

**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA TORTA DE Macadamia  
(*intergrifolia* y *tetraphylla*), PARA SU POTENCIAL USO EN LA INDUSTRIA.**

**ANDRÉS JULIAN MONTOYA ESTRADA**

**DIANA MARCELA OSORIO RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE QUÍMICA  
PEREIRA  
2010**

**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA TORTA DE Macadamia  
(*intergrifolia* y *tetraphylla*), PARA SU POTENCIAL USO EN LA INDUSTRIA.**

**TRABAJO DE GRADO**

**Requisito final para optar al título de Tecnólogo en Química**

**ANDRÉS JULIAN MONTOYA ESTRADA  
DIANA MARCELA OSORIO RAMÍREZ**

**Director**

**Dra. GLORIA EDITH GUERRERO ÁLVAREZ.**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGÍA  
ESCUELA DE QUÍMICA  
GRUPO DE OLEOQUÍMICA  
PEREIRA  
2010**

**NOTA DE ACEPTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO**

**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA TORTA DE Macadamia  
(*intergrifolia* y *tetraphylla*), PARA SU POTENCIAL USO EN LA INDUSTRIA.**

**Presentado por:**

**ANDRÉS JULIAN MONTOYA ESTRADA  
DIANA MARCELA OSORIO RAMÍREZ**

Los suscritos, director y jurados del presente trabajo de grado, una vez realizada la versión escrita y presenciado la sustentación oral, decidimos otorgar:

La nota de \_\_\_\_\_

Con la connotación de \_\_\_\_\_

Para constancia firmamos en la ciudad de Pereira hoy:

Director:

**Gloria Edith Guerrero Álvarez** \_\_\_\_\_

Jurado

\_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

*A Dios que me guió en este importante camino para mi vida.*

*A mis padres y hermana por el apoyo y acompañamiento en la consecución de este maravilloso sueño.*

*A mis amigos que estuvieron a mi lado por todo este tiempo de alegrías y tristezas.*

*Andrés Julián Montoya Estrada.*

*Por mostrarme los caminos y guiarme a través de ellos a Dios.*

*Por que son los dos más maravillosos seres que rodean mi vida y me acompañan en todo momento a mi Mamá y mi Hermanito.*

*Por la preocupación y colaboración constante a mis Abuelos, Tios, Tias, Primos, Primas y demás familiares.*

*Por la paciencia, la confianza y la amistad a todos mis Amigos y Profesores.*

*Diana Marcela Osorio Ramírez*

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias por su apoyo y acompañamiento incondicional en este logro.

A la Dra. Gloria Edith Guerrero, por su entereza, apoyo, guía y brindarnos su conocimiento y experiencia en la realización de este trabajo.

Al Banco de Germoplasma del Centro de Investigaciones del Café por suministrarnos las Nueces de *Macadamia intergrifolia* y *tetraphylla* para este estudio.

Al Profesor Carlos Humberto Montoya por disponer de su tiempo para evaluar el presente trabajo.

Al laboratorio de análisis de suelos y foliares y al laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira por prestarnos sus equipos y por la colaboración brindada.

A los integrantes del área de almacén, reactivos, laboratorios y demás dependencias de la escuela de Química por su disposición para la elaboración del presente trabajo.

Al grupo de Investigación de Oleoquímica, por abrirnos sus puertas, brindarnos su amistad y ayuda; haciendo de esta una de las mejores experiencias.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b>	8
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	9
<b>INDICE DE GRÁFICAS</b>	10
<b>RESUMEN</b>	11
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	12
<b>2. JUSTIFICACION</b>	13
<b>3. OBJETIVOS</b>	15
3.1 Objetivo General	15
3.2 Objetivos Específicos	15
<b>4. MARCO REFERENCIAL</b>	16
4.1 ANTECEDENTES	16
4.2 MARCO TEÓRICO	17
4.2.1 Origen del cultivo de macadamia <i>intergrifolia</i> y <i>tetraphylla</i> .	17
4.2.2 La macadamia <i>intergrifolia</i> y <i>tetraphylla</i> en el mundo.	18
4.2.3 Climas y suelo para la siembra de macadamia <i>Intergrifolia</i> y <i>Tetraphylla</i> .	19
4.2.4 Descripción de la macadamia	20
4.2.5 Plagas y enfermedades.	22
4.2.6 Actuales usos de la macadamia y sus derivados.	22
4.3 MARCO METODOLÓGICO.	24
4.3.1 Métodos de extracción de aceites vegetales.	24
4.3.2 Técnicas de análisis para torta o harina desengrasada.	24
4.3.2.1 Determinación de metales por espectroscopía de absorción atómica.	24
4.3.2.2 Determinacion del contenido de Fosforo por Espectroscopia visible.	25
4.3.2.3 Análisis de Nitrógeno por Micro Kjeldahl.	26
4.3.2.4 Contenido de humedad.	27
4.3.2.5 Contenido de cenizas.	28
4.3.2.6 Contenido de extracto etéreo o grasa bruta.	29
4.3.2.7 Contenido de fibra.	30
4.3.3 Análisis microbiológico.	31
4.3.3.1 Métodos utilizados.	31
4.3.3.1.1 Descripción método recuento en placa profunda.	32
4.3.3.1.2 Descripción método numero más probable (NMP).	33

<b>5. METODOLOGÍA</b>	34
5.1 Muestra de análisis.	34
5.2 Tratamiento de muestra.	34
5.3 Análisis Nutricional de la Torta.	34
5.3.1 Determinación del Contenido de Humedad.	34
5.3.2 Determinación del Contenido de Grasa o extracto etéreo.	35
5.3.3 Determinación del contenido de proteína.	35
5.3.4 Determinación del contenido de Cenizas.	35
5.3.5 Determinación del contenido de Carbohidratos.	35
5.3.6 Determinación del contenido de Extracto etéreo no nitrogenado.	35
5.3.7 Determinación del Contenido de Fibra bruta.	36
5.3.8 Análisis elemental de la torta. Determinación de metales por espectroscopía de absorción atómica.	36
5.3.9 Análisis de Nitrógeno por Micro Kjeldahl.	37
5.3.10 Análisis de Fósforo por espectrofotometría.	37
5.4 Análisis microbiológico de la torta.	38
5.4.1 Recuento microorganismos mesófilos.	38
5.4.2 Recuento microorganismos coliformes.	38
5.4.3 Recuento clostridios sulfito reductores.	38
5.4.4 Recuento hongos.	38
5.4.5 Aislamiento <i>Salmonella spp</i> en 25g. Método presencia – ausencia.	38
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	39
6.1 Análisis Físico – Químico.	39
6.2 Análisis de Fósforo.	42
6.3 Análisis elemental de la torta de <i>Macadamia intergrifolia</i> y <i>Macadamia tetraphylla</i> .	42
6.4 Análisis Microbiológico.	44
<b>CONCLUSIONES</b>	47
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	48
<b>RECOMENDACIONES</b>	52
<b>ANEXOS</b>	53

## INDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Características de dos especies del género <i>Macadamia intergrifolia</i> y <i>Macadamia tetraphylla</i> .	21
<b>Tabla 2.</b> Plagas y enfermedades de la Macadamia.	22
<b>Tabla 3.</b> Análisis Físico – Químicos de la torta de <i>Macadamia intergrifolia</i> cultivada en la region cafetera.	39
<b>Tabla 4.</b> Análisis Físico – Químicos de la torta de <i>Macadamia tetraphylla</i> cultivada en la region cafetera.	40
<b>Tabla 5.</b> Datos obtenidos para la torta <i>intergrifolia</i> y <i>tetraphylla</i> en la determinación de fósforo.	42
<b>Tabla 6.</b> Concentración de macro y micronutrientes en muestras de torta <i>intergrifolia</i> y <i>tetraphylla</i> .	42
<b>Tabla 7.</b> Resultados obtenidos en el análisis microbiológico realizado a cada muestra de torta de <i>Macadamia intergrifolia</i> y de <i>Macadamia tetraphylla</i> .	44



## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Árboles de Macadamia en la finca la Catalina, Pereira-Colombia.	17
<b>Figura 2:</b> Países productores de nuez de Macadamia.	18
<b>Figura 3:</b> Macadamia con cáscara y sin cáscara.	20
<b>Figura 4:</b> Flores de Macadamia <i>intergrifolia</i> y Macadamia <i>tetraphylla</i> .	21
<b>Figura 5:</b> Macadamia empacada después de ser procesada.	23
<b>Figura 6:</b> Estufa utilizada en la determinación del contenido de humedad.	34
<b>Figura 7:</b> Equipo utilizado para determinación de grasa.	35
<b>Figura 8:</b> Equipo para determinación de fibra.	36
<b>Figura 9:</b> Espectrómetro de absorción atómica	36
<b>Figura 10:</b> Equipo de micro kjeldahl automático.	37
<b>Figura 11:</b> Espectrofotómetro UV-VIS	37
<b>Figura 12:</b> Resultado de <i>Salmonella spp</i> para torta de Macadamia <i>intergrifolia</i> .	45
<b>Figura 13:</b> Resultado de <i>Salmonella spp</i> para torta de Macadamia <i>tetraphylla</i> .	45
<b>Figura 14:</b> Resultado de Hongos para torta de Macadamia <i>tetraphylla</i> .	45
<b>Figura 15:</b> Resultado de Hongos para torta de Macadamia <i>intergrifolia</i> .	45
<b>Figura 16:</b> Resultado <i>Escherichia coli</i> para torta de Macadamia <i>tetraphylla</i> .	46
<b>Figura 17:</b> Resultado <i>Escherichia coli</i> para torta de Macadamia <i>intergrifolia</i> .	46
<b>Figura 18:</b> Resultado de <i>sulfito reductores</i> para torta de Macadamia <i>intergrifolia</i> .	46
<b>Figura 19:</b> Resultado de <i>sulfito reductores</i> para torta de Macadamia <i>tetraphylla</i> .	46

## INDICE DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfica 1:</b> Curva de calibración para la determinación de fósforo.	53
<b>Gráfica 2:</b> Curva de calibración para la determinación de sodio.	54
<b>Gráfica 3:</b> Curva de calibración para la determinación de hierro.	55
<b>Gráfica 4:</b> Curva de calibración para la determinación de manganeso.	56
<b>Gráfica 5:</b> Curva de calibración para la determinación de magnesio.	57
<b>Gráfica 6:</b> Curva de calibración para la determinación de cobre.	58
<b>Gráfica 7:</b> Curva de calibración para la determinación de calcio.	59
<b>Gráfica 8:</b> Curva de calibración para la determinación de potasio.	60
<b>Gráfica 9:</b> Curva de calibración para la determinación de zinc.	61

## RESUMEN

En el actual estudio se determinaron algunas propiedades físico-químicas y microbiológicas de la torta de nuez de *Macadamia intergrifolia* y la torta de nuez de *Macadamia tetraphylla* cultivadas en el eje cafetero colombiano, provenientes del Banco de Germoplasma del Centro Nacional de Investigaciones del Café. La torta se obtuvo de la extracción del aceite y se almacenó a 4 °C para su posterior estudio.

Los parámetros físico-químicos determinados para las tortas de *Macadamia intergrifolia* y *Macadamia tetraphylla* fueron, respectivamente: humedad (12.922% y 3.182%), cenizas (2.3523% y 2.0455%), fibra (45.6343% y 34.6521%), grasa (16.6277% y 18.9642%), proteína (4.7897% y 5.9024%), contenido de fósforo (0.9059 ppm y 0.7037 ppm), Contenido de macronutrientes (sodio, calcio, magnesio y potasio) y micronutrientes (hierro, zinc, manganeso, cobre). Se realizó el análisis microbiológico de acuerdo a los métodos descritos en las DIRECTIVAS TÉCNICAS DE ALIMENTOS PARA ANIMALES que rigen para el registro de los insumos pecuarios, en Colombia; realizando el recuento de microorganismos Mesófilos, microorganismos Coliformes, *Clostridios Sulfito Reductores*, *Salmonella spp*, *Escherichia coli*.

Según los valores obtenidos en los análisis físico-químicos y microbiológicos las tortas de *Macadamia intergrifolia* y *tetraphylla* pueden ser utilizadas como complemento nutricional en concentrados para animales. Por los datos arrojados en la determinación de humedad, las tortas de ambas especies de *Macadamia* pueden considerarse útiles como biomasa para la conversión de energía.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La nuez de Macadamia se cultiva en Colombia desde 1988, introducida por la Federación Nacional de Cafeteros para mejorar el ingreso cafetero. La almendra producida se ha empleado principalmente en la industria alimentaria y otra parte para exportación. El aceite extraído de la almendra contiene un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, antioxidantes y otras propiedades de interés alimenticio y cosmético, según los reportes de algunos estudios. Del proceso de extracción del aceite de la nuez de Macadamia queda un residuo denominado "Torta" del cual no se conocen reportes de sus propiedades. Debido a esto se plantea un estudio que evalúe las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de este residuo para establecer posibles usos y contribuir al aprovechamiento integral del fruto con el mayor valor agregado posible.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La nuez de Macadamia es un fruto de forma casi esférica, rodeado por una cáscara lisa y suave de color verde claro brillante y una segunda cáscara dura color café. Es una dicotiledónea que pertenece a la familia de las Proteáceas subfamilia grevilleoideae, su nombre científico *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*, y recibe otros nombres vulgares como: Macadamias, Nuez australiana, Nueces de Australia, Avellano de Australia, Nuez de Australia, Macadán, Nuez de Macadamia, Nueces Macadamia, (1). Existen aproximadamente diez especies del género *Macadamia* pero únicamente las especies de *intergrifolia* y *tetraphylla* producen nueces comestibles.

Los principales países productores de la nuez son: Estados Unidos (53.1%); Australia (27.9%); Kenya (3.6%); Costa Rica (3.5%); Sudáfrica (3.4%); Malawi (2.5%); Guatemala (2.3%); y Zimbabwe (1.0%), (2).

En Colombia el primer huerto de nuez de Macadamia lo estableció Cenicafé, en el departamento del Quindío hace 40 años. Con base en el buen comportamiento de estos huertos, la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, tomó la decisión de iniciar un proyecto de investigación y fomento de la Macadamia en la zona cafetera en 1987, mediante la introducción de cinco cultivares promisorios desde Costa Rica. La mayoría de los cultivos establecidos se van intercalando con café como complemento económico de los primeros cinco años, tiempo a partir del cual comenzó la etapa productiva de la Macadamia, (3).

En la zona cafetera hay producción durante todo el año, concentrándose 60% de la cosecha entre Junio y Septiembre, (2). La nuez es utilizada principalmente por la industria alimentaria y para exportación. Sin embargo se han empezado a realizar estudios con el fin de aprovechar la nuez de Macadamia como insumo para uso cosmético y alimenticio. De la extracción del aceite de nuez de Macadamia y otros frutos, se obtiene una torta tal como: La copra, la soja, la cachaza y la pasta de algodón.

Los subproductos de la copra constituyen valiosas fuentes de proteínas en los piensos, especialmente los destinados a ganado vacuno para leche. A la torta de soja se le aplica un tratamiento denominado aislado proteico y se utiliza en alimentación humana; y para alimentación animal, la torta se vende a exportación; la cachaza es la torta que resulta de la filtración y lavado de los lodos sedimentados en la clarificación, en el proceso de la producción de los ingenios

cañeros y se mezcla con vinaza para la producción de abono en la industria cafetera. Y, la pasta de algodón es el subproducto de la obtención del aceite de la semilla de algodón, contiene altos niveles de proteína sobrepasante la cual es necesaria para las vacas recién paridas.

Con el fin de aprovechar integralmente la nuez de *Macadamia intergrifolia* y *Macadamia tetraphylla*, se caracterizó fisicoquímicamente y analizó microbiológicamente la torta de *Macadamia* obtenida después de la extracción de su aceite para evaluar su potencial uso en la industria y contribuir al conocimiento de la nuez de *Macadamia* y a la diversificación de su uso.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización físico-química y el análisis microbiológico de la torta obtenida en la extracción de aceite de *Macadamia intergrifolia* y *Macadamia tetraphylla* con el fin de proponer usos potenciales y contribuir al aprovechamiento integral de la nuez.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener la torta de *Macadamia intergrifolia* y *Macadamia tetraphylla* para realizar su análisis físico-químico.
- Realizar el análisis proximal de la torta de *Macadamia intergrifolia* y *tetraphylla* evaluando el contenido de: hierro, calcio, potasio, zinc, cobre, entre otros; determinados por absorción atómica.
- Determinar la cantidad de fósforo presente en la torta de *Macadamia intergrifolia* y *tetraphylla* por medio de espectrofotometría.
- Realizar el análisis microbiológico de la torta de *Macadamia intergrifolia* y *Macadamia tetraphylla*, según la normatividad nacional vigente para insumos alimenticios para animales.
- Plantear las aplicaciones y/o potenciales usos de la torta de *Macadamia intergrifolia* y *tetraphylla* según sus propiedades físico-químicas y microbiológicas.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ANTECEDENTES

La Macadamia es considerada una de las nueces más finas del mundo y hoy en día es utilizada para la extracción de aceite para uso cosmético. También existen en grandes supermercados presentaciones en paquete de nuez, nuez salada y nuez con picante.

En la actualidad, Australia y Estados Unidos son los dos importantes países productores de Macadamia de alta calidad. Sin embargo, en países como Alemania, Japón, Brasil, Ecuador y Colombia han empezado a cultivarla. No sólo por ser una nuez con aroma y sabor deseables sino también porque es nutritiva; baja en colesterol, grasas saturadas y sodio.

En general, la Macadamia ha sido utilizada desde su descubrimiento en la extracción de aceite, la cáscara se ha utilizado como abono orgánico y como combustible para grandes hornos, y otro importante residuo de Macadamia, la torta o harina desengrasada de la cual se ha estudiado el porcentaje de humedad y cenizas para ser utilizada como biomasa en la producción de energía, (4).

Uno de los pocos estudios realizados sobre torta, se encuentra en el artículo “Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted Macadamia flours” cuyo análisis comprende composición química, propiedades funcionales y microestructura de harina parcialmente desengrasada (12-15% de grasa en base seca) y harina totalmente desengrasada (1% de grasa en base seca) de tres cultivos de Macadamia (PY 741, DS 344, DS 800), sembrados en Tailandia del norte. Los resultados obtenidos llegaron a la conclusión de que la harina totalmente desengrasada resalta cualidades nutricionales y de sabor en algunos alimentos por su alto contenido en proteína y sus buenas propiedades funcionales; y la harina parcialmente desengrasada mejora el valor nutricional en productos de panadería, (7).



## 4.2 MARCO TEÓRICO

### 4.2.1 Origen del cultivo de *Macadamia integrifolia* y *tetraphylla*

En 1850, botánicos ingleses caracterizaron las dos principales variedades de Macadamia. El nombre de esta nuez, originaria de Australia, honra al científico prominente de la época, Dr. John Mc.Adam, (8).

**Figura 1: Árboles de Macadamia en la finca la Catalina, Pereira-Colombia**



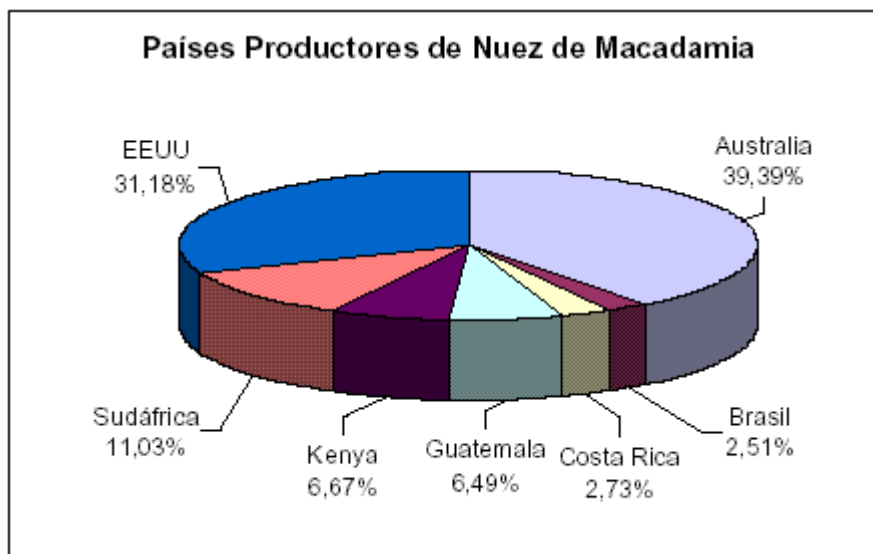
En la figura 1 se observan árboles de Macadamia sembrados en la finca la Catalina (Pereira-Colombia). La Macadamia es el único cultivo nativo de Australia que se ha desarrollado comercialmente en el país. Las plantaciones australianas están ubicadas en Queensland y South Wales. Se estima que se han instalado 700 fincas productoras de la nuez en ese país, con una superficie total que bordea las 12 000 hectáreas. El 98% pertenece a la variedad *integrifolia*, la preferida comercialmente. De este total 80% proceden de selecciones hawaiianas y el resto de australianas, incluyendo algunas liberaciones relativamente nuevas. Del total de árboles, se calcula que el 45% son maduros, el 30% están en etapa inicial de producción y el 25% aún no han producido nuez, (8).

la Sociedad Australiana de Macadamia indica que en la actualidad tienen 3'250.000 árboles que varían en edad desde recién plantados hasta con más de 20 años de edad.

#### 4.2.2 La Macadamia *integrifolia* y *tetraphylla* en el mundo

La Macadamia es originaria de los bosques lluviosos -selvas- tropicales y subtropicales de Australia, específicamente del noreste de Nueva Gales del Sur y el sureste de Queensland. En los últimos años, la producción de esta nuez se ha expandido por muchos países del mundo, que reúnen las condiciones climáticas y de suelo para su cultivo, como se aprecia en la figura 2 Australia y Estados Unidos son los mayores productores de Macadamia en el mundo.

Figura 2: Países productores de nuez de Macadamia



El primer sitio donde se cultivó la Macadamia con fines comerciales fue en Hawaii. La planta fue llevada el siglo pasado con la idea de utilizarla para la reforestación; pero por la calidad de su nuez y las características del fruto, empezó a surgir el interés por llevarla al nivel comercial.

En Hawai el desarrollo de la industria Macadamia fue apoyado por la universidad de Hawai por, J.H. Beaumont y R.H. Moltzau que iniciaron un programa para la selección del cultivo y por William Storey que realizó los primeros cinco cultivos de 20000 árboles, (10). Allí son más producidos los cultivos de Macadamia *integrifolia* que los de Macadamia *tetraphylla*, en suelos donde no sufren deficiencia de hierro, (9).

En Latino America, en Costa Rica la Macadamia se cultiva en la zona Atlántica en los lugares cuya altitud sea mayor de 400 msnm, se utilizan cultivares mejorados en Hawaii de la especie Macadamia *integrifolia*. Existen además algunos materiales segregantes de clones de Macadamia *integrifolia* que presentan un buen comportamiento en cuanto a adaptación y producción en altitudes comprendidas entre los 200 msnm, (11).

En México la producción está poco desarrollada y dispersa, y la mayor parte se comercializa localmente, (12).

En Brasil al igual que en Guatemala el cultivo de Macadamia ha mostrado un comportamiento al alza con un incremento del 25% en el total del periodo comprendido entre 2000 - 2001 . El USDA señala que este incremento se debe a la incorporación de árboles jóvenes a la producción, (12).

En Colombia las plantaciones de Macadamia son recientes. La primera plantación establecida se realizó en el departamento del Quindío por Cenicafe en 1969, obteniendo la semilla para dar origen a otras áreas sembradas para su observación en los departamentos de Caldas (Chinchiná y Supía) y Huila (Gigante). La Macadamia sembrada en el Quindío corresponde a las especies *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*, de las cuales debido a la mezcla en el campo producen frutos con características híbridas.

En la actualidad el huerto cuenta con doce árboles por especie *integrifolia* y *tetraphylla* sembrados en dos hectáreas intercalados con café. El promedio de nueces por libra de Macadamia es de 61 (nueces en concha). Con base en los registros de producción del año 1987, se aprecia que la producción se concentra en los meses de Junio-Julio. Por lo tanto es de esperarse una alta floración durante los meses de Octubre a Diciembre, ya que el período de flor a fruto es de ocho a diez meses. En los cultivos colombianos de Macadamia los daños producidos por patógenos e insectos no se presentan con características epidémicas, (13).

#### **4.2.3 Climas y suelo para la siembra de *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla***

La zona para el cultivo comercial de esta nuez debe tener una buena distribución de las lluvias durante todo el año, con un máximo de dos meses de estación seca, aunque en zonas con una época seca más larga, se puede cultivar con el suministro de riego por gravedad. El promedio anual de precipitación adecuado para la Macadamia, está comprendido entre 1.500 y 3.000 mm.

El cultivo se adapta a un rango amplio de temperatura, desde los 18°C hasta los 29°C, pero para obtener una buena producción es necesario que la temperatura baje periódicamente a 18°C y se mantenga estable para estimular la floración, lo que permitiría tener producción la mayor parte del año. La altitud a la cual se debe sembrar la Macadamia está muy relacionada con la temperatura y está comprendida entre los 400 y 1.000 msnm. Se puede sembrar en zonas ubicadas hasta 1.200 msnm si la nubosidad no es muy densa, ya que el cultivo requiere una luminosidad mínima de tres horas.

El suelo más adecuado para la Macadamia es fértil, de por lo menos 75 cm de profundidad, sin capas impermeables, suelto, bien drenado y con pH entre 5,5 y 6,5. La pendiente del terreno debe ser inferior a 30%, (11).

La velocidad de los vientos es un aspecto fundamental para el desarrollo de la Macadamia. vientos con velocidad mayor a 4 metros por segundo ocasionan la caída de flores, (12).

La Macadamia crece en un amplio rango de suelos que sean bien drenados. La textura del suelo afecta el movimiento y disponibilidad de nutrientes y agua. Los suelos arenosos drenan bien pero tienden a ser deficientes en nutrientes. Muchos suelos arcillosos tienen buena estructura con un sistema de poros que se extiende hasta el subsuelo y mantienen bien el agua y los nutrientes, (14).

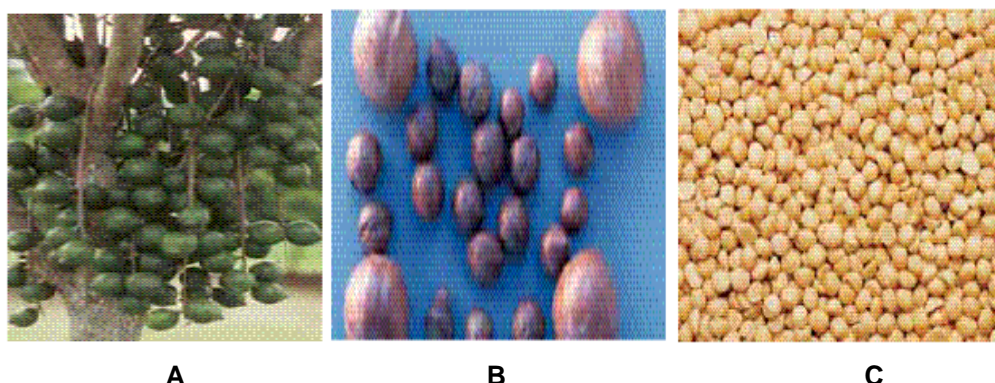
La producción del árbol de Macadamia se inicia a los 4 o 5 años de plantada; su producción comercial alrededor de los 7 años, aumentando anualmente hasta los 11 o 12 años, en que se estabiliza el volumen de frutos. Generalmente un árbol de 25 años puede producir hasta 200 kilogramos de nuez en su concha al año, (12).

#### 4.2.4 Descripción de la Macadamia

La Macadamia es un árbol perennifolio (de hojas que duran todo el año) de gran tamaño. Su género está incluido en la familia *Proteaceae*, de acuerdo con Simao en 1971. En ella también se encuentran otros tres géneros que producen nueces comestibles: *Gevivinia avellona*, *Hicksbeachia pinnatifolia* y *Helicia diversifolia*.

El género Macadamia incluye 10 especies, algunas son: *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla* que son las más comerciales por su agradable y nutritivo sabor, *Macadamia preatta* que produce nueces muy grandes pero sin sabor, *Macadamia ternifolia* que produce nueces pequeñas, desabridas y amargas.

**Figura 3: Macadamia con cáscara y sin cáscara**



En condiciones naturales el árbol de Macadamia puede llegar a medir 20 metros de alto y entre 15 y 20 metros de diámetro en su copa. Sin embargo, en condiciones abiertas sin sombra rara vez

pasan los 10 metros de altura. El fruto es un folículo más o menos esférico de 2.5 a 5 cm de diámetro con un ápice duro y corto. El pericarpio, figura 3 A, que es carnoso y verde, contiene una nuez y rara vez dos. Madura a los 7- 8 meses a partir de la floración, liberando a la nuez, figura 3C, cuando se abre el pericarpio por una línea de sutura. La semilla se encuentra envuelta por una cáscara gruesa, figura 3B. En general de 100 o 300 flores que produce un racimo, llegan a madurar alrededor de 20 frutos, (12).

**Tabla 1. Características de dos especies del género *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*.**

<b><i>Macadamia integrifolia</i></b>	<b><i>Macadamia tetraphylla</i></b>
Nueces redondas y superficie lisa	Nueces ligeramente elípticas y de superficie rugosa
Tres hojas por nudo	Cuatro hojas por nudo
Longitud de la hoja de 10 a 30 cm	Longitud de la hoja de 50 cm
Bordes de la hoja menos espinoso	Bordes de la hoja acerrados y con muchas espinas
Hojas jóvenes color verde pálido	Hojas jóvenes color púrpura o rojizo
Pecíolos: 12 cm	Pecíolos muy cortos o sésiles
Flores blanco cremoso	Flores rosadas

La *Macadamia integrifolia* es comunmente referida como una de las especies de “concha o cáscara lisa”; ver tabla 1. La fruta está constituida por un núcleo blanco, alto contenido en aceite (72% aceite y 4% azúcar seca), muy uniforme y de excelente calidad. Está encerrada en un círculo duro y liso de cerca de una pulgada (2.54 centímetros) de diámetro rodeada por una lisa, verde y brillante cáscara. Las pequeñas y perfectas blancas flores nacen en racimos de 4-8 pulgadas (10-20 centímetros) de largo. Sólo unas pocas flores en un racimo pondrán dar fruto, (3).

**Figura 4: Flores de *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla***



La especie *Macadamia tetraphylla* es llamada la “cáscara áspera”, ver tabla 1, porque su superficie es rugosa. La cáscara es algo usual por su apariencia, es verde grisáceo y con una dura cubierta. Los núcleos tienen una base grisácea, son más oscuros en color y más variables en calidad que la *Macadamia intergrifolia*. El contenido de aceite es aproximadamente 67% en la nuez seca, con 6% a 8% de azúcar. Las flores son rosadas y en racimos de 6-18 pulgadas (15-45 centímetros) de largo, (3).

En la figura 4, se puede diferenciar las flores de dos especies de *Macadamia* (*intergrifolia* y *tetraphylla*)

#### 4.2.5 Plagas y enfermedades, (11).

**Tabla 2. Plagas y enfermedades de la Macadamia**

	<b>Plagas</b>	<b>Enfermedades</b>
<b>Raiz</b>		Putridión negra de la raíz Putridión de la raíz Maya,
<b>Tallo</b>		Agrietamiento de la corteza Chancro del tallo
<b>Hojas</b>	Tizón de la flor, ( <i>Botrytis</i> sp) Hormiga arriera, ( <i>Atta</i> spp) Abeja arrastre, ( <i>Trigona</i> spp.) Acaros, ( <i>Brevipalpus</i> sp.)	Quema de la hoja ( <i>Cylindrocladium</i> sp) Brotos raspado de la epidermis.
<b>Nuez</b>	Perforador de la nuez, ( <i>Ecdytolopha torticornis</i> ) Roedores: ardillas y ratas.	Orificio en la nuez, se comen la almendra

#### 4.2.6 Actuales usos de la Macadamia y sus derivados

**La nuez:** La nuez de *Macadamia* por su buen sabor, alto poder alimenticio y ser considerada la nuez más fina del mundo, es utilizada por el mercado gourmet; como un aditivo especial en cualquier clase de comidas, ensaladas y cócteles. Las nueces sin manchas que están completas e incluso las mitades de buen tamaño, denominadas extras, se utilizan sazonadas, tostadas o fritas, con sal, ajo, chile, o con azúcar; también son cubiertas con chocolate. La industria de la confitura utiliza la nuez quebrada en la elaboración de chocolates, galletas, pasteles, panecillos, helados y postres. Las nueces pueden consumirse crudas o procesadas. Los médicos recomiendan su consumo, ya que es ideal para tener un buen estado de salud, además puede ser utilizada por la medicina como un suplemento en el tratamiento de personas con altos niveles de colesterol en la sangre, (5).



La nuez manchada y no calificada para exportación es destinada a la extracción de aceite. El aceite de Macadamia es uno de los más saludables, y apropiados para usarse como aceite de ensalada y de cocina; con la ventaja de tener un punto inferior para flamear que otros aceites vegetales y que al contener grasas mono insaturadas puede ayudar a bajar los niveles de colesterol de la sangre y reducir la incidencia de enfermedades del corazón. Por el alto contenido de ácido Palmitoleico, el aceite que se extrae de la Macadamia es destinado para uso industrial, en productos cosméticos como cremas hidratantes para la piel, jabones, tratamientos faciales, aceites para masajes o bronceadores, (12).

En la figura 5, se pueden apreciar las diferentes presentaciones de la nuez de Macadamia de acuerdo a su comercialización.

**Figura 5: Macadamia empacada después de ser procesada**



**La cáscara:** La cáscara de Macadamia por mucho tiempo se ha utilizado para alimentación animal y se tiene conocimiento de que se pulveriza y mezcla con melazas, mieles y salvado de piña para alimentar al ganado vacuno. La cáscara verde puede usarse como mulch en los viveros y en previa descomposición, para fertilizar la plantación de Macadamia. También se usan como material combustible en la fabricación de ciertos tipos de plásticos y como sustituto de arena en operaciones de lijado por chorro de aire, (6).

**El pericarpio:** El pericarpio de la nuez, es reciclado y se utiliza como materia orgánica para incorporar nutrientes orgánicos al suelo, (12).

**El árbol o madera:** La madera por ser fuerte y de buena apariencia puede ser utilizada en la carpintería y en el diseño de artesanías decorativas. El árbol de la Macadamia tiene uso maderable y ornamental.

## **4.3 MARCO METODOLÓGICO**

### **4.3.1 Métodos de extracción de aceites vegetales**

Para obtener el aceite es necesario realizar un tratamiento preliminar a la materia prima que incluye:

- Limpieza de la semilla, eliminando cuerpos extraños.
- Secado, reduciendo la humedad aproximadamente a un 10%.
- Trituración o molido.

Luego de la obtención del triturado, se comienza la extracción del aceite, que se realiza por el método Soxhlet, que consiste en una extracción por medio de disolventes siendo eficaz, ya que deja un residuo con menos del 1% de aceite; cuando se utiliza una adecuada relación triturado-solvente. El disolvente es conducido varias veces a través de la pasta o triturado, hasta que queda saturado. La solución de aceite en el disolvente se destila; se recoge el aceite y el disolvente puede volverse a utilizar, (15).

### **4.3.2 Técnicas de análisis para torta o harina desengrasada**

#### **4.3.2.1 Determinación de metales por espectroscopía de absorción atómica**

La espectroscopía de absorción atómica es una técnica de análisis instrumental, capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos comprendidos en el sistema periódico. La absorción atómica es el proceso que ocurre cuando átomos de un elemento en estado fundamental absorben energía radiante a una longitud de onda específica y luego la pierden en forma de calor, (16), las muestras se vaporizan y se convierten en átomos libres, en un proceso denominado atomización. Permite la determinación de trazas (concentraciones muy pequeñas) de metales en diferentes muestras. Se pueden efectuar análisis en concentraciones aún menores que  $1 \text{ mg/dm}^3$  de elementos tales como cinc, cobre, magnesio, níquel, hierro y cobalto, con gran exactitud, (17).

La técnica de atomización más usada es la de absorción atómica con llama, que nebuliza la muestra y luego la disemina en forma de aerosol dentro de una llama de aire acetileno u óxido nitroso-acetileno.

El sistema de absorción atómica consta de una fuente de luz, una unidad atomizadora de la muestra provista de un quemador que logra la excitación del metal, un prisma que dispersa y aísla las líneas de emisión, unas rejillas para seleccionarlas y un fototubo con amplificadores adecuados



que sirve como detector. La única finalidad del monocromador es aislar la línea de medida del elemento de interés, (16).

Para cada elemento se utiliza una lámpara de cátodo hueco que consta de un tubo de descarga (ampolla de vidrio) con una ventana de cuarzo por la que sale la radiación. Un ánodo y un cátodo hueco cuyas paredes interiores están recubiertas del metal que queremos analizar. Al hacer pasar una corriente de gas se ioniza. Al chocar los iones con las paredes del cátodo arrancan átomos metálicos que pueden quedar activados, cuando pasan de nuevo al estado fundamental emiten radiación que es utilizada como fuente. También se han comercializado lámparas de cátodo hueco multielementales como por ejemplo, Ca/Mg, Ag/Au, Cu/Pb/Zn, Co/Cr/Cu/Fe/Mn/Ni, (18).

El espectro de absorción atómica de muchos elementos se origina por transiciones electrónicas desde el estado fundamental a estados excitados. La fuente de luz es una lámpara que tiene filamentos del metal que se va a analizar. De esta manera se asegura que la emisión de luz se produzca en la misma longitud de onda que el metal a determinar realiza su absorción. Se mide la intensidad de la luz emitida, primero sin interponer la muestra y luego después del paso del rayo luminoso a través de la muestra, es decir, la solución atomizada que se halla en ignición. La disminución de la intensidad del rayo luminoso establece la cantidad de luz absorbida y es una medida de la concentración del metal en la solución.

Se acostumbra preparar una serie de patrones de concentración conocida del metal que se va a analizar y establecer una curva de calibración que relaciona absorción vs concentración. Después se lee la absorción de la muestra problema y se interpola en la curva para hallar su concentración. El método de absorción atómica tiene la gran ventaja de ser específico para muchos elementos, siempre que se disponga de sus correspondientes lámparas, (17).

#### **4.3.2.2 Determinación del contenido de Fósforo por Espectroscopia visible**

El espectro de absorción de una sustancia se obtiene al hacer pasar una radiación electromagnética seleccionada a determinada longitud de onda, a través de una celda del espectrofotómetro, instrumento que permite hacer las determinaciones.

Cada sustancia tiene un espectro de absorción característico que la diferencia de otras sustancias y que depende de su estructura. Dicha estructura tiene partes que absorben o transmiten con más o menos intensidad a longitudes de onda variables y si se logran correlacionar esas partes con determinados picos de emisión o bandas de absorción, se puede identificar su presencia en otras sustancias.

El espectro visible se obtiene entre 400 y 800 nanómetros ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ). Este espectro presenta características similares al ultravioleta UV. Para obtener el espectro visible se acostumbra disolver la sustancia en un solvente apropiado que no presente absorción alta en la región escogida, (17).

La espectrofotometría consiste en la medida de cantidades relativas de luz absorbida por un muestra en función de la longitud de onda. Cada componente de la solución tiene un patrón de absorción de luz característico. Comparando la longitud de onda y la intensidad del máximo de absorción de luz de una muestra, contra soluciones standard, es posible determinar la identidad y la concentración de componentes disueltos en la muestra, (19).

Los componentes básicos del espectrofotómetro son: la fuente de radiación que emite el rango espectral de las radiaciones para el cual ha sido diseñado el instrumento. El selector de longitud de onda o selector de radiaciones, su función es seleccionar las radiaciones requeridas para el análisis (señal analítica). Las celdas, son recipientes donde se deposita la muestra, el patrón o el blanco; los materiales dependen de la región, para la región visible se utilizan celdas de cuarzo, sílice fundida o vidrio. El transductor de entrada o detector tiene como función convertir la energía radiante en energía eléctrica. Un procesador de señal o amplificador conformado por un circuito electrónico y el transductor de salida o instrumento de lectura que puede ser análogo o digital, (23).

La técnica de espectrofotometría visible se utiliza para la determinación del contenido de fósforo en algunas muestras. Se basa en la reacción del ión fosfato con el molibdo vanadato para formar un complejo estable en medio ácido, los blanco y patrones deben llevar igual cantidad de ácido que la muestra, (15). Antes de realizar el análisis, debe lavarse el material con una solución de jabón libre de fosfatos y después con una solución de ácido sulfúrico.

#### **4.3.2.3 Análisis de Nitrógeno por Micro Kjeldahl**

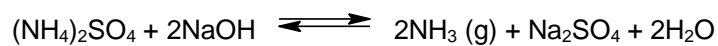
La determinación cuantitativa de nitrógeno se efectúa por el método de Kjeldahl, que consiste en someter a digestión o degradación la muestra, por calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado a ebullición y un catalizador. De esta manera se produce sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , al cual se agrega exceso de hidróxido de sodio para descomponerlo y liberar amoníaco  $\text{NH}_3$ . El amoníaco se recoge de nuevo en ácido bórico de concentración conocida y por último se determina el exceso de ácido por titulación con una base para establecer su concentración. La cantidad de ácido que ha reaccionado permite hallar la cantidad de amoníaco desprendido y por ende la cantidad de nitrógeno presente en el material orgánico, (17).

Las etapas que se llevan a cabo en este proceso son:

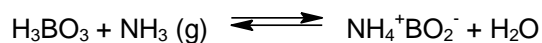
**Digestión:** Se emplea ácido sulfúrico concentrado y sulfato de cobre como catalizador, que con ayuda de calor y sulfato de potasio oxidan la materia orgánica hasta CO<sub>2</sub> y agua y transforman el nitrógeno amínico (NH<sub>2</sub>) en amínico (NH=NH) provenientes de proteínas y aminoácidos en ión amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). La reacción general es:



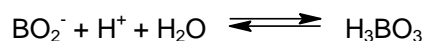
**Destilación:** La muestra digerida se trata con un álcali (NaOH 40% m/v) añadido en exceso, el cual reacciona descomponiendo el sulfato de amonio en amoníaco, que es volátil y se destila por arrastre vapor. La reacción que tiene lugar es:



El amoníaco destilado se recoge en un erlenmeyer con una mezcla de indicadores (bromocresol verde – rojo de metilo) y solución de ácido bórico. La reacción que ocurre es:



**Valoración:** El borato de amonio se valora utilizando como patrón valorante una solución estandarizada de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico:



El punto final de la valoración estará a pH ácido, por la presencia de ácido bórico formado. Los resultados se pueden expresar en % N, % NH<sub>3</sub>, o proteína (%N x factor).

Este método así como otros, se basa en la medición de amoníaco formado por todo el nitrógeno presente en la muestra, por lo tanto el valor obtenido no es real a no ser que de alguna manera se elimine el nitrógeno no proteico en la preparación de la muestra. No obstante, como por lo general los alimentos solo contienen cantidades traza de compuestos aromáticos nitrogenados y de vitaminas, el error cometido se considera despreciable; además el método sólo da una apreciación cuantitativa de la proteína presente, (22).

#### 4.3.2.4 Contenido de humedad

El agua es el único ingrediente de los alimentos que está prácticamente presente en todos ellos y su cantidad, estado físico y dispersión en los alimentos afectan su aspecto, olor, sabor y textura. Las reacciones químicas y las interacciones físicas del agua y de sus posibles impurezas con

otros componentes de los alimentos determinan frecuentemente alteraciones importantes durante su elaboración.

Los alimentos en general pueden considerarse integrados por dos fracciones primarias: su materia seca y cierta cantidad de agua o humedad; esta agua no está solamente adherida a la superficie de los alimentos sino que también se encuentra asociada como tal a ellos y por tanto incorporada a su naturaleza y composición química. El contenido de agua en los alimentos guarda estrecha relación con el contenido de humedad en el aire que los rodea. Esta relación reviste gran importancia en la conservación de los materiales alimenticios y por tanto en la protección de su calidad.

Para extraer el agua sin eliminar ni destruir otros componentes, se aplica el sistema de deshidratación completa por evaporación con aire caliente, a una temperatura igual o ligeramente superior a la evaporación del agua pura, en una estufa a presión atmosférica o en una estufa al vacío. Una vez eliminada el agua por completo, quedará la materia seca constituida por las demás formas moleculares resultantes de las combinaciones propias de los distintos elementos constitutivos de los alimentos en estudio, (22).

El contenido de humedad se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P1 - P2}{Pm} \times 100$$

P1= Peso muestra + capsula

P2= Peso capsula + residuo

Pm= Peso muestra

#### **4.3.2.5 Contenido de cenizas**

Si en presencia de aire u oxígeno se aplica a la materia seca de los productos alimenticios una temperatura suficiente para desencadenar la combustión y descomposición de las diversas sustancias combustibles presentes en ellos, se puede obtener por una parte, algunos componentes volátiles identificables entre los gases de la combustión y, un residuo denominado cenizas o materia mineral, integradas por compuestos inorgánicos no volátiles caracterizables por sus reacciones y propiedades químicas.

Todos los alimentos contienen elementos minerales formando parte de compuestos orgánicos e inorgánicos. La incineración para destruir toda la materia orgánica cambia su naturaleza; las sales metálicas de los ácidos orgánicos se convierten en óxidos o carbonatos o reaccionan durante la incineración para formar fosfatos, sulfatos o haluros y algunos elementos, como el azufre y los

halógenos, pueden no ser completamente retenidos en las cenizas perdiéndose por volatilización. Debido a esto, la naturaleza y calidad de las variadas combinaciones minerales que se encuentran en los alimentos son difíciles de determinar, aún cuando el resultado de la incineración del material permite una orientación sobre su cantidad aproximada.

En general, las cenizas se componen de carbonatos originados de la materia orgánica y no propiamente de la muestra; en las cenizas vegetales predominan los derivados del potasio y en las animales los del sodio. Para obtener las cenizas, la muestra triturada o pulverizada (desechada si es necesario), se somete a una calcinación o incineración directa a 550 °C en una mufla hasta formación de cenizas grises o blancas. La determinación debe hacerse aumentando progresivamente la temperatura del horno, hasta alcanzar el rojo oscuro (más o menos 550 °C), no se debe dejar pasar esta temperatura pues se podrían descomponer los carbonatos presentes y se volatilizarían otras sustancias produciendo resultados erróneos, (22).

El porcentaje de cenizas se determina por medio de la fórmula:

$$\% C_z = \frac{P_1 - P_2}{P_m} \times 100$$

P1: peso crisol con cenizas

P2: Peso crisol vacío

Pm: Peso muestra

#### **4.3.2.6 Contenido de extracto etéreo o grasa bruta**

El nombre de extracto etéreo se debe al método químico que se sigue para la determinación de la grasa. La muestra bajo estudio se muele perfectamente y se destila éter sulfúrico a través de ella. Toda materia soluble en éter es extraída y la pérdida de peso de la muestra constituye el peso del extracto etéreo. Las sustancias grasas extraídas por el éter pueden ser alternativamente aisladas, examinadas y pesadas directamente.

El extracto soluble en éter es un índice valioso de la capacidad de un determinado alimento para suministrar energía en una forma más concentrada que la producida por cualquier otra forma de nutriente, (26).

Con éste análisis se logra identificar materia capaz de disolverse en solventes orgánicos muy eficaces para la grasa. En los métodos en que se emplea calor, es posible que se pierda una parte de esa grasa por evaporación y se extraigan sustancias con la grasa verdadera que no

pertenecen a éste grupo funcional, como es el caso de algunos colorantes; por estas dos razones es denominada grasa bruta, (27).

El procedimiento utilizado fue la extracción indirecta tras un tratamiento con un álcali o un ácido, (28).

El porcentaje de grasa se determina por medio de la siguiente fórmula.

$$\%Grasa = \frac{P1 - P2}{Pm} \times 100$$

P1: Peso residuo seco

P2: Peso crisol vacío

Pm: Peso muestra

#### **4.3.2.7 Contenido de fibra**

La fibra debería considerarse como una unidad biológica y no como una unidad química. La pared celular de las plantas tiene una estructura compleja compuesta de celulosa y hemicelulosa, pectina, algo de proteína, sustancias nitrogenadas lignificadas, ceras, cutina y componentes minerales. Este material se divide a su vez en sustancias insolubles de la matriz, que incluyen la lignina, celulosa y hemicelulosa, y las más solubles como la pectina, ceras y proteína, que se pueda extraer.

La pared celular de las células vegetales, contiene la mayor parte del material resistente a las enzimas del tracto gastrointestinal de los mamíferos. Aunque este material pueda digerirse parcialmente por la microflora intestinal, raramente la digestión es total.

Aplicable a los alimentos vegetales y alimentos mixtos. No es aplicable a los alimentos de origen animal. La fibra también le da las propiedades físicas a los alimentos, y generalmente baja su densidad calórica. Hay varios métodos para determinar fibra, así como dos clases de fibra: fibra alimentaria o dietética y fibra cruda o bruta.

La fibra dietética puede ser definida como constituida por todos los componentes de los alimentos que no son rotos porque las enzimas del conducto alimentario humano para formar compuestos de masa molecular menor, son capaces de ser absorbidos al torrente sanguíneo. Estos incluyen hemicelulosas, sustancias pépticas, gomas, mucílagos, celulosa, lignina y polisacáridos tecnológicamente modificados tales como la carboximetilcelulosa.

Debe hacerse notar que algunas de estas sustancias no tienen estructura fibrosa y son solubles. Se han desarrollado diferentes métodos para la estimación de la fibra dietética. Dado que no es

posible determinar los muchos componentes complejos individualmente de la fibra dietética, los métodos de uso práctico representan un compromiso entre la separación completa y su determinación y la aproximación empírica de fibra cruda.

La fibra cruda o fibra bruta es el residuo orgánico combustible e insoluble que queda después de que la muestra se ha tratado en condiciones determinadas. Las condiciones más comunes son tratamientos sucesivos con ácido sulfúrico diluído en caliente, hidróxido de sodio diluído en caliente, ácido clorhídrico diluído, alcohol y éter. Este tratamiento empírico proporciona la fibra cruda que consiste principalmente del contenido en celulosa además de la lignina y hemicelulosas contenidas en la muestra. Las cantidades de estas sustancias en la fibra cruda pueden variar con las condiciones que se emplean, por lo que para obtener resultados consistentes deben seguirse procedimientos estandarizados con rigidez, (29).

En la estimación del contenido de fibra bruta de un alimento, de acuerdo al método de análisis proximal, se toma una muestra apropiadamente molida, desecada y libre de grasas, hirviéndola sucesivamente, con 1.25% de ácido sulfúrico y 1.25% de aolución de hidróxido de sodio. En esta forma se pretende imitar la digestión ácida del estómago y subsecuentemente la digestión alcalina del intestino. El residuo insoluble es filtrado y lavado sucesivamente con agua, alcohol, éter, y después es desecado. Se pesa, pero como existe una pequeña cantidad de sustancia mineral retenida entre la fibra bruta, el residuo es quemado. La diferencia de los pesos, antes y después de la combustión corresponde al peso verdadero de la fibra bruta y éste valor si es o no apropiada para algunos animales, (26).

El porcentaje de fibra se determina por medio de la fórmula:

$$\% \text{ fibra} = \frac{P1 - P2}{Pm} \times 100$$

P1: Peso residuo seco

P2: Peso crisol Gooch vacío

Pm: Peso muestra

### **4.3.3 Análisis microbiológico**

#### **4.3.3.1 Métodos utilizados**

Según Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológico de Alimentos para Consumo humano y animal, (24), y las directivas técnicas de alimentos para animales, del Instituto

Colombiano Agropecuario (ICA), (25). Los métodos utilizados para la realización del análisis microbiológico son el recuento en placa profunda y número más probable.

#### **4.3.3.1.1 Descripción método recuento en placa profunda**

Este método es utilizado para la determinación del número UFC (Unidades formadoras de colonia) de microorganismos aerobios mesófilos. Es uno de los indicadores microbiológicos de calidad más utilizados para todos los alimentos, menos para los productos fermentados.

Las ventajas del método son:

- ✓ Mayor sensibilidad en la recuperación de células viables.
- ✓ Rápida, económica y de fácil acceso.
- ✓ Disponibilidad de medios de cultivo a utilizar altamente selectivos que permiten la recuperación de microorganismos a partir de muestras heterogéneas.
- ✓ Permite evaluar células viables y recuperarlas para identificación precisa.

Las desventajas del método son:

- ✓ Alto riesgo de contaminación por errores de manipulación, ambientes, equipos a utilizar.
- ✓ El total de células presentes en el medio no presentan una misma tasa de crecimiento por lo que algunas no pueden ser contadas obteniendo conteos estimados, arrojando resultados no exactos.

En este método se utilizan diversos tipos de medios de cultivos los cuales son específicos para cada microorganismo que se requiere identificar en el análisis de alimentos:

**Agar Plate Count:** Medio de cultivo usado comúnmente para determinar o supervisar el crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en una muestra.

**Agar XLD (xilosa lisina deoxicolato):** Medio sólido un poco selectivo para el aislamiento de especies de enterobacterias patógenas, especialmente la *salmonella*, la cual se determina por medio de presencia o ausencia de colonias negras.

**Agar SPS (sulfito-polimixina-sulfadiazina):** El sistema diferencial de sulfito de sodio y citrato férrico permite la detección de la reducción de organismos sulfito, que forman colonias negras debido al sulfuro de hierro precipitado.



**Agar CGA (Chloramphenicol Glucose Agar):** Este es el medio recomendado para el aislamiento y el recuento de hongos (mohos y levaduras). El medio basa su selectividad en la acción bactericida de cloranfenicol que, debido a su termo estabilidad, pueden ser esterilizados con el medio completo en el autoclave. Además, se podrá ajustar el pH cercano a la neutralidad, y este hecho permite que el medio se utilice varias veces sin que ello afecte a su estabilidad, la selectividad y eficacia.

**Caldo Rappaport Vassiliadis:** Medio líquido de enriquecimiento selectivo de la salmonella en los productos alimenticios y otros materiales. Muestra una mayor selectividad hacia la *salmonella* y produce mejores rendimientos que otros medios similares, especialmente después de preliminar y de enriquecimiento en una temperatura de incubación de 43 ° C.

El verde de malaquita y cloruro de magnesio al inhibir el crecimiento de los microorganismos que normalmente se encuentran en el intestino, pero no afectan a la proliferación de la mayoría de la salmonella. El bajo pH del medio aumenta la selectividad.

#### **4.3.3.1.2 Descripción método numero más probable (NMP)**

Es un método probabilístico inventado por McCrady y demostró que el resultado tiene una fiabilidad de un 95%. El método se basa en determinar la presencia de *Escherichia coli* y la presencia de coliformes totales, que fermentan la lactosa incubadas a  $35 \pm 1$  °C durante 24 a 48 horas, resultando una producción de ácido y gas el cual se manifiesta en las campanas de fermentación y el crecimiento también es verificado mediante la presencia de turbidez en el medio.

Las ventajas de este método son el recuento de microorganismos vivos, especificidad, más rápido que el recuento en placa y la utilización de menos material. La desventaja es la menor precisión en comparación con el recuento en placa. El medio utilizado en éste método es el caldo lauril sulfato.

**Caldo lauril sulfato:** Medio rico en nutrientes, que permite un rápido desarrollo de los microorganismos fermentadores de la lactosa, aún de los fermentadores lentos. La triptosa es la fuente de nitrógeno, vitaminas, minerales y aminoácidos, la lactosa es el hidrato de carbono fermentable, las sales de fosfato proveen un sistema buffer, y el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico. Es un medio selectivo, ya que el lauril sulfato de sodio inhibe el desarrollo de la flora acompañante. Por la fermentación de la lactosa, se produce ácido y gas, éste último se evidencia al utilizar las campanas Durham.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Muestra de análisis

Se utilizaron nueces de Macadamia fresca recolectadas de doce árboles de especies comerciales *tetraphylla* e *intergrifolia* suministradas por el Banco de Germoplasma CENICAFÉ, localizada en la finca La Catalina Risaralda. Las cuales fueron trasladadas hasta el laboratorio de Oleoquímica de la Universidad Tecnológica de Pereira para su respectivo análisis.

### 5.2 Tratamiento de muestra

Se recolectaron 5 Kg de nuez de Macadamia *tetraphylla* y 5 Kg de nuez de Macadamia *intergrifolia* por separado, se seleccionaron por flotación (las nueces que flotaron fueron desechadas) y se secaron durante tres días a 52 °C. Una vez efectuado el secado, se quebraron las conchas para extraer las almendras, estas se lavaron con detergente tigo, se seleccionaron por flotación (desechando las nueces que no flotaron) y se secaron a 74 °C por ocho horas. Las almendras se molieron y almacenaron a -20 °C para la extracción del aceite de ambas especies y posterior caracterización de las dos tortas.

### 5.3 Análisis Nutricional de la Torta

Se realizaron los análisis por triplicado y en las mismas condiciones para mayor confiabilidad de los resultados.

#### 5.3.1 Determinación del Contenido de Humedad

Se determinó según la metodología propuesta en la norma ICONTEC 770-3, expresando los resultados en porcentaje de humedad por pérdida por desecación, (20). Se empleó una estufa como la que se puede observar en la figura 6, estufa BINDER a una temperatura de 105 °C, a 60 Hz, 160 KW, 115 V y 14 A; localizada en el laboratorio de oleoquímica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

**Figura 6: Estufa utilizada en la determinación del contenido de humedad**



### 5.3.2 Determinación del Contenido de Grasa o extracto etéreo

Se determinó según la metodología propuesta en la norma ICONTEC 770-3, expresando los resultados como proteínas totales basados en el porcentaje de nitrógeno, (21). Utilizando el equipo para determinación de grasa (figura 7), SOXTEC SYSTEM HT 1043 EXTRACTION UNIT TECATOR (F.N.C), del laboratorio de análisis de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira.

**Figura 7: Equipo utilizado para determinación de grasa**



### 5.3.3 Determinación del contenido de proteína

Se determinó según la metodología propuesta en la norma ICONTEC 770-3, expresando los resultados como proteínas totales basados en el porcentaje de nitrógeno, (21). Y utilizando el factor de 6.25 para almendras.

### 5.3.4 Determinación del contenido de Cenizas

Se determinó según la metodología propuesta en la norma ICONTEC 770-3, (22), expresando los resultados en porcentaje de cenizas.

### 5.3.5 Determinación de contenido de Carbohidratos

Se determinó por medio de la formula  $\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (\% \text{ Humedad} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ fibra} + \% \text{ Grasa})$

### 5.3.6 Determinación de contenido de Extracto etereo no nitrogenado (E.N.N)

Se determinó por medio de la formula  $\% \text{ E.N.N} = 100 - (\% \text{ Proteina} + \% \text{ Cenizas} + \% \text{ Fibra} + \% \text{ Grasa})$

### 5.3.7 Determinación del Contenido de Fibra bruta

Se determinó según la metodología propuesta en la norma ICONTEC 770-3, (23), expresando los resultados en porcentaje de fibra cruda. Se utilizó el equipo para determinación de fibra (figura 8) FIBERTEC SYSTEM M 1020 Hot extractor TECATOR (F.N.C), del laboratorio de análisis de suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira.

**Figura 8: Equipo para determinación de fibra**



### 5.3.8 Análisis elemental de la torta. Determinación de metales por espectroscopía de absorción atómica

Se realizó el análisis de los principales elementos de la torta en el espectrómetro de absorción atómica UNICAM 969 A.A spectrometer (figura 9), del laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira. Se calcino la muestra para obtener las cenizas (óxidos o sales de los elementos) y se disolvieron en HCL 1:1, luego se llevó a un volumen conocido con agua, empleando el rango de concentración de patrones realizado en otros estudios, (23). Los resultados de calibración para cada elemento se encuentran en el anexo 2.

**Figura 9: Espectrómetro de absorción atómica**



### 5.3.9 Análisis de Nitrógeno por Micro Kjeldahl

Se determinó según procedimiento descrito en manual de análisis de alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira, (22). Se empleó el equipo DK6 Heating Digester Velp Scientifica (figura 10), del laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

**Figura 10: Equipo de micro kjeldahl automático**



### 5.3.10 Análisis de Fósforo por espectrofotometría

Se determinó según procedimiento descrito en manual de análisis instrumental de la Universidad Tecnológica de Pereira, (23), empleando el rango de concentración de patrones de anexo 1. Se utilizó el espectrofotómetro UV-VIS Espectronic Genesys 5 (figura 11), del laboratorio de análisis de aguas y alimentos de la Universidad Tecnológica de Pereira. Los resultados de calibración para éste análisis se encuentra en el anexo 1.

**Figura 11: Espectrofotómetro UV-VIS**



#### **5.4 Analisis microbiológico de la torta.**

Se realizaron análisis microbiológicos para determinar la carga microbiana de la torta, para cada método se realizaron las respectivas siembras de cada dilución ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) y se realizaron por duplicado según Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológico de Alimentos para Consumo Humano y animal, (24), y los resultados se confrontaron con las directivas técnicas de alimentos para animales, del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), (25).

Se pesaron con exactitud  $25 \pm 0.01$  g de cada muestra, y se diluyeron en 225 ml de agua peptona al 2% (dilución  $10^{-1}$ ), de esta dilución se tomo 1 mL y se diluyo en 19 mL de agua peptona al 0.1% (dilución  $10^{-2}$ ), y de esta se tomo 1 mL y se diluyo en 19 mL de agua peptona al 0.1% ( $10^{-3}$ ).

##### **5.4.1 Recuento microorganismos mesófilos.**

Se llevo a cabo por el método de recuento en placa profunda utilizando el Agar Plate count.

##### **5.4.2 Recuento microorganismos coliformes.**

Se realizó por el método número mas probable, y con el Caldo lauril sulfato como agar.

##### **5.4.3 Recuento clostridios sulfito reductores.**

Se realizó por el método recuento en placa profunda y anaerobio y se utilizo el Agar SPS, para que el medio fuera anaerobio se utilizo aceite mineral el cual se agregó sobre el agar después de que sete solidificó..

##### **5.4.4 Recuento hongos.**

Se realizó por el método recuento en placa profunda y utilizando el agar CGA.

##### **5.4.5 Aislamiento *Salmonella spp* en 25g. Método presencia – ausencia.**

Para la determinación de *salmonella ssp.* se incubaron las primeras diluciones de cada muestra por 24 horas a 37 °C, y de estas se tomarón 1 mL y se sembraron en caldo rappaport (RV), posteriormente se incubo por 24 horas a 42 °C, de cada una de las muestras se sembró por agotamiento en agar XLD y se incubo por 24 horas a 42 °C, el análisis se completo por medio de la verificación de la presencia o ausencia de posibles colonias color negro.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Análisis Físico – Químico.

En las tablas 3 y 4 se consignan los resultados obtenidos en el análisis físico-químico realizados a la torta de Macadamia *intergrifolia* y la torta de Macadamia *tetraphylla*.

**Tabla 3. Análisis Físico – Químicos de la torta de Macadamia *intergrifolia* cultivada en la region cafetera.**

Analisis	% Obtenido	Desv. Est.	Promedio
% Humedad	12,149	0,8246	12,922
	13,790		
	12,9695		
% Cenizas	2.4496	0,2079	2,3523
	2,4938		
	2.1136		
%Fibra	48,7228	2,9020	45,6343
	42,9642		
	45,2160		
% Grasa	16,8977	0,2669	16,6277
	16,3639		
	16,6215		
% Proteina	4,1606	0,6465	4,7897
	5,4524		
	4,7563		
%Estracto no Nitrogenado	27,7693	2,5505	30,5958
	32,7257		
	31,2926		
% Carbohidratos	19,7809	2,3741	22,4161
	24,3881		
	23,0794		
% Materia Seca	87,851	0,8205	87,0305
	86,21		
	87,0305		

**Tabla 4. Análisis Físico – Químicos de la torta de Macadamia *tetraphylla* cultivada en la region cafetera.**

<b>Analisis</b>	<b>% Obtenido</b>	<b>Desv. Est.</b>	<b>Promedio</b>
% Humedad	3,207	0,0560	3,1822
	3,118		
	3,2216		
% Cenizas	2,1410	0,1513	2,0455
	2,1245		
	1,8710		
%Fibra	40,0599	4,7199	34,6521
	32,5361		
	36,4304		
% Grasa	19,7520	0,6826	18,9642
	18,5930		
	18,5477		
% Proteina	6,825	0,8613	5,9024
	5,1193		
	5,763		
%Estracto no Nitrogenado	31,2221	5,6834	37,7457
	41,6271		
	40,3879		
% Carbohidratos	34,8401	4,4124	39,4656
	43,6284		
	39,9293		
% Materia Seca	96,793	0,0560	96,8178
	96,882		
	96,7784		

Según el análisis de humedad las tortas de Macadamia *intergrifolia* y *tetraphylla* cumplen con el porcentaje menor al 30% que se requiere para emplearse como biomasa, (4). Sin embargo se encuentra que el contenido de humedad en la M. *intergrifolia* es considerablemente mayor comparado con otras tortas como lo son las de soja, algodón copra y maní (ver anexo 3), esto podría atribuirse a posibles errores en la manipulacion, tratamiento y/o almacenamiento.

Los valores obtenidos para la torta de Macadamia *tetraphylla* se encuentran dentro de los parametros recomendados por algunos autores quienes indican una humedad inferior al 5%, para impedir la degradación oxidativa de las almendras, (30). Ambas tortas estudiadas presentaron desviaciones estándar menores a 1 lo que indica la reproducibilidad del metodo para determinar humedad y muestra que los datos son confiables.

En el caso del contenido de cenizas no se encontró una diferencia considerable entre las dos especies estudiadas, el valor para la M. *intergrifolia* fue de 2,3523 y para la M. *tetraphylla* de



2.0455 (ver tablas 3 y 4), obteniéndose desviaciones estándar de 0,2079 y 0,1513 respectivamente lo que implica que los datos son confiables y reproducibles. Estos valores revelan un alto porcentaje de compuestos minerales y una pequeña cantidad de materia sólida no combustible, indicando la no necesidad de suplirlas con compuestos ricos en minerales, en caso tal que se quieran utilizar en alimentación animal, permitiendo un concentrado de bajo precio.

En cuanto al contenido de grasa bruta la torta de *Macadamia intergrifolia* y *Macadamia tetraphylla* muestran un gran porcentaje de grasa y se obtienen datos confiables y reproducibles mostrados por las desviaciones estándar menores a 1. Este contenido indica que son un buen complemento energético en cualquier concentrado proteico. Sin embargo se debe considerar que la extracción realizada a la nuez de Macadamia, solo se hizo para la caracterización posterior del aceite sin asegurar un total desengrase de la torta resultante, lo que no permitió determinar el porcentaje real de grasa presente por posibles variaciones del método de extracción, (26), (27).

El alto porcentaje de fibra obtenido en las tortas de *Macadamia intergrifolia* y *Macadamia tetraphylla* indica que estas pueden ser utilizadas como suplemento alimenticio ya que le dan propiedades físicas a los alimentos. Sin embargo, éste alto contenido de fibra es desfavorable en su uso como biomasa ya que disminuye su densidad calórica. Las desviaciones estándar para el porcentaje de fibra de las tortas de ambas especies es mayor a 1 lo que indica dispersión de los datos respecto del valor medio, la dispersión puede ser atribuida al método y es aceptada hasta máximo un 5 por ciento. El valor es aceptado dentro de las cantidades máximas establecidas en las tablas NRC (National Research Council).

De acuerdo al contenido de nitrógeno menor al 20 %, la torta no puede ser de carácter proteico por lo que puede ser utilizada en la alimentación animal como complemento energético y suplementarse con harinas altas en proteína que favorezcan el consumo proteico y energético necesario para el animal, (26), (27).

En el Anexo 3 se presentan los valores actuales en algunas propiedades fisico-químicas para diferentes especies de tortas. Revisando los valores consignados en la tabla 17 y los valores consignados en las Tablas 3 y 4, se concluyó que las tortas de *Macadamia intergrifolia* y *tetraphylla* no muestran un comportamiento similar a las tortas de soja, algodón, copra y maní. Por tal razón no se puede establecer que las dos especies de torta de Macadamia tienen la misma utilidad que las tortas descritas en la tabla 17. Pero si se pueden definir los mismos potenciales usos entre la torta de *Macadamia intergrifolia* y la torta de *Macadamia tetraphylla*, teniendo en cuenta su similar comportamiento en cada uno de los análisis realizados.

## 6.2 Análisis de Fósforo.

**Tabla 5. Datos obtenidos para la torta *intergrifolia* y *tetraphylla* en la determinación de fósforo.**

Elemento	Macadamia <i>tetraphylla</i> (concentración ppm)			Promedio	Desv. Est	Macadamia <i>intergrifolia</i> (concentración ppm)			Promedio	Desv. Est
Fósforo P	0,69215	0,70142	0,71765	0,7037	0,0129	0,90083	0,90199	0,91475	0,9059	0,0077

El contenido de fósforo, según la tabla 19 muestra las concentraciones máximas tolerables de minerales dietéticos en los animales domésticos, tomada de las tablas NRC (National Research Council), ver Anexo 5; los valores obtenidos se encuentra por debajo de la cantidad máxima permitida para consumo de especies como Bovinos, Cerdos, Aves de corral, Caballo y Conejos, indicando que las tortas de *M. intergrifolia* y *M. tetraphylla* pueden utilizarse, en pequeñas cantidades, como relleno en concentrados carentes de fósforo, (29). Las desviaciones estándar obtenidas son menores a 1 lo que implica que los datos son confiables y reproducibles

## 6.3 Análisis elemental de la torta de Macadamia *intergrifolia* y Macadamia *tetraphylla*.

**Tabla 6. Concentración de macro y micronutrientes en muestras de torta *intergrifolia* y *tetraphylla*.**

Macronutrientes	Macadamia <i>tetraphylla</i> (concentración ppm)			Promedio	Desv. Est	Macadamia <i>intergrifolia</i> (concentración ppm)		Promedio	Desv. Est
Sodio Na	2,34	2,41	2,53	2,4267	0,0961	0,96	1,70	1,33	0,5232
Calcio Ca	0,15	0,41	0,86	0,4733	0,3592	0,14	0,66	0,4	0,3677
Magnesio Mg	15,499	16,08	16,87	16,1497	0,6881	23,50	24,78	24,14	0,9051
Potasio K	49,18	49,11	50,70	49,6633	0,8985	46,33	47,30	46,815	0,6859
Micronutrientes	Macadamia <i>tetraphylla</i> (concentración ppm)			Promedio	Desv. Est	Macadamia <i>intergrifolia</i> (concentración ppm)		Promedio	Desv. Est
Hierro Fe	0,24	0,29	0,36	0,2967	0,0603	0,21	0,37	0,2900	0,1131
Zinc Zn	1,213	1,245	1,263	1,2403	0,0253	1,349	1,386	1,3675	0,0262
Manganeso Mn	0,76	0,97	1,00	0,9100	0,1308	0,74	0,97	0,855	0,1626
Cobre Cu	0,91	1,04	1,44	1,1300	0,2762	0,06	1,05	0,555	0,7000

El sodio y el potasio se estudian juntos debido a que son electrolitos que tienen un papel muy importante en el mantenimiento de la presión osmótica de los líquidos extracelular e intracelular, y en el mantenimiento del balance ácido-básico, por ello se debe tener cuidado de no sobrepasar los niveles máximos permisibles. Según la asociación americana de alimentos industriales, las cantidades según los valores de potasio (ver tabla 6) presentes en las tortas de *Macadamia intergrifolia* y *tetraphylla* son adecuadas para la reabsorción de agua y minerales como el fósforo, sodio y cloro en animales monogástricos, (29).

La concentración de calcio hallado en las tortas de *Macadamia* según las cantidades máximas descritas por la NRC; es permitida para la alimentación de Bovinos, Ovejas, Cerdos, Caballos y Conejos; teniendo en cuenta que debe ser proporcionado con otros concentrados. Pero no es adecuada para la alimentación de aves de corral ponedoras ya que supera el valor máximo permisible.

Según la tabla 6, la concentración de micronutrientes como hierro, zinc, manganeso y cobre, presentes en la torta de *Macadamia* de las dos especies estudiadas se encuentran por debajo del valor máximo tolerable para la alimentación de animales domésticos ver anexo 5, lo que indica que puede ser utilizada en grandes proporciones como relleno en concentrados dietarios sin correr el riesgo de una posible intoxicación animal. Las desviaciones estándar obtenidas en todo el análisis de macro y micro nutrientes arrojan datos confiables y reproducibles.

#### 6.4 Analisis Microbiologico.

Los resultados obtenidos del análisis microbiológico se presentan en la tabla 7:

**Tabla 7. Resultados obtenidos en el análisis microbiológico realizado a cada muestra de torta de *Macadamia intergrifolia* y de *Macadamia tetraphylla*.**

Parámetro Microbiológico	Método	Resultado Obtenido torta <i>intergrifolia</i>	Resultado Obtenido torta <i>tetraphylla</i>	Fecha Análisis
Recuento microorganismos Mesófilos	Recuento placa profunda	10UFC/g	35 UFC/g	12 Mayo 2009
Recuento microorganismos Coliformes	Numero más Probable	3.6 bacterias coliformes/g	3.6 bacterias coliformes/g	12 Mayo 2009
Recuento <i>Clostridios Sulfito Reductores</i>	Recuento en placa profunda y anaerobio	10 UFC/g	10 UFC/g	12 Mayo 2009
Recuento hongos	Recuento en placa profunda	>16x10 <sup>5</sup> UFC/g	41x10 <sup>1</sup> UFC/g	12 Mayo 2009
Aislamiento <i>Salmonella spp</i> en 25 g	Presencia - Ausencia	Ausente	Ausente	15 Mayo 2009
Aislamiento <i>Escherichia coli</i>	Numero más Probable	NMP 3 bacterias Ecoli /g	NMP 3 bacterias Ecoli /g	12 Mayo 2009

El ICA y la División de Insumos Pecuarios expidieron las DIRECTIVAS TÉCNICAS DE ALIMENTOS PARA ANIMALES que rigen para el registro de los insumos pecuarios, en Colombia. Según estas directivas en su aparte DIP-30-100-003 Alimentos para animales, parámetros microbiológicos, muestra la máxima cantidad de microorganismos expresada como UFC que se acepta en un determinado alimento para poder ser utilizado en diferentes especies animales; los resultados obtenidos en este estudio son aceptados por las directivas para cada especie reconocida, ya que no representan un potencial peligro microbiológico al no sobrepasar los límites permisibles ni contener microorganismos patógenos que pueda afectar el desarrollo de las especies involucradas. Ver anexo 4.

Las figuras 14 y 15 corresponden a la determinación de hongos para ambas tortas analizadas, se observa una gran diferencia debido a que en la siembra de la torta de *Macadamia tetraphylla* se sembraron 2 mL de muestra mientras que en la siembra de la torta de *Macadamia intergrifolia* se sembró 1 mL,. Los resultados obtenidos en el análisis de todos los microorganismos están dentro

de lo límites permisibles según las DIRECTIVAS TÉCNICAS DE ALIMENTOS PARA ANIMALES que rigen para el registro de los insumos pecuarios, en Colombia, en su aparte DIP-30-100-003 Alimentos para animales, parámetros microbiológicos.

Las siguientes imágenes muestran el comportamiento microbiológico de las tortas de *Macadamia integrifolia* y *Macadamia tetraphylla*:

Figura 12: Resultado de *Salmonella spp* para torta de *Macadamia integrifolia*



Figura 13: Resultado de *Salmonella spp* para torta de *Macadamia tetraphylla*



Figura 14: Resultado de Hongos para torta de *Macadamia tetraphylla*



Figura 15: Resultado de Hongos para torta de *Macadamia integrifolia*

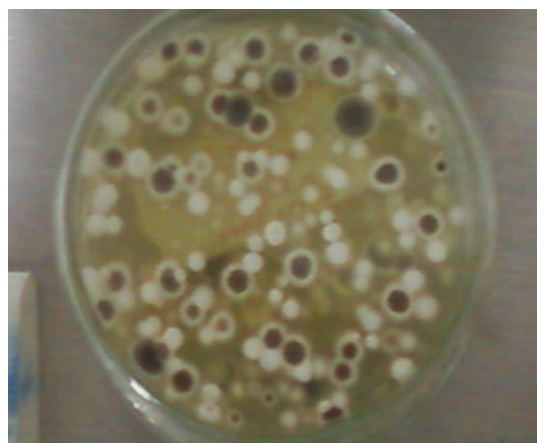


Figura 16: Resultado *Escherichia coli* para torta de Macadamia *tetraphylla*



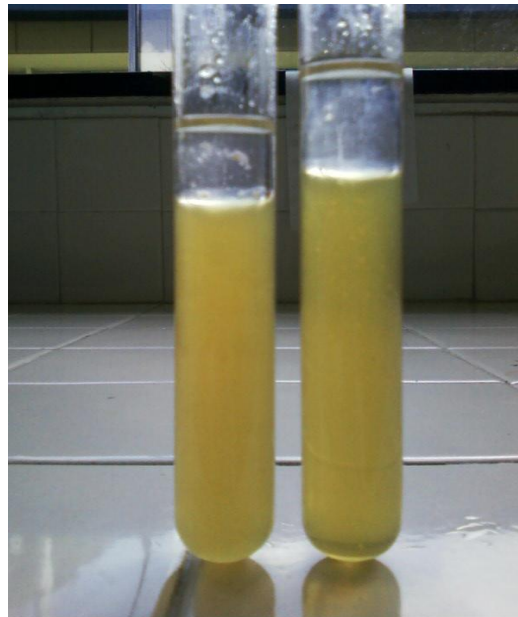
Figura 17: Resultado *Escherichia coli* para torta de Macadamia *intergrifolia*



Figura 18: Resultado de sulfito reductores para torta de Macadamia *intergrifolia*



Figura 19: Resultado de sulfito reductores para torta de Macadamia *tetraphylla*



## CONCLUSIONES

- ❖ El potencial uso en la industria de las tortas de Macadamia es como suplemento de concentrados que carecen de macro y micro nutrientes así como de grasa y carbohidratos, además que no representan ningún peligro a nivel microbiológico ya que cumplen con los parámetros establecidos por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA.
- ❖ Las tortas de Macadamia de las especies *intergrifolia* y *tetraphylla* no cumplen con los requerimientos exigidos para ser un concentrado proteico, pero si pueden utilizarse como suplemento o relleno de un concentrado proteico.
- ❖ Las tortas estudiadas son un buen suplemento energético por su alto contenido en grasa y carbohidratos para animales según NRC (National Research Council) Tolerancia de Minerales en Animales Domésticos.
- ❖ Por su bajo contenido en cenizas las tortas de Macadamia se pueden incursionar en alimentos para animales logrando un bajo precio y economía.
- ❖ De acuerdo al bajo porcentaje de humedad presente en las tortas de Macadamia, se puede considerar su uso como biomasa en la producción de energía.
- ❖ El contenido de humedad en la torta de Macadamia *intergrifolia* fue 12.922% mientras que el contenido de humedad en la torta de Macadamia *tetraphylla* fue 3.182%.
- ❖ El porcentaje de cenizas obtenido para la torta de Macadamia *intergrifolia* y la torta de Macadamia *tetraphylla* fue 2.3523% y 2.0455%, respectivamente.
- ❖ La cantidad de fibra encontrada en la torta de Macadamia *intergrifolia* fue 45.6343% y en la torta de Macadamia *tetraphylla* fue 34.6521%.
- ❖ El contenido de grasa en la torta de Macadamia *intergrifolia* fue 16.6277% mientras que el contenido de grasa en la torta de Macadamia *tetraphylla* fue 18.9642%.
- ❖ La cantidad de proteína encontrada en la torta de Macadamia *intergrifolia* fue 4.7897% y en la torta de Macadamia *tetraphylla* fue 5.90274%.
- ❖ El porcentaje de fósforo obtenido para la torta de Macadamia *intergrifolia* y la torta de Macadamia *tetraphylla* fue 0.9059 ppm y 0.7037 ppm, respectivamente.
- ❖ Los principales macronutrientes fueron el magnesio con un contenido de 24.14 ppm para torta de Macadamia *intergrifolia* y 16.1497 ppm para torta de Macadamia *tetraphylla*, y el potasio con un contenido de 46.815 ppm para torta de Macadamia *intergrifolia* y 49.6633 ppm para torta de Macadamia *tetraphylla*.
- ❖ El principal micronutriente fue el zinc con un contenido de 1.3675 ppm para torta de Macadamia *intergrifolia* y 1.2403 ppm para torta de Macadamia *tetraphylla*.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Macadamia, Macadamias, Nuez australiana, Avellano de Australia, Nuez de Australia.  
Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/Macadamias-nuez-australiana-nueces-nuez-australia.htm> (consulta 3 octubre 2009)
2. BARANOVA, C. Marcia. SANCHO, B. Ellen. Guanábana y Macadamia fruticultura Tomo II. Libro electrónico pág 72.
3. GARCIA, Clemencia. Manejo de insectos asociados a la fase vegetativa del cultivo de la Macadamia en Colombia. Avances técnicos Cenicafé. Programa de Investigación científica, Marzo 1998. (ISSN-0120-0178). Pág. 1.
4. Users Network (BUN-CA), Manuales sobre energía renovable: Biomasa/ Biomass. Primera edición - San José, Costa Rica. Biomass Users Network (BUN-CA), 2002. (ISBN 9968-904-02-3).
5. Estudio de prefactibilidad para Macadamia.  
Disponible: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/nueces/Macadamia/epfmacad.pdf> (consulta, 20 noviembre)
6. LASSO, Marín Salomon. Directivas técnicas de alimentos para animales y sales mineralizadas. Instituto Agropecuario Colombiano, ICA. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Resolución 1056/96, Santa Fé de Bogotá, 1999.
7. JITNGARMKUSOL, Siwaporn. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted Macadamia flours. Buscador Sciencedirect - El Sevier. Chulalongkorn University. Food Chemistry 110 (2008) 23–30. Tailandia, julio 24 de 2008.
8. Nuez de Macadamia: *Macadamia intergrifolia* / *Macadamia tetraphylla*.  
Disponible en:  
<http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/nueces/Macadamia/epfmacad.pdf> (consulta, 3 octubre 2009)
9. S. E. Malo y C. W. Campbell, The Macadamia, Instituto científico de alimento y agricultura, Universidad de Florida, Florida, Abril de 1994.



10. AKSOY. Uygun, Crónica de horticultura, sociedad internacional para la ciencia horticultural, Estados Unidos, volumen 45 número 2, junio de 2005. (ISBN 90 6605 628 2). (ISSN 0578-039X).
11. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica, 1991.
12. IBARRARÁN. Jose María, Macadamia la nuez más fina del mundo, revista claridades agropecuarias, No 84, México D. F. C.  
<http://www.infoaserca.gob.mx>.  
[http://www.macsoc.com.au/in\\_a\\_nutshell.html](http://www.macsoc.com.au/in_a_nutshell.html). 3p.Australia.  
(consulta 25 octubre 2009)
13. GARCIA A., J.; ARANGO B., L.G. El cultivo de la Macadamia en Colombia.. Chinchiná (Colombia), Cenicafé,  
<http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=020255> (consulta, 20 noviembre 2009)
14. PORTER, Guy. YOST, Russell. NAGAO, Mike. The application of Macadamia nut husk and shell mulch to mature *Macadamia integrifolia* to improve yields, increase nutrient utilization, and reduce soil P levels. Department of Tropical Plant and Soil Science. University Hawaii-Manoa. Western Nutrient Management Conference. 2005. Vol. 6. Page 226 – 233..
15. AMAYA. Luisa Fernanda, Tesis extracción y caracterización del aceite de las semillas de luffa *cylíndrica* con y sin beneficio procedentes de dos departamentos del país, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2005. Página 12.
16. Espectroscopia atómica. Absorción.  
Disponible en: <http://www1.us.es/pautadatos/publico/personal/pdi/1790/14326/12%20-%20ABSORCI%20AT%20MICA%2006-07.pdf> (consuta, 3 octubre 2009)
17. POSADA, Villegas Francisco Alberto, Enciclopedia Química, Editorial Norma S.A, Colombia 1997, páginas 116-161-166. (ISBN 958-04-3278-3).

**18. Absorción Atómica.**

Disponible en: <http://www.elergonomista.com/tecnicas/absorcion.htm> (consulta, 3 octubre 2009)

**19. SKOOG. Douglas A., Análisis Instrumental, cuarta edición, Editorial Mc. Graw Hill Companies INC, 1994**

**20. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de proteína. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.**

**21. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de cenizas. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.**

**22. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de fibra. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.**

**23. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de grasa. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.**

**24. CAÑÓN P, Francisco A. Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos. Manual de Técnicas de Análisis para Control de Calidad Microbiológico de Alimentos para Consumo Humano y Animal. Santa Fé de Bogotá D.C., 1998. Pg 17, 25, 26, 31, 36, 42.**

**25. Directivas Tecnicas de Alimentos para Animales, del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) DIP-30-100-003, , Alimentos para animales. Parámetros microbiológicos.**

**26. IVONNC. Goyes Blanca, Nutrición animal, Universidad Santo Tomás, Bogotá, 1998. Pág 52-57.**

**27. CANCELLÓN. Martínez Antonio, Nutrición animal práctica, segunda edición, Editorial Aedos Barcelona, España. Pág 47-51. (ISBN 84-7003-218-6).**

28. WILEY, John. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, segunda edición. Editorial Limusa S.A, Mexico D.F, 1990 (ISBN 968-18-2173-4).
29. National Research Council, Nutrient Requirement of Dairy Cattle, Séptima edición, U.S of America, 2001. (ISBN 0-309-06997-1).
30. DOMINGUEZ, L.Irma. AZUARA, Ebner. CARTER, V. Eduardo. BERISTAIN, Cesar. THERMODYNAMIC ANALYSIS OF THE EFFECT OF WATER ACTIVITY ON THE STABILITY OF MACADAMIA NUT. Journal of Food Engineering. Volume 81, Issue 3. Pág 566-571. Universidad Veracruzana. Enero 2007.

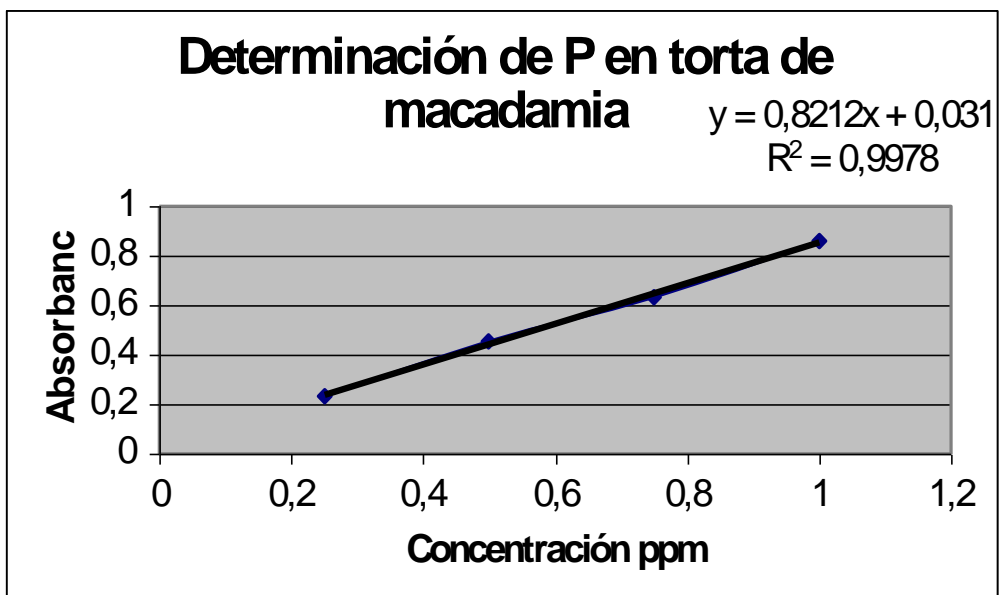
## RECOMENDACIONES

- ❖ Para un completo análisis en el uso como biomasa, se recomienda determinar de forma experimental la capacidad calórica ya que es el parámetro que determina la energía disponible en la biomasa.
- ❖ Se recomienda estudiar otros métodos para el desengrase de la torta resultante en la extracción de aceite de Macadamia y así determinar el más adecuado y confiable resultado.
- ❖ Se recomienda realizar un estudio mas completo para determinar la calidad de fibra que la torta de nuez de Macadamia proporciona, es dietaria o no dietaria para conocer su favorecimiento en la alimentación.
- ❖ Para determinar si es conveniente usar la torta para alimentación animal se recomienda realizar un estudio de micotoxinas ya que la torta presenta la producción de hongos habituales en alimentos.
- ❖ Determinar la presencia de flavonoides ya que estos pueden actuar como laxantes en los animales y como antioxidantes para prevenir problemas cardíacos.
- ❖ Se sugiere que para próximos estudios se realice una extraccion exhaustiva para optimizar el rendimiento del aceite.

## ANEXOS

ANEXO 1: Curva obtenida en el análisis de espectrofotometría UV-VIS.

Gráfica 1: Curva de calibración para la determinación de fósforo.

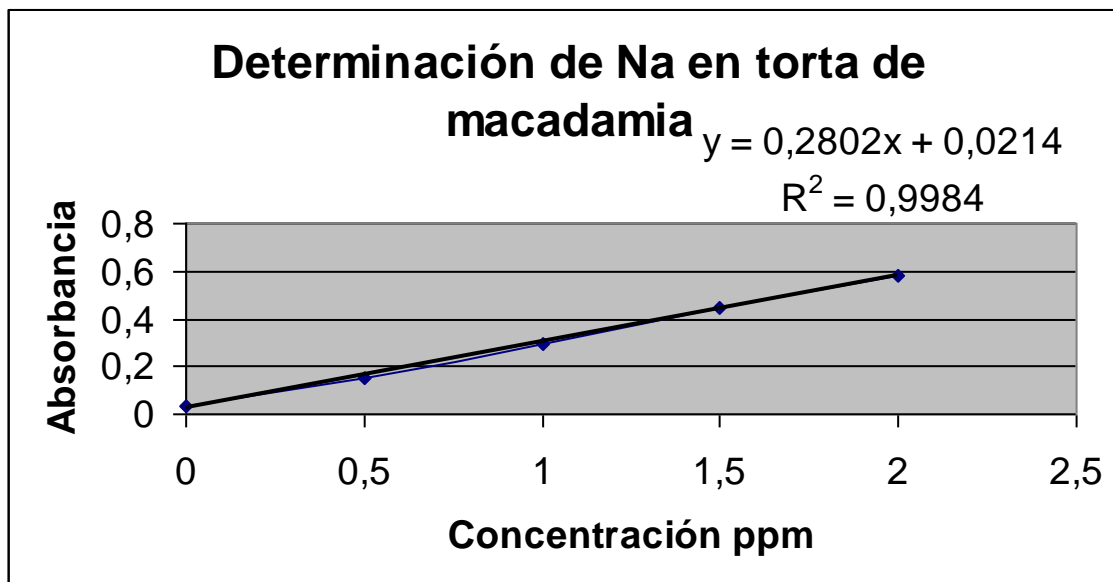


Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de fósforo.

Longitud de onda 690 nm	
Curva P, Fósforo	
Concentración ppm	Absorbancia
0,25	0,235
0,50	0,452
0,75	0,630
1,00	0,860

**ANEXO 2: Curvas de calibración para cada elemento analizado en espectrometría de absorción atómica.**

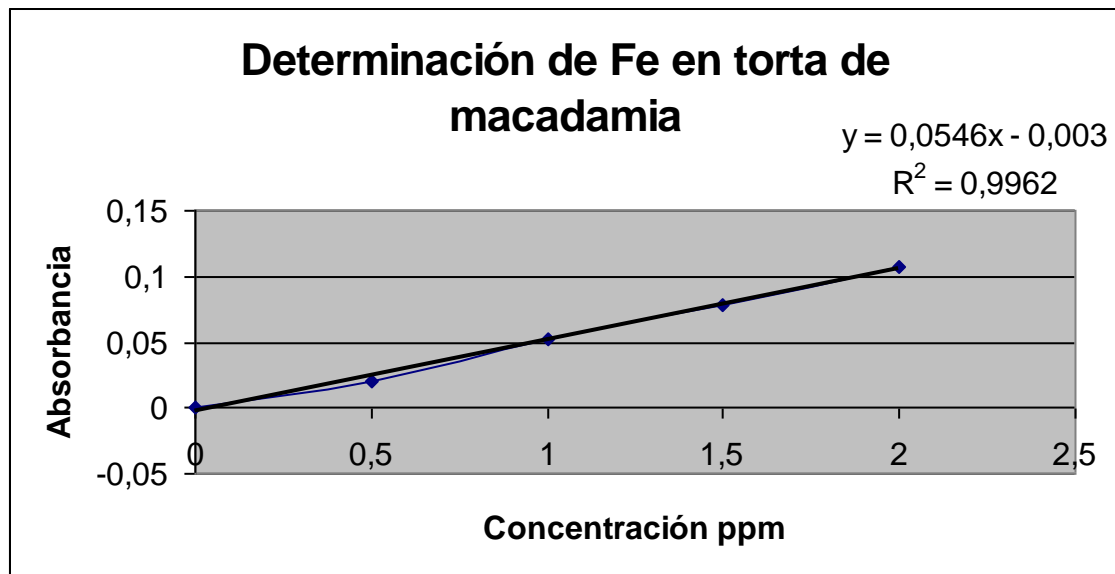
**Gráfica 2: Curva de calibración para la determinación de sodio.**



Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de sodio.

Amperaje 8 mA	Longitud de onda 589 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva Na, Sodio
Concentración ppm	Absorbancia
0,00	0,032
0,5	0,149
1	0,297
1,19	0,355
1,5	0,446
2	0,584

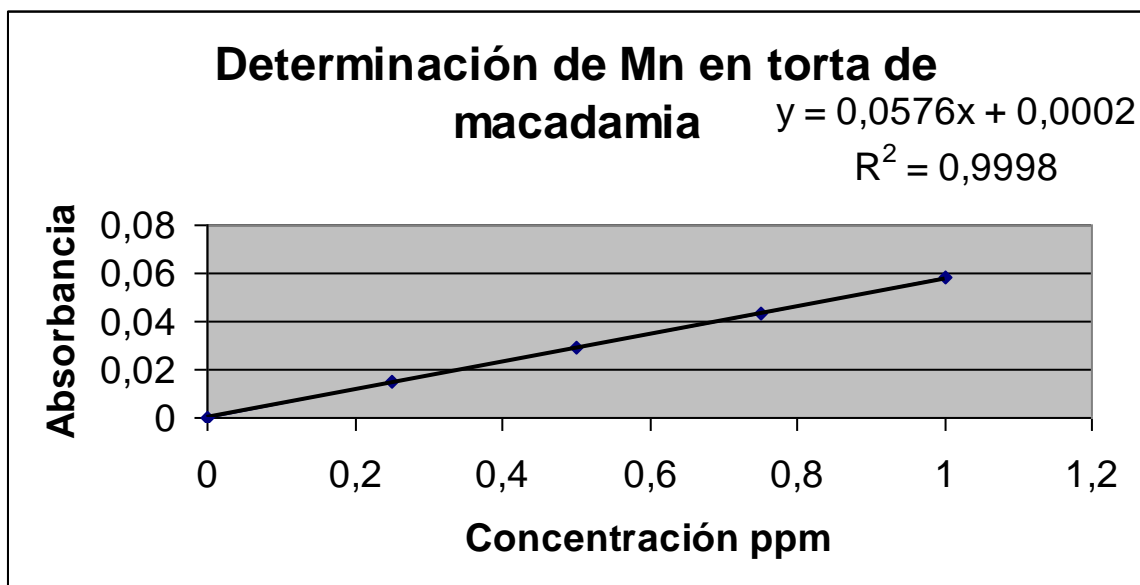
Gráfica 3: Curva de calibración para la determinación de hierro.



Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de hierro.

Amperaje 8 mA	Longitud de onda 248.3 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva Fe, Hierro
Concentración ppm	Absorbancia
0	0
0,5	0,026
1	0,052
1,5	0,079
2	0,107

Gráfica 4: Curva de calibración para la determinación de manganeso.

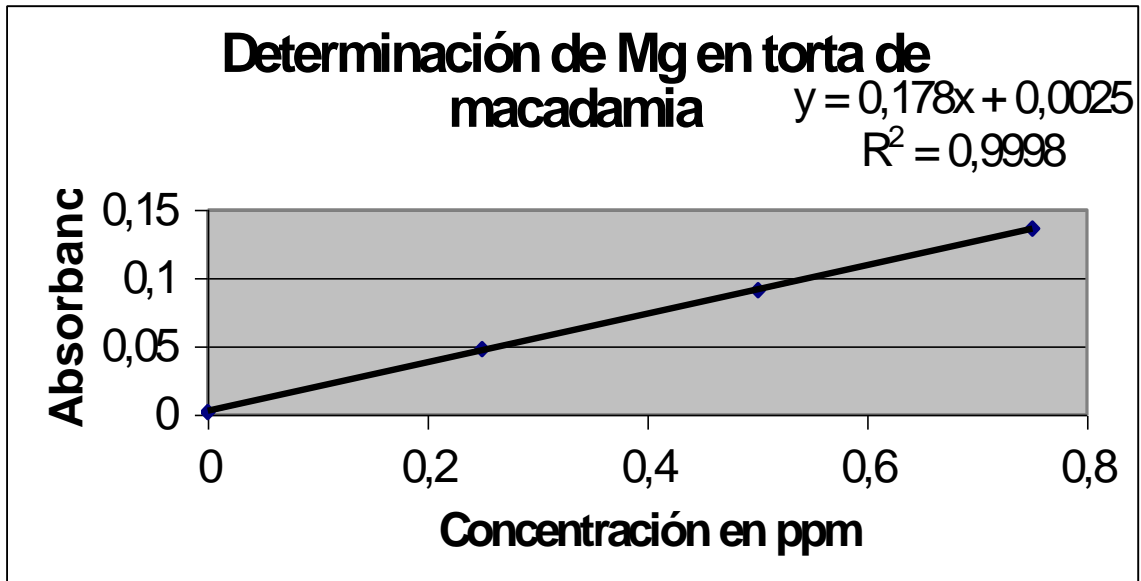


Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de manganeso.

Amperaje 12 mA	Longitud de onda 279.5 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva Mn, Manganeso
Concentración ppm	Absorbancia
0	0
0,25	0,015
0,3	0,017
0,5	0,029
0,75	0,043
1,00	0,058



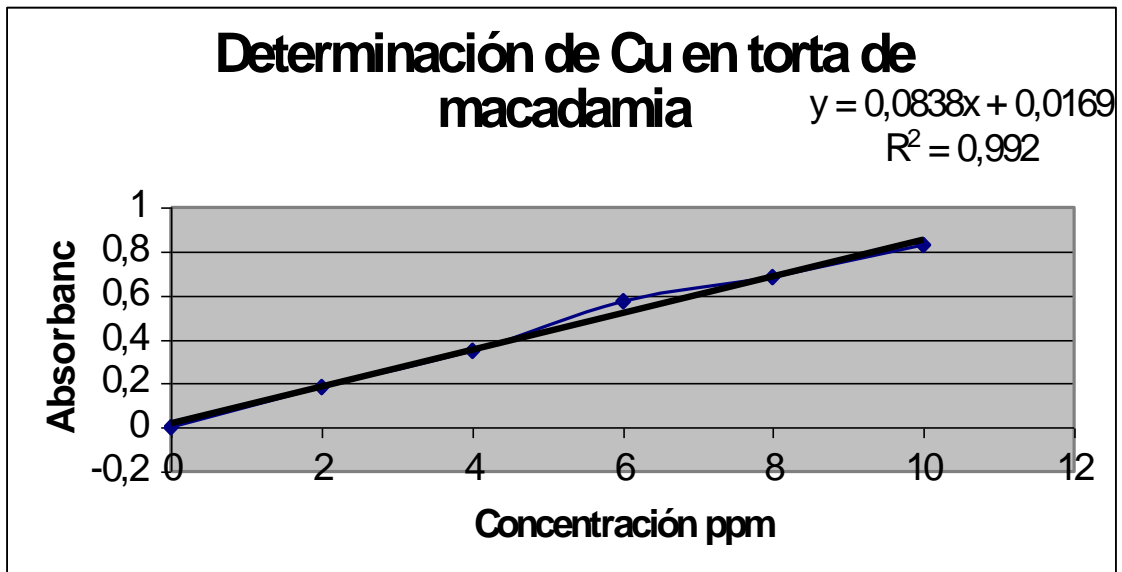
Gráfica 5: Curva de calibración para la determinación de magnesio.



Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de magnesio.

Amperaje 6 mA	Longitud de onda 285.2 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva Mg, Magnesio
Concentración ppm	Absorbancia
0	0,002
0,25	0,048
0,32	0,059
0,5	0,091
0,75	0,136

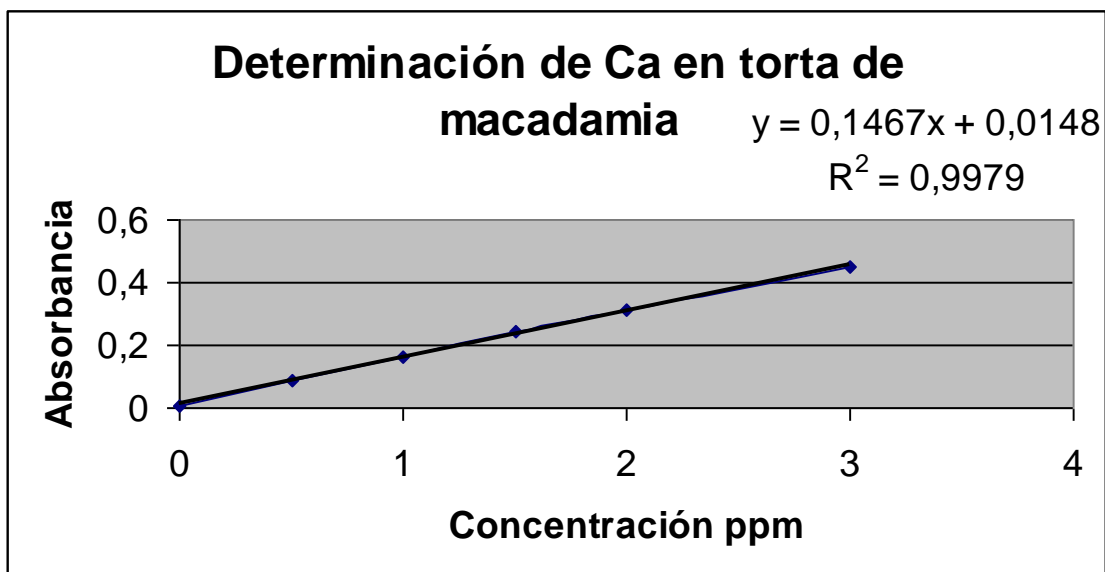
Gráfica 6: Curva de calibración para la determinación de cobre.



Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de cobre.

Amperaje 6 mA	Longitud de onda 324.8 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva Cu, Cobre
Concentración ppm	Absorbancia
0	-0,001
2	0,183
3,89	0,343
4	0,35
6	0,574
8	0,681
10	0,829

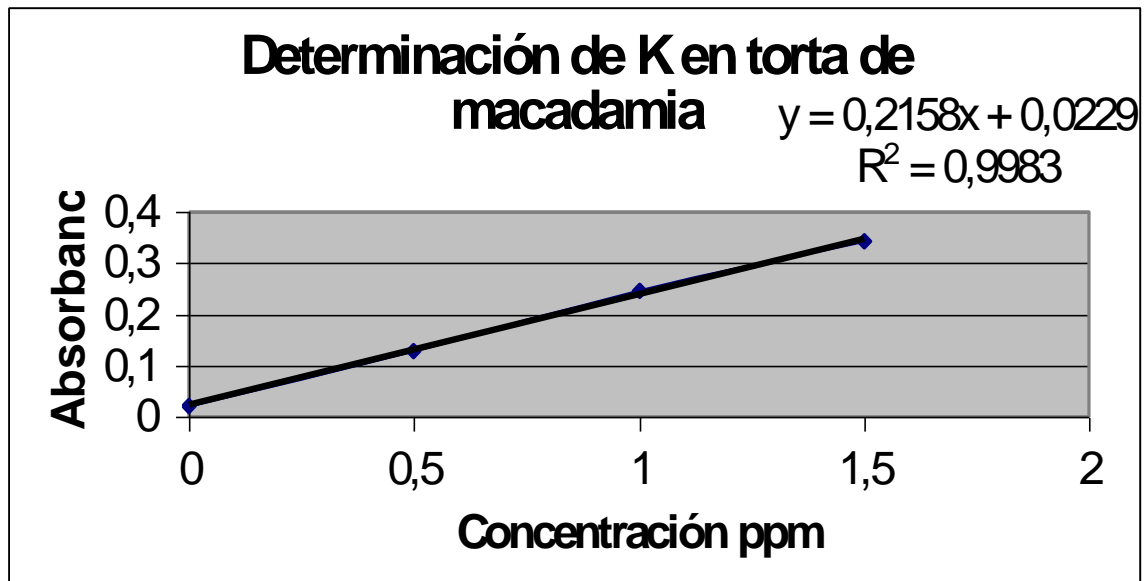
Gráfica 7: Curva de calibración para la determinación de calcio.



Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de calcio.

Amperaje 6 mA	Longitud de onda 422.7 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva Ca, Calcio
Concentración ppm	Absorbancia
0	0,007
0,5	0,088
0,9	0,147
1	0,164
1,5	0,246
2	0,311
3	0,447

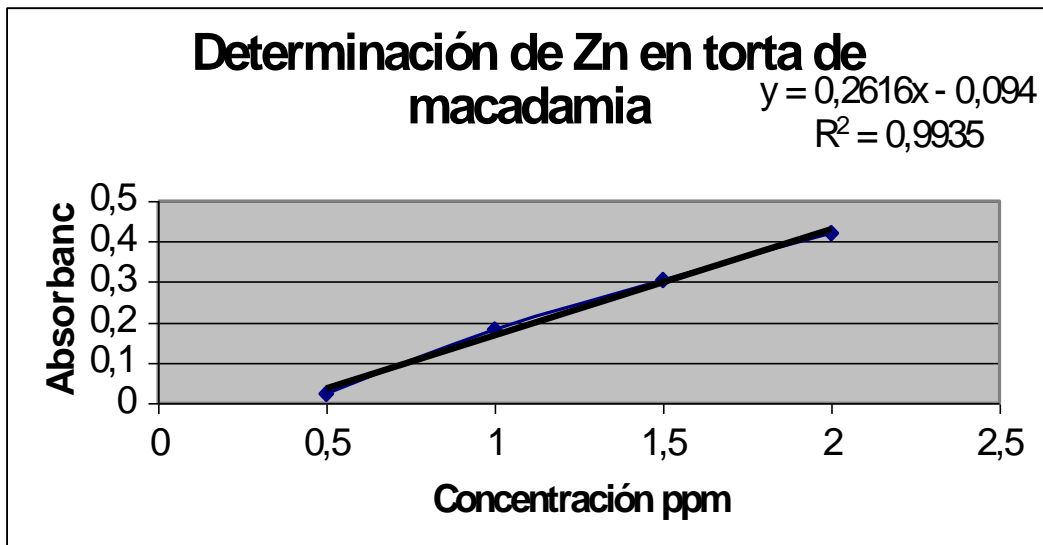
Gráfica 8: Curva de calibración para la determinación de potasio.



Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de potasio.

Amperaje 8 mA	Longitud de onda 766.5 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva K, Potasio
Concentración ppm	Absorbancia
0	0,022
0,5	0,128
1	0,247
1,15	0,271

Gráfica 9: Curva de calibración para la determinación de zinc.



Datos obtenidos en la lectura para la curva de calibración en la determinación de zinc.

Amperaje 10 mA	Longitud de onda 213,9 nm
Mezcla Aire-Acetileno	Curva Zn, Zinc
Concentración ppm	Absorbancia
0,00	0,000
0,5	0,024
1	0,183
1,5	0,306
2	0,419

**ANEXO 3: Análisis físico-químicos realizados a diferentes especies de torta.**

**Comparación de los valores obtenidos en algunos análisis físico-químicos realizados a diferentes tortas.**

<b>Torta</b>	<b>%Humedad</b>	<b>%Cenizas</b>	<b>%Grasa</b>	<b>%Fibra</b>	<b>%Proteína</b>	<b>%Carbohidratos</b>	<b>%ENN</b>
<b>Soja (presión)</b>	8,76	8,71	6,11	4,17	47,45	72,25	33,56
<b>Soja (solvente)</b>	10,43	7,84	1,57	4,32	48,76	75,84	37,51
<b>Algodón (presión)</b>	5,9	7,7	7,1	8,1	42,8	71,2	34,3
<b>Algodón (solvente)</b>	8,6	7,6	1,4	8,8	49,1	73,6	33,1
<b>Copra</b>	10,7	7,1	2,2	22,1	22,5	57,9	46,1
<b>Maní</b>	7,14	5,31	5,68	3,12	57,77	78,75	28,12

**ANEXO 4: Valores microbiológicos exigidos por las normas EI ICA y la División de Insumos Pecuarios DIRECTIVAS TÉCNICAS DE ALIMENTOS PARA ANIMALES DIP-30-100-003**

**Parámetros microbiológicos según las normas EI ICA y la División de Insumos Pecuarios  
DIRECTIVAS TÉCNICAS DE ALIMENTOS PARA ANIMALES  
DIP-30-100-003**

<b>Parámetro Microbiológico</b>	Valor permitido NORMA: DIP-30-100-003 Especie Piscícola.	Valor permitido NORMA: DIP-30-100-003 Especie Porcina	Valor permitido NORMA: DIP-30-100-003 Especie Felina	Valor permitido NORMA: DIP-30-100-003 Especie Cunícola	Valor permitido NORMA: DIP-30-100-003 Especie Canina	Valor permitido NORMA: DIP-30-100-003 Especie Avícola
Recuento microorganismos Mesófilos	10 X 10 <sup>4</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>7</sup> UFC/g	50 X 10 <sup>3</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>3</sup> UFC/g	50 X 10 <sup>3</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>5</sup> UFC/g
Recuento microorganismos coliformes	10 X 10 <sup>2</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>4</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>2</sup> UFC/g	50 X 10 <sup>1</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>2</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>4</sup> UFC/g
Recuento <i>Clostridios sulfito reductores</i>	10 x 10 <sup>1</sup> UFC/g	20 x 10 <sup>1</sup> UFC/g	10 x 10 <sup>1</sup> UFC/g	10 UFC/g	10 X 10 <sup>1</sup> UFC/g	20 X 10 <sup>1</sup> UFC/g
Recuento hongos	50 X 10 <sup>2</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>4</sup> UFC/g	50 X 10 <sup>2</sup> UFC/g	50 X 10 <sup>2</sup> UFC/g	50 X 10 <sup>2</sup> UFC/g	10 X 10 <sup>4</sup> UFC/g
Aislamiento <i>Salmonella spp</i> en 25 g	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Aislamiento <i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

**Anexo 5: NRC, Tolerancia de Minerales en Animales Domésticos.**

**Concentraciones máximas tolerables de minerales dietéticos en los animales domésticos,  
(29).**

Elemento (ppm)	Especies					
	Bovinos	Ovejas	Cerdos	Aves de Corral	Caballos	Conejos
<b>Aluminio</b>	1000	1000	200	200	200	200
<b>Bario</b>	20	20	20	20	20	20
<b>Bismuto</b>	400	400	400	400	400	2000
<b>Boro</b>	150	150	150	150	150	150
<b>Bromo</b>	200	200	200	2500	200	200
<b>Calcio</b>	2	2	1	0.4 ponedoras 1.2 otras	2	2
<b>Cromo</b>	1000	1000	1000	1000	1000	1000
<b>Coblato</b>	10	10	10	10	10	10
<b>Cobre</b>	100	25	250	300	800	200
<b>Yodo</b>	50	50	400	300	5	-
<b>Hierro</b>	100	500	300	100	500	500
<b>Plomo</b>	30	30	30	30	30	30
<b>Magnesio</b>	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>Manganeso</b>	1000	1000	400	2000	400	400
<b>Molibdeno</b>	10	10	20	100	5	500
<b>Niquel</b>	50	50	100	300	50	50
<b>Fosforo</b>	1	0.6	1.5	0.8 ponedoras 1 otras	1	1
<b>Potasio</b>	3	3	2	2	3	3
<b>Azufre</b>	0.4	0.4	-	-	-	-
<b>Zinc</b>	500	300	1000	1000	500	500