual en la *Tabla 16*, podemos ver el porcentaje de inhibición para los diferentes solventes utilizados, así como para cada presentación con el que se trabajó la pulpa de café tanto para el cromógeno DPPH como para el ion ABTS. En esta se observa que hay un resultado de inhibición mayor para el radical DPPH, y observamos que presenta una porcentaje mayor de inhibición con la mezcla de solventes metanol/agua para ambas presentaciones reportando para pulpa fresca un % de inhibición de 72.40%, para la pupa deshidratada un valor de 80% difiriendo para el caso de la pulpa con la cubierta de cacao pues su porcentaje de inhibición es mayor con la mezcla de solventes acetona/agua obteniendo un resultado de 77.40% lo cual se le puede atribuir a que los compuestos presentes en la cubierta son más afines a este solvente utilizado.

Tabla 16. PORCENTAJE DE INHIBICIÓN DPPH Y ABTS

	SOLVENTE UTILIZADO	% DE INHIBICIÓN DPPH	% DE INHIBICIÓN ABTS
PULPA FRESCA	Agua	4.48±0.01	16.50±0.01
	Metanol-agua	72.41±0.01	33.90±0.02
	Acetona-agua	68.82±0.02	29.29±0.01
PULPA DESHIDRATADA	Agua	51.04±0.01	27.44±0.05
	Metanol-agua	80.48±0.01	64.25±0.00
	Acetona-agua	53.69±0.03	64.94±0.00
PULPA CON CUBIERTA DE SUSTITUTO CACAO	Agua	50.43±0.02	27.72±0.02
	Metanol-agua	71.40±1.8	41.58±0.00
	Acetona-agua	77.59±0.02	27.93±1.07

**Los resultados son de tres repeticiones $\pm$ la desviación estándar.*

10.1.5 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Los métodos más aplicados son ABTS y DPPH. Ambos presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias. El DPPH es un radical libre que puede obtenerse directamente sin una preparación previa, mientras que el ABTS tiene que ser generado tras una reacción que puede ser química (dióxido de manganeso, persulfato potasio, ABAP), enzimática (peroxidase, mioglobulina), o también eletroquímica. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica, mientras que el DPPH solo puede disolverse en medio orgánico (Kuskoski et al., 2005).

El uso del ion $ABTS^{\bullet+}$ permite la medición de una gran variedad de antioxidantes y se basa en la decoloración del ion cro-mógeno $ABTS^{\bullet+}$ de color verde-azul correspondiente a la concentración de compuestos antioxidantes procedentes de la extracción de la muestra.

La actividad antioxidante se determinó por medio del método del radical libre. Que consiste en hacer reaccionar una cantidad conocida de 2,2- difenil-picril-hidrazil (DPPH), a una concentración de 60 mM, en metanol al 80 % con una concentración conocida del antioxidante a evaluar. El DPPH antes de la reacción con el antioxidante muestra un color morado intenso, que al ser reducido adquiere una coloración amarilla (Peña et al., 2006).

Como ya mencionó Diaz (2011) para la obtención de los extractos ensayó con dos solventes orgánicos: metanol (99,99%) y etanol (99%). Se pesaron 5,000 g de muestra (pulpa fresca) para cada caso, reportando que para el método DPPH fue

mayor con la mezcla de solventes: metanol/acetona con un valor de 22.85 $\mu\text{mol ET/gr}$; teniendo en cuenta que no son compuestos puros, el menos reactivo en este caso fue el etanol 0.96 $\mu\text{mol ET/gr}$ y para el solvente metanol reporta un valor de 6.10 $\mu\text{mol ET/gr}$, mientras que para el ion ABTS señala un resultado mayor también para la mezcla de solventes: metanol/acetona con un valor de 17.93 $\mu\text{mol ET/gr}$, el resultado menos reactivo también es para el solvente etanol con un valor de 2.59 $\mu\text{mol ET/gr}$ y de igual manera Días reporta un valor intermedio para el solvente metanol el cual es de 3.38 $\mu\text{mol ET/gr}$.

Los resultados para la determinación de antioxidantes en los métodos utilizados fueron expresados en la *tabla 17*, en donde, se presenta que al igual que los resultados de porcentaje de inhibición el radical DPPH tuvo una mejor respuesta ante nuestra muestra antioxidante, además, comparando las diferentes mezclas de solventes utilizados la que extrajo mayor cantidad de compuestos antioxidantes fue la mezcla de solventes metanol/agua, obteniendo un valor de 898.81 $\mu\text{mol ET/gr}$ para nuestra muestra en estado deshidratado el cual es de mayor relevancia seguido del resultado obtenido para nuestra muestra con la cubierta de cacao el cual presento un valor antioxidante de 861.17 $\mu\text{mol ET/gr}$, y por último fue nuestra muestra en estado fresco obteniendo un valor de 744.81 $\mu\text{mol ET/gr}$, para esta misma mezcla de solventes.

El ion ABTS reaccionó de una manera más baja ante nuestra muestra antioxidante, sin embargo se obtuvieron resultados favorables tal como se observa en la *tabla 17*, en donde, de igual manera el solvente que extrajo más compuestos antioxidantes fue la mezcla utilizada de metanol/agua obteniendo un mayor rendimiento en los compuestos antioxidantes extraídos en la pulpa de café deshidratada con un valor de 18.31 $\mu\text{mol ET/gr}$, seguido para el valor obtenido de 10.96 $\mu\text{mol ET/gr}$ que corresponde a nuestra pulpa con la cubierta de cacao y por ultimo mostrando una concentración inferior de 9.52 $\mu\text{mol ET/gr}$ para la pulpa de café en estado fresco.

Tabla 17. DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES POR LOS MÉTODOS DPPH Y ABTS

	SOLVENTE UTILIZADO	CONCENTRACIÓN DE $\mu\text{mol ET/gr}$ MÉTODO DPPH	CONCENTRACIÓN DE $\mu\text{mol ET/gr}$ MÉTODO ABTS
PULPA FRESCA	Agua	80.79 ± 0.00	1.39 ± 0.92
	Metanol-agua	744.74 ± 0.01	9.52 ± 0.85
	Acetona-agua	721.16 ± 4.35	9.39 ± 0.95
PULPA DESHIDRATADA	Agua	858.58 ± 1.83	15.04 ± 0.01
	Metanol-agua	898.81 ± 1.22	18.21 ± 0.14
	Acetona-agua	803.20 ± 12.84	10.94 ± 0.09
PULPA CON CUBIERTA DE SUSTITUTO CACAO	Agua	605.25 ± 13.54	11.32 ± 1.29
	Metanol-agua	861.04 ± 1.34	14.27 ± 0.07
	Acetona-agua	826.13 ± 9.63	8.16 ± 0.18

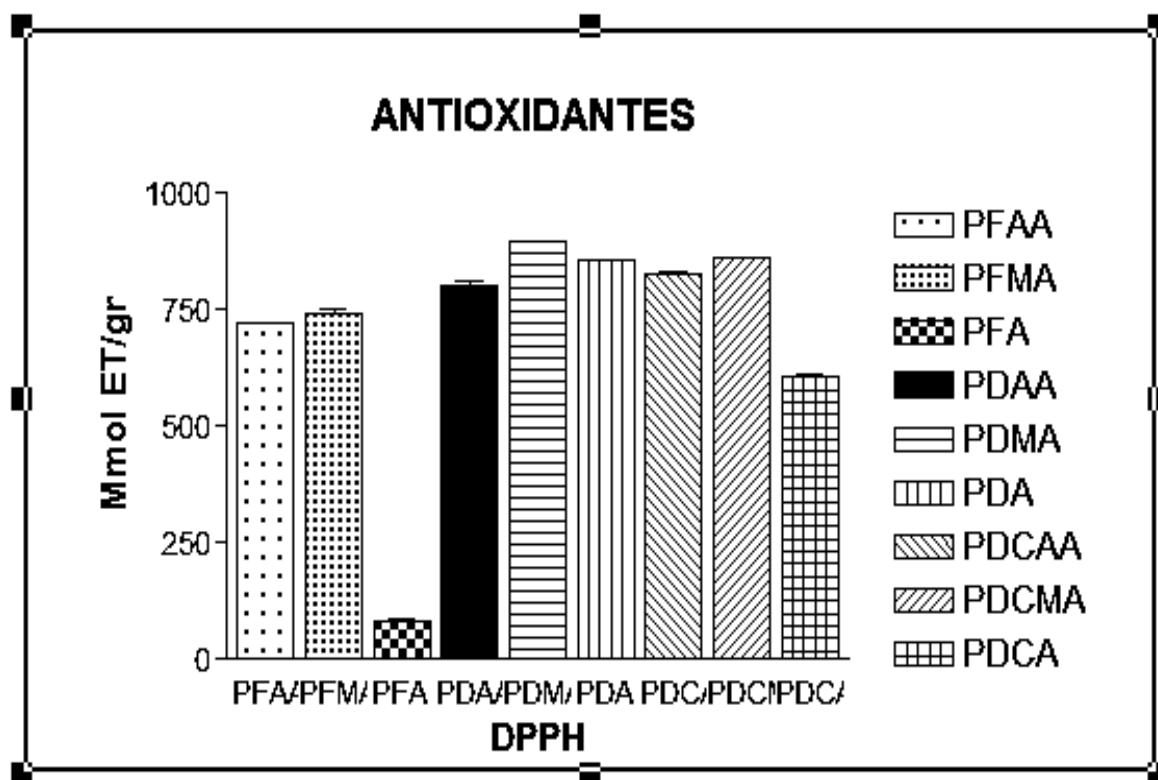
**Los resultados son de tres repeticiones $\pm$ la desviación estándar.*

En la bibliografía existen una gran cantidad de disolventes descritos para la extracción de antioxidantes de alimentos vegetales. Entre ellos, aparecen el

etanol, el metanol, la acetona y mezclas de los mismos con agua en diferentes proporciones. La extracción metabólica sería más ventajosa en comparación a la acuosa debido a la dificultad que presenta la eliminación de agua de la muestra así preparada, teniendo cuidado con la temperatura de trabajo y exposición a la luz de la muestra, ya que los compuestos antioxidantes extraídos podrían degradarse por efecto de dichas variables (Perez & Saura, 2007).

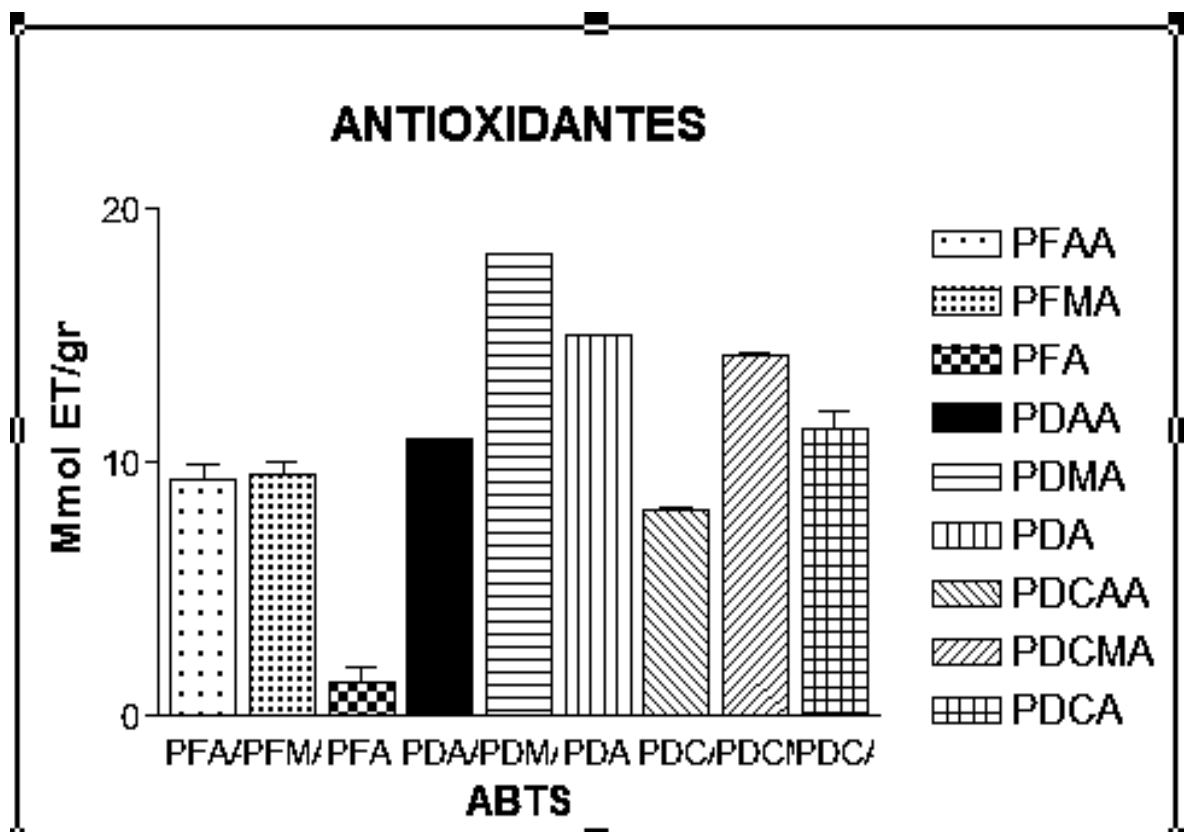
De igual manera en nuestra *gráfica 2*, se muestra que la mayor concentración de compuestos antioxidante que reaccionaron con nuestro radical DPPH fueron extraídos con el solvente metanol/agua en nuestras tres presentaciones de la pulpa de café, seguido de la mezcla de acetona/agua y por último el solvente de agua.

Grafica 2. CONCENTRACIÓN DE ANTIOXIDANTES EN LA PULPA DE CAFÉ CON RADICAL DPPH



En la *gráfica 3*, se muestra de igual manera la comparación de las mezclas de solventes utilizadas para la extracción de dichos compuestos antioxidantes en donde se muestra que hay una mayor concentración de estos compuestos para la mezcla de solventes metano/agua, con un mayor rendimiento en la pulpa deshidratada, seguido de la pulpa con cubierta de cacao y finalmente en la pulpa en estado fresco.

Grafica 3. CONCENTRACIÓN DE ANTIOXIDANTES EN LA PULPA DE CAFÉ CON RADICAL ABTS



11. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo analizado en los resultados se obtiene que la cereza de café contiene una serie de propiedades nutricionales que aún pueden ser aprovechados por el organismo, tal y como puede ser la cantidad de proteínas que esta aporta, así como la cantidad de fibra tanto insoluble como soluble y además también el gran contenido de contenidos antioxidantes que esta presenta, de tal manera que se debe de considerar la importancia de poder rescatar o dar un valor agregado a uno de los residuos que son desechados de una manera significativa en la industria cafetalera.

Nuestra propuesta fue elaborar una botana crujiente con la cereza de café con cubierta de sustituto de cacao, en donde al someterla al estado de deshidratación y al hacer los análisis pudimos darnos cuenta que sus componentes aumentan de una manera significativa.

Obteniendo un resultado favorable, pues se logra crear la botana con sus componentes nutritivos concentrados lo que es de relevancia, ya que gracias a la cantidad de fibra que esta presenta como componente mayoritario podemos brindar un producto nutricional brindando al consumidor el mejoramiento de problemas fisiológicos importantes como lo es los problemas intestinales.

Además, gracias también a la cantidad de antioxidantes (compuestos fenólicos) que nuestra pulpa presentó, resulta un alimento aún más favorable y completo, pues estos componentes además de estar presentes en el organismo, algunas ocasiones no son suficientes para el estrés oxidativo al cual nuestro organismo es sometido, es por ello que esta botana de cereza de café presenta una buena disponibilidad de estos compuestos que el organismo necesita para disminuir o retrasar reacciones en cadena de oxidación, disminuyendo así daños en el organismo como enfermedades cardiovasculares e incluso la prevención de ciertos tipos de cáncer.

Bibliografía

- Alvarado, S. M., & Rojas, C. G. (2007). *El cultivo y beneficiado del CAFÉ*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Alvarez, J. (2015). Una mirada al cultivo de cafe en mexico. *Syngenta*, 10-11.
- Argentina, C. (12 de Junio de 2017). *Green Drinks*. Obtenido de <http://greendrinksca.org/alimentos-sustentables/>
- Arias, R. N. (06 de octubre de 2012). *El café*. Obtenido de Taxonomia del café: <http://cafecooludec.blogspot.mx/2012/10/taxonomia-del-cafe.html>
- Carmona, J. R. (12 de agosto de 2017). *Alimentación*. Obtenido de <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/20290-sistemas-productivos-sustentables>
- Castillo, I. F. (14 de 08 de 2017). *Holistika*. Obtenido de http://www.holistika.net/nutricion/articulos/antioxidantes_radicales_libres_y_envejecimiento.asp
- Chasquibol, D. B. (2003). Alimentos funcionales o fitoquimicos, clasificación e importancia. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 9-20.
- Chavarrias, M. (2014). Qué se entiende por seguridad alimentaria. *Erosky consumer*, 12-14.
- Cruz, I. T. (29 de diciembre de 2016). *cronica*. Obtenido de <http://www.cronica.com.mx/notas/2015/898146.html>
- D.F., P. L. (2001). *El mercado del café en México*. México.
- Díaz, A. (2011). *Pulpa de café coffea arabica L. como fuente alternativa de antioxidantes*. Ecuador.
- Duran, R., & Vlenzuela, A. (2010). Alimentos funcionales. *Revista chilena de nutrición*, 224-233.
- Fernandez, N. U. (2014). La seguridad alimentaria en México. *Scielo*, 34-36.
- Flores, V. F. (2015). La producción de café en México: ventana de oportunidad para el sector agrícola de Chiapas. *Espacio Inovacion más Desarrollo*, 1-7.
- Franco, R., & Lizarraga, M. A. (17 de julio de 2014). *infoalimentaria.com*. Recuperado el 2 de febrero de 2017, de

http://www.infoalimentacion.com/documentos/los_componentes_del_cafe.asp

Gómez, M. (15 de 08 de 2017). *Antioxidantes en alimentos: principales fuentes y su contenido*. Obtenido de

<http://www.portalantioxidantes.com/antioxidantes-en-alimentos/>

Gómez, M. (15 de 08 de 2017). *Portal antioxidantes*. Obtenido de

<http://www.portalantioxidantes.com/antioxidantes-en-alimentos/>

Hernandez, A. G. (2010). *Tratado de nutrición*. Madrid España: Panamericana.

Kuskoski, M., Asuero, A., & Troncoso, A. (2005). APLICACIÓN DE DIVERSOS MÉTODOS QUÍMICOS PARA DETERMINAR ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LA PULPA DE FRUTOS. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 726-732.

Marin Lopez, S., Arcila, J., Montoya, E., & Oliveros, C. (2003). *Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (Coffea arabica L. var colombia)*. Cenicafe.

Marroquín, a. (08 de 08 de 2017). *El café en Chiapas*. Obtenido de

<http://www.actiweb.es/elcafeenchiapas/productos.html>

Mendez, D. A. (16 de 08 de 2017). *Botánica in line*. Obtenido de

<http://www.botanical-online.com/medicinalesflavonoides.htm>

Monroig, M. (03 de Septiembre de 2014). *Ecos del café*. Obtenido de

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL CAFETO:

<http://academic.uprm.edu/mmonroig/index.htm>

Mora, N. (2008). Agrocadena de Café. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*, 3-5.

Morales, R. (06 de 08 de 2017). *Botánica on line*. Obtenido de Botánica on line:

<http://www.botanical-online.com/historiacafe.htm>

organization, I. c. (07 de 08 de 2017). *International coffee organization*. Obtenido de

International coffee organization: http://www.ico.org/es/botanical_c.asp

Parra Chalan, A., Salazar, R., Aguirre, L., & Saca, V. (2004). *Caracterización química de la pulpa de café y mejoramiento de su valor nutritivo para su uso en la alimentación de rumiantes*. Ecuador: Ecuador.

Peña, S. L. (08 de 08 de 2017). *Café Kina & Co*. Obtenido de

<http://www.cafekina.com/Sp/ElTratamientoDelCafe.htm>

Peña, V., Salinas, M., & Ríos, S. (2006). Contenido de antocianinas totales y actividad antioxidante en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.). *REVISTA CHAPINGO SERIE*, 159-163.

- Perez, D. (15 de septiembre de 2015). *Los estados productores de cafe en Mexico*. Recuperado el 23 de enero de 2017, de Popiedades.comblog: <http://propiedades.com/blog/el-top/estados-productores-de-cafe-en-mexico>
- Perez, J., & Saura, F. (2007). Metodologia para la evaulacion de capacidad antioxidante en frutas y hortalizas. *CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES*, 1150-1160.
- Ramos, A. G. (27 de 12 de 2014). *IQB. Diccionario ilustrativo de términos médicos*. Obtenido de <http://www.iqb.es/monografia/fichas/proantocianina.htm>
- Rathinavelu, R., & Graziosi, G. (2005). *Posibles usos alterntivos de los residuos y subproductos del café*. Italia: Organización internacional del café.
- Rivera, V. M. (2008). *Bases de la alimentación humana*. España: Netbiblo.
- Rodriguez, v. N., & Zambrano, F. D. (2010). Los subproductos del cafe: fente de energía renovable. *Cenicafe*, 1-8.
- SAGARPA. (2015). *Convencion nacional del café*. Mexico.
- Smit, B. W. (2007). *La dieta fibra*. Bogotá, Colombia: Norma.
- Suarez, A. M. (2012). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DEL. CALDAS ANTIOQUIA*.
- Suwalsky, M. A. (2006). Radicales libres, antioxidantes y mecanismo de protección. *Scielo*, 161-172.
- Tricas, J. M. (12 de 01 de 2015). *Info farmacia. com*. Obtenido de <http://www.info-farmacia.com/historia/el-cafe-origen-quimica-y-efectos>
- Verdú, J. M. (2013). *Nutrición para educadores* . Madrid. España: Dias de santos.