

**ESTUDIO DE LA FORMULACIÓN DE UN BLOQUE MULTINUTRICIONAL (BM)  
DIRIGIDO A LA ALIMENTACION DE CAPRINOS PARA LA EMPRESA  
PROMITEC SANTANDER S.A.S**

**LIZETH VIVIANA VARGAS PÉREZ  
VIVIANA MARCELA PRADA ALBARRACÍN**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2015**

**ESTUDIO DE LA FORMULACIÓN DE UN BLOQUE MULTINUTRICIONAL (BM)  
DIRIGIDO A LA ALIMENTACION DE CAPRINOS PARA LA EMPRESA  
PROMITEC SANTANDER S.A.S**

**LIZETH VIVIANA VARGAS PÉREZ  
VIVIANA MARCELA PRADA ALBARRACÍN**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
INGENIERO QUÍMICO**

**Director  
CARLOS JESÚS MUVDI NOVA  
Ingeniero Químico, Ph.D.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BUCARAMANGA  
2015**

*A Dios que me bendice y concede la fortaleza, sabiduría y paciencia para lograr  
cada una de mis metas.*

*A ti mamita, mi ángel guardián la persona que más admiro y para quien tengo  
amor y gratitud eterna.*

*A mi papi y mi hermanita, los motores de mi vida mi compañía y mi gran  
apoyo.*

*A mis amigos, los que están cerca y los que están lejos, por cada una de las  
enseñanzas y experiencias que me brindan.*

*Lizeth Viviana Vargas Pérez*

*A Dios por guiar mi camino y fortalecerme en todo momento.*

*A mi familia, en especial a mis padres, que me enseñaron que con fe en Dios, optimismo y trabajo duro, siempre tendré buenos resultados y podré algún día, llegar a ser como ellos. A mis hermanas y ti@s por su amor y apoyo incondicional.*

*A David, por acompañarme en este camino brindándome su cariño, amor y alegría.*

*A mis amigos que hicieron de esta etapa, una para recordar toda la vida.*

*“La victoria sobre las dificultades es el gran descubrimiento del hombre sobre sí mismo, porque la felicidad no se le prometió al hombre como regalo; esencialmente es una conquista. Pero cuando llega, es para quedarse, es nuestra, definitivamente nuestra”.*

*Viviana Marcela Prada Albarracín*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Química por ser nuestra casa durante estos años y brindarnos las herramientas para nuestro crecimiento profesional y personal.

A Colciencias, Universidad Industrial de Santander y PROMITEC SANTANDER S.A.S, por haber apoyado y financiado este proyecto.

Al Dr. Carlos Jesus Muvdi por sus enseñanzas y conocimiento.

Al equipo de trabajo del CICTA por su colaboración y amistad.

A Don Eduardo y Don Wilson, técnicos del laboratorio de Ingeniería Química, por ayudarnos en el desarrollo de nuestro trabajo.

Al SENA C.A.S.A por permitirnos usar sus instalaciones y equipos.

A Don Jairo, técnico del laboratorio de caracterización de materiales de la escuela de Ingeniería Civil, por su disponibilidad para el uso de los equipos.

A nuestros familiares y amigos, por su apoyo y cariño incondicional.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. METODOLOGÍA	19
1.1 ANÁLISIS DEL PRODUCTO	19
1.2 FORMULACIÓN DEL PRODUCTO	20
1.3 ELABORACIÓN DE LAS FORMULACIONES A ESCALA LABORATORIO	20
1.4 PLANTEAMIENTO DE UN ESQUEMA DE PRODUCCIÓN	23
2. RESULTADOS Y ANÁLISIS	24
2.1 ANÁLISIS DEL PRODUCTO	24
2.2 PLANTEAMIENTO DE LAS FORMULACIONES	25
2.4 PLANTEAMIENTO DE UN ESQUEMA DE PRODUCCIÓN	33
3. CONCLUSIONES	41
4. RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	49

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Proporción de los distintos componentes empleados en la elaboración de BM.	<b>17</b>
<b>Tabla 2.</b> Composiciones teóricas del Bloque Multinutricional en base seca, a diferentes relaciones hidrolizado de yuca: torta de palmiste.	<b>26</b>
<b>Tabla 3.</b> Composición teórica de carbohidratos, proteína y lípidos de cada una de las formulaciones en base seca, a diferentes relaciones hidrolizado de yuca: torta de palmiste.	<b>27</b>
<b>Tabla 4.</b> Caracterización de los hidrolizados obtenidos de cada proceso de hidrólisis aplicado a la yuca húmeda integral.	<b>28</b>
<b>Tabla 5.</b> Costo de maquinaria empleada en el proceso de fabricación de BM.	<b>38</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Etapas de la formulacion de un producto.	<b>15</b>
<b>Figura 2.</b> Cuadro metodológico.	<b>19</b>
<b>Figura 3.</b> Etapas de elaboración del BM a escala laboratorio, a) y b) recepción y pretratamiento de la yuca, c), d) y e) hidrólisis enzimática, f) pretratamiento de la <i>Moringa oleífera</i> , g) mezclado sólidos y líquidos, h) prensado i) secado.	<b>22</b>
<b>Figura 4.</b> Contenido teórico y experimental de carbohidratos (a), proteína (b) y lípidos (c) en base seca, de las formulaciones elaboradas a escala laboratorio, para cada una de las relaciones hidrolizado yuca /torta de palmiste.	<b>30</b>
<b>Figura 5.</b> Valor calórico (kcal/100g) de cada una de las formulaciones elaboradas a escala laboratorio.	<b>30</b>
<b>Figura 6.</b> Contenido experimental de humedad, de cenizas y de fibra (base seca) en cada una de las formulaciones del BM después del secado y elaboradas a escala laboratorio.	<b>31</b>
<b>Figura 7.</b> Prueba de palatabilidad.	<b>32</b>
<b>Figura 8.</b> Diagrama de bloques del proceso propuesto para la elaboracion de un Bloque Multinutricional (BM).	<b>34</b>
<b>Figura 9.</b> Balance de masa del proceso para la producción de 20 BM de 12,5 kg c/u.	<b>37</b>
<b>Figura 10.</b> Influencia del costo anual de las materias primas y la amortización de los equipos en el costo de los BM, tomando como ejemplo la formulación con relación 2:1 hidrolizado de yuca:torta de palmiste.	<b>39</b>
<b>Figura 11.</b> Distribucion de la planta para la producción de BM.	<b>40</b>

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo A.</b> Composiciones y especificaciones de las materias primas tenidas en cuenta para el balance de carbohidratos, proteína y lípidos, base húmeda.	<b>50</b>
<b>Anexo B.</b> Especificaciones de los equipos del proceso de elaboración de BM.	<b>51</b>
<b>Anexo C.</b> Costo estimado para cada una de las formulaciones de los BM de 12,5 kg.	<b>55</b>

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTUDIO DE LA FORMULACIÓN DE UN BLOQUE MULTINUTRICIONAL (BM) DIRIGIDO A LA ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS PARA LA EMPRESA PROMITEC SANTANDER S.A.S\*

**AUTORES:** Lizeth Viviana Vargas Pérez, Viviana Marcela Prada Albarracín\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Bloque Multinutricional (BM), Hidrolizado de glucosa y maltodextrina, valor calórico, palatabilidad.

La baja oferta de productos para suplementar la alimentación de caprinos y los costos elevados de los que se encuentran en el mercado, constituyen una de las preocupaciones de productores y comercializadores que reconocen la importancia de la nutrición en la productividad animal. En este proyecto de investigación se trabajó una metodología para la formulación y desarrollo de un bloque multinutricional (BM), utilizado para complementar los nutrientes normalmente suplidos por los forrajes. El concepto del producto se dio teniendo en cuenta los parámetros de composición, funcionalidad y presentación reportados en la literatura y por PROMITEC SANTANDER S.A.S. Con base en esto se plantearon diez formulaciones a escala laboratorio, en las cuales se consideraron diferentes contenidos de hidrolizado de glucosa y maltodextrina (a partir de yuca húmeda integral), de torta de palmiste, jarabe de glucosa, *Moringa oleífera*, urea, sales minerales y cal hidratada; materias primas de fácil acceso y algunas de ellas residuos de otros procesos. Estas formulaciones fueron caracterizadas obteniéndose composiciones de carbohidratos entre 50,6%-56,7%, proteína 15,2%-17,2%, lípidos 0,7%-1,8%, humedad 11,9%-16,6%, cenizas 12,5%-13,1%, fibra 5%-8% y valor calórico 287-309 kcal/100g. Tres de las formulaciones planteadas fueron escogidas para escalarlas y realizar la prueba de palatabilidad con cabras de 10 meses de edad en un aprisco del municipio de Barichara-Santander, observándose aceptación del producto por los animales; siendo éstas consumidas en un tiempo de 2 a 5 días. Tomando los resultados de las fases anteriores, se propuso un esquema de producción de BM a pequeña escala (nivel microempresa), especificando las etapas del proceso, balances de masa y costos de maquinaria. El BM desarrollado presenta mejores condiciones a nivel nutricional y mayor tiempo de consumo comparado con bloques comerciales. Sin embargo, es necesario seguir trabajando en la formulación para disminuir sus costos de producción.

---

\*Trabajo de grado

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

## ABSTRACT

**TITLE:** STUDY OF THE FORMULATION OF A MULTINUTRITIONAL BLOCK (BM) DIRECTED GOATS FEED FOR THE COMPANY PROMITEC SANTANDER S.A.S\*

**AUTHORS:** Lizeth Viviana Vargas Pérez, Viviana Marcela Prada Albarracín\*\*

**KEY WORDS:** Multinutritional block (BM), glucose and maltodextrin hydrolyzed, caloric value, palatability.

The low offers of products to supplement goats feed and high costs of those who are on the market, these constitute one of the producers and marketers' worries who recognize the importance of nutrition in animal productivity. In this research project was worked a methodology for the formulation and development of a multinutritional block (BM), used to complement the nutrients normally supplied by foliage. The product concept was given considering the parameters of composition, functionality and presentation reported in the literature and for PROMITEC SANTANDER S.A.S. With this, was proposed ten formulations to laboratory scale, in which were considered different compositions of glucose and maltodextrin hydrolyzed (from wet cassava), palm kernel cake, *Moringa oleifera*, urea, minerals salts and hydrated lime; commodities of easy access and some of them residues of other processes. These formulations were characterized obtained compositions of carbohydrates between 50,6%-56,7% lipids 0,7%-1,8% humidity 11,9%-16,6% minerals 12,5%-13,1% fiber 5%-8% and caloric value 287-309 kcal/100g. Three of the formulations propose were chosen to escalate and evaluate palatability with goats of 10 months in a sheepfold of Barichara-Santander, was observed product acceptance by the animals, Being these consumed in a time from 2 to 5 days. Taking the results of the previous phases, was presented a BM's production scheme to small scale (micro level), specifying the process stages, mass balance and costs of machinery. The BM developed presents better conditions to nutritional level and higher time of consumption compared with commercial blocks, however, is necessary to continue working at the formulation to reduce the production costs.

---

\*Undergraduate project

\*\*Faculty of physicochemical engineering. School of Chemical Engineering. Research Center for Food Science and Technology. Director: Carlos Jesús Muvdi Nova, Msc., PhD.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de mejoras en los procesos de investigación e innovación tecnológica de las cadenas productivas, así como de alimentos concentrados y balanceados para animales constituye una necesidad de las empresas del sector agropecuario en Colombia.

Un sector con gran potencial para el desarrollo de este tipo de proyectos es el caprino, debido a la amplia distribución geográfica de esta especie. La rusticidad característica de la cabra es evidencia de su capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima, vegetación y manejo ([www.finagro.com.co](http://www.finagro.com.co)). Los estudios desarrollados en otros países han evidenciado que este sector representa una gran oportunidad, no solo en la parte industrial y económica, sino para la seguridad alimentaria del país. Este animal tiene gran presencia en el departamento de Santander, especialmente en las regiones montañosas abruptas y secas, como son los municipios cercanos al Cañón del Chicamocha ([periodico.sena.edu.co](http://periodico.sena.edu.co)).

La Figura 1 muestra las etapas globales para la formulación de un producto comercial, incluidos los de la agroindustria (Aubry *et al.*, 1999). Según Jean-Marie Aubry y Gilbert Schorsch, la formulación se define como el conjunto de conocimientos y operaciones (saber-hacer) necesarios para el desarrollo y fabricación de un producto comercial que responda a una lista de especificaciones preestablecidas y se caracterice por su valor de uso. Se emplea cuando se mezclan, asocian o condicionan ingredientes de origen natural o sintético, a menudo incompatibles entre sí (Aubry *et al.*, 1999). El punto de partida en la formulación es la definición del producto a partir de necesidades establecidas por el cliente. Luego, se identifican los constituyentes de la fórmula, entre los que hay que distinguir a las materias activas que cumplen las funciones de uso principales y los auxiliares de formulación (o aditivos, coadyuvantes o excipientes), que

facilitan la preparación y conservación del producto. Después es necesario realizar una caracterización para determinar si la ruta escogida es la adecuada, lo cual exige el planteamiento de una metodología flexible que permita variaciones en el proceso (Aubry *et al*, 1999).

**Figura 1. Etapas de la formulación de un producto**



Como una alternativa viable para alimentación animal se estudia el uso de bloques multinutricionales (BM), los cuales complementan el uso de los pastos y leguminosas en forma sólida, facilitando el suministro de energía, proteína y minerales en forma lenta. Además, incorpora nitrógeno no proteico (NNP) que regula el nivel de amoniaco, permitiendo incrementar la población de microorganismos, aumentando así la eficiencia de la degradación o digestión de la fibra (Sánchez, 1997).

Para el caso de estudio se usaron hidrolizados de yuca integral, *Moringa oleífera*, torta de palmiste, urea granulada, cal hidratada y sales minerales; debido a la facilidad para adquirirlos, alto valor nutricional y aprovechamiento de algunos subproductos de otros procesos. Su uso busca mejorar la digestión y el balance total de nutrientes absorbidos y aprovechados por el animal (Borges, 2009).

Con respecto a los hidrolizados, su aplicabilidad y la existencia de un mercado potencial, son razones por las cuales cobran una amplia importancia hoy en día (Domínguez *et al.*, 2004). Estos hidrolizados se pueden obtener de diferentes

materiales, entre los que se encuentran, el maíz, la yuca, la papa, el plátano, el banano, la ahuyama, entre otros (Retamoso, 1985). La yuca por ser una especie resistente a enfermedades y eficiente en la producción por hectárea de carbohidratos (comparada con los cereales) es un recurso nutricional importante para este tipo de productos (Giraldo, 2006). Desde hace algunos años, ésta ha sido el alimento energético básico en gran parte de la industria de alimentos balanceados para animales, ya sea en forma de harina, de hojuelas ('chips') o de gránulos ('pellets'), debido a que es una fuente de energía fácilmente fermentable ([www.clayuca.org](http://www.clayuca.org) y Wanapat, 2003).

La hidrólisis del almidón de yuca consiste en la degradación parcial o total del almidón utilizando generalmente enzimas. Ésta involucra procesos de ruptura hidrolítica y reorganización de las moléculas para la obtención de mezclas de maltodextrinas o de glucosa (Aristizabal *et al.*, 2007). Estos hidrolizados son concentrados para la producción de jarabes (60-80 °Brix) y se caracterizan por el contenido de azúcares reductores, representado por los Equivalentes de Dextrosa (ED). Se dice, que si el ED es menor de 20 corresponde a un jarabe de maltodextrina, mientras que al ser superior a 55 se considera un jarabe de glucosa (Valderrama, 1994 y Díaz *et al.*, 2007). Debido a su textura pegajosa, estos jarabes de glucosa sirven también para mejorar la adhesión de las materias primas dentro del BM, evitando que éste sea friable al secarse.

La *Moringa oleífera* es una planta con la capacidad de adaptarse a las diferentes condiciones de suelo y clima, lo que constituye una opción viable a la hora de elegir las materias primas para la elaboración del BM. Su valor nutricional con respecto a la proteína y elevados rendimientos de biomasa, la ubican como un suplemento de importancia en la dieta de rumiantes; siempre y cuando haya un adecuado balance nutricional (Pérez *et al.*, 2010). Cabe resaltar que la *Moringa* usada en el proceso de elaboración del BM es un subproducto del trabajo en

simultáneo, desarrollado por Pérez & Silva (2015), realizado también en el laboratorio CICTA-UIS.

La torta de palmiste es un subproducto de la industrialización del fruto de la palma africana aceitera. El uso alternativo de este residuo en la alimentación animal surge con buen potencial, ya que por el alto nivel de fibra cruda, carbohidratos y el contenido de grasa, se eleva la densidad energética de las dietas, alcanzando los requerimientos deseados en las líneas de producción del animal (Zumbado *et al.*, 1992).

La urea granulada constituye la fuente de nitrógeno no proteico. Este es un compuesto que al llegar al rumen libera amonio, nutriente esencial para el crecimiento de las bacterias, que mejora el consumo y la digestibilidad de los forrajes disponibles para el animal (Borges, 2009).

Debido a la escases de micro y macro minerales en los forrajes, especialmente en la época seca, se usa una mezcla mineral de alta calidad para cubrirlos. También se emplea un agente cementante (cal hidratada) que aporta calcio como nutriente y favorece el endurecimiento del BM (Borges, 2009).

Los datos reportados por Fariñas *et al.*, (2009) del valor nutricional del BM mostrados en la Tabla 1, son los rangos con respecto a los cuales se plantearon las diferentes formulaciones; teniendo en cuenta las materias primas descritas.

**Tabla 1. Proporción de los distintos componentes empleados en la elaboración de BM. Fuente: Fariñas *et al.*, 2009**

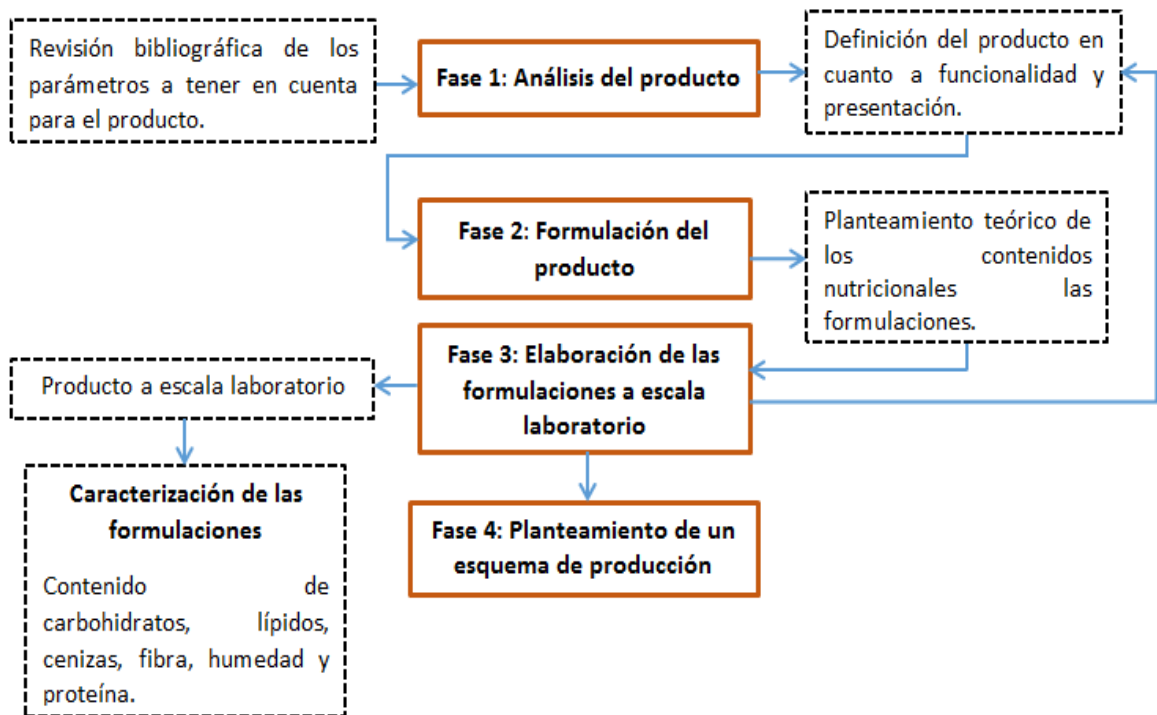
<b>Componentes</b>	<b>Proporción en el bloque</b>
Carbohidratos	25-65%
Fuentes de nitrógeno no proteico	5-10%
Sales minerales	5-10%
Fuente de proteína	15-35%
Fibra de soporte	3-5%
Cementante	10%

A partir de lo mencionado anteriormente, el presente trabajo se encaminó hacia el planteamiento de una metodología para formular y desarrollar un bloque multinutricional (BM) para rumiantes a partir de los requerimientos establecidos en la definición del producto. Este trabajo de investigación hace parte del proyecto titulado: Aumento de la productividad de concentrados de jarabes de glucosa obtenidos a partir de hidrolizados de almidón de yuca por métodos no convencionales con código 1102-5022-7720 COLCIENCIAS – UIS – PROMITEC SANTANDER S.A.S.

# 1. METODOLOGÍA

El presente trabajo se desarrolló siguiendo una metodología aplicable a la formulación de productos alimenticios (Carreres, 2013). La Figura 2 muestra cada una de las etapas planteadas.

Figura 2. Cuadro metodológico.



## 1.1 Análisis del producto

La primera etapa para el diseño de un producto consiste en la creación del concepto. Para el caso de estudio, éste se basó en la necesidad presentada por la empresa PROMITEC SANTANDER S.A.S de formular un alimento en forma de bloque para alimentación de cabras, que complete la dieta básica del rumiante. Con base en estas especificaciones se revisó la reglamentación aplicable y se definió el producto en cuanto a su funcionalidad y presentación.

## 1.2 Formulación del producto

Para la formulación de un producto generalmente se parte de una fórmula base. Sin embargo, para el caso de estudio se plantearon diez formulaciones con el objetivo de confirmar la posibilidad de su elaboración a nivel laboratorio. Para esto se tuvo en cuenta los datos reportados en el capítulo de introducción, donde se identificaron las materias primas a utilizar, su composición y los rangos en que cada nutriente debe estar presente en el producto. En esta fase se evaluó la composición nutricional teórica de cada formulación para saber cuáles de ellas cumplían con los criterios establecidos.

## 1.3 Elaboración de las formulaciones a escala laboratorio

- Materiales e insumos

Se utilizaron raíces de yuca, torta de palmiste, urea, cal hidratada, sales minerales y jarabe de glucosa de 75 °Brix, suministradas por PROMITEC SANTANDER S.A.S. Enzimas liquozyme supra 2.2x y dextrozyme GA, suministradas por Novozymes. Reguladores de pH: Hidróxido de sodio 2N y Ácido clorhídrico 2N. La *Moringa oleífera* (subproducto de la extrusión de las hojas de *Moringa*) fue proporcionado por Pérez & Silva (2015) (trabajo de grado en simultáneo). Las composiciones y especificaciones de las materias primas tenidas en cuenta para el balance de carbohidratos, proteína y lípidos, se encuentran en el Anexo A.

- Pruebas para la hidrólisis de yuca integral

La materia prima que se trabajó en mayor proporción para la elaboración de los BM fueron los hidrolizados de glucosa y de maltodextrina. A partir de pruebas preliminares en el laboratorio CICTA-UIS se definió un protocolo para la hidrólisis enzimática de este tubérculo. Para la elaboración de las formulaciones se necesitaron de 30 kg de yuca que fueron procesados usando la picadora industrial

y la marmita de la planta de *fruver* del SENA C.A.S.A de Piedecuesta. Los hidrolizados obtenidos se caracterizaron en °Brix utilizando un refractómetro de mano Fisher 1396470C de 0 a 90°Brix. La materia seca (MS), equivalente dextrosa (ED) y % glucosa fueron caracterizados en el laboratorio de control de calidad de la empresa PROMITEC SANTANDER S.A.S.

- Elaboración de las formulaciones

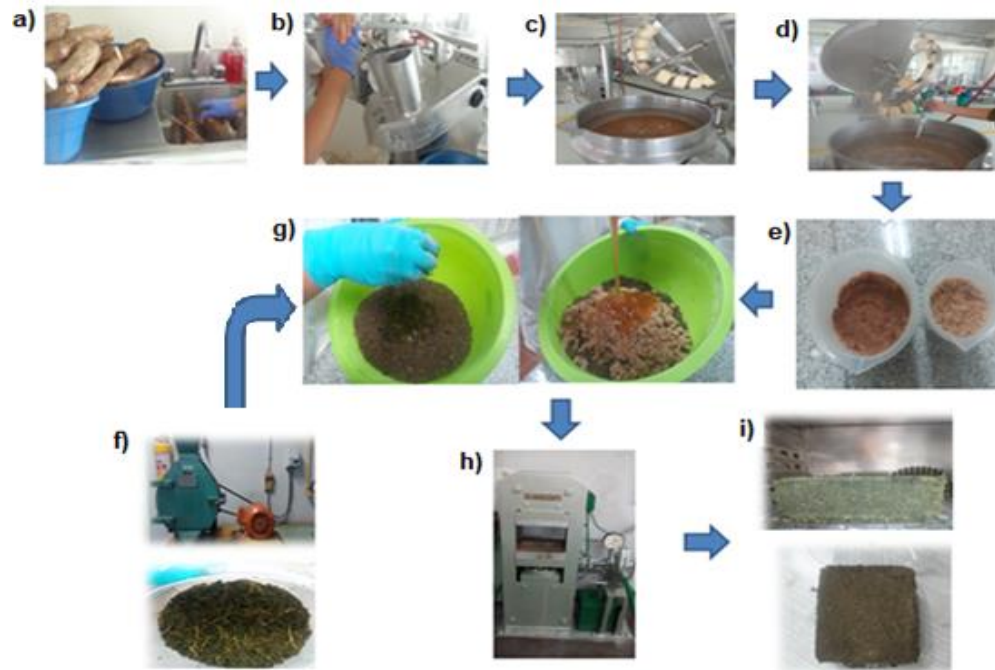
En el laboratorio de procesos de la Escuela de Ingeniería Química UIS se elaboraron las formulaciones por duplicado (cada una de 500 g) siguiendo las tablas de composición planteadas en la etapa de formulación. El protocolo utilizado estuvo sujeto a mejoras para el cumplimiento de los criterios de textura y forma establecidos en la definición del producto, detectando todas las posibles deficiencias tanto del BM como del proceso de fabricación.

Para el proceso de elaboración de los BM, se diseñó un molde en acero inoxidable, donde se dosificó la mezcla de todas las materias primas. Esto fue realizado de forma manual para su posterior prensado utilizando una prensa hidráulica. Al cabo de ocho días de secado en estufa a 37°C, se tomó la muestra de cada una de las formulaciones para su posterior análisis bromatológico. En la Figura 3 se muestran imágenes de las etapas de la elaboración del BM.

- Análisis Bromatológico

Todas las formulaciones fueron caracterizadas en humedad (AOAC 924.10), cenizas (AOAC 923.03), proteína (AOAC 920.87), lípidos (AOAC 920.85) y fibra (AOAC 923.03) siguiendo los protocolos de análisis bromatológico del laboratorio CICTA-UIS. Esto con el objetivo de comparar los resultados experimentales del contenido nutricional de las formulaciones y los datos teóricos planteados en la etapa de formulación.

**Figura 3. Etapas de elaboración del BM a escala laboratorio, a) y b) recepción y pretratamiento de la yuca, c), d) y e) hidrólisis enzimática, f) pretratamiento de la *Moringa*, g) mezclado sólidos y líquidos, h) prensado i) secado.**



- Escalado de la formulación y prueba de palatabilidad

Para el desarrollo de esta etapa se rediseñó el molde, debido al aumento del tamaño del BM. Cabe resaltar que como todas las formulaciones fueron realizables a escala de laboratorio (obteniéndose de ellas las mismas características de dureza y textura), se decidió para esta prueba trabajar con solo tres formulaciones: la de costo estimado más bajo, la de mayor valor calórico y la que aporta mayor cantidad de carbohidratos. Estas formulaciones de 5 kg cada una, se realizaron en el laboratorio de caracterización de materiales de la Escuela de Ingeniería Civil UIS, siguiendo el procedimiento empleado para la elaboración de las formulaciones de 500 g. Una vez listos los BM, se realizó una prueba de palatabilidad en campo para evaluar la aceptabilidad del producto por parte del animal. Los BM fueron suministrados a tres rebaños diferentes de cabras

estabuladas de 10 meses de edad, en un aprisco ubicado en el municipio de Barichara- Santander.

#### **1.4 Planteamiento de un esquema de producción**

El planteamiento del diagrama del proceso para la fabricación de BM se realizó siguiendo las etapas planteadas a escala laboratorio. Como parte del diseño del proceso, se realizó un pre-estudio técnico de la fabricación de los BM considerando una escala de proceso pequeña (nivel de microempresa), debido a consideraciones establecidas por PROMITEC SANTANDER S.A.S y las cuantías previstas para financiamiento por parte de fondos de emprendimiento. Para esto, se analizó cuál sería la capacidad a instalar, se plantearon los balances de masa y a partir de allí se escogieron los equipos (capacidades).

## 2. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 2.1 Análisis del producto

- Concepto propuesto

El bloque multinutricional (BM) es un alimento sólido usado como suplemento alimenticio para animales, de fácil manipulación y suministro. Está compuesto por diferentes materias primas que proporcionan una fuente de energía, proteína, fibra, minerales y nitrógeno no proteico, necesarios para complementar los nutrientes normalmente suplidos por el forraje. Esta alternativa de alimentación favorece el ecosistema ruminal, reflejándose en un mejor aprovechamiento del recurso forrajero, aumento de la digestibilidad y producción del animal. El producto diseñado cumple con la reglamentación colombiana sobre producción de alimentos para animales (Res. 1056 de 1996 (ICA) -por la cual se dictan disposiciones sobre el control técnico de los Insumos Pecuarios- y Dto. 3075 de 1997 (INVIMA) -regula todas las actividades que pueden generar riesgo por la producción y el consumo de alimento-).

- Presentación del producto

El Bloque Multinutricional (BM) se elabora con una masa de 12,5 kg, aunque a nivel comercial se pueden conseguir de hasta 25 kg. Para el caso de estudio el BM posee forma rectangular con dimensiones 30 x 30 x 12,5 cm (A x L x H) por la facilidad de manipulación, traslado y disponibilidad en el comedero. Aunque no se ha evaluado el efecto del tamaño y forma del BM en el consumo por los rumiantes, se busca favorecer la durabilidad del producto en el tiempo y la distribución de los animales en el rebaño, especialmente cuando son numerosos o de diferentes edades (Birbe *et al.*, 2005). En este sentido, el nivel de compactación del BM

permitirá que el bloque pueda lamerse más no morderse (Birbe *et al.*, 1998); ya que el consumo excesivo de sales de amonio, generadas por la urea presente en el producto, pueden producir problemas digestivos e incluso causar la muerte del animal (Escalona *et al.*, 2007).

El producto fabricado se empaca con películas plásticas de polietileno de baja densidad, a temperatura ambiente y completamente sellado, las cuales reducen la pérdida de humedad (Hadjipanayiotou *et al.*, 1993), factor que más influye en el aumento de la dureza del BM. El producto tiene un tiempo de duración teórico de tres meses (Birbe *et al.*, 2006).

## **2.2 Planteamiento de las formulaciones**

Las formulaciones se plantearon considerando los rangos encontrados en la revisión de la literatura para cada uno de los nutrientes que debe aportar el BM. El requerimiento al que se le da mayor importancia para la suplementación del animal es el aporte de carbohidratos (Fariñas *et al.*, 2009). Por esta razón, se planteó mantener en todas las formulaciones un mayor porcentaje de hidrolizado de yuca (mezcla un 75% de glucosa - 25% maltodextrina) y jarabe de glucosa con respecto a las demás materias primas, debido a su alto contenido de carbohidratos y para mejorar la adhesión de los componentes dentro del BM. La relación maltodextrina/glucosa, se propuso con el fin de aportar una gran cantidad de energía de absorción activa (aportada por la glucosa) y también proveer energía de larga duración (proporcionada por la maltodextrina), que es liberada en forma gradual y progresiva, activando la digestión del animal.

Por otro lado, el contenido significativo de carbohidratos y proteínas de la torta de palmiste limitó el balance simultáneo de estos dos nutrientes en el BM. Por lo tanto, la cantidad de esta materia prima en el BM se disminuyó en cada una de las formulaciones dándole siempre prioridad al balance de carbohidratos.

En la Tabla 2 se presentan las materias primas seleccionadas para la elaboración del BM y su respectivo porcentaje en cada una de las formulaciones. Los valores correspondientes a las sales, aglutinante y urea no excedieron los máximos reportados por Fariñas *et al.*, (2009). En investigaciones reportadas en la literatura no se presentan formulaciones donde la fuente de carbohidratos y proteína correspondan a las materias primas utilizadas en este caso de estudio. Se observó que en la mayoría de las tablas de composición de BM se incluyen granos de cereales y sus harinas, granos de leguminosas, las tortas o harinas y los propios granos de oleaginosas. Su proporción varía con respecto a la funcionalidad que se le quiera dar al alimento, ya sean energéticos, proteicos, equilibrados o ricos en minerales (Caravaca *et al.*, 2006).

**Tabla 2. Composiciones teóricas del Bloque Multinutricional en base seca, a diferentes relaciones hidrolizado de yuca: torta de palmiste.**

FORMULACIONES										
Relación*	1:1	1,11:1	1,25:1	1,43:1	1,66:1	2:1	2,5:1	3,33:1	5:1	10:1
<b>Materia Prima</b>										
<b>Hidrolizado</b>	21,4%	22,7%	23,8%	25%	26,4%	27,9%	29,7%	31,6%	33,9%	36,6%
<b>Torta de palmiste</b>	21,4%	20,4%	19%	17,5%	15,8%	14%	11,9%	9,5%	6,8%	3,7%
<b>Jarabe de Glucosa</b>	23,1%	23,2%	23,1%	22,9%	22,8%	22,6%	22,4%	22,2%	22%	21,7%
<b>Moringa</b>	19,8%	19,5%	19,9%	20,4%	20,9%	21,5%	22,1%	23%	23,7%	24,7%
<b>Sales</b>	1,3%	1,3%	1,3%	1,2%	1,1%	1%	0,9%	0,7%	0,6%	0,4%
<b>Agglutinante</b>	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
<b>Urea</b>	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%

\*Relación hidrolizado de yuca:torta de palmiste

De acuerdo con el sistema de alimentación NRC (*National Research Council*), los nutrientes más importantes desde el punto de vista de la valoración de alimentos y necesidades del animal son: carbohidratos, proteínas y lípidos. Como el objetivo del BM es suplementar la alimentación de los rumiantes, es necesario realizar un

adecuado balance de estos requerimientos con el aporte de minerales y nitrógeno no proteico, para aumentar su valor nutricional (Sainz *et al.*, 1994). De esta manera, la Tabla 3 presenta el contenido teórico nutricional para las distintas formulaciones planteadas. De esta tabla se observa que a mayor cantidad de hidrolizado con respecto a la torta de palmiste, se favorece el porcentaje de carbohidratos y se presenta una reducción en el porcentaje de proteína y lípidos, validando los criterios tenidos en cuenta para las formulaciones (Capítulo Introducción, página 10).

**Tabla 3. Composición teórica de carbohidratos, proteína y lípidos de cada una de las formulaciones en base seca, a diferentes relaciones hidrolizado de yuca: torta de palmiste.**

FORMULACIONES										
Relación* Nutriente	1:1	1,11:1	1,25:1	1,43:1	1,66:1	2:1	2,5:1	3,33:1	5:1	10:1
<b>Carbohidratos</b>	52%	52,6%	52,9%	53,1%	53,3%	56,3%	53,9%	54,1%	54,6%	55,1%
<b>Proteína</b>	8,8%	8,6%	8,6%	8,5%	8,5%	8,4%	8,3%	8,3%	8,2%	8,1%
<b>Lípidos</b>	2,6%	2,5%	2,3%	2,1%	1,9%	1,7%	1,5%	1,2 %	0,8%	0,5%

\*Relación hidrolizado de yuca:torta de palmiste

Cabe resaltar que el %lípidos es considerado un aporte extra, ya que en los estudios realizados no se reporta un balance para este nutriente en el producto (Fariñas *et al.*, 2009). Para el presente estudio, el %lípidos solo se ve influenciado con la cantidad de torta de palmiste. Con respecto al %nitrógeno no proteico aportado por la urea, éste corresponde a un 2,33% en base seca en todas las formulaciones.

### 2.3 Elaboración de las formulaciones a escala laboratorio

- Pruebas de hidrólisis de yuca integral

Se realizó un pretratamiento a la yuca, que consistió en el lavado con agua, rallado y licuado. Esto con el fin de reducir el tamaño de partícula, aumentando la

superficie de contacto enzima/sustrato (almidón de yuca). Además, se trabajó con una relación 1:10 almidón/agua para evitar reponer el agua evaporada durante la hidrólisis (Vidal, 2010). Las condiciones de hidrólisis de la yuca integral, fueron las siguientes:

*Maltodextrina:* Consta de tres etapas. *Primera Licuefacción:* enzima= Liquozyme supra2.2x, pH=5,4; a 105°C, durante 5-10 min, relación enzima/sustrato= 0,52 g/kg. *Segunda Licuefacción:* enzima= Liquozyme supra2.2x, pH=5,4; a 95°C, durante 50 min, no hay adición de nueva enzima, y la *Desactivación enzima:* a 80°C, pH= 3,8; durante 5 min.

*Glucosa:* A partir del hidrolizado de maltodextrina que se obtiene se realiza la etapa de *Sacarificación:* enzima= Dextrozyme GA, pH= 4,3; a 60°C, durante 60 min, relación enzima/sustrato= 15,65 g/kg y por último la *Desactivación enzima:* pH <3, a 90°C, durante 60 min.

Es importante resaltar que no se encontró en la literatura estudios relacionados con la hidrólisis de yuca húmeda integral. Para la determinación del protocolo de hidrólisis planteado en este trabajo, se partió de lo reportado por Campos & Aguilar (2014) para la hidrólisis enzimática de harina de yuca húmeda integral.

Los resultados obtenidos para los equivalentes dextrosa (ED), contenido de glucosa, materia seca (MS) y °Brix durante la hidrólisis de yuca integral se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4. Caracterización de los hidrolizados obtenidos de cada proceso de hidrólisis aplicado a la yuca húmeda integral.**

MUESTRA	Densidad (g/ml)	%MS*	°Brix	% Glucosa*	ED
Hidrolizado glucosa	1,25	51,32	42	78,26	97,5
Hidrolizado maltodextrina	1,25	50,62	42	0	19,5

**Fuente: Laboratorio control de calidad PROMITEC SANTANDER S.A.S – Autores.**

\*Porcentajes en base seca.

El porcentaje de ED de la muestra de maltodextrina indica que de acuerdo con lo planteado por Vidal (2010), se obtuvo un hidrolizado de baja conversión, mientras

que para la muestra de glucosa el valor corresponde a uno de alta conversión. Estos rangos obtenidos de ED y %Glucosa se encuentran dentro de los señalados por diversos autores (Galindo (2000), Prochaska *et al.*, (2007), Shariffa *et al.*, (2009), Vidal (2010)) utilizando almidón de plátano, yuca, papa y ñame, respectivamente.

- Caracterización de las formulaciones

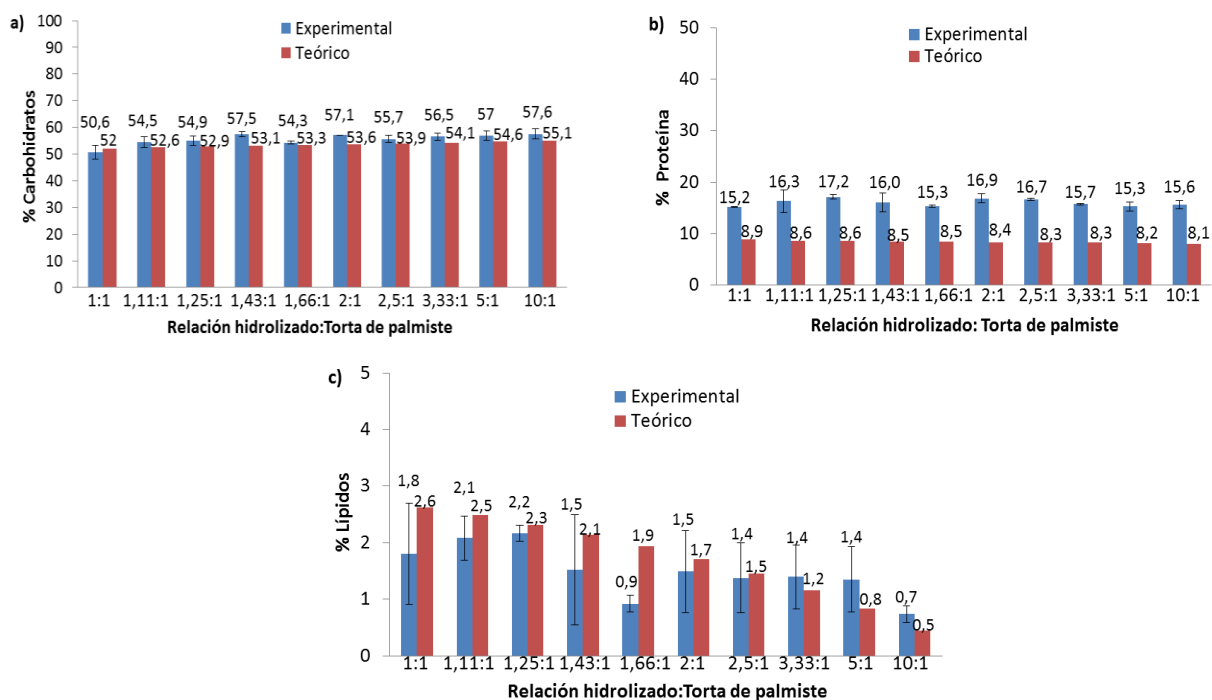
*Análisis Bromatológico:* En la Figura 4 se muestran los contenidos teóricos y experimentales de carbohidratos, proteína y lípidos, para cada una de las formulaciones. Los valores encontrados a nivel experimental para estos nutrientes en el BM están dentro de los rangos establecidos por Fariñas *et al.*, (2009). El %carbohidratos experimental es mayor al %teórico, debido a que en los cálculos teóricos no se consideraron los carbohidratos estructurales presentes en la pared celular de la yuca (celulosa, hemicelulosa y pectinas) (Belanche *et al.*, 1994). El %proteína experimental aumentó con respecto al teórico, debido a la presencia del hidrolizado de la yuca en cada una de las formulaciones, ya que el tubérculo aporta 1,56% de este nutriente (Ceballos & de la Cruz, 2002) y la cascarilla un 2%(Rosales & Tang, 1996, Buitrago *et al.*, 2001), contenidos que no se incluyeron en los cálculos teóricos.

Cabe resaltar que las diferencias entre los resultados teóricos y experimentales, están relacionados con la formulación teórica, donde se dio prioridad a los nutrientes presentes en mayor proporción en las materias primas. Por otro lado, las desviaciones obtenidas en los resultados experimentales se atribuyen principalmente a que se tomaron muestras de diferentes zonas del bloque para los análisis, lo que evidencia diferencias en la distribución de los componentes dentro del producto.

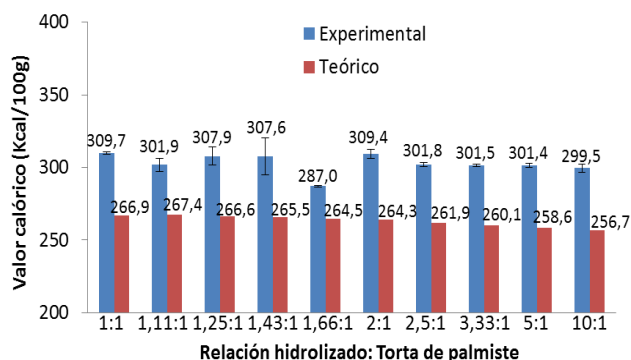
Con base en los resultados obtenidos teórica y experimentalmente para carbohidratos, proteínas y lípidos, se calculó el valor calórico para cada una de

las formulaciones, como se muestra en la Figura 5. Se considera que un gramo de carbohidratos y de proteína aporta 4 kcal y un gramo de lípidos proporciona 9 kcal. Los datos teóricos siguen la tendencia a disminuir con la cantidad de torta de palmiste en las formulaciones. Esto se debe a que esta materia prima es la única que aporta lípidos (12,24 % BS), parámetro que más influye en el cálculo. En la literatura no se reportan datos de esta propiedad para los BM.

**Figura 4. Contenido teórico y experimental de carbohidratos (a), proteína (b) y lípidos (c) en base seca, para las formulaciones elaboradas a escala laboratorio, para cada una de las relaciones hidrolizado:torta de palmiste.**

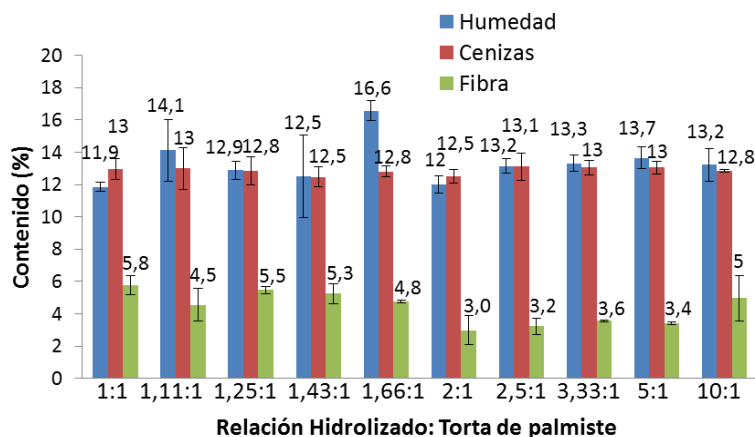


**Figura 5. Valor calórico (kcal/100g) de cada una de las formulaciones elaboradas a escala laboratorio.**



La cantidad de fibra, cenizas y humedad también fueron determinadas y se presentan en la Figura 6. Se observa que los porcentajes de humedad van desde 11,9% hasta 16,6% en base seca. Sin embargo, de acuerdo con Zervas *et al.*, (2001) el contenido de humedad óptimo debe estar entre 10 y 14%, rango dentro del cual se encuentran nueve de las formulaciones planteadas; la restante no está muy alejada de estos valores. Las diferencias entre las formulaciones con respecto a este parámetro pueden asociarse al carácter higroscópico de la muestra (Birbe *et al.*, 2006) y a las condiciones ambientales a las cuales estuvieron expuestas. El contenido de cenizas aumentó levemente con respecto a lo planteado en las formulaciones teóricas, esto se atribuye a la presencia de la cáscara de la yuca en el producto, responsable del contenido de minerales y la cual no se tuvo en cuenta en los cálculos teóricos.

**Figura 6. Contenido experimental de humedad, cenizas y fibra (base seca) en cada una de las formulaciones del BM después del secado y elaboradas a escala laboratorio.**



Para el caso de la fibra los valores se encuentran entre 3% y 8%; Fariñas *et al.*, (2009) propone que el contenido en la formulación oscila entre 3 y 5%. Las variaciones están relacionadas a los cambios en composiciones de cada una de las formulaciones, influenciadas principalmente por la cantidad de torta de

palmiste que aporta un 24,29% de fibra, en comparación con el porcentaje de hidrolizado que posee un 1,95% y la *Moringa* que tiene un 8,42%.

- Prueba de palatabilidad

Esta fase se llevó a cabo con tres de las formulaciones realizadas. Las formulaciones escogidas fueron las correspondientes a las siguientes relaciones hidrolizado de yuca:torta de palmiste, 1:1 por ser la de menor costo estimado de producción (20.613 COP resultado que se obtuvo en el cálculo estimado del costo del BM de 12,5 kg–ver Anexo C-); 2:1 por ser la de mayor valor calórico (309,4 kcal/100g -ver Figura 5-) y la de 10:1 por poseer mayor cantidad de hidrolizado, que hace al producto más dulce y por su textura facilita la cohesión de todas las materias primas usadas en la fabricación del BM.

Durante esta prueba, se observó la aceptación del producto por parte de los animales. El BM consumido en menor tiempo correspondió al de la relación de hidrolizado de yuca:torta de palmiste 10:1, debido a la preferencia de las cabras hacia alimentos con alto grado de dulzura. Se registró el consumo total del bloque en un tiempo de 2 días, lo que indica un consumo moderado del producto comparado con BM comerciales para los que se reportan tiempos de 1 día de consumo (según propietario del aprisco Carrizal).

**Figura 7. Prueba de palatabilidad.**



Para el caso del bloque con relación 2:1, el tiempo de consumo fue de 2 ½ días y para el de la relación 1:1 fue de 4 ½ días. La disminución en el consumo del BM se asocia con el incremento de torta de palmiste en las formulaciones; componente que menos gusta a este animal (según la experiencia de PROMITEC SANTANDER S.A.S).

## **2.4 Planteamiento de un esquema de producción**

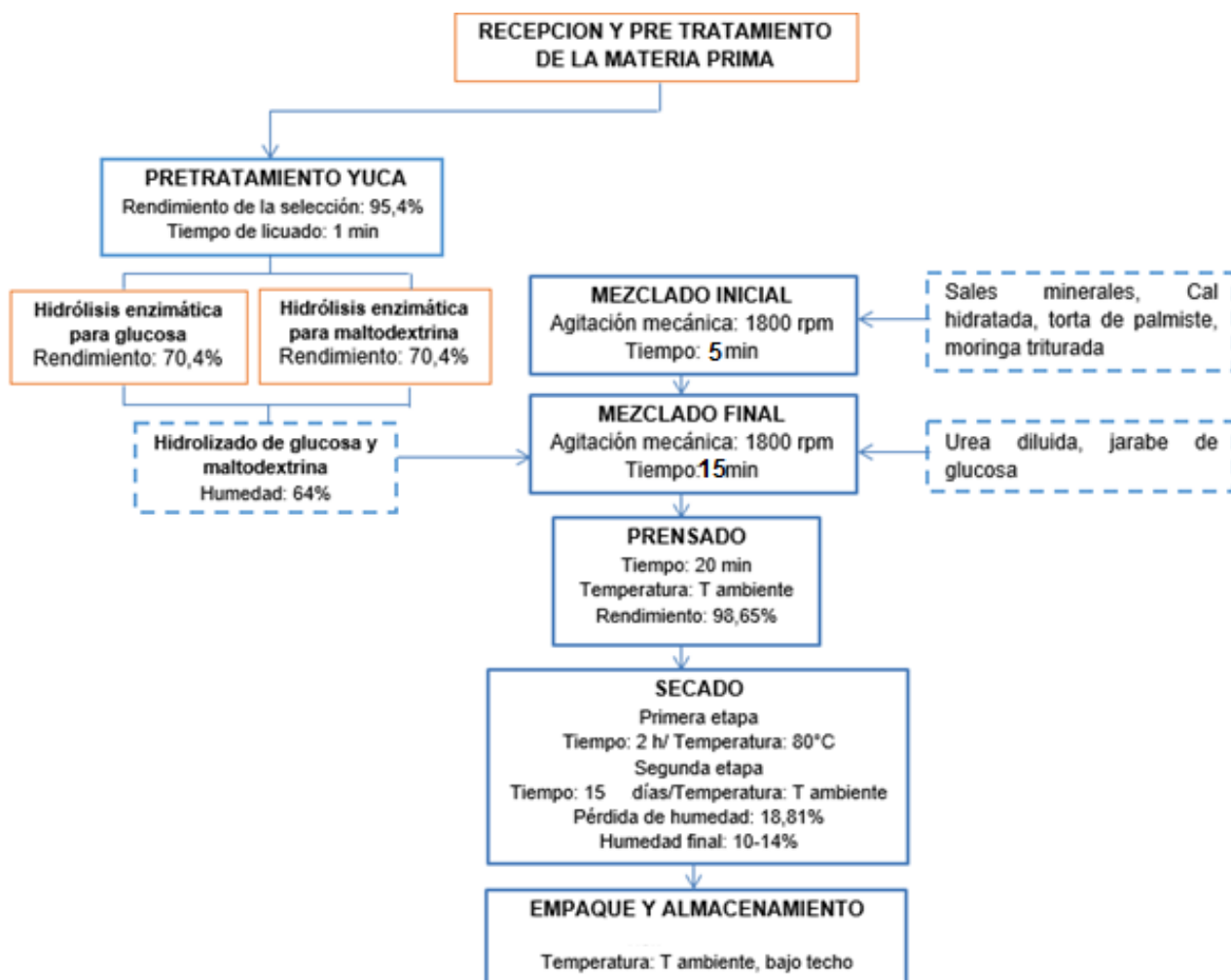
A continuación se presenta una breve descripción de cada una de las etapas del proceso de elaboración del BM. En esta sección se realizó un estudio preliminar para la implementación de una planta de producción de este suplemento alimenticio. Debido a la extensión del presente trabajo no se consideró la realización de un estudio técnico y financiero completo, sino información básica, esencial para trabajos posteriores. La Figura 8 resume el diagrama del proceso planteado.

*Recepción y pretratamiento de las materias primas:* Esta etapa se basa en la recepción, selección y pesado de la materia prima en buen estado para la realización del proceso. La yuca en estado de madurez avanzado será descartada. Para esta etapa es necesario realizar un pretratamiento para las siguientes materias primas:

- La yuca (tubérculo) es lavada y cortada, luego se reduce su tamaño usando una licuadora industrial.
- El residuo de *Moringa* (extruido) se recibe seco con una humedad <12%, y es triturado en un molino de cuchillas o picador de follaje.
- La urea granulada se diluye en agua usando una relación de 25 g urea/ 20 ml de agua, esto con el fin de garantizar una distribución uniforme durante la mezcla.

Las sales, el aglutinante (cal hidratada) y la torta de palmiste son recibidos en polvo y almacenados (no requieren pretratamiento).

**Figura 8. Diagrama de bloques del proceso propuesto para la elaboración de un Bloque Multinutricional (BM).**



*Hidrólisis enzimática:* Para la producción del hidrolizado de glucosa se emplean  $\frac{3}{4}$  del total de yuca necesaria en el proceso y para el hidrolizado de maltodextrina el  $\frac{1}{4}$  de la yuca restante. Las condiciones de hidrólisis son las mismas utilizadas en este trabajo y están descritas en la sección de Elaboración de las formulaciones a escala laboratorio. Previo a la etapa de mezclado se pesan las materias primas de acuerdo con las proporciones a usar en la formulación escogida.

*Mezclado:* Inicialmente, en una mezcladora mecánica se adicionan una a una las materias sólidas (sales minerales, torta de palmiste, *Moringa* y cal) por ser las que se encuentran en mayor proporción. Con el objetivo de obtener una muestra homogénea se deben mezclar durante 5 min. A la mezcla anterior se adicionan los componentes que aportan mayor humedad al BM, como son el hidrolizado de glucosa y de maltodextrina, urea disuelta y por último el jarabe de glucosa. La mezcla se realiza durante 15 min. Una vez todos los componentes del producto han sido mezclados homogéneamente y la mezcla adquiere una textura pegajosa se dejan por 15 min en reposo, para lograr una mayor cohesión. Las pérdidas asociadas a esta etapa se deben a material que queda adherido a las paredes del equipo. Estas condiciones fueron determinadas en la etapa de elaboración de las formulaciones.

*Prensado:* En esta etapa se busca obtener el nivel de compactación deseado en el producto. Para ello, una vez terminado el tiempo de reposo de la etapa anterior, la mezcla se dosifica en los moldes, para luego comprimir de forma mecánica aplicando una presión de  $5 \text{ kg/cm}^2$  durante 20min con prensa hidráulica. El rendimiento en esta etapa está asociado a las pérdidas de fluidos y material durante la compresión.

*Secado:* Se lleva a cabo en dos etapas. Inicialmente, los bloques son llevados a un horno de bandejas a una temperatura de  $80^\circ\text{C}$  durante 2 h. Posteriormente, son ubicados en un sitio techado, bien ventilado, sin radiación solar directa y protegido para evitar contaminación por animales, según las buenas prácticas de manufactura (Dto. 3075 de 1997). El tiempo de secado de la última etapa dependerá de la humedad del ambiente, sin embargo, se plantean intervalos máximo de dos semanas (Fariñas *et al.*, 2009).

*Empaque y almacenamiento:* Una vez terminada la etapa de secado del producto, son empacados en bolsas de polietileno de baja densidad y almacenados bajo techo a temperatura ambiente.

- Capacidad a instalar

El trabajo desarrollado tiene como reto trabajar con limitaciones de tamaño de la empresa, por tanto la superficie de producción se limita al 1% del total de cabras del departamento de Santander (Anuario Estadístico Departamento de Santander 2013), lo que corresponde a 497 cabezas de especie caprina. Los cálculos fueron realizados teniendo en cuenta que el consumo es de 350 g/animal/día (www.produgan.com.co), lo que implica una producción de 5 218,5 kg/mes, es decir, 417 BM de 12,5 kg cada uno mensualmente. La producción diaria corresponde a 20 BM, en un turno de 8 h/día, durante los días hábiles del mes.

- Balances de masa

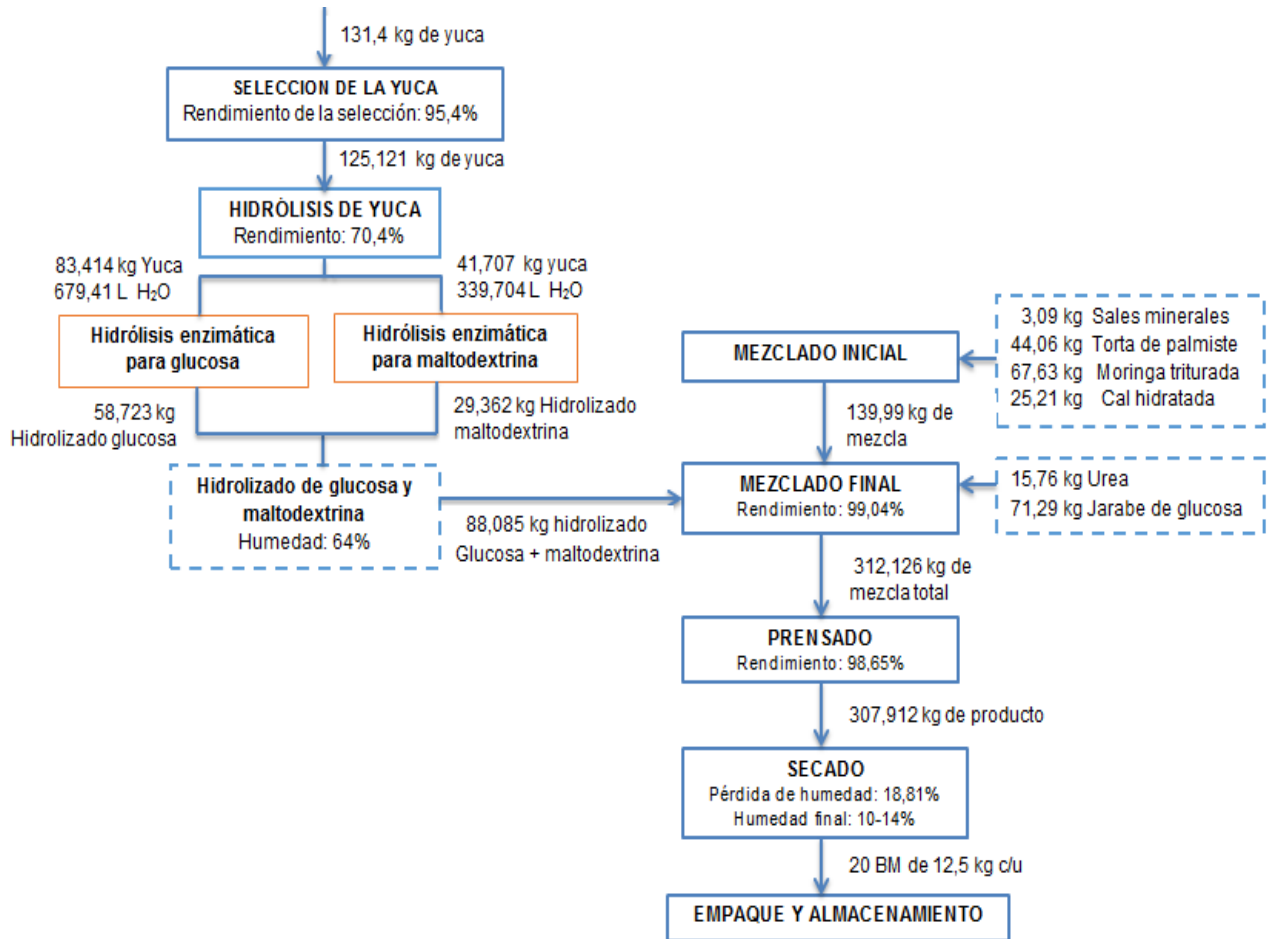
El balance de masa para la producción a pequeña escala de BM se realizó con las composiciones planteadas en la formulación de relación 2:1 hidrolizado de yuca:torta de palmiste. Esto, considerando que dicha formulación fue aceptada por los animales y con su fabricación se da importancia tanto al aporte nutricional y calórico así como al costo del producto.

Los cálculos en base seca que se muestran en la Figura 9, se expresan en días (base de cálculo: 20 BM/día de 12,5 kg cada uno) con el fin de facilitar la comprensión del lector del porqué las capacidades de los equipos seleccionados para el proceso de producción de los BM.

Con respecto a los rendimientos en cada una de las etapas del proceso, estos se determinaron a partir de los resultados obtenidos durante la fase de experimentación. La mayor parte de las pérdidas se encontró en la etapa de

recepción y pretratamiento de la materia prima; proceso que se vio afectado por las materias primas en condiciones no aptas para su procesamiento.

**Figura 9. Balance de masa para la producción de 20 BM de 12,5 kg c/u.**



- Equipos del proceso

Con base en el balance de masa, se seleccionaron los equipos necesarios para la producción a pequeña escala. Se consideraron tanto los equipos de la zona de producción como maquinaria requerida para la zona de limpieza y desinfección, teniendo en cuenta las buenas prácticas de manufactura (Dto. 3075 de 1997). El

costo de los equipos (+IVA) se muestran en la Tabla 5 y sus especificaciones se encuentran consignadas en el Anexo B. Los datos fueron suministrados por CITALSA S.A, Aeromaquinados, Molinos pulverizadores J.A, Arquilab Ltda y Laboratorios Walco S.A.; todas empresas nacionales, con lo que se fomenta el desarrollo de la industria colombiana y se disminuyen los costos asociados a la importación de equipos.

**Tabla 5. Costo de maquinaria empleada en el proceso de fabricación de BM.**

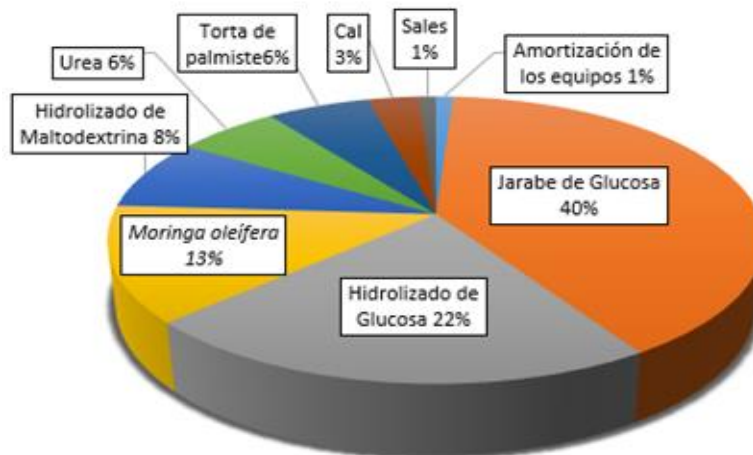
<b>MAQUINARIA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO (COP)+IVA</b>
Lavadora de frutas	1	48 395 200
Lavamanos	1	1 577 600
Lavabotas	1	3 387 000
Balanza	1	572 329
Plataforma IPS	1	1 176 454
Licuada Industrial	2	14 337 600
Marmita volcable a gas con agitador	2	67 396 000
pH metro	1	2 408 682
Refractómetro	1	460 000
Mezclador de polvos	1	50 703 600
Refrigerador vertical	1	7 260 950
Mesón acero inoxidable	2	2 760 800
Molino granulador	1	8 000 000
Prensa hidráulica	1	9 280 000
Horno	2	7 360 000
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>225 076 215</b>

Teniendo en cuenta que el presente trabajo se desarrolló como parte de un estudio preliminar para la propuesta de un proyecto de emprendimiento y tomando como base solo el costo de la adquisición de la maquinaria, se observa que esta inversión podría financiarse total o parcialmente por fondos de capital semilla. Entre éstos se pueden mencionar: La Red de Ángeles Inversionistas de

Santander, los cuales podrían financiar hasta 1.000 millones de pesos ([www.angelesinversionistas.com.co](http://www.angelesinversionistas.com.co)).

En la Figura 10, se muestra la influencia que tendrían las materias primas y la amortización de los equipos en el costo de los BM. Se observó que el factor que más influiría sería el precio del jarabe de glucosa. Esto se debe a que el jarabe utilizado en el presente trabajo es un producto dirigido a consumo humano, lo que involucra procesos adicionales (como el de clarificación) que aumentan su valor. Este análisis indica que antes de realizar un estudio técnico y financiero es necesario seguir trabajando en la formulación para reducir los costos asociados a las materias primas.

**Figura 10. Influencia del costo anual de las materias primas y la amortización de los equipos en el costo de los BM, tomando como ejemplo la formulación con relación 2:1 hidrolizado de yuca:torta de palmiste.**



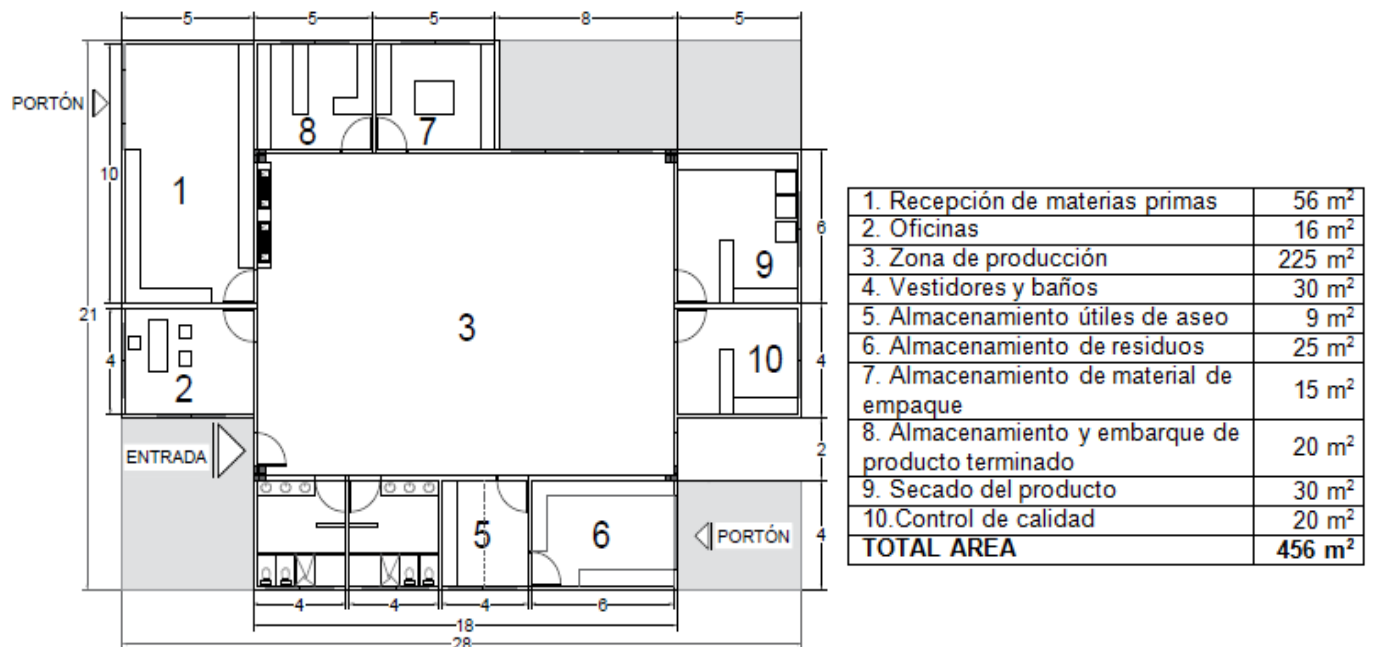
El BM planteado en este trabajo, presenta un costo superior comparado con bloques comerciales, cuyo valor se encuentra en 35.000 COP en presentaciones de 25 kg. Sin embargo al analizar los nutrientes de ambos bloques se obtuvo que el bloque desarrollado presenta un mejor balance nutricional. Esto se concluyó al realizarles el análisis bromatológico y encontrar que el bloque comercial presenta 69,05% de carbohidratos, 1,76% de proteína y 1,55% de lípidos, mientras que la formulación con relación 2:1 hidrolizado de yuca:torta de palmiste tiene 57,1% de

carbohidratos, 16,9% de proteína y 1,5% de lípidos. Además, es necesario resaltar que el tipo de aglomerante utilizado a nivel comercial es el cemento, lo que implica riesgos para la salud y desarrollo del animal.

- Distribución de la planta

La distribución de la planta se hizo con el objetivo de presentar un esquema de la ordenación física de las áreas que componen la zona de producción, como se muestra en la Figura 11. Para esto, se utilizó la adaptación de Sule (2001) al “Método de distribución sistemática de las instalaciones de la planta” o SPL (*Systematic Layout Planning*), con el cual se busca que la ordenación de las áreas de trabajo y de los empleados sea la más económica y a su vez la más segura (Baca, 2001). Este planteamiento permite seguir un recorrido hacia adelante, que reduce la contaminación cruzada y los costos de transporte, y se facilita el control de la producción (Riggs, 2003). El área total corresponde a 456 m<sup>2</sup>, distribuidos en diez áreas. Se consideró que el espacio necesario para el área de producción es de 225 m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta la distribución de los equipos del proceso, las dimensiones de cada uno y el espacio entre ellos.

**Figura 11. Distribución de la planta de producción de BM.**



### 3. CONCLUSIONES

- Se definió un bloque multinutricional (BM) con base en las características de suplementos nutricionales para cabras, de acuerdo con lo reportado en la literatura y las especificaciones dadas por PROMITEC SANTANDER S.A.S. Se elaboraron formulaciones de BM con composiciones de carbohidratos de 50,6%-56,7%, valor calórico 287-309,7 Kcal/100g, proteína 15,2%-17,2%, lípidos 0,7%-1,8%, humedad 11,9%-16,6%, cenizas 12,5%-13,1% y fibra 3%-5,8%. Se usaron las mismas condiciones de mezclado, prensado y secado en todas las muestras, sin presentar diferencias en cuanto a la forma y la textura.
- La etapa de escalado, se realizó considerando las tres formulaciones escogidas, la de menor costo estimado (1:1 hidrolizado: torta de palmiste), mayor valor calórico (2:1 hidrolizado: torta de palmiste), y mayor cantidad de carbohidratos (10:1 hidrolizado: torta de palmiste). Las condiciones de operación para las formulaciones de 500 g aplicaron para las de 5 kg sin presentar cambios en el producto.
- La prueba de palatabilidad realizada en el Aprisco Carrizal (Barichara-Santander), dio como resultado, la aceptación del producto por parte de los animales de 10 meses de edad, en un tiempo de 2 a 5 días. Este tiempo de consumo, al ser mayor que el reportado para el bloque comercial, beneficia al productor en cuanto a la reducción de costos en la suplementación del animal, generando más oportunidades para la producción del BM trabajado en este proyecto.
- El diseño preliminar para la producción de BM, dio como resultado que la elaboración de un bloque de 12,5 kg, tiene un costo estimado de 21 400 COP, considerando únicamente el valor de las materias primas al detal y la amortización de los equipos. Para mejorar este valor es necesario seguir

trabajando en la formulación y realizar un estudio financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

#### **4. RECOMENDACIONES**

- Evaluar las condiciones de tiempo, temperatura, relación enzima/sustrato para la hidrólisis de yuca integral, con el objetivo de mejorar los rendimientos.
- Evaluar el efecto de la granulometría de las materias primas en la compactación del producto.
- Plantear formulaciones utilizando otros tipos de materias primas, entre ellas el aglomerante y el jarabe de glucosa con la finalidad de aumentar la resistencia del producto y disminuir los costos de elaboración.
- Realizar un estudio de mercado y técnico-financiero para determinar la inversión inicial para este proyecto de emprendimiento y evaluar la viabilidad del mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

ARISTIZABAL, J. SANCHES, T & MEJIA, D. Guía técnica para la producción y el análisis del almidón, Boletines de servicios agrícolas de la FAO., 50, 2007.

AUBRY, J & SCHORSCH, G. Formulación. Universidad de los Andes. Mérida (Venezuela), 1999. p. 2-40.

BACA, G. Evaluación de proyectos. 4ta Edición. México D.F: Mc. Graw Hill, 2001.

BIRBE, B. HERRERA, P. COLMENARES, O & MARTINEZ, N. El consumo como variable en el uso de bloques multinutricionales. X Seminario de Pastos y forrajes, 2006. p. 45.

BIRBE, B. HERRERA, P. OVIEDO, R. COLMENARES, O & MARTINEZ, N. Evaluación de tres fórmulas de bloques multinutricionales y prueba de aceptabilidad. En: Revista BIOTAM Nueva Serie. Edición Especial, 2005. p. 118-120.

BIRBE, B. CHACON, E. TAYLHARDAT, L. GARMENDIA, J. MATA, D & HERRERA, P. Evaluación física de bloques multinutricionales, conteniendo harina de hojas de *Gliricidia sepium* y roca fosfórica: Energía de compactación y humedad en la elaboración de la mezcla. En: Memorias del III TALLER INTERNACIONAL SILVO PASTORIL, Matanzas- Cuba (1998). p. 161-165.

BORGES, G. Bloques multinutricionales en la alimentación de rumiantes. En: Revista Ganadería. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, 2009.

BUITRAGO, J, GIL, J y OSPINA, B. La yuca en la alimentación avícola. En: CLAYUCA (Oct. 2001).

CAMPOS, L & AGUILAR, O. Estudio de la molienda como pretratamiento de harina de yuca integral para su uso en el proceso de obtención de jarabes de glucosa. Bucaramanga, 2014. Tesis de grado (Ingeniero Químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

CARAVACA, F. CASTEL, J. GUZMAN, J. DELGADO, M. MENA, Y. ALCALDE, M & GONZALEZ P. Bases de la producción animal. 1ra Edición. España: Catálogo de Publicaciones Universidad de Sevilla, 2003.

CARRERES, J. Innovación de producto y consumidor. En: Scielo (2013).

CEBALLOS, H & De La CRUZ, H. Taxonomía y morfología de la yuca. La yuca en el tercer milenio. Sistemas más modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. En: CIAT (2002). p. 17-33.

CLAYUCA. Uso de la yuca en alimentación animal. [En línea] [Citado 20 de marzo de 2014]. Disponible en: <http://www.clayuca.org/sitio/index.php/alimentacion-animal/uso-de-la-yuca-en-alimentacion-animal>.

DÍAZ, M. MÁRQUEZ, D. & SALCEDO, J. Evaluación de los rendimientos de jarabes de fructosa empleando la hidrólisis enzimática del almidón del ñame (Dioscórea alata y Dioscórea rotundata), Trabajo de grado para optar título de biólogo., Universidad de Sucre, Colombia, 2007.

ESCALONA, R. RAMIREZ, P. BARZAGA, G. DE LA CRUZ, B & MAURENIS, C. Intoxicación por urea en rumiantes. Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad de Granma, 2007.

FARIÑAS, T. MENDIETA, B. REYES, N. MENA, M. CARDONA, J & PEZO, D. Como preparar y suministrar bloques multinutricionales al ganado. Managua, 2009. Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza.

FINAGRO. Propósito y acciones del plan agro 2003-2015. [En línea] [Citado 20 de marzo de 2014]. Disponible en: <https://www.finagro.com.co/>

GALINDO, G. Optimización del proceso de obtención de almidón de sagú (*Canna indica*), como estrategia sostenible en el desarrollo de actividades de agroindustria rural en diversas zonas de economía campesina colombianas. Bogotá, 2000. Tesis de grado. Universidad Antonio Nariño.

GIRALDO, T. Estudio de la obtención de harinas de hojas de yuca, *Manihot Esculenta Crantz* para consumo humano. Popayán, 2006. Tesis de grado. Universidad del Cauca, 2006.

HADJIPANAYIOTU, M. VERHAEGHE, L. ALLEN, M. ABDEL-RAHMAN, K. ELSARB, H & KADER, A. Urea blocks. Methodology of blocks making and different formula tested in Syria. En: Livestock Research for Rural Development, 1993. p. 6-15.

INSTITUTO NACIONAL AGROPECUARIO. Resolución 1056 de 196. Bogotá. ICA, 1996.

INSTITUTO NACIONAL DE VIGILANCIA DE MEDICAMENTOS Y ALIMENTOS. Decreto 3075 de 1997. Bogotá. INVIMA, 1997.

PEREZ, A. SANCHEZ, T. ARMENGOL, N & REYES, F., Características y potencialidades de *Moringa oleífera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. En: Scielo. Versión ISSN 0864-0394, 2010.

PÉREZ, Y & SILVA, T. Estudio para la transformación de las hojas de la planta de *Moringa oleífera* a escala laboratorio para la obtención de concentrados de proteína y de clorofila. Bucaramanga, 2015 Tesis de grado (Ingeniero químico). Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

PROCHASKA, K. KEDZIORA, P. THANH, J & LEWNDOWICZ, G. Surface properties of enzymatic hydrolysis products of octenysuccinate starch derivatives. En: Food Hydrocolloids. (2007). p.654-659.

RED DE ANGELES INVERSIONISTAS. Red de ángeles inversionistas de Santander. [En línea] [Citado 26 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.angelesinversionistas.com.co/wp/>.

RETAMOSO, C. Hidrólisis comparativa del almidón extraído de productos tropicales. Bucaramanga, 1985. Informe final. Universidad Industrial de Santander. Escuela de Ingeniería Química.

RIGGS, L. Sistemas de producción: Planeación, análisis y control. México D.F: Limusa Wesley, 2003. p. 117-124.

ROSALES, J & TANG, T. Composición química y digestibilidad de insumos alimenticios de la zona de Ucayali. En: Folia Amazonica. Vol. 8(2)-1996. p. 13-27.

SAINZ, R. FERNANDEZ, C & BALDWIN, R. Valoración de los alimentos para rumiantes en cebo: el Sistema Americano NRC. En: Department of animal science, 1994.

SÁNCHEZ, C. Bloques multinutricionales como suplemento alimenticio en caprinos. I. Aspectos generales. [En línea]. 1997. [Citado 15 de abril de 2014]. Disponible en: <http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd58/bloques.htm>

SENA. Santander trabaja en el fortalecimiento de la cadena de producción caprina. [En línea] [Citado 20 de marzo de 2014]. Disponible en: <http://periodico.sena.edu.co/productividad/noticia.php?i=265>.

SHARIFFA, Y. KARIM, A. FAZILAH, A & Z Aidul, I. Enzymatic hydrolysis of granular native and mildly heat-treated tapioca and sweet potato starches at sub-gelatinization temperature. En: Food Hydrocolloids (2009). p. 434-440.

SULE, R. Instalaciones de manufactura: ubicación, planeación y diseño. México D.F: Thomson Learning, 2001.

VALDERRAMA, J. Información tecnológica. Soc. Editorial del Norte. Vol. 5(1)-1994. p. 76- 77.

VIDAL, C. El ñame espino (*Dioscorea rotundata* Poir.): una opción en la producción de jarabes intermedios para la industria alimentaria. En: Revista de Investigación Agraria y Ambiental Vol 1 (2)-2010. p. 19-27

WANAPAT, M. Manipulation of cassava cultivation and utilization to improve protein to energy biomass for livestock feeding in the tropics. En: Asian-Australasian Association of Animal Production Society. Vol. 16 (3)-2003. p. 463-472.

ZERVAS, G. RISSAKI, M& DELIGEORGIS, S. Free choice consumption of mineral lick block by fattening lambs fed at libitum alfalfa and concentrates with different trace mineral content. En: Livestock Production Science, 2001. p. 251-258.

ZUMBADO, M. MADRIGAL, S & MARIN, M. Composición y valor nutricional del palmiste o coquito integral de palma africana en pollos de engorde. En: Agronomía costarricense, Vol 16 (1)-1992. p. 83-89

## **ANEXOS**

**ANEXO A. Composiciones y especificaciones de las materias primas tenidas en cuenta para el balance de carbohidratos, proteína y lípidos, base húmeda.**

**Tabla A.1. Composición fisicoquímica mezcla de hidrolizado de Maltodextrina y Glucosa a partir de yuca completa. Fuente: Laboratorio CICTA- UIS – Autores**

<b>Análisis</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	66,93
Grasa	0,8
Proteína	2
Fibra	2,3
Cenizas	1,05
Carbohidratos	31,22

**Tabla A.2. Composición fisicoquímica del Jarabe de Glucosa. Fuente: Laboratorio control de calidad PROMITEC SANTANDER S.A.S – Autores**

<b>Análisis</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	11,85
Grasa	9,14
Proteína	0,17
Fibra	0,00
Cenizas	3,72
Carbohidratos	87,8

**Tabla A.3. Composición fisicoquímica de la Torta de palmiste. Fuente: Laboratorio CICTA - UIS– Autores**

<b>Análisis</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Materia seca	90,86
Humedad	9,14
Proteína	12,91
Fibra	24,29
Cenizas	3,72
Carbohidratos	61,98

**Tabla A.4. Composición fisicoquímica de *Moringa oleífera*, deshidratada y molida. Fuente: Adaptado de Pérez, et al., 2010 \*Datos suministrados por Pérez &Silva, 2015**

<b>Análisis (Hojas y tallos)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Materia seca	89,66
Humedad	12,00
Proteína	30,65*
Fibra	8,32*
Cenizas	10,18
Extracto no nitrogenado	31,25

## **ANEXO B. Especificaciones de los equipos del proceso de elaboración de BM.**

**Tabla B.1 Equipos del proceso.**

<b>MAQUINARIA</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
<b>Lavadora de frutas</b>	Lava frutas y hortalizas de hasta 10 cm, por medio de tanque de inmersión con turbulencia y una ducha de

	<p>aspersión plana para lavado. Presenta un lavado eficiente del producto y menor daño de éste, reducción en consumo de agua durante la operación, economía en tiempo de lavado.</p> <p><b>Capacidad</b> 1 Ton  <b>Dimensiones</b> 1028 x 2233 x 1738 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 48.395.200 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Lavamanos</b></p> 	<p>Accionado por un sistema de pedal garantizando ahorro de agua e higiene del operario.  Construcción: Acero inoxidable AISI 304, acabado brillante.</p> <p><b>Dimensiones:</b> 480 x 530 x 900 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 1.577.600 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Lavabotas de 1 puesto</b></p> 	<p>Proporciona rapidez de lavado y comodidad por su altura y fácil manejo.</p> <p>Estructura 100 % en acero inoxidable AISI 304.</p> <p><b>Dimensiones:</b> 50 x 43 x 69 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 3.387.000 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Balanza</b></p> 	<p>Funciona con batería o conectada a la red eléctrica. Apta para trabajo a temperatura ambiente.</p> <p><b>Capacidad:</b> 30 kg  <b>Dimensiones del plato de acero inoxidable:</b> 230 x 335 mm  <b>Dimensiones de la báscula:</b> 320 x 335 x 110 mm  <b>Costo:</b> 572.329 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Plataforma IPS</b></p> 	<p>Su utilización puede ser en el suelo o sobre una mesa. Indicador con batería integrada con más de 12 h de autonomía. De fácil uso e instalación. Fabricada en acero inoxidable, incluyendo el plato y la columna.</p> <p><b>Capacidad:</b> 100 kg  <b>Dimensiones:</b> 220 x 75 x 195 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 1.178.454 COP</p>
<b>Continuación Tabla B1. Equipos del proceso</b>	
<p><b>Mesón acero inoxidable</b></p>	<p>Mesa diseñada para trabajo pesado. Estructura 100% acero inoxidable AISI 304.  Dimensiones 1000 mm x 700 mm (A x L) y altura de 900 mm con tornillos graduables con una altura mínima de 850 mm</p>

	<p><b>Costo:</b> 1.380.400 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Licuidora industrial</b></p> 	<p>Tolva cuadrada para obtener mejor turbulencia y ayudar a la homogenización del producto. Sistema de volcado con posiciones intermedias para la evacuación del producto.  Construida en acero inoxidable AISI 304 soporte y base de motor.  <b>Capacidad:</b> 30 L  Motor de 2 hp/3600 rpm  <b>Dimensiones:</b> 553 x 681 x 1170 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 7.168.800 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Marmita volcable a gas con agitador</b></p> 	<p>En la parte inferior posee una chaqueta que le permite realizar una transferencia térmica de forma indirecta.  Sistema de agitación a 16 rpm, arrancador directo.  Sistema de volcado manual por medio de un reductor.  Estructura 100% en acero inoxidable AISI 304.  <b>Capacidad:</b> 200 L  Suministro de gas 27-30 mbar para GLP y 18-23 para GN  <b>Dimensiones:</b> 1190 x 1353 x 1069 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 33.698.000 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>pH metro Handylab portátil</b></p> 	<p>Pantalla de fácil lectura; muestra simultáneamente lectura de pH y temperatura, AUTO-READ  Fácil transferencia de datos a un ordenador o Impresora  Seguimiento de calibraciones  Navegación sencilla-verificación de datos guardados  Rango de -5° a 105°C. Apagado automático después 60 minutos.  <b>Dimensiones:</b> 80 x 172 x 37 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 2.408.682 COP  <b>Fuente:</b> Laboratorios Wacol S.A</p>
<p><b>Continuación Tabla B1. Equipos del proceso</b></p>	

<p><b>Refractómetro portátil Brixco</b></p> 	<p>Rango de medición: 0-90 % Brix.  Precisión: +- 0.5 %.  Compensación de temperatura (ATC).</p> <p>Fácil manejo para enfocar y calibrar, garantizando la seguridad en los resultados.</p> <p><b>Costo:</b> 460.000 COP  <b>Fuente:</b> Laboratorios Wacol S.A</p>
<p><b>Mezclador de polvos</b></p> 	<p>Con panel de control remoto que incluye temporizador para ciclo de mezcla. Descarga completamente por gravedad mediante válvula manual sanitaria. No tiene rincones, rendijas, o ángulos donde puedan quedar restos de producto.  Construcción en acero inoxidable AISI 304</p> <p><b>Capacidad</b> 100 kg  <b>Dimensiones</b> 850 x 1570 x 1600 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 50.703.600 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Refrigerador vertical</b></p> 	<p>Construida en acero inoxidable. Rango de temperatura de +4°C a -2°C. Monitor de alta tecnología, diseño de ahorro de energía. Temperatura controlada por termóstato, sistema de descongelación automático, cierre automático.</p> <p><b>Capacidad:</b> 580 l  <b>Dimensiones:</b> 680 x 788 x 2100 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 7.260.950 COP  <b>Fuente:</b> CITALSA</p>
<p><b>Molino granulador</b></p> 	<p>Compuesto por una tolva de alimentación, tres cuchillas rotantes de corte progresivo, dos cuchillas fijas y una criba que determina el tamaño de las partículas que se descargan.  Construido en acero inoxidable, con control neumático, motor de 3 HP y un rendimiento de 20 kg/h.</p> <p><b>Costo:</b> 8.000.000 COP</p>
<p><b>Horno</b></p>	<p><b>Continuación Tabla B1. Equipos del proceso</b></p>

	<p>Horno digital, convección natural controlada por microprocesador. Modelo FD 53.</p> <p><b>Capacidad:</b> 53 l  <b>Dimensiones:</b> 640 x 600 x 600 mm (A x L x H)  <b>Costo:</b> 3.680.000 COP  <b>Fuente:</b> Arquilab Ltda.</p>
<p><b>Prensa hidráulica</b></p> 	<p>Con mesa de trabajo ajustable a varias alturas. Pistón con retorno automático. Diseño más compacto y funcional que integra todos los elementos hidráulicos dentro del chasis, protegiéndolos y ahorrando espacio en el taller.</p> <p><b>Capacidad de presión del gato:</b> 50 Ton  <b>Dimensiones:</b> 960 x 250 x 1700 mm (A x L x H)  <b>Espacio entre pistón y mesa:</b> 595 mm  <b>Costo:</b> 9.280.000 COP  <b>Fuente:</b> Aeromaquinados</p>

### ANEXO C. Costo estimado para cada una de las formulaciones de los BM de 12,5 kg.

En la Tabla C1, se reportan los costos de cada formulación, teniendo en cuenta el valor de las materias primas al detal y la amortización de los equipos.

**Tabla C1. Costo estimado de las diferentes formulaciones.**

Formulación	Valor TP	Valor Urea	Valor Moringa	Valor Promical	Valor HG	Valor HM	Valor sal	Valor Jarabe	Valor	Valor + amortización
1:1	\$ 1.873	\$ 1.250	\$ 2.480	\$ 750	\$ 3.567	\$ 1.337	\$ 394	\$ 8.663	\$ 20.313	\$ 20.613
1,11:1	\$ 1.782	\$ 1.250	\$ 2.437	\$ 750	\$ 3.770	\$ 1.414	\$ 416	\$ 8.700	\$ 20.518	\$ 20.818
1,25:1	\$ 1.663	\$ 1.250	\$ 2.488	\$ 750	\$ 3.960	\$ 1.485	\$ 394	\$ 8.651	\$ 20.640	\$ 20.940
1,43:1	\$ 1.532	\$ 1.250	\$ 2.546	\$ 750	\$ 4.168	\$ 1.563	\$ 366	\$ 8.603	\$ 20.778	\$ 21.078
1,66:1	\$ 1.386	\$ 1.250	\$ 2.610	\$ 750	\$ 4.400	\$ 1.650	\$ 338	\$ 8.546	\$ 20.930	\$ 21.230
2:1	\$ 1.223	\$ 1.250	\$ 2.683	\$ 750	\$ 4.658	\$ 1.747	\$ 306	\$ 8.483	\$ 21.100	\$ 21.400
2,5:1	\$ 1.040	\$ 1.250	\$ 2.765	\$ 750	\$ 4.950	\$ 1.856	\$ 269	\$ 8.411	\$ 21.291	\$ 21.591
3,33:1	\$ 830	\$ 1.250	\$ 2.878	\$ 750	\$ 5.268	\$ 1.976	\$ 219	\$ 8.314	\$ 21.483	\$ 21.783
5:1	\$ 593	\$ 1.250	\$ 2.964	\$ 750	\$ 5.657	\$ 2.121	\$ 188	\$ 8.239	\$ 21.761	\$ 22.061
10:1	\$ 319	\$ 1.250	\$ 3.086	\$ 750	\$ 6.092	\$ 2.284	\$ 125	\$ 8.134	\$ 22.040	\$ 22.340

\*La amortización de la maquinaria corresponde al 12% en un periodo de 18 años (Código del Comercio y el Plan General Contable 2015).