

**EVALUACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE BALANCEADO DE PALMA COMO  
ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DE LOS SUBPRODUCTOS FIBROSOS DE  
LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA DE ACEITE**

**ANDRÉS FELIPE NIÑO MANTILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA  
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
BUCARAMANGA**

**2017**

**EVALUACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE BALANCEADO DE PALMA COMO  
ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DE LOS SUBPRODUCTOS FIBROSOS DE  
LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA DE ACEITE**

**ANDRÉS FELIPE NIÑO MANTILLA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DIRECTOR:**

**OMAR CADENA GÓMEZ**

**ESPECIALISTA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**FACULTAD DE INGENIERIA FISICO-QUÍMICAS**

**ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA**

**ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BUCARAMANGA**

**2017**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1. OBJETIVOS.....	11
1.1.1. Objetivo general.....	11
1.1.2. Objetivos específicos.....	11
<b>2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	13
2.2.1. Corrientes líquidas del proceso:.....	13
2.2.2. Residuos sólidos orgánicos del proceso:.....	13
<b>3. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>4. MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>19</b>
4.1. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE.....	19
<b>5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....</b>	<b>26</b>
5.1 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DE LA FIBRA CICLÓNICA Y SEPARACIÓN MANUAL DEL MATERIAL GRANULAR CONTENIDO EN LAS FIBRAS.....	26
5.2 PRUEBAS DE PALATABILIDAD EN CAPRINOS.....	28
5.3 PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL.....	28
5.4 PRUEBA DE GRANULOMETRÍA MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL.....	29
5.5 ANÁLISIS DIETARIO DE DISTINTAS ESPECIES DE ANIMALES.....	29
5.6 ELABORACIÓN DE ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DEL POSIBLE PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	29
5.7 EXTRACCIÓN MANUAL EN PLANTA DE BALANCEADO DE PALMA.....	29
5.8 CARACTERIZACIÓN DEL BALANCEADO DE PALMA.....	30
5.9 ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRADOS.....	31
5.10 PRUEBAS DE MEZCLADO DE BALANCEADO DE PALMA CON TORTA DE PALMISTE.....	31

5.11 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD DE BALANCEADO DE PALMA CON TORTA DE PALMISTE .....	32
<b>6. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>33</b>
6.1 PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL .....	33
6.2 PRUEBA DE GRANULOMETRÍA MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL.....	34
6.3 ANÁLISIS DIETARIO DE DISTINTAS ESPECIES DE ANIMALES. ....	37
6.4 ESQUEMA Y DIAGRAMA POSIBLE PROCESO DE EXTRACCIÓN .....	37
6.5 CARACTERIZACIÓN DEL BALANCEADO DE PALMA .....	42
6.6 ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRADOS .....	43
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>50</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características Nutricionales Tusa y Fibra. ....	22
Tabla 2. Análisis bromatológico balanceado de palma .....	33
Tabla 3. Análisis de granulometría para balanceado de palma .....	34
Tabla 4. Dietas Nutricionales .....	38
Tabla 5. Resultados bromatológicos balanceado de palma con diferentes impurezas. ....	43
Tabla 6. Composición concentrado vacuno.....	43
Tabla 7. Análisis Bromatológico Concentrado .....	45
Tabla 8. Análisis bromatológico de torta de palmiste y mezclas con balanceado de palma .....	47
Tabla 9. Resultados Digestibilidad y Cenizas.....	47
Tabla 10. Resultados % de Fibra cruda en muestras con distintos % de impurezas. ....	48

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de los residuos sólidos orgánicos del proceso de la extracción del aceite de palma. ....	14
Figura 2. Diagrama de flujo y balance de materiales del proceso de extracción de aceite de palma.....	15
Figura 3. Composición fruto de <i>Elaeis Guineensis</i> .....	20
Figura 4. Campamento para la obtención de balanceado de palma.....	30
Figura 5. Balanceado tamizaje 16 mesh .....	35
Figura 6. Balanceado extraído 2 tamizaje. ....	36
Figura 7. Diagrama de bloques para el proceso de obtención de balanceado para toda la fibra. En una planta con 30 TM.....	38
Figura 8. Diagrama de bloques para el proceso de obtención de balanceado en el exceso de la fibra. En una planta con 30 TM .....	40
Figura 9. Diagrama de Tambor separador de balanceado de palma .....	40
Figura 10. Diagrama de columna neumática de secado.....	41
Figura 11. Diagrama sistema de separación de balanceado para la planta Agroince.....	42
Figura 12. Concentrado obtenido a partir de balanceado de palma .....	44
Figura 13. Cubo a partir de balanceado de palma.....	46

## RESUMEN

**TITULO: EVALUACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE BALANCEADO DE PALMA COMO ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DE LOS SUBPRODUCTOS FIBROSOS DE LA AGROINDUSTRIA DE LA PALMA DE ACEITE<sup>1</sup>**

**AUTOR: ANDRÉS FELIPE NIÑO MANTILLA<sup>2</sup>**

**PALABRAS CLAVES:** Plantas extractoras de aceite, balanceado de palma, torta de palmiste, rumiantes y optimización de procesos.

### **DESCRIPCIÓN:**

La industria palmera se ha constituido como uno de los principales promotores del desarrollo industrial y económico de ciertos lugares marginados de Colombia y el mundo, al procesar grandes volúmenes de materia prima se consigue obtener algunos productos aceitosos con altos valores agregados y subproductos contaminantes que pueden dañar el medio ambiente.

Esta monografía se realizó con la finalidad de analizar a escala de laboratorio la fibra de mesocarpio, uno de los principales residuos del proceso de extracción de aceite, la cual se obtiene al pasar el fruto de palma a través de prensas de doble tornillo, los tornillos ejercen al material altas presiones que permiten separar la fase líquida o aceite de la fase sólida o fibra de mesocarpio prensado.

La fibra de mesocarpio está compuesta por hilos vegetales de diferente espesor y por un polvo muy fino y denso, este material granular puede separarse por métodos físico y convertirse en un sustrato rico en nutrientes denominado balanceado de palma, que apunta a ser utilizado en la alimentación de rumiantes especialmente en ganado vacuno lechero y de ceba, de igual manera se caracterizó las propiedades bromatológicas del sustrato en distintas muestras tomados bajo condiciones similares al proceso de extracción de aceite. A su vez se presentan algunos diseños

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup> Especialización en ingeniería ambiental, Facultad de Ingenierías Físico- Químicas, Director: Especialista en ingeniería industrial Omar Cadena Gómez

preliminares de equipos a escala industrial que pueden extraer y adecuar el balanceado de palma acoplándose de forma perfecta al proceso normal de extracción de aceite de palma.

## **ABSTRACT**

**TITLE: EVALUATION OF BALANCED OBTAINING OF PALMA AS AN ALTERNATIVE IN THE MANAGEMENT OF FIBROUS BYPRODUCTS OF THE AGROINDUSTRY OF THE PALMA OF OIL.<sup>3</sup>**

**AUTHOR: ANDRÉS FELIPE NIÑO MANTILLA <sup>4</sup>**

**KEYWORDS: Oil extraction plants, palm balanced, palm kernel cake, ruminants and optimization of processes.**

### **DESCRIPTION:**

The palm industry has become one of the main promoters of the industrial and economic development of certain marginalized places of Colombia and the world, when processing large volumes of raw material is obtained some oily products with high added values and pollutant products that can damage environment

This monograph was carried out with the purpose of analyzing a laboratory scale the fiber of the mesocarp, one of the main residues of the oil extraction process, which is obtained by passing the palm fruit through double screw presses, the screws exercise the material at high pressures to separate the liquid phase or the oil from the solid phase or the pressed mesocarp fiber.

The fiber of the mesocarp is composed of vegetable strands of different thickness and by a very fine and dense powder, this granular material can be separated by physical methods and become a substrate rich in nutrients denominated palm balance, that is used in the feeding of ruminants especially in dairy and beef cattle, in the same way that the bromatological properties of the substrate are characterized in samples under conditions similar to the oil extraction process. At the same time, it present some preliminary designs of industrial scale equipment that can extract

---

<sup>3</sup>Monograph

<sup>4</sup> Specialization in environmental engineering, Faculty of Physical-Chemical Engineering, Director: Specialist in industrial engineering Omar Cadena Gómez

and adapt the palm balance perfectly coupled to the normal process of palm oil extraction.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La industria palmera se desarrolla actualmente en diferentes países de África, América y Asia, siendo hoy en día el cultivo de mayor producción de aceite por hectárea sembrada en el mundo, permitiendo vincular a distintas poblaciones marginadas dentro del proceso productivo, así mismo favoreciendo el incremento efectivo de los productos y residuos provenientes del proceso de extracción de aceite. Por este motivo existe un crecimiento exponencial en el número de cultivos sembrados en todo el planeta, la cantidad de plantas extractoras en operación y el aceite rojo producido.

Al existir grandes volúmenes de materia prima a procesar y una alta demanda de producto terminado provoca que en el proceso de extracción de aceite de palma se generen grandes cantidades de residuos orgánicos como lo son: el raquis, la fibra, las cenizas, el efluente líquido y los gases de combustión que se liberan de forma directa a la atmosfera

### **1.1. OBJETIVOS**

#### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar la obtención balanceado de palma como alternativa para un manejo eficiente de los subproductos fibrosos de la agroindustria de la palma de aceite.

#### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Establecer la metodología adecuada para el manejo de los subproductos fibrosos diferentes al raquis.
- Obtener balanceado de palma de forma manual para pruebas de laboratorio.
- Identificar las características nutricionales del balanceado de palma como sustrato alimenticio.

- Comparar las características fisicoquímicas del balanceado de palma con otros sustratos alimenticios obtenidos en el proceso de extracción de aceite de palma.

## **2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.**

Existe un manejo inadecuado de los subproductos fibrosos obtenidos después del prensado de fruto en la mayoría de plantas extractoras de aceite de palma.

### **2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.**

2.2.1. Corrientes líquidas del proceso: Los efluentes que salen del proceso de extracción de aceite de palma provienen principalmente de las descargas de las deslodadoras y deben ser tratados con el fin de remover la mayor cantidad de sólidos totales, sólidos suspendidos, y la carga orgánica medida como Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO<sub>5</sub>) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Figura 1) <sup>5</sup>

Estos residuos se han logrado tratar a través de lagunas de estabilización, en donde se combinan principalmente procesos anaerobios con procesos facultativos y procesos aerobios obteniendo resultados en largos tiempos de residencia pero que cumplen con la normatividad Colombiana de vertimientos; sin embargo éstas tecnologías están siendo remplazadas por biodigestores eficientes capaces de tratar el lodo y a su vez obtener altos contenidos de metano utilizables para producir energía.<sup>6</sup>

2.2.2. Residuos sólidos orgánicos del proceso: Los residuos sólidos orgánicos del proceso de extracción de aceite de palma son las tusas o racimos vacíos, la fibra de mesocarpio y la cascarilla o cuesco; éstos son utilizados generalmente como combustibles y materias primas para bio-abonos, siendo ambos procesos bastante deficientes debido a su baja eficiencia y su baja tasa de retorno.

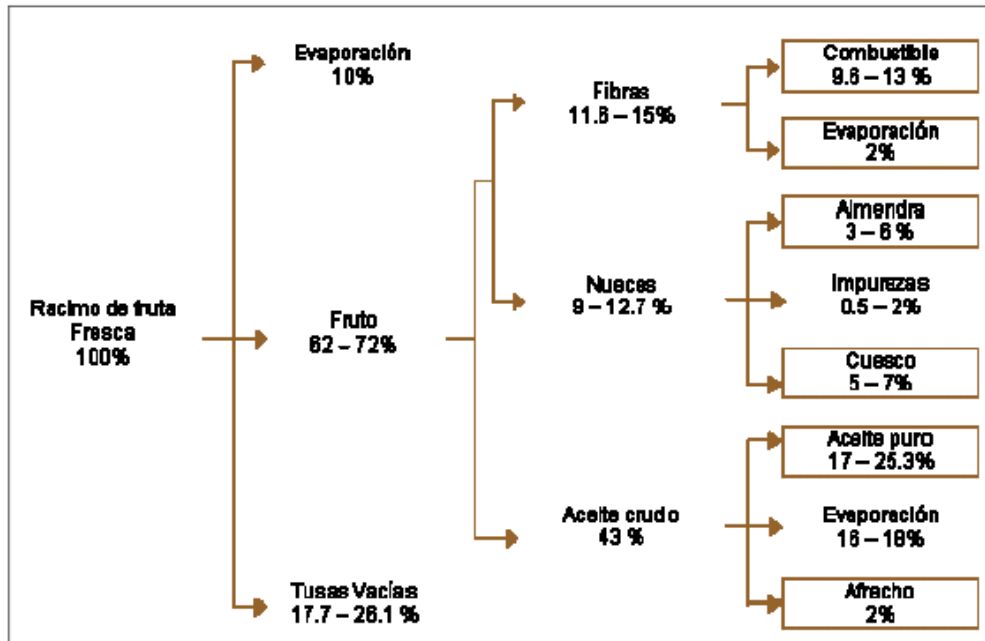
---

<sup>5</sup> PAREDES O. Plantas extractores. Palmeras de los Andes.

<sup>6</sup> VARGAS, C.. Diseño, montaje y puesta en marcha del mecanismo de desarrollo limpio "plan de compostaje industrial para el manejo de residuos sólidos y líquidos de Oro Rojo Ltda.

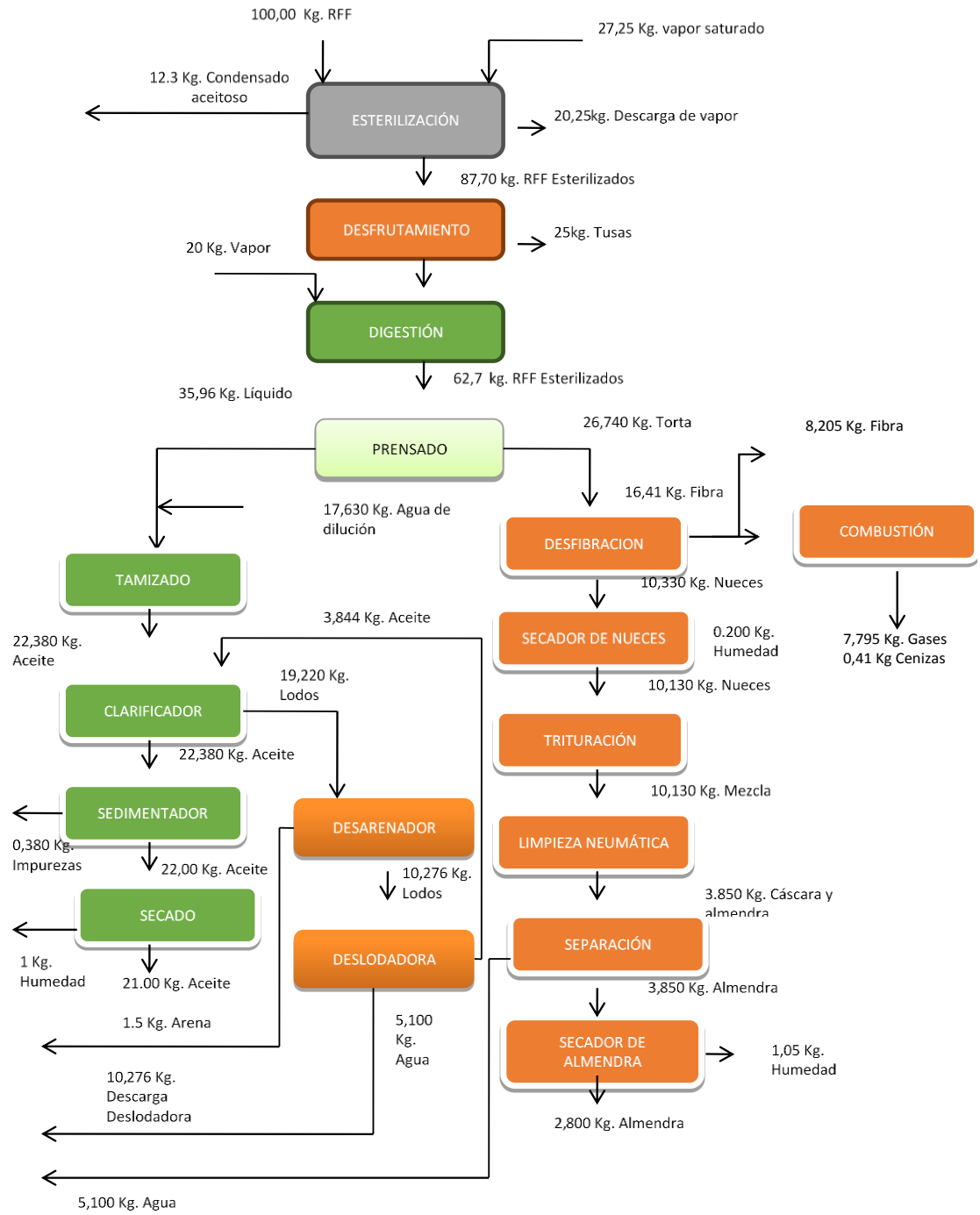
El balance de masa a partir de la materia prima conocido como racimo de fruto fresco, las porciones equivalente en porcentajes, características y valores de las sustancias sólidas del proceso se presentan en la figura 1 y 2.

**Figura 1. Porcentaje de los residuos sólidos orgánicos del proceso de la extracción del aceite de palma.**



**Fuente:** VARGAS, C., et al., (2009). Diseño, montaje y puesta en marcha del mecanismo de desarrollo limpio “plan de compostaje industrial para el manejo de residuos sólidos y líquidos de Oro Rojo Ltda.”. Unidad de Operación Industrial de Proyectos-Gestión Integral de Procesos, página 8.

**Figura 2. Diagrama de flujo y balance de materiales del proceso de extracción de aceite de palma.**



**Fuente:** PAREDES O., Flavio. Plantas extractores. Palmeras de los Andes. Santo domingo Ecuador, 2011. Modificado por: El autor.

La tusa, es un material orgánico con alto contenido de humedad y potasio que se dispone en el área que bordea las palmas conocida como plato, con el fin de que se descomponga y aporte nutrientes al suelo como abono orgánico<sup>7</sup>. Sin embargo esta práctica es criticada ya que la descomposición del material es bastante lento debido a los altos contenidos de fibra difícil de degradar por los microorganismos presentes en la zona de cultivo, obteniéndose tiempos de reacción hasta de 6 meses que promueven la acumulación de material en la plantación, en algunos casos se pueden observar montículos de hasta 2 metros que no contribuyen con el buen manejo del suelo, en cambio favorecen al crecimiento de vectores y plagas peligrosas como mosquitos, ratas, ratones y diferentes clases de serpientes.

En plantas donde se cuenta con turbinas que permiten generar energía eléctrica para los procesos de la extractora e inclusive a las comunidades cercanas, las tusas sirven como combustible de calderas para obtener vapor sobrecalentado, sin embargo en la mayoría los altos contenidos de potasio y fósforo presentes en el raquis vacíos pueden promover la producción de incrustaciones dentro de la caldera, por este motivo se evita realizar estas prácticas.

La fibra prensada representa entre el 13 y 17 % del total de un racimo de palma, contiene de un 6 a un 12 % de aceite residual sobre fibra seca dependiendo de las condiciones de proceso, una humedad del 36% en peso, un porcentaje de cenizas del 4,9 %, 41,4 % de fibra cruda, 66 % de fibra detergente neutra, 42 % de fibra detergente acida y un contenido de lignina del 16 %.

La fibra tiene una densidad aparente es de 0,35 g/ml y su capacidad calorífica es de 2700 kCal/kg, por esta razón es la principal fuente de combustible para la planta, teóricamente las necesidades de vapor de una planta son de 500kg/Tm de racimo fruto fresco (RFF), a partir de 120 kg de fibra y 80 kg de cascarilla se puede suplir con la demanda de vapor, sobrando entre 10 a 50 kg de fibra por cada Tm de RFF procesado en una planta de tamaño medio donde se procesan 30 TM RFF/H o 720

---

<sup>7</sup> GARCIA, J.A. Uso potencial de la biomasa residual generada en la agroindustria de la palma de aceite.

TMRRF/día, produciendo entre 7,2 a 36 TM de fibra que no combustiona en la caldera, convirtiéndose en un problema de residuos sólidos. <sup>8</sup>

En algunas plantas como solución parcial, utilizan la fibra como un bio-abono; el bajo contenido de humedad presente en la fibra y su porcentaje de fibra cruda y lignina superior a las tusas no permiten una degradación eficiente por parte de los microorganismos, por esta misma razón la mayoría de personas han descartado a la fibra como posible alimento animal, incluyendo a los mismos rumiantes que pese a su sistema digestivo característico, no tienen la capacidad de degradar velozmente los diferentes carbohidratos presentes en la pared celular vegetal de la fibra .

Tanto la fibra como el raquis vacío son utilizados como sustrato para la producción de compostaje, al mezclarlos con los efluentes de la planta se logra aumentar la humedad y la proliferación de bacterias descomponedoras, el problema de esta opción es su alto nivel de inversión que oscila entre los 100 a 3000 millones de pesos, al tener flujos máxicos enormes los espacios e instalaciones requeridos ocupan grandes áreas, la logística es complicada, y los equipos necesarios para el volteo y la oxigenación son costosos.

Se presume que menos del 20 % de las plantas de beneficio en Colombia tienen la capacidad económica para vincularse a proyectos de esta envergadura económica, en este momento el mercado del compost es muy pobre ya que existen diferentes paradigmas con respecto a las características, beneficios y desventajas del producto en el desarrollo metabólico de las palmas; generalmente la planta esparce el compost en sus cultivos propios o lo vende a precios muy económicos que no generan rentabilidad real. Hasta el momento no existen procesos que traten de forma eficiente y con bajos costos la fibra de mesocarpio prensada.

---

<sup>8</sup> BELTRÁN, M., (1999). Estudio piloto del tratamiento de residuos sólidos generados en Maltería Tropical- Cartagena, mediante la técnica del compostaje..

### 3. JUSTIFICACIÓN

El mesocarpio del fruto o pulpa está compuesto por material vegetal, aceite y agua; tanto el aceite como el agua están contenidos en pequeñas celdas, cuando el fruto es prensado se obtiene una mezcla heterogénea entre hebras o hilos vegetales y las celdas impregnadas con el aceite que no se extrajo, en las plantas extractoras este material llamado desde ahora como “Balanceado de palma” es conocido como “polvillo” debido a que es un material granular de color oscuro similar a un talco. Si el balanceado es obtenido a través de operaciones de separación mecánica y en grandes volúmenes puede ser utilizada como materia prima aprovechable en la producción de concentrados animales o para el consumo directo de rumiantes. Esta sustancia era ignorada en todas las plantas extractoras del mundo debido al desconocimiento de sus propiedades nutricionales y la proporción que puede representar en la corriente total de la torta.

La obtención de balanceado de palma surge como una opción de solución para disminuir hasta un 30 % el flujo másico de la fibra total resultante del proceso de prensado de fruto de palma aceitera, lo que conllevaría a minimizar o eliminar el caudal final de exceso de fibra que no se quema y que se dispone en los suelos de los cultivos, evitar los manejos inadecuados en campo y procedimientos costosos, promover ahorros en transporte y lograr la producción de un insumo agronómico digestible, con propiedades bromatológicas similares a la torta de palmiste y con un mercado potencial muy interesante ya abierto por la misma torta. Sin embargo, esta alternativa requiere de ajustes en los procedimientos productivos y económicos de forma tal que den como resultado una materia prima que cumpla con todas las condiciones de calidad para la alimentación animal de manera sostenible y rentable. La implementación de un sistema de extracción de balanceado de palma es una alternativa que promueve los procesos de producción más limpia, certificaciones internas para R.S.P.O, reducción del impacto ambiental sobre el ecosistema de las plantaciones donde se ejecuta esta práctica y la obtención de ganancias adicionales para todas las plantas de beneficio.

## 4. MARCO REFERENCIAL

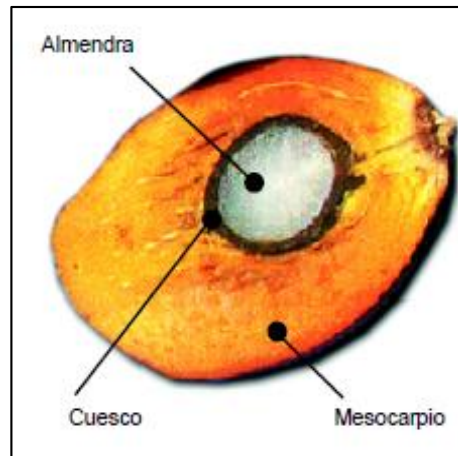
### 4.1. REVISIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

El territorio Colombiano tiene una gran variedad de climas y pisos térmicos que permitió la fácil adaptación de algunas plantas autóctonas y extranjeras como es el caso de la palma de aceite *Elaeis Guineensis* que tiene la característica de crecer en zonas con latitud 10° al norte y al sur del paralelo del Ecuador, estas zonas se encuentran presentes en lo largo y ancho del país provocando que Colombia sea el principal productor de palma en el continente y el cuarto a nivel mundial. El fruto producido por la palma contiene un aceite rojizo con propiedades particulares que lo convirtieron en el líder actual de la provisión de aceites y grasas del planeta, además es una de las materias primas con mayor versatilidad de usos y aplicaciones en el presente y para el futuro. Las plantas de beneficio son las encargadas de extraer el aceite rojo y los demás productos provenientes de la fruta de la palma.

A pesar de lo atractivo que puede ser el negocio en términos económicos, se pueden encontrar diversos problemas ambientales relacionados con la agroindustria de la palma que han desacelerado el crecimiento industrial del gremio.

El fruto aceitoso llega a la planta dentro de racimos que se cortan directamente de la palma, los frutos representan alrededor del 65 % en peso de un racimo, el porcentaje restante es comprendido por el raquis. El fruto está compuesto por una pulpa llamada mesocarpio que corresponde al 50% del racimo, una nuez que está constituida por un cuesco que es el 9% y una almendra que es el 6 %. La idea de negocio principal para cualquiera planta extractora es lograr procesar la totalidad de racimos entrantes, extraer aceite crudo y producir algún tipo de beneficio con las demás partes del racimo.

**Figura 3. Composición fruto de *Elaeis Guineensis***



**Fuente:** Banco fotográfico extractora Agroince S.A.S

En una planta convencional los racimos son cocinados a altas temperaturas utilizando vapor en equipos conocidos como esterilizadores con el fin de inactivar enzimas propias del fruto que afectan la calidad del aceite a extraer y para contribuir con la separación del fruto, luego pasan por un tambor desfrutador que permite que los frutos se desprendan del racimo y sean más fáciles de manipular, de este equipo salen los raquis que generalmente son llevados y colocados en las plantaciones para aprovechar las altas concentraciones de potasio que contienen; los frutos separados pasan a un digestor donde se maceran y se acondicionan.

El mesocarpio es un tejido fibroso que celdas que contiene el aceite rojo, agua y cierta cantidad de lodos, el aceite se extrae por métodos físicos principalmente, el fruto pasa por una prensa de tornillo que comprime el fruto, con el fin de extraer el aceite del mesocarpio. A la salida de la prensa se obtienen dos corrientes, una líquida conocida como licor de prensa, compuesta volumétricamente por 45 % aceite, lodos livianos, agua y lodos pesados y otra sólida llamada torta donde están presente las nueces y la fibra.

La corriente líquida entra a una etapa llamada clarificación donde se busca recuperar y purificar la mayor cantidad de aceite rojo en el menor tiempo posible con la intención de mantener una buena calidad en el producto final, la clarificación se divide en dinámica y estática donde el principio básico de separación para

ambas, es la diferencia de densidades de cada uno de los componentes del licor de prensa. El aceite extraído es almacenado en tanques de almacenamiento listo para despacho, con un contenido de impurezas alrededor de 0,009% y un contenido de humedad aproximadamente de 0,09%.

La corriente sólida sale de la prensa por un transportador de torta que la dirige a una columna neumática desfibradora, por la diferencia de densidad la mayoría de la fibra es soplada hacia un ciclón cercano a la caldera, al llegar a la caldera la fibra es utilizada como combustible, donde se produce el vapor saturado necesario para la esterilización y el calentamiento de todos los equipos de la planta. Las nueces salen por la parte inferior de la columna desfibradora a un tambor pulidor, donde se remueven pequeñas fibras adheridas al cuesco de la nuez, después son llevadas a silos de secado y a molinos rompedores para conseguir una mezcla triturada de cascarilla y almendra, al separarlas la cascarilla se lava, se seca y almacena, para ser vendida o utilizada como combustible de calderas ya que tiene una mayor capacidad calorífica que la fibra. Con la almendra se realiza un procedimiento similar teniendo la opción de almacenar y comercializar o en ciertas plantas se procesa la almendra en una prensa, al momento de prensar la almendra se tiene una corriente líquida llamada aceite de palmiste y una sólida denominada torta de palmiste, el aceite de palmiste tiene un alto valor comercial debido a que es utilizado como materia prima en la industria cosmetológica, y la torta de palmiste es utilizada como alimento para ganado vacuno.

De manera general se hace evidente que el producto principal en una planta extractora de aceite de palma convencional es el aceite rojo de palma y sus subproductos de mayor importancia, desde la parte económica y comercial, son el aceite y torta de palmiste, que pese a tener un alto valor económico en el mercado su producción es mucho más baja que la del aceite rojo, ya que provienen de la almendra y no del mesocarpio, y la proporción de la almendra en el peso total de un racimo es mucho menor que la de la pulpa como se mencionó anteriormente; además no todas las plantas tienen la capacidad económica para la instalación de una palmisteria. Los demás productos secundarios como la fibra, la cascarilla, el

raquis vacío y los sólidos sobrantes de filtros para la mayoría de plantas no representan una entrada de ingresos importante y en algunos casos se pueden considerar como fuentes de residuos sólidos que afectan de manera negativa el medio ambiente; por esta razón se han buscado métodos que permitan convertirlos en productos de valor comercial.

El Compost aparece como una opción viable aplicada ya en varias extractoras en el mundo y en Colombia, donde se utiliza la fibra y las tusas como sustrato sólido principal. A partir de reacciones oxidativas aerobias promovidas por infinidad de microorganismos benéficos se estabiliza la masa sólida obteniendo un fertilizante biológico que puede regenerar el suelo . La degradación natural de fibra y la tusa es lenta debido a los altos contenidos de fibra cruda y lignina presente en ambos, como se puede observar en la Tabla 1.

La baja digestibilidad de las sustancias dificulta la eficiencia de los procesos espontáneos de descomposición unido a las altas temperaturas de la fase exotérmica del proceso que limita el crecimiento de distintas clases de bacterias que tienen la capacidad de metabolizar la lignina y celulosa. La inoculación con microorganismos provenientes de los lodos de las lagunas donde se depositan los efluentes, da una solución sencilla al problema.

**Tabla 1. Características Nutricionales Tusa y Fibra.**

<b>Propiedad</b>	<b>Tusa</b>	<b>Fibra</b>
<b>Fibra neutro detergente</b>	70,0%	84,4%
<b>Fibra ácido detergente</b>	54,2%	72,0%
<b>Lignina</b>	20,0%	16,0%
<b>Digestibilidad in vitro</b>	35,0%	19,1%
<b>Extracto etéreo</b>	8,0%	6,1%
<b>Energía bruta (Kcal/Kg)</b>	2000	2700

Esta alternativa tiene la particularidad de utilizar la mayoría de los residuos obtenidos de las plantas tanto líquidos como sólidos y obtener un subproducto utilizable en los cultivos propios permitiendo que el proceso sea bastante sustentable pero no rentable económicamente. Dependiendo del uso de un

producto su valor monetario puede variar; generalmente el mercado de la alimentación humana es el que más ganancias produce, seguido al de la alimentación animal, la energía y por último el de los bio-insumos.

Las plantas extractoras que cuentan con un buen flujo de caja como para pensar en tener una planta de compost prefieren utilizar los lodos como sustrato para la producción de metano en reactores anaeróbicos o biodigestores optimizados y obtener energía eléctrica favoreciendo mayores utilidades con inversiones iguales o menores que las necesarias para implementar proyectos de producción de compost pero dejando a un lado las sustancias sólidas; por ende, buscar nuevas maneras de tratar los desechos sólidos se ha convertido en uno de los objetivos principales de las gerencias encargadas de las extractoras de aceite del mundo.

Algunos estudios permiten pensar que los sólidos obtenidos sirven como fuente de energía para distintas especies animales. Según Ocampo después de prensar el fruto de la palma el aceite obtenido pasa a través de tamices circulares o rectangulares dependiendo del lugar, el residuo sólido conocido en el medio como ariche o cachaza, tiene altas cantidades de aceite residual lo que energéticamente lo transforma en un alimento interesante. El ariche representa aproximadamente el 5% del peso de la fruta fresca que entra en una planta extractora, cuyo contenido de materia seca es del 95%, proteína cruda 5,25%, el 23,1% de grasa, fibra cruda 15,1% y cenizas 1,94% <sup>910</sup>

La cachaza ha sido estudiada como una fuente completa de reemplazo de la energía derivada de los cereales, allí donde el sorgo era la única fuente energética, o donde el 25, 50, 75 ó 100% de la energía del sorgo se reemplazó por este residuo. Así entonces, este producto puede ser utilizado como recurso de alimentación en la dieta de cerdos de engorde.

---

<sup>9</sup> GARCIA, J.A. Generación y uso de biomasa en plantas de beneficio de plantas de aceite en Colombia.

<sup>10</sup> OCAMPO, A, Oil-rich fibrous residue from african oil palm as basal diet of pigs; effects of supplementation with methionine.

De igual forma las sustancias vegetales como lo son las hojas de la palma sirven como alimento de relleno en situaciones escasas de alimento. Según Abu, H., Ishida, I., Mohd, S y Ahmad establecen que debido a que la palma aceitera crece bien en partes húmedas de Asia África y América Central y del Sur, se genera una cantidad de biomasa fibrosa. Malasia ha sido y es el líder en la producción de aceite de palma, lo que se traduce a una obtención de 18. 770.000 metros de hojas de palma de aceite que podría ser aprovechado. Una de las principales razones para el lento crecimiento de la industria de rumiantes en Malasia es la falta de recursos alimenticios de buena calidad. Así entonces, las frondas de palma de aceite se pueden utilizar como un sustituto de hierbas en los casos en los que la cantidad de pasto es un factor limitante, claro está que toda esta sustancia vegetal fue tratada a través del proceso láctico conocido como ensilaje permitiendo aumentar la vida útil del sustrato y su digestibilidad<sup>11</sup>.

El mayor problema de esos estudios es que abordan un problema menor, el ariche o residuo de tamices solamente representa el 5 % de la materia prima entrante a las extractoras de aceite, además se ha comprobado que si esta sustancia se reintegra al proceso que el 70 % del ariche obtenido puede ser reprocesado a las prensas de aceite para extraer la totalidad de aceite impregnado, el 30 % adicional representa únicamente el 1,5 % del total de los racimos. En cuanto el ensilaje es una buena técnica pero se encuentra limitada a sus altos costos que solo se hacen rentables en lugares con escasas de buenos pastos; aunque el cultivo es parte esencial del proceso ya que permite obtener la materia prima, los residuos de esta producción no se consideran en el proceso de extracción.

Según el autor Cuesta <sup>12</sup>, determinó el efecto de la amonificación con urea y sulfato de amonio en concentraciones de amonio del 2,8 y 5,6 % sobre la calidad nutricional y digestibilidad en la fibra de mesocarpio prensada obtenidos en el proceso de extracción del aceite de palma, combinados con los residuos de los tamices

---

<sup>11</sup> ABU, H.. Oil Palm fronds as roughage feed source for ruminants in Malaysia. Livestock research division.

<sup>12</sup> CUESTA, A. "Amonificación y evaluación nutritiva de sólidos remanentes en tamíz primario de la industria de palma africana (*Elaeis Guineensis*)" En Colombia, .

mencionados ya anteriormente. Los cambios positivos obtenidos por la amonificación sobre las características nutritivas de todos los materiales sugieren que pueden ser empleados en la alimentación de rumiantes, los resultados sirvieron como información básica para adelantar estudios in vivo de estos subproductos tratados.

A partir de estos resultados partió la idea de esta investigación, la principal dificultad del uso de la fibra para la alimentación animal es sus elevados niveles de fibra cruda, con la amonificación los niveles de la pared celular vegetal de la sustancia disminuyen, a su vez las sustancias químicas utilizadas favorecen la eficiencia de las bacterias que hacen parte del rumen y permiten la degradación del alimento, la parte negativa del proceso es que económicamente no es rentable, los volúmenes de fibra diaria en una planta son bastante altos, de igual manera el caudal de reactivos a utilizar para tratarla serían elevados, sumando a esto el proceso técnico necesita de un seguimiento calificado, lo cual difícilmente se podría cumplir con el personal operativo presente normalmente en las extractoras; la contratación de trabajadores especializados, la compra de sustancias necesarias y la adecuación del proceso en las extractoras sería costoso, ante esto como primera medida se pretendió buscar la manera de procesar la fibra únicamente con procesos físicos que pudieran disminuir la fibra cruda presente y así aumentar la digestibilidad.

La metodología anterior, fue implantada por el ingeniero Omar Cadena director de proyecto de la presente monografía mientras se encontraba laborando en la planta extractora Agroince, con la asesoría del veterinario Alirio Gonzales remplazaron el sulfato de amonio por urea recubierta debido a que ambas moléculas tienen dos átomos de nitrógeno manteniendo una relación de carbono-nitrógeno similar a la propuesta por el señor Cuesta, pero con propiedades de liberación lenta, la urea fue agregada a las fibras de prensado, se utilizaron camuros como individuos de experimentación durante un mes, en este tiempo la muestra fue alimentada con la mezcla mencionada anteriormente, observándose buena aceptación del alimento, los animales consumían el insumo de igual forma que sus dietas usuales, sin embargo se notó cierto nivel de hinchamiento estomacal e intestinal que se

relacionó con cierto porcentaje de inaceptabilidad metabólica, más allá de esta reacción desfavorable los animales tuvieron un desarrollo normal, similar al visto con su alimentación cotidiana. En este caso se pudo comprobar la veracidad de lo narrado por Cuesta de forma directa y personal.

Para elaborar alimentos balanceados para animales se requiere de dos componentes: la macro mezcla y el micro mezcla. La primera está formada por productos de la agricultura y la agroindustria, los cuales se encuentran clasificados en fuentes de energía (cereales forrajeros) y de proteína (oleaginosas). A la mezcla básica obtenida se le adicionan medicinas, vitaminas, minerales y colorantes (micromezcla) con una mezcladora tipo concreto. Después de conseguir un producto lo suficientemente homogéneo y uniforme se realizan pruebas de calidad y se envía a los tanques de empaque para posteriormente empacarlo en sacos de polipropileno y/o papel kraft y cerrar con costura de hilo. El balanceado de palma apunta a ser uno de los compuestos de mayor proporción en las macro mezclas necesarias, debido a su alto contenido de grasas y energía.

## **5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

### **5.1 IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES DE LA FIBRA CICLÓNICA Y SEPARACIÓN MANUAL DEL MATERIAL GRANULAR CONTENIDO EN LAS FIBRAS**

El fruto de palma está compuesto principalmente por aceite, agua, cascarilla y nuez, los dos primeros están almacenados en su mayoría en pequeñas celdas que se encuentran presentes dentro de la pulpa del fruto, en el momento en que el fruto de palma pasa a través de las prensas de tornillo, se obtiene una corriente compuesta por el material sólido del fruto, es conocida como torta, la cual entra a una columna desfibradora con la intención de separar las nueces del material fibroso, el caudal de fibra separada es conocido como fibra ciclónica, este material normalmente es conducido hasta las calderas para ser quemado.

Para algunos de los encargados de las plantas este caudal está compuesto por las hebras de tejido vegetal y un pequeño porcentaje de cascarras y almendras que no lograron separarse y se pueden identificar fácilmente de manera visual, esto no es del todo cierto en esta mezcla también está contenido un polvo denso, de tono marrón oscuro que representa el residuo sólido de las celdas comprimidas nombradas anteriormente, por este motivo este material tiene altas trazas de aceite y un alto poder calorífico, de hecho este material ya estaba identificado por ciertas personas, a veces se puede observar ciertas cantidades cerca a los ventiladores de succión o en la superficie de las columnas desfibradoras.

Inclusive los operarios de las calderas son conscientes que las fibras en las que se observa mayor cantidad del material granular tienen una mejor combustión y elevan rápidamente la presión de los sistemas de distribución de vapor, de igual forma los encargados de cuantificar las pérdidas de aceite en el laboratorio saben que el valor de la pérdida de aceite en fibras es proporcional a la cantidad de material denso presente en la muestra, lo realmente llamativo es que aun conociendo algunas características, la sustancia nunca fue objeto de análisis, posiblemente porque volumétricamente tiene una proporción insignificante, pero en el momento en que se observa el caudal de manera cuidadosa y se analiza la fracción másica se puede intuir que es un flujo importante, igual e incluso mayor al obtenido por la torta de palmiste, también hay que señalar que hay una fracción muy baja de cascarrilla y nuez pulverizada que tampoco es tenida en cuenta en el proceso pero que pertenece al flujo de fibra ciclónica.

Desde el año 2010 hasta el presente, la planta extractora Agroince S.A.S buscando nuevas rutas de mercado observaron que existía cierta similitud entre el musgo que crece en los árboles y la fibra prensada, las diferencias más significativas radican que la fibra contenía el material particulado y un color distinto. A partir de ahí se comenzó a realizar un tamizaje manual con mallas utilizadas para la construcción, donde la fibra sin polvo quedaba en la parte superior del tamiz, luego era secada al sol y teñida con tintes naturales produciendo musgo ecológico y distribuido por algunos supermercados y cadenas comerciales del país en la época navideña para

ser utilizado como decoración en pesebres y adornos de precio económico; este fue el primer intento de separar los distintos componentes que constituyen la mezcla heterogénea de caudal de fibras ciclónicas, extrañamente el material granular fue consumido por algunas vacas que pertenecían a la extractora.

## **5.2 PRUEBAS DE PALATABILIDAD EN CAPRINOS**

El granulado o balanceado de palma comenzó a ser recolectado y se utilizó como alimento principal para un grupo de cabras pertenecientes a la planta partiendo de la idea que estos animales no son muy exigentes en términos de palatabilidad y metabolizan distintas clases de comidas, sin embargo el producto fue mezclado con melaza para otorgarlo mejor sabor y simular una actividad que los ganaderos hacen constantemente con los alimentos que suministran.

El balanceado representa el 80 % de la mezcla siendo la fuente proteica más relevante, la experiencia duro un mes y los animales tuvieron un desarrollo normal, en este caso no se vio ningún tipo de déficit ni enfermedad por parte de los individuos estudiados, e incluso se notó que algunos preferían el balanceado por encima de los pastos y concentrados que se utilizaban en sus dietas cotidianas las cuales también se mezclaban con melaza, la prueba fue muy sencilla y por esa razón no existen datos históricos que permitieran un seguimiento científico sin embargo se llegó a la conclusión de que el balanceado podría ser utilizado como alimento para rumiantes, y además su obtención partía de procesos físicos de clasificación de tamaño o granulometría .

## **5.3 PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL**

Se utilizó una muestra de fibra ciclónica de la planta Extractora Central S.A. a la cual se le extrajo el balanceado de palma de forma manual con la ayuda de un colador de cocina muy fino, la muestra estaba compuesta únicamente por material granular, no se observaban ningún tipo impurezas (fibras delgadas, cascarilla o almendra).

El material fue llevado al laboratorio del CICTA de la Universidad Industrial de Santander para determinar su composición nutricional. De manera análoga se obtuvo un análisis para la torta de palmiste para la planta extractora INDUPALMA, debido a que es el único material conocido utilizado para alimentar animales.

#### **5.4 PRUEBA DE GRANULOMETRÍA MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL**

Se realizó una prueba de granulometría con la fibra ciclónica analizada anteriormente para el producto utilizando tamices con diferentes mallas, se encontraron resultados interesantes para las mallas con perforaciones de 12, 16 y 40 mesh.

#### **5.5 ANÁLISIS DIETARIO DE DISTINTAS ESPECIES DE ANIMALES.**

Se realizó un análisis a las necesidades dietarias de las principales especies de animales que son criadas en la agroindustria Colombiana, a partir de los datos históricos y la experiencia de 25 años del veterinario Alirio Gonzales.

#### **5.6 ELABORACIÓN DE ESQUEMAS Y DIAGRAMAS DEL POSIBLE PROCESO DE EXTRACCIÓN**

Gracias a los resultados obtenidos se pensó en una posible metodología de separación, la idea principal era lograr diseñar un sistema que tenga la capacidad de manejar el total del caudal de fibra prensada como alimentación y captar la totalidad de balanceado posible de separar, el material de interés a la salida de este equipo se transportara a otro instrumento que separe las impurezas contenidas en el balanceado obteniendo un producto más limpio y de gran calidad, por último es necesario secar el producto para cumplir con los requerimientos de la industria.

#### **5.7 EXTRACCIÓN MANUAL EN PLANTA DE BALANCEADO DE PALMA**

Con el fin de agilizar el proceso de patente era necesario obtener ciertos datos que afirmaran las excelentes características que tiene la invención, por esta razón era necesario tener una mayor cantidad de balanceado para ser manipulado y analizado

mientras se coordinaba la fabricación y la ubicación de los prototipos de separación diseñados, con la colaboración de la planta extractora Agroince que autorizó utilizar sus instalaciones y tener a disposición la fibra sobrante de las calderas, se dio inicio a la extracción manual de balanceado de palma.

**Figura 4. Campamento para la obtención de balanceado de palma.**



## **5.8 CARACTERIZACIÓN DEL BALANCEADO DE PALMA**

Algunas muestras del balanceado extraído de forma manual fueron llevadas al laboratorio, para cuantificar el porcentaje de impurezas y la manera en que estas podrían afectar el comportamiento nutricional del alimento, en este caso el término impurezas sería cualquier material que provocara un déficit en la digestión de los animales o inconvenientes para convertir el balanceado en concentrado alimenticio principalmente sustancias de poco carácter granular, se seleccionó un tamiz con una malla de mesh 12 para separar la fibra gruesa del balanceado la cual se mantenía en la parte superior de la malla, el balanceado tamizado quedaba en un pequeño balde de almacenamiento, tamices con un menor mesh permitían el paso de hebras gruesas de fibra al balde, y mallas con valores mayores retiraban cantidades similares de fibra gruesa y algunos materiales granulares lo cual no es conveniente porque estas sustancias son digeribles por el ganado.

A partir de ese momento con la asesoría de los veterinarios Sergio la Torre y Alirio Mantilla, conjuntamente pudieron observar el producto y sus propiedades nutricionales, llegando a la conclusión que tanto la torta de palmiste como el balanceado de palma son sustancias que deben ser utilizadas como materias primas para la elaboración de concentrados, es de vital importancia mezclarlos con otras sustancias para elevar su nivel energético y proteico; con el Doctor Sergio se realizó un concentrado para la ganadería Manzanares, normalmente este alimento estaba conformado en un 43 % por torta de palmiste, la cual fue remplazada en su totalidad por balanceado de palma con impurezas del 25%.

## **5.9 ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRADOS**

Los concentrados animales son una mezcla heterogénea de productos vegetales y animales que en conjunto cumplen con los requisitos diarios de alimentación de un animal, en el caso del ganado el porcentaje de proteína que deben tener es alto ya que debe suplir el bajo contenido nutricional que generalmente tiene el pasto con el que se alimentan. Después de determinar las características del balanceado, se tomaron algunos de los bultos extraídos a mano para llevarlos a una planta de concentrados en la ciudad de Bucaramanga, se obtuvo dos productos un concentrado vacuno que usualmente era preparado con torta de palmiste como materia prima principal y unos cubos alimenticios que son utilizados como golosinas gracias a su textura y sabor pero que aportan nutrientes y energía al ganado de una forma distinta.

## **5.10 PRUEBAS DE MEZCLADO DE BALANCEADO DE PALMA CON TORTA DE PALMISTE**

Se decidió mezclar el balanceado de palma con la torta obtenida en la planta y así disminuir la humedad por debajo del 10 % sin la necesidad de equipos, para la muestra nombrada mezcla 1 a 1 se mezcló 100 gramos de balanceado con 100 gramos de torta de palmiste, la muestra nombrada mezcla 2 a 1, se realizó combinando 50 gramos de balanceado recién extraídos del tambor prototipo por

cada 100 gramos de torta de palmiste y por último se realizó un bromatológico exclusivamente a la torta utilizada en estas mismas mezclas.

#### **5.11 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD DE BALANCEADO DE PALMA CON TORTA DE PALMISTE**

Los análisis se realizaron con el laboratorio NUTRIANALISIS de la ciudad de Bogotá, estos se dividieron en dos partes, la primera parte estuvo dirigida a la digestibilidad en términos de fibra neutra, ácida y al porcentaje de cenizas para una muestra con 5 % de impurezas y otra con un 25 % de impurezas. El segundo análisis pretendía analizar la variación del porcentaje de fibra cruda a diferentes porcentajes de impurezas. Todas las muestras fueron secadas al sol en las instalaciones de la planta extractora Agroince.

## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 6.1 PRUEBA BROMATOLÓGICA DEL MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL

**Tabla 2. Análisis bromatológico balanceado de palma**

Análisis Bromatológico		
Parámetros	Balanceado de palma	Torta de Palma
% Humedad	12,84	9,5
% Ceniza	10,23	5
% Grasa	10,91	9-10,5
% Proteína	9,07	12,5-14,5
% Fibra	22,3	20-30
Carbohidratos totales	56,95	45-49
Valor calórico( kcal/100g)	362,27	359,02

Como se puede observar en la tabla 2 el contenido de grasa que tienen ambas sustancias es muy similar, sin embargo el del balanceado es mayor en un rango de 1,91 y 0,4%, el porcentaje de proteína contenido en la torta es superior en un 3% como máximo, el porcentaje de fibra en la torta se encuentra dentro de un rango con una variabilidad muy alta, si se utiliza un dato promedio la fibra contenida en la torta es del 25 %, este dato es mayor en 2,7 puntos lo que puede hacer pensar que alimentos a base de torta de palmiste pueden llegar a ser menos tolerables en términos de fibra digestible.

Desde el comienzo de la comercialización de la torta nunca se han escuchado comentarios negativos por parte de veterinarios expertos en ganadería sobre el uso en alimentación, dejando pensar que ambos productos son metabolizados por el ganado, los carbohidratos y las calorías presentes en el balanceado son mayores en un 8% y en 3 kcal/100g obteniendo mayor cantidad de energía en una misma dosificación, situación que favorece a los animales que se quieren poner en etapa de engorde o con actividades que presentan mucho desgaste físico, el porcentaje de humedad en el balanceado es 3,34 puntos mayor, esto incide en la velocidad de degradación del producto, en este caso es levemente mayor, este fenómeno se

puede contrarrestar manteniendo el balanceado en un lugar fresco a temperatura constante de hecho existen otros alimentos con cantidades de humedad más altas que con buenas condiciones de almacenamiento se puede preservar por bastante tiempo. Las cenizas presentes en la torta son del 5% la mitad de las cenizas encontradas en el polvillo.

El comportamiento bromatológico del balanceado y la torta de palmiste tienen características similares, las diferencias presentes se podrían aprovechar utilizando cada sustancia en actividades distintas dependiendo del individuo o la especie a alimentar, hay que destacar que no todas las plantas extractoras producen torta de palma, pero si en todas se obtienen fibras de prensado, son productos que se pueden obtener en simultáneo o por aparte, otro dato interesante a señalar es que se comparó la capacidad calorífica del balanceado de palma con las sustancias utilizadas comúnmente en las extractoras.

## **6.2 PRUEBA DE GRANULOMETRÍA MATERIAL GRANULAR OBTENIDO EN LA PRIMERA SEPARACIÓN MANUAL**

**Tabla 3. Análisis de granulometría para balanceado de palma**

Granulometría		
12 mesh	16 mesh	40 mesh
38%	33%	18%

Se pasó el balanceado a través de distintos tamices con diferentes tamaño de malla desde 12 hasta llegar a uno de 16 mesh con el fin de identificar la composición de la sustancia y la proporción que representa el balanceado en un RFF, se encontró que el balanceado representa entre el 33 al 38 % del total de la fibra, un porcentaje bastante elevado, las hebras representan entre un 63 a un 67% de la mezcla. Asumiendo que las fibras totales presentes en una planta son del 13% con respecto al RFF, el balanceado representa un 4,4 a un 4,8 % del total de un racimo de palma y las hebras están entre el 8,1 y el 8,6. La densidad del balanceado fue de 0,26 g/ml.

**Figura 5. Balanceado tamizaje 16 mesh**



La figura 5 muestra el balanceado obtenido después del tamizado, se observa una gran cantidad de impurezas, en su mayoría son hebras muy delgadas además de secciones de cascarilla y almendra prácticamente trituradas. La muestra llevada para el análisis bromatológico mencionado anteriormente fue muy similar a la de la imagen, esto explica los datos obtenidos.

El balanceado obtenido se pasó por diferentes tamices llegando hasta los 40 mesh con la intención de eliminar todas las impurezas, se pudo lograr una mejor separación de las fibras más delgadas, sin embargo se continuaba presentando cierto contenido de fibrillas en la mezcla. El balanceado separado en esta etapa representa el 18,8% en peso de la fibra total analizada en un principio y el 2,4 % del total de un racimo, las fibrillas separadas representan el 10,8 % del total de la muestra de fibra inicial, si se suma el peso de las fibras separadas en el segundo tamizaje con el primer peso, el porcentaje de las fibrillas en la mezcla de fibras inicial es del 74,4%.

**Figura 6. Balanceado extraído 2 tamizaje.**



La figura 6 muestra el balanceado obtenido después del segundo tamizaje, y aún se puede observar trazas de material vegetal que atraviesan de manera vertical las mallas gracias a su fino grosor, lo mismo ocurrió con algunas pequeñas partículas de almendra y cascarilla.

Se optó por no seguir tamizando por las siguientes razones, al utilizar mallas con poros de menor tamaño la separación es más complicada, tarda más tiempo y existe la posibilidad de tapar las mallas, en el peor de los casos que ni la fibra ni el balanceado pasaran a través de estos así que no habría ningún tipo de separación y por último el costo de una separación a una escala mayor de esta clase se volvería inviable, se obtendría un producto más limpio pero en pequeñas proporciones, en este punto eliminar las impurezas no brinda ningún valor agregado.

Si se utiliza como ejemplo una planta de 720 TMRRF/día según los datos obtenidos, el total de balanceado recuperable va a estar entre 17,28 y 31,6 TM/día, donde solo se piense hacer una recuperación de la fibra que no entro a la caldera por cuestiones de espacio en planta, de un flujo másico entre 1,4 y 6,8 TM/día. Teóricamente la

torta de palmiste producida representa entre el 2 al 2,5 % del total de un racimo, los porcentajes están muy cercanos, las ganancias por venta de balanceado pueden ser equivalentes a las de la torta en un mercado donde los dos tuvieran el mismo valor, el precio de una TM de torta es de alrededor de \$250.000 de esta manera la ganancia diaria puede estar entre \$350.000 a \$432.0000 en los peores escenarios.

### **6.3 ANÁLISIS DIETARIO DE DISTINTAS ESPECIES DE ANIMALES.**

Según los datos obtenidos en la tabla 6 según la experiencia del veterinario Alirio Gonzales los animales que podrían ser un nicho de mercado interesante son los ruminantes en especial el ganado de ceba, becerros en etapa de crecimiento y los conejos, la cunicultura es un campo interesante de prueba pero en general la producción en el departamento de Santander y en el país en general es muy baja como para ser considerado un mercado capaz de aprovechar los grandes volúmenes de las plantas extractoras, por este motivo se prefiere seleccionar al ganado vacuno de ceba como primera individuo de prueba, sin descartar a las demás especies para estudios posteriores.

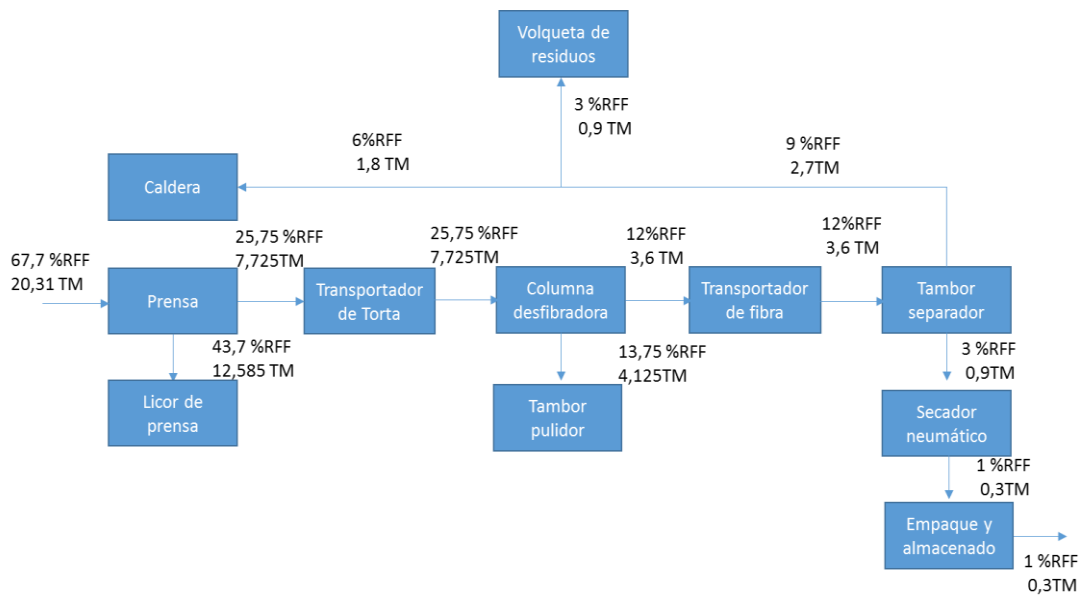
### **6.4 ESQUEMA Y DIAGRAMA POSIBLE PROCESO DE EXTRACCIÓN**

Se seleccionó como primer equipo un tambor clasificador o separador, muy similar a los tambores pulidores, compuesto por laminas perforadas, la fibra pasara a través del tambor y el balanceado caerá por las perforaciones, el balanceado que se separo es llevado al segundo equipo, un separador rotatorio donde por acción neumática del aire el balanceado se dirigirá a la parte inferior de la columna y la fibra subirá por la columna.

**Tabla 4. Dietas Nutricionales**

Animal	% Proteína	% Grasa	% Fibra	% Humedad	% Ceniza
Trucha					
-Engorde	34-40	2-10	3-9	12	9-14
Bagre					
-Cría	30	4	6	13	12
Engorde	25	2	8	13	12
Bovinos Crecimiento	14	5	20	13	7,5
-Engorde	14	4	20	15	8
-Lechero	16	4	20	15	8-13
Cerdos Iniciación	14-20	2	6	12	6-8
-Desarrollo	15-17	2	6	12	7
-Engorde	12	3	6	12	7
-Reproductor	13-20	2	6	12	6
Conejos Ceba	16-18	3	20	12	8
-Reproductor	18	2	20	12	6
Pollos Iniciación	20	4	6	12	6
-Desarrollo	14-16	2	7	12	6
-Engorde	21	2	6	12	6
-Ponedor	16	3	5,5	12	13

**Figura 7. Diagrama de bloques para el proceso de obtención de balanceado para toda la fibra. En una planta con 30 TM**

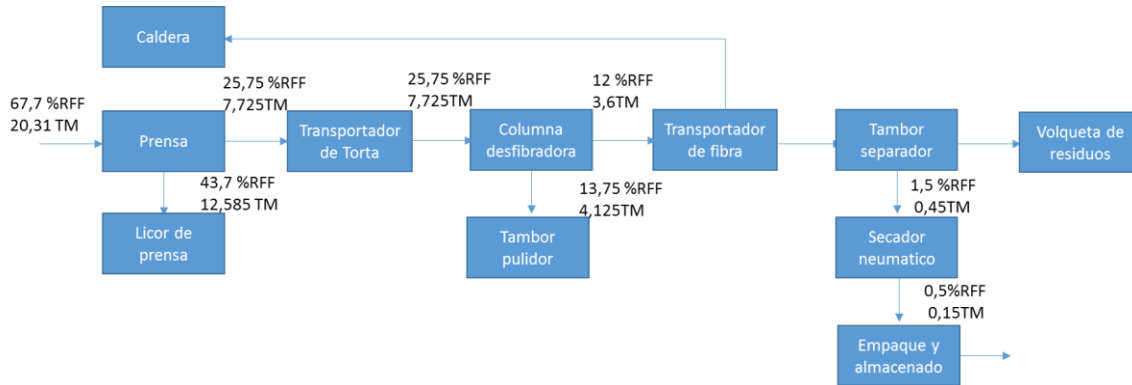


Haciendo referencia a la Figura 7, el proceso de extracción de balanceado inicia con el flujo másico del fruto que se encuentra en óptimas condiciones para ser prensado. Dicha corriente entra a una serie de prensas de donde se obtienen la corriente líquida que es el licor de prensa, que entra a la sección de clarificación y la corriente sólida que es la torta donde están presente el material de interés.

La corriente sólida se dirige a una primera columna desfibradora en donde por la acción del aire las nueces salen por la parte inferior de la columna desfibradora y se dirigen a un tambor pulidor. Como continuación del proceso, de la columna desfibradora sale un porcentaje de la mezcla sólida por la parte superior.

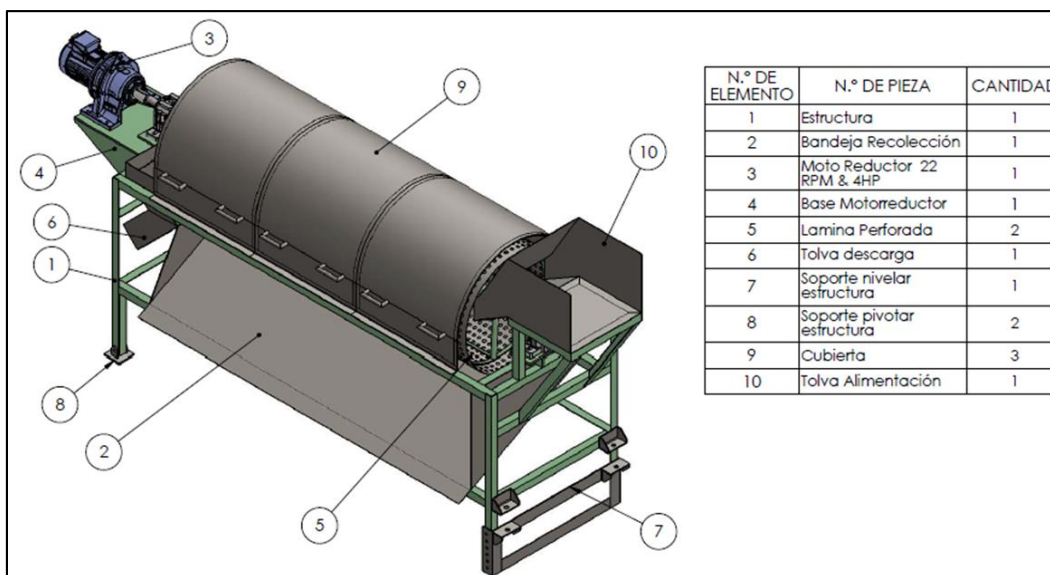
A partir de la salida de fibra de la columna se inicia la etapa de separación del material de interés; la corriente superior de la columna desfibradora entra a un tambor separador, de manera similar al tambor pulidor existe un movimiento angular que mueve la fibra de forma tangencial con la diferencia que la superficie cilíndrica está conformada por láminas con perforaciones circulares o mallas rectangulares tipo angeo, el poro de cada superficie tiene un área entre 16 a 36 mm<sup>2</sup>, el movimiento del tambor eleva y hace chocar la fibra contra el cilindro produciendo una separación por diferencia de tamaños de partícula similar a la función que tienen los tamices, la fracción de interés perteneciente a la fibra o balanceado de palma sale a través de los poros del tambor con altas impurezas principalmente caracterizadas por ser fibras muy delgadas, la optimización de la separación está dada por la velocidad de giro por este motivo el equipo debe tener la capacidad de moverse en un amplio rango de velocidades que aseguren un tiempo de residencia eficiente, el balanceado cae a un equipo compuesto por dos sinfines transportadores y una columna de neumática, el primer transportador lleva el balanceado del tambor a la entrada de la columna, dentro de la columna el material se seca con la ayuda de aire caliente seco, el balanceado seco está listo para ser empacado y transportado, la fibra sin balanceado que sale del tambor separador es llevada hasta las calderas para ser utilizada como combustible, el exceso obtenido disminuye notablemente en comparación con los procesos de extracción de aceite convencional.

**Figura 8. Diagrama de bloques para el proceso de obtención de balanceado en el exceso de la fibra. En una planta con 30 TM**

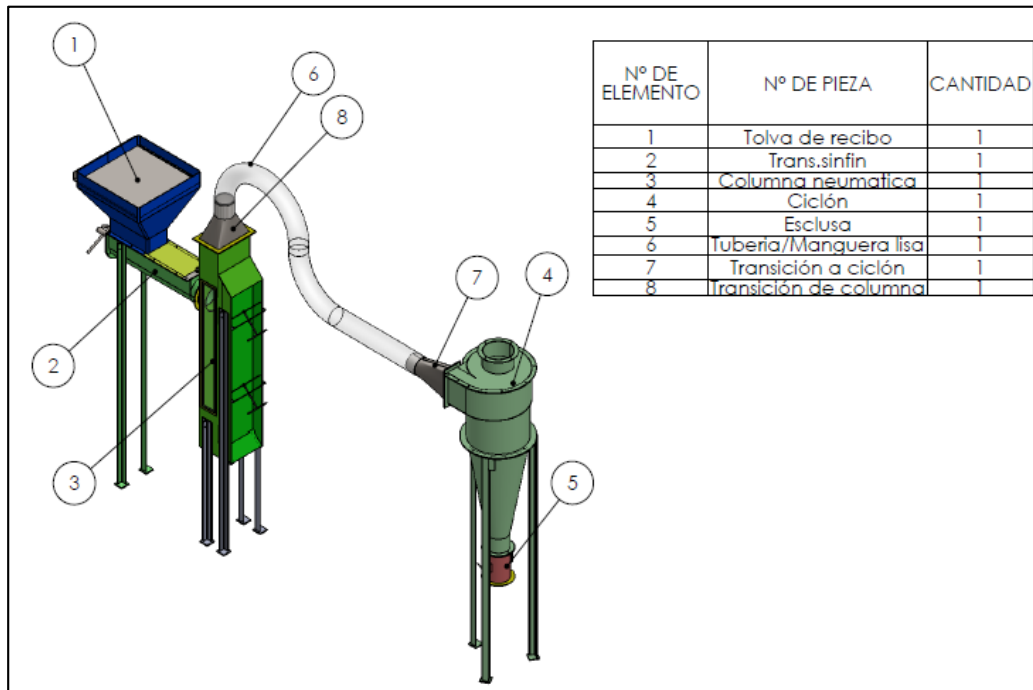


En la figura 8 se presenta un diagrama de bloques bastante similar al de la figura 7 con la diferencia de que únicamente se trata el exceso de fibra que no se utilizó como combustible de calderas, la fibra a la salida del tambor separado sin balanceado es llevada directamente a la volqueta encargada de transportar los residuos de la planta.

**Figura 9. Diagrama de Tambor separador de balanceado de palma**

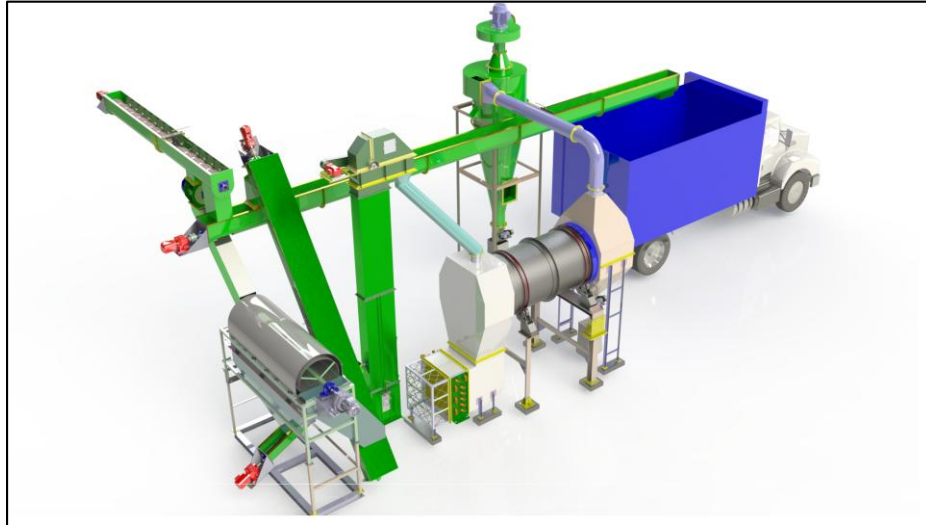


**Figura 10. Diagrama de columna neumática de secado.**



Las figuras 9 y 10 muestran dos diagramas del tambor separador y el sistema de secado neumático, estos equipos se contemplan como una opción para obtener y secar el producto de forma económica y con instrumentos familiares en la industria aceitera, sin embargo cada planta puede diseñar y crear equipos que cumplan las mismas funciones con diferentes metodologías.

**Figura 11. Diagrama sistema de separación de balanceado para la planta Agroince.**



La figura 11 muestra un diseño preliminar de todo el sistema de separación de balanceado de palma en la planta AGROINCE, donde se utiliza un tambor separador un tambor secador unido a un secador neumático.

### **6.5 CARACTERIZACIÓN DEL BALANCEADO DE PALMA**

Como se puede observar en la tabla 5 el comportamiento nutricional es bastante similar para las tres muestras y se mantiene prácticamente constante aunque el porcentaje de impurezas sea distinto, los valores que más cambiaron fueron el % de grasa y % de proteína, esto puede ser debido a que la muestra con un 1 % fue tomada un mes antes, donde existen condiciones de fruto, extracción y procedimientos diferentes así fuera en la misma extractora Agroince.

**Tabla 5. Resultados bromatológicos balanceado de palma con diferentes impurezas.**

Propiedad	1 % Impurezas	7% Impurezas	21 % Impurezas
% Humedad	12,84	10,64	14,99
% Cenizas	10,23	10,31	10,67
% Grasa	10,91	6,21	6,01
% Proteína	9,07	8,11	7,21
% Fibra	22,3	27,82	27,81
Carbohidratos totales	56,95	64,73	61,12
Carbohidratos disponibles	34,65	36,91	33,31
Valor calórico( kcal/100g)	362,27	347,25	327,41

## 6.6 ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CONCENTRADOS

**Tabla 6. Composición concentrado vacuno.**

Composición Concentrado Vacuno	
Insumo	Composición Másica
Balanceado	42,50%
Salvado de trigo	38%
Glicerol	2%
Grasa de pollo	15%
Pre mezcla	%

La tabla 6 muestra los distintos componentes utilizados en la fabricación mecánica de un concentrado animal, esta mezcla es muy conocida por los ganaderos responsables del criadero y frigorífico Vijagual, ellos alimentan sus animales de ceba con este concentrado con la diferencia que utilizaban torta de palmiste como componente principal.

El balanceado, el salvado de trigo, y la grasa de pollo son las sustancias que brindan la mayor cantidad de carbohidratos, proteínas, lípidos y fibra digestible, de igual forma son los que le dan la consistencia y textura al alimento.

La grasa de pollo es la sustancia líquida en mayor proporción que es utilizada para añadir grandes contenidos de lípidos que son reflejados en buenos contenidos energéticos necesarios para el crecimiento y engorde de los animales, por último el glicerol y la premezcla son utilizados como sustancias complementarias que potencializan los niveles proteícos y agregan minerales esenciales para el metabolismo de cualquier ser vivo.

Para incluir el glicerol y la premezcla que vienen en bajas cantidades, se mezclan a mano hasta obtener una sustancia uniforme, después todas las sustancias sólidas se montan a una banda transportadora que las lleva hasta un molino de martillos con la intención de compactar y unificar las sustancias, del otro lado está la grasa de pollo que proviene de un tanque de almacenamiento, ésta se calienta y se agrega al proceso, la corriente sólida y líquida entran a un mezclador con un agitador metálico de aspas que agita la mezcla por alrededor de 20 minutos, ésta sale del proceso por medio de ductos que la transportan por gravedad hasta llegar a los sacos donde se empaca el producto y se almacena.

**Figura 12. Concentrado obtenido a partir de balanceado de palma**



La figura 12 muestra el concentrado obtenido después de 40 minutos de trabajo, se utilizaron 16 bultos de balanceado de palma como insumo que representan alrededor de 400 kg, de los cuales se obtuvieron un poco más de 950 kg de concentrados distribuidos en 50 sacos con peso promedio de 19 kg, estos bultos fueron montados en un camión para ser transportados a una finca cercana.

**Tabla 7. Análisis Bromatológico Concentrado**

Propiedad	Concentrado Animal
% Humedad	26,77
% Cenizas	7,85
% Grasa	9,94
% Proteína	13,5
% Fibra	10,17
Valor calórico( kcal/100g)	311,22

La mezcla para obtener el concentrado fue preparada por el veterinario Sergio La Torre experto en crecimiento y producción ganadera, donde se observa que no todas las dietas cumplen estrictamente los requerimientos ideales de la tabla 4, la humedad encontrada es bastante alta y no puede ser atribuida al balanceado de palma, sino al salvado de trigo y a la grasa de pollo bruta que no se le realiza ningún tipo de secado, en estado natural y en la mayoría de fincas el ganado se alimenta con pastos con contenidos de humedad por encima del 50 %.

Las cenizas presentes sobrepasan levemente el porcentaje ideal pero en este rango tan cercano no se convierte en una variable que afecta la digestibilidad de producto, la grasa está bastante por encima a lo recomendado, sin embargo esto podría controlarse si se disminuye la proporción de grasa de pollo, en términos de proteína y fibra digestible está muy bien equilibrada, de esta manera se asegura el crecimiento de bastante carne magra por parte del animal y de tener un metabolismo balanceado.

De forma simultánea se realizaron unos cubos alimenticios que se prepararon totalmente a mano con pollinasa y balanceado de palma aportando el 20% a la mezcla, y pollinasa con torta de palmiste, demostrando que de manera nutricional no existe mucha diferencia entre las dos mezclas.

**Figura 13. Cubo a partir de balanceado de palma**



En total se logró producir 8 cubos cada uno con un peso promedio de 10 kg, este peso es seleccionado para que los vaqueros encargados de distribuirlo en los diferentes espacios que se encuentran las vacas puedan transportar uno a cada lado de la montura si van a caballo o uno en cada mano si van a pie, se utilizó un total de 50 kg de balanceado de palma como insumo, los cubos obtenidos también fueron empacados en bolsas y transportados a una finca para ser distribuidos.

#### **6.7 PRUEBAS DE MEZCLADO DE BALANCEADO DE PALMA CON TORTA DE PALMISTE**

Generalmente el balanceado recién extraído tiene una humedad entre el 35 al 45% muy cercana a la obtenida en las fibras ciclónicas, al mezclar el balanceado y la torta se observa una disminución importante en la humedad, sin embargo no se logra llevar el producto a una composición por debajo del 10 %; a partir de ese momento el balanceado de palma se seca al sol durante 3 horas antes de ser mezclado con la torta, otro aspecto importante a señalar es que cuando la torta de palmiste es obtenida bajo un proceso de doble prensado como la utilizada en el análisis su contenido nutricional es pobre debido a su bajo contenido de aceite

impregnado, en el caso puntual el balanceado de palma mejoraba las condiciones de la torta.

**Tabla 8. Análisis bromatológico de torta de palmiste y mezclas con balanceado de palma**

Muestra	Torta de palmiste	Mezcla 1 a 1	Mezcla 2 a 1
Humedad	10,56	20,97	17,33
Ceniza	3,33	6,02	5,11
Grasa	4,69	6,15	6
Proteína	3,63	5,74	4,54
Fibra	45,73	36,33	40,68
Carbohidratos totales	77,79	61,12	67,02
Valor calórico	363,89	322,79	340,24

## 6.8 PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD DE BALANCEADO DE PALMA

**Tabla 9. Resultados Digestibilidad y Cenizas.**

Muestra	5 % Impurezas	25 % Impurezas	Torta
Fibra neutra	43,71	41,8	64,6
Fibra acida	34,92	40,18	37,6
Ceniza	21,35	18,25	4,4

Como lo muestra la tabla 9 la fibra neutra presente en las dos muestras de balanceado son bastante similares, se puede concluir que las impurezas no influyen en este parámetro, tanto la fibra neutra como la acida entre menor valor tengan el alimento se aprovecha de mejor forma y la energía presente se asimila más fácilmente. Para la fibra ácida sí se observa una diferencia significativa entre la muestra con menor contenido de impurezas pero ambos datos son aceptables para la alimentación de bovinos.

**Tabla 10. Resultados % de Fibra cruda en muestras con distintos % de impurezas.**

	Impurezas	5%	10%	15%	20%	25%
% Fibra		29,46	29,62	36,19	32,12	30,82

Analizando los resultados en conjunto con el doctor La Torre los valores de fibra cruda no cambian de forma directa o indirecta con el porcentaje de impurezas, se podría decir que conforme a todos los análisis obtenidos que el rango óptimo de valores para este parámetro en el balanceado esta entre el 20 y el 32 %.

## 7. CONCLUSIONES

- La fibra prensada de mesocarpio es uno de los residuos sólidos más significantes de las plantas extractoras de aceite que puede ser utilizada como una materia prima que al ser tratada a través de procesos mecánicos para obtener un producto comestible para animales.
- Debido a los grandes caudales manejados por todas las plantas extractoras es posible obtener volúmenes a escala industrial de balanceado de palma a partir de la fibra de mesocarpio y suplir la demanda de un mercado tan importante como lo es la ganadería.
- La torta de palmiste es el producto más conocido para alimentación animal en el gremio palmero, sin embargo el balanceado de palma tiene algunas propiedades nutricionales similares a la torta por esta razón puede ser utilizado como complemento nutricional.
- La extracción de balanceado de palma permite una disminución de hasta el 30 % del caudal de la fibra de mesocarpio, lo cual promueve un ahorro en gastos de transporte de residuos y la posible obtención de una utilidad por la venta de la materia prima.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABU, Hidan. Oil Palm fronds as roughage feed source for ruminants in Malaysia. Livestock research division, Malaysian agriculture research and development institute (MARDI). Malaysia 1990.
- BURGUES N., Carlos; GARCÍA N, Jesús A. Evaluación Económica de Sistemas de Tratamiento de Efluentes para una Planta de Beneficio de Aceite de Palma. Tesis de Grado. Universidad de la Sabana: Bogotá D.C. 2000.
- CONIL, Philippe. La Valorización de los Subproductos de la Planta de Tratamiento de los Efluentes de la Extractora de Aceite de Palma “Palmar de Santa Helena”. BIOTEC COLOMBIA S.A. Cali, 1997.
- CUESTA, Aurora. Amonificación y evaluación nutritiva de solidos remanentes en tamiz primario de la industria de palma africana (*Elaeis Guineensis*)" En Colombia, revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica ISSN. Bogotá 1997.
- GARCIA, Jesús A. (2010). Generación y uso de biomasa en plantas de beneficio de plantas de aceite en Colombia. Revista Palmas, volumen 31, Santa Fe de Bogotá 2010.
- GARCÉS, Isabel. Productos Derivados de la Industria de la Palma Africana. Usos. Revista Palmas. Santa Fe de Bogotá 2000.
- OCAMPO, Alberto. Oil-rich fibrous residue from african oil palm as basal diet of pigs; effects of supplementation with methionine. Universidad Tecnológica de los Llanos Orientales, Villavicencio 2007
- PAREDES O, Felipe. Plantas extractores. Palmeras de los Andes. Santa fe de Bogotá 2010.
- VARGAS, Carlos. Diseño, montaje y puesta en marcha del mecanismo de desarrollo limpio “plan de compostaje industrial para el manejo de residuos sólidos y líquidos de Oro Rojo Ltda.”. Unidad de Operación Industrial de Proyectos-Gestión Integral de Procesos, Bucaramanga 2009